

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ОРЛОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**№ 4 (67)**

ОРЕЛ – 2015

# УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

## НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

### № 4 (67)

**Редакционно-издательская коллегия:**

Авдеев Ф.С. (главный научный редактор), Пузанкова Е.Н. (заместитель главного научного редактора), Дудина Е.Ф. (ученый секретарь редакционно-издательской коллегии), Хованская Е.А. (технический секретарь редакционно-издательской коллегии), Александрова А.П., Алексеев А.П., Арсентьева Н.Н., Аронова С.А., Видмарович Н.П., Гайдар В.А., Гелла Т.Н., Иванов А.Е., Исаева Н.И., Капустин А.Я., Ламан Н.А., Львова С.И., Маймескулова А.Л., Никифоров В.А., Оскотская Э.Р., Пастернак Е.Л., Пахарь Л.И., Пивень В.Ф., Погосян В.А., Поншон Т., Савина Е.А., Самбетбаев А.А., Сискос Е., Софиадис Н., Суяркулов Ш.Р., Тамин М., Уман А.И., Чекова-Демитрова И., Чельшева И.И., Ши Хуншен, Ямагучи Р.

**Серия «Естественные, технические и медицинские науки»****Редакционно-издательская коллегия серии:**

Авдеев Ф.С. (главный научный редактор), Пузанкова Е.Н. (заместитель главного научного редактора), Дудина Е.Ф. (ученый секретарь редакционной коллегии), Хованская Е.А. (технический секретарь редакционно-издательской коллегии), Александрова А.П., Билинский М., Вишневский В.И., Гайдар В.А., Горпинич А.Б., Зарубин А.Н., Затолокин В.Д., Колесникова А.Ф., Ладнова Г.Г., Ламан Н.А., Софиадис Н., Пузина Т.И., Самбетбаев А.А., Седов Е.Н., Снимщикова И.А., Суяркулов Ш.Р., Тыртышников Е.Е., Федотова И.Э., Шабанов Н.К.

**Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки»:** научный журнал. – Орёл: изд-во ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет». – 2015. – №4(67). – 457 с.

Решением Президиума ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации журнал «Ученые записки Орловского государственного университета» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по следующим отраслям научных специальностей:

01.00.00 – физико-математические науки; 02.00.00 – химические науки; 03.00.00 – биологические науки; 06.00.00 – сельскохозяйственные науки; 07.00.00 – исторические науки; 08.00.00 – экономические науки; 09.00.00 – филологические науки; 10.00.00 – филологические науки; 12.00.00 – юридические науки; 13.00.00 – педагогические науки; 14.00.00 – медицинские науки; 17.00.00 – искусствоведение; 19.00.00 – психологические науки; 25.00.00 – науки о земле.

**Учредитель –**

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет»  
Адрес редакции: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95  
Орловский государственный университет  
Редакция журнала «Ученые записки ОГУ»  
E-mail: utchen-zap@univ-orel.ru

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  
OF THE RUSSIAN FEDERATION

# **SCIENTIFIC NOTES OF OREL STATE UNIVERSITY**

SCIENTIFIC JOURNAL

**Vol.4  
No.67**

OREL – 2015

# SCIENTIFIC NOTES

## OF OREL STATE UNIVERSITY

### SCIENTIFIC JOURNAL

#### Vol.4 - No.67

#### Editorial Board:

Avdeyev F.S. (scientific editor-in-chief), Puzankova E.N. (scientific deputy editor-in-chief), Dudina E.F. (scientific secretary of the editorial board), Khovanskaya E.A. (technical secretary of the editorial board), Alexandrova A.P., Alekseev A.P., Arsent'yeva N.N., Aronova S.A., Vidmarovich N.P., Gaydar V.A., Gella T.N., Ivanov A.E., Isayeva N. I., Kapustin A. Ya., Laman N.A., L'vova S.I., Maymeskulova A.L., Nikiforov V.A., Oskotskaya E.R., Pasternak E.L., Pakhar' L.I., Piven' V.F., Pogosyan V.A., Ponshon T., Savina E.A., Sambetbayev A.A., Siskos E., Sophiadis N., Suyarkulov Sh.P., Tamin M., Uman A.I., Chekova-Demitrova I., Chelysheva I.I., Shi Hunshen, Yamaguchi R.

#### Series «Natural, technical and medical sciences»

#### Publishing board of the series:

Avdeyev F.S. (scientific editor-in-chief), Puzankova E.N. (scientific deputy editor-in-chief), Dudina E.F. (scientific secretary of the editorial board), Khovanskaya E.A. (technical secretary of the editorial board), Alexandrova A.P., Bilinsky M., Vishnevsky V.I., Gaydar V.A., Gorpinich A.B., Zarubin A.N., Zatolokin V.D., Kolesnikova A.F., Ladnova G.G., Laman N.A., Sophiadis N., Puzina T.I., Repin O.A., Sambetbayev A.A., Sedov E.N., Snimschikova I.A., Suyarkulov Sh.P., Fedotova I.E., Shabanov N.K.

**Scientific Notes of Orel State University. Series «Natural, technical and medical sciences»:** scientific journal. – Orel: FSBES HPE «Orel State University». – 2015. – №4(67) – 457 p.

By the decision of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science the journal “Scientific Notes of Orel State University” is included in the list of leading reviewed scientific journals and publications, in which the scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences in the following branches of scientific specialties should be published: 01.00.00 – physical and mathematical sciences; 02.00.00 – chemical sciences; 03.00.00 – biological sciences; 06.00.00 – agricultural sciences; 07.00.00 – historical sciences; 08.00.00 – economic sciences; 09.00.00 – philosophical sciences; 10.00.00 – philological sciences; 12.00.00 – science of law; 13.00.00 – pedagogical sciences; 14.00.00 – medical sciences; 17.00.00 – art criticism; 19.00.00 – psychological sciences; 25.00.00 – sciences about the earth.

#### The founder –

FSBES HPE “Orel State University”  
Editorial Office address: 302026, Orel, Komsomolskaya Str., 95  
Orel State University  
Editorial Office of the journal “Scientific notes of OSU”  
E-mail: utchen-zap@univ-orel.ru

© Team of authors, 2015  
© Orel State University, 2015



# Содержание

## 01.00.00 – ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Н.А. Аксёнов**

ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ СИСТЕМЫ СМЕШАННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ  
В ПРОСТРАНСТВАХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЕКТОРНОЗНАЧНЫХ ФУНКЦИЙ ..... 15

**Е.Н. Грибанов, О.И. Марков, Ю.В. Хрипун**

ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ НАНОКЛАСТЕРОВ ВИСМУТА И ВИСМУТ-СУРЬМА ..... 21

**А.В. Кокорев**

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СУММЫ Г. ВЕЙЛЯ В НЕКОТОРОМ КЛАССЕ ВЕЩЕСТВЕННЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЧИСЕЛ ..... 26

**А.В. Корнаев, Е.А. Машков, А.А. Машков**

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛА ЛАГРАНЖА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ГИДРОДИНАМИКИ ..... 29

**Д.В. Крыштопин, Ю.С. Федяев**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ТРЁХМЕРНОЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «РАЗНОЦВЕТНЫХ»  
ЖИДКОСТЕЙ К СКВАЖИНЕ В НЕОДНОРОДНОЙ ОРТОТРОПНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ ..... 32

**А.П. Кузьменко, И.В. Чухаева, П.В. Абакумов**

ЛЕНГМЮРОВСКИЕ ПЛЕНКИ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ТИТАНАТА БАРИЯ НА ПОДЛОЖКАХ С РАЗНОЙ СТРУКТУРОЙ ..... 37

**Д.Е. Ломакин**

ТЕОРЕМА ЕДИНСТВЕННОСТИ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАДОНА АНАЛИТИЧЕСКИХ  
ФУНКЦИЙ МНОГИХ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ..... 42

**М.Г. Мажсжихова**

НАЧАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ  
С ПРОИЗВОДНОЙ РИМАНА-ЛИУВИЛЛЯ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ ..... 46

**С.М. Макеев**

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СОБЫТИЙ ТЕХНОГЕННОГО  
ХАРАКТЕРА НА ФИЗИЧЕСКОЕ ЛИЦО ..... 48

**И.Е. Малова**

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ ..... 52

**Е.А. Машков**

РЕШЕНИЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНОЙ УПРУГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ  
ЗАДАЧИ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ СРЕДЫ В КОНФУЗОРНОМ КАНАЛЕ ..... 56

**С.Н. Мишин**

ПОРЯДОК И ТИП ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ УМНОЖЕНИЯ В ЛОКАЛЬНО ВЫПУКЛЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ..... 60

**С.Н. Мишин**

ПОРЯДОК И ТИП СУММЫ И ПРОИЗВЕДЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ОПЕРАТОРОВ ..... 62

**Е.В. Никольский**

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ АБСТРАКТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СТРУКТУР СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА ..... 64

**Т.А. Павлова, М.Н. Уварова**

ОЛИМПИАДА ПО МАТЕМАТИКЕ В ВУЗЕ ..... 67

**В.Ф. Пивень**

ГРАНИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ДВУМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В АНИЗОТРОПНО-НЕОДНОРОДНОМ ПОРИСТОМ СЛОЕ ..... 71

**В.М. Радыгин, О.В. Иванцов, П.В. Бочков**

ВЕРХНЯЯ ГРАНИЦА МИНИМАЛЬНОГО КОДОВОГО РАССТОЯНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ БЛОКОВОЙ  
ДЛИНЫ СЕГМЕНТА ДВОИЧНОГО КОДА ЛИНЕЙНОЙ РЕКУРРЕНТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ..... 76

**О.А. Рюмина**

РЕКУРСИВНАЯ СВЯЗЬ В МОДЕЛИРУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ОСОБЕННОСТИ  
ЕЁ РЕЛЯЦИОННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ..... 79

**В.Д. Селютин, Н.Н. Яремко**

РЕШЕНИЕ НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С ПОМОЩЬЮ РЯДОВ ПО ПОЛИНОМАМ ЭРМИТА ..... 82

**О.Д. Соломатин**

ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ В КРУГЕ ФУНКЦИИ НУЛЕВОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ПОРЯДКА ..... 87

**О.Д. Соломатин**

ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ В КРУГЕ ФУНКЦИИ БЕСКОНЕЧНОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ПОРЯДКА ..... 91

**С.П. Строев, В.Г. Шуметов, О.В. Лясковская**

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ  
В ЗАДАЧАХ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ..... 96

**М.А. Фролов**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕБИТ СКВАЖИНЫ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПОЛУПРОНИЦАЕМЫХ ТРЕЩИН  
(ЗАВЕС) В ПЛАСТЕ ГРУНТА С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ ..... 102

**И.И. Чернобровкина**

СОДЕРЖАТЕЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «НЕЙРОННЫЕ СЕТИ» ..... 107

**И.И. Чернобровкина**

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИН  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ ..... 110

**В.Г. Шуметов, О.В. Ляковская, Г.Н. Абрамова**

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....113

## 02.00.00 – ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**В.М. Маркина**

АНАЛИЗ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНОЙ ВОДЕ И ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ ЭКСПРЕССНЫМИ МЕТОДАМИ .....118

**Э.Р. Оскотская, Е.Н. Грибанов, И.Н. Сенчакова, А.В. Осипова, Э.Ю. Юшкова**

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩЕЙ ГРУППЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА  
СТИРОЛА И ДИВИНИЛБЕНЗОЛА НА СОРБЦИЮ СВИНЦА(II) .....120

**Э.Р. Оскотская, Е.Н. Грибанов, М.Н. Калинин, Е.В. Митяева**

ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ТЕТРАЦИКЛИНА В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРАМФЕНИКОЛА .....124

**Н.Л. Хилкова, В.М. Маркина, Е.Г. Прудникова**

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН ....128

## 03.00.00 – БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Н.В. Бондарь**

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ ФУНКЦИИ РАСТУЩЕГО ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ «ОРГАНИЗМ – СРЕДА» .....131

**Н.В. Вышегородских**

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA) СЕВЕРО-ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ .....135

**Н.М. Державина, З.М. Иващенко**

ЭКОЛОГО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ГАМЕТОФИТОВ *ASPLENIUM TRICHOMANES* L. В АБХАЗИИ .....143

**А.А. Еланцева, Ю.С. Ельникова**

ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ГЕРПЕТОБИОНТОВ НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ .....149

**А.Н. Ермолов, Т.А. Цуцупа**

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЗНОЯРУСНЫХ ЛИСТЬЕВ АСТРАГАЛА ПЕСЧАНОГО (*ASTRAGALUS ARENARIUS* L.) ....155

**З.М. Иващенко, Н.М. Державина**

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ПРОТАЛЛИЯ У НЕКОТОРЫХ ОРАНЖЕРЕЙНЫХ ПАПОРОТНИКОВ .....160

**Л.Л. Киселева**

ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ГОЛОЦЕНЕ  
ПО АРХЕОЛОГИЧЕСКИМ И ИСТОРИЧЕСКИМ ДАННЫМ .....165

**Л.Л. Киселева, Е.А. Парахина, Н.И. Золотухин**

НОВЫЕ ВИДЫ И НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2014 ГОДУ .....170

**М.Н. Кондратьев, Ю.С. Ларикова, С.Н. Бударин**

ДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ СОКА ЛИСТЬЕВ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM*  
*SOSNOWSKYI* MANDEN) НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И РОСТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ .....176

**Д.В. Красников, И.Н. Кондрашова**

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ПОЧВАХ ХОТЫНЕЦКОГО РАЙОНА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....180

**Г.Г. Ладнова**

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛЕТОК  
БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ У ДЕТЕЙ ОБЛАСТНОГО ЦЕНТРА И ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА .....183

**В.Л. Ланцев, Т.И. Пузина**

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *SOLANUM TUBEROSUM* В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКЦИИ АКТИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА .....185

**А.Н. Наумов, А.В. Аралов, С.А. Татаринцева**

О ФАУНЕ СЕЛИЩА КОЛЕСОВКА-1 НА КУЛИКОВОМ ПОЛЕ .....188

**Т.И. Пузина, И.Ю. Макеева, М.В. Чванова, И.А. Бычков**

ВЛИЯНИЕ КОФЕЙНОЙ КИСЛОТЫ НА ДЫХАНИЕ И АКТИВНОСТЬ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ  
*SOLANUM TUBEROSUM* ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИПОТЕРМИИ .....195

**В.И. Радыгина**

ПРОИСХОЖДЕНИЕ, СОСТАВ, ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ФЛОРОГЕНЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ СТЕПЕЙ И ПЕТРОФИТНО-КАРБОНАТНОГО ФЛОРОЦЕНОТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА .....198

**Ж.Г. Силаева, Н.М. Державина**

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ И ДИНАМИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *POLYPODIUM VULGARE* L.....202

**А.П. Тяпкина, Н.В. Вышегородских**

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA) ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ (СЕМЕЙСТВО ГЛАДКОНОСЫЕ  
ЛЕТУЧИЕ МЫШИ (*VESPERTILIONIDAE*), РОДЫ НОЧНИЦЫ (*MYOTIS*) И ВЕЧЕРНИЦЫ (*NYCTALUS*) .....206

**Н.В. Фролова, Н.Н. Кондыкова**

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ОРЛА .....214

## 06.00.00 – СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

<b>С.Н. Бакина, Н.Н. Гранкин</b> ВОЗМОЖНОСТИ СЕЛЕКЦИИ СРЕДНЕРУССКИХ ПЧЕЛ APIS MELLIFERA MELLIFERA L. НА СНИЖЕНИЕ АГРЕССИВНОСТИ РАБОЧИХ ОСОБЕЙ.....	216
<b>М.В. Воронкова, Л.А. Ермакова</b> БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К КОЛОРАДСКОМУ ЖУКУ .....	221
<b>Н.Н. Гранкин, С.Н. Бакина, В.В. Рюмишин, Е.С. Проскурин</b> ПРОГРАММИРУЕМЫЙ МЕДОСБОР КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ АГРЕССИВНОСТИ ТЕМНЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ ЛЕСНЫХ ПЧЕЛ APIS MELLIFERA MELLIFERA L. ....	224
<b>Н.В. Ермакова</b> УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОЛ-АОЗ У КОРОВ В СЕЗОННОМ АСПЕКТЕ .....	227
<b>В.С. Зотеев, Г.А. Симонов, В.С. Никульников, А.С. Ищеряков, А.В. Кириченко, Ф.Б. Панков</b> ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КРЕМНЕЗЕМИСТОГО МЕРТЕЛЯ МАЙНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В РАЦИОНЕ СВИНЕЙ .....	230
<b>Т.Ю. Колганова, С.В. Мошкина</b> ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА КЛЕТЧАТКИ РАЦИОНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОЧНОГО СКОТА.....	233
<b>Е.В. Кулакова</b> ОХРАНА ТРУДА – ВАЖНЕЙШАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАЗВИТИИ АПК.....	236
<b>Е.В. Лёвичева, Т.В. Смагина</b> ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ .....	239
<b>О.А. Михайлова, В.С. Буяров</b> ТОВАРНЫЕ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ЯИЦ КУР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КРОССОВ .....	242
<b>Т.Л. Мищенко, Н.А. Яковлев</b> СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКАЯ КООПЕРАЦИЯ – ОСНОВА БУДУЩЕЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ.....	246
<b>О.В. Острикова, И.Э. Федотова, Е.Л. Хархардина, А.Ф. Колесникова</b> СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ГЛУБИНЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ПОКОЯ ГЕНОТИПОВ ВИШНИ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СВЯЗИ С ИХ АДАПТИВНОСТЬЮ К ДЕЙСТВИЮ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ФАКТОРОВ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА .....	250
<b>Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, Е.А. Коренькова, А.В. Писарева</b> АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ И РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ .....	256
<b>И.Э. Федотова, О.В. Острикова, А.Ф. Колесникова</b> ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЗИМОСТОЙКОСТИ СОРТОВ СЛИВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМОГО РЕЖИМА.....	261
<b>И.В. Червонова, С. В. Мошкина, Н.В. Абрамкова</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА «ЭКОФИЛЬТРУМ» В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА БРОЙЛЕРОВ.....	266

## 14.00.00 – МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

<b>Д.С. Айвазова, Е.А. Пальчик, А.Б. Хурасева</b> ВИРУСНЫЕ ИНФЕКЦИИ В РАЗВИТИИ НЕОПЛАСТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ ВУЛЬВЫ И ВЛАГАЛИЩА В ПЕРИМENOПАЗУАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ .....	269
<b>А.П. Александрова, Д.П. Александрова, Е.В. Королёва, М.Г. Далгатова</b> ЭВТАНАЗИЯ В ВИКТОРИАНСКУЮ ЭПОХУ .....	273
<b>Т.Н. Алексеева, В.И. Вишневецкий, Н.И. Громнацкий</b> АНТИАГРЕГАНТНАЯ ТЕРАПИЯ БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА ПОСЛЕ СТЕНТИРОВАНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ.....	277
<b>А.Л. Альянов, А.В. Мамошин, А.В. Борсуков, В.Ф. Мурадян</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С СИНДРОМОМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЕЛТУХИ .....	280
<b>И.В. Антонова</b> ЗДОРОВЬЕ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ САМОТЕСТИРОВАНИЯ .....	285
<b>С.А. Архипина, Е.Ф. Мельникова</b> РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СЛУЧАЕВ САЛЬМОНЕЛЛЕЗА У ГОСПИТАЛИЗИРОВАННЫХ ПАЦИЕНТОВ.....	288
<b>И.Б. Белова, Т.А. Сотникова</b> ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ОСЛОЖНЕННОЙ ПНЕВМОНИИ, ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ, РАКА ЛЕГКИХ .....	292
<b>А.В. Борсуков, Т.Г. Морозова, А.В. Ковалев</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ, ЭНДОСОНОГРАФИИ И ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО БЛОКА ОБРАБОТКИ ОТРАЖЕННОГО СВЕТА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ГАСТРИТА И РАКА ЖЕЛУДКА.....	300
<b>В.И. Вишневецкий, А.И. Луцки, Н.И. Громнацкий</b> ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ ВЫСОКОГО И ОЧЕНЬ ВЫСОКОГО РИСКА НА ФОНЕ СОЧЕТАННОЙ АНТИГИПЕРТЕНЗИВНОЙ ТЕРАПИИ .....	304

<b>А.Б. Горпинич</b> ОПЫТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ ОПЕРИРОВАННОГО ЖЕЛУДКА .....	308
<b>М.Г. Далгатова, А.П. Александрова, Д.П. Александрова, Е.В. Королёва</b> МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ В ВИКТОРИАНСКУЮ ЭПОХУ .....	311
<b>К.В. Данилова, И.М. Раздорская</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ ПОЗИЦИЙ АССОРТИМЕНТА ИНТРАНАЗАЛЬНЫХ ГЛЮКОКОРТИКОСТЕРОИДОВ .....	315
<b>С.Д. Егоричева</b> ПРОФИЛАКТИКА ИНФЕКЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОКАЗАНИЕМ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В РОДОВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ (ОБЗОР).....	318
<b>Н.Г. Жарких</b> ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА .....	323
<b>А.В. Ковалев, А.В. Борсуков</b> ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МЕТОДИКИ ЭЛАСТОГРАФИИ СДВИГОВЫХ ВОЛН СЕЛЕЗЕНКИ В МНОГОПРОФИЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ .....	325
<b>Л.Ю. Королёва, Д.И. Ермаков</b> МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ (ПО ДАННЫМ ОРЛОВСКОГО ОБЛАСТНОГО ВРАЧЕБНО-ФИЗКУЛЬТУРНОГО ДИСПАНСЕРА) .....	330
<b>К.В. Котенко, Н.Б. Корчажская, Т.Г. Маркосян, С.С. Никитин, А.В. Бодров</b> СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ, ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМУ ЛЕЧЕНИЮ И РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ АБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПРОСТАТИТОМ. ....	332
<b>Т.А. Кузнецова, Д.В. Кукушкин, Т.М. Нечаева</b> РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА: ОПЫТ СКРИНИНГОВОЙ ДИАГНОСТИКИ В УСЛОВИЯХ ПЕДИАТРИЧЕСКОГО УЧАСТКА.....	339
<b>Д.В. Кукушкин, Н.В. Пузанкова, Т.А. Кузнецова</b> ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ВИД ВСКАРМЛИВАНИЯ ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ .....	342
<b>Е.С. Кулешова</b> ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ИЗОЛИРОВАНИЯ АНИЛИНА.....	345
<b>С.В. Лазаренко, В.А. Липатов, А.В. Иванов, И.П. Парфенов, О.В. Яковлев, Н.А. Емельянов</b> МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАПЛАТ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДАХ .....	348
<b>О.Б. Лоран, Л.А. Синякова, Л.В. Гундорова, В.А. Косов, И.В. Косова, Д.Н. Колбасов</b> ВИРУСЫ: ОТ БЕССИМПТОМНОГО НОСИТЕЛЬСТВА ДО ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....	354
<b>А.И. Луцкий, В.И. Вишневский</b> ДИНАМИКА УРОВНЯ МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ И АГРЕГАЦИИ ТРОМБОЦИТОВ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ ВЫСОКОГО И ОЧЕНЬ ВЫСОКОГО РИСКА НА ФОНЕ СОЧЕТАННОЙ АНТИГИПЕРТЕНЗИВНОЙ ТЕРАПИИ .....	358
<b>А.Е. Маклаков, В.И. Вишневский</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ АНТИАГРЕГАНТОВ (АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, КЛОПИДОГРЕЛЯ, ТИКАГРЕЛОРА) У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА .....	363
<b>А.В. Мамошин, А.В. Борсуков, В.Ф. Мурадян, А.Л. Альянов, Р.П. Шаталов</b> МИНИИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ДЕСТРУКТИВНОГО ПАНКРЕАТИТА .....	368
<b>М.М. Михайлова, Е.Н. Михайлова, И.В. Михайлов, М.А. Халилов, С.В. Петров</b> ПРАВО НА ЖИЗНЬ И ПРАВОВОЙ СТАТУС НЕРОЖДЕННОГО РЕБЕНКА .....	374
<b>Т.Г. Морозова, А.В. Борсуков</b> КОМПЛЕКСНАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ДИФFUЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕЧЕНИ .....	378
<b>Т.И. Оболенская, М.С. Турчина, Ю.М. Морозов, В.И. Вишневский</b> ОШИБКИ ДИАГНОСТИКИ АЛЛЕРГОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ НА ДОГОСПИТАЛЬНОМ ЭТАПЕ .....	383
<b>Н.Н. Осипова, В.М. Зайцева, А.В. Борсуков, К.Н. Кулагин</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ПСИХИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА В ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ.....	386
<b>Н.М. Прохоренкова, О.А. Сивакова, Ю.В. Марченкова, С.Д. Егоричева</b> АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРМОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ У ДЕВОЧЕК ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА, ПОДВЕРГАВШИХСЯ РАЗЛИЧНОМУ ПО РЕГУЛЯРНОСТИ ВНУТРИСЕМЕЙНОМУ ЖЕСТОКОМУ ОБРАЩЕНИЮ.....	392
<b>И.М. Раздорская, Я.Ю. Луцкий</b> УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ КАК ФАКТОРОМ СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО БИЗНЕСА.....	394
<b>Г.С. Савончик, И.В. Горпинич, О.Н. Шманева, Л.В. Первушина</b> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНСКОМ ИНСТИТУТЕ.....	398
<b>О.А. Сивакова, Ю.В. Марченкова, С.Д. Егоричева</b> ОСОБЕННОСТИ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕВОЧЕК С УЧЕТОМ ВОЗРАСТА И ЧАСТОТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЖЕСТОКОГО ОБРАЩЕНИЯ.....	400
<b>Д.Н. Сухорукова, Т.А. Кузнецова, Е.Н. Черкасова</b> ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСТРОГО БРОНХИТА У ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПЕДИАТРИЧЕСКОГО УЧАСТКА .....	402
<b>А.А. Таканаяев, М.А. Халилов, Е.И. Юшкова, М.А. Яровая</b> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ БИОТРАНСФОРМАЦИИ N-НИТРОЗОСОЕДИНЕНИЙ .....	405

<b>А.В. Тарасов, В.И. Вишневский</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТИАГРЕГАНТНОЙ ТЕРАПИИ АСПИРИНОМ И КЛОПИДОГРЕЛОМ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ.....	407
<b>М.С. Турчина</b> ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ НПВП-ГАСТРОПАТИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРОТЕЗИРОВАНИЮ СУСТАВОВ .....	410
<b>И.А. Филина, Е.И. Юшкова, С.С. Филина</b> ИСТОРИЧЕСКИЕ И ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ АПТЕЧНОГО ДЕЛА В ОРЛОВСКОЙ ГУБЕРНИИ .....	413
<b>Е.Н. Черкасова, Т.А. Кузнецова</b> КЛИНИЧЕСКОЕ ПРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕЙ С ОСТРЫМ ТОНЗИЛЛИТОМ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....	418
<b>Г.И. Швеи, Е.И. Юшкова, М.В. Толкачева</b> ФАРМАКОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ .....	421
<b>М.А. Яроватая, А.А. Таканев, Е.И. Юшкова</b> МЕТАБОЛИЗМ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ N-НИТРОЗАМИНОВ .....	424

## **25.00.00 – НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

<b>А.В. Аношкин</b> СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАЙОНАХ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕЛИОРАЦИИ .....	426
<b>К.В. Бабешко, А.Н. Цыганов, Е.Ю. Новенко, О.В. Руденко, Ю.А. Мазей</b> СОВРЕМЕННЫЕ И ИСКОПАЕМЫЕ СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ОРЛОВСКОЕ ПОЛЕСЬЕ».....	429
<b>Э.Е. Зосимова, А.Д. Коротков</b> КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ТУРИСТСКИХ ТЕРРИТОРИЙ.....	434
<b>М.С. Оборин</b> ПРИРОДНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ БАЗИС УПРАВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРА ПЕРМСКОГО КРАЯ).....	436
<b>О.В. Руденко, Е.Ю. Новенко</b> ОТРАЖЕНИЕ СОСТАВА СОВРЕМЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СУБФОСИЛЬНЫХ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫХ СПЕКТРАХ ЭКОТОНА ЛЕСА И СТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ).....	441
<b>Л.Н. Трофимец, Е.А. Паниди, Т.Л. Иванеха</b> РОЛЬ СОВРЕМЕННОЙ РУЧЕЙКОВОЙ СЕТИ В ТРАНСФОРМАЦИИ РЕЛЬЕФА РАСПАХИВАЕМЫХ СКЛОНОВ .....	447
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ.....	454
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ .....	455
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ .....	456

# Contents

## 01.00.00 – PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

<b>N.A. Aksyonov</b> CAUCHY PROBLEM FOR SYSTEM OF MIXED DIFFERENTIAL-OPERATOR EQUATIONS IN THE SPACES OF ANALYTIC VECTOR-VALUED FUNCTIONS .....	15
<b>E.N. Gribov, O.I. Markov, Yu.V. Hripunov</b> APPLICATION OF QUANTUM-CHEMICAL MODELING TO MODELLING OF NANOCUSTERS OF BISMUTH AND BISMUTH-ANTIMONY .....	21
<b>A.V. Kokorev</b> UNIVERSAL ESTIMATE OF WEYL'S SUMS IN SOME CLASS OF THE REAL ALGEBRAIC NUMBERS .....	26
<b>A.V. Kornae, E.A. Mashkov, A.A. Mashkov</b> TO THE QUESTION OF USE OF LAGRANGE FUNCTIONAL IN HYDRODYNAMICS .....	29
<b>D.V. Kryshchepin, Y.S. Fedyaev</b> STUDY OF THREE-DIMENSIONAL EVOLUTION OF THE INTERFACE BETWEEN FLUIDS OF «MULTI-COLOURED» FLUIDS TO A WELL IN AN INHOMOGENEOUS ORTHOTROPIC POROUS MEDIUM.....	32
<b>A.P. Kuzmenko, I.V. Chuhaeva, P.V. Abakumov</b> LANGMUIR FILMS OF STABILIZED BARIUM TITANATE ON SUBSTRATES WITH DIFFERENT STRUCTURES .....	37
<b>D.E. Lomakin</b> A UNIQUENESS THEOREM FOR THE RADON TRANSFORM OF ANALYTIC FUNCTIONS OF SEVERAL COMPLEX VARIABLES .....	42
<b>M.G. Mazhgikhova</b> INITIAL-VALUE PROBLEM FOR ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATION WITH RIEMANN-LIOUVILLE DERIVATIVE WITH DELAY .....	46
<b>S.M. Makeev</b> THE MATHEMATICAL MODEL OF THE EFFECT OF UNDESIRE INDUCED NATURE EVENTS ON AN INDIVIDUAL.....	48
<b>I.E. Malova</b> MATHEMATICAL PROOF AS AN OBJECT OF STUDY.....	52
<b>E.A. Mashkov</b> SOLUTION OF QUASI ELASTIC HYDRODYNAMIC PROBLEM OF VISCOUS FLUID FLOWS .....	56
<b>S.N. Mishin</b> ORDER AND TYPE OF SEQUENCE OF OPERATOR OF MULTIPLICATION IN LOCALLY CONVEX SPACES.....	60
<b>S.N. Mishin</b> ORDER AND TYPE OF SUM AND PRODUCT OF SEQUENCES OPERATORS .....	62
<b>E.V. Nikoliskiy</b> THE FEATURES OF ABSTRACT MATHEMATICAL STRUCTURES PERCEPTION BY THE STUDENTS OF TECHNICAL HIGH SCHOOLS.....	64
<b>T.A. Pavlova, M.N. Uvarova</b> THE OLYMPIC GAMES ON THE MATHEMATICS IN HIGH SCHOOL .....	67
<b>V.F. Piven`</b> TWO-DIMENSIONAL BOUNDARY VALUE PROBLEMS IN ANISOTROPIC FILTERING INHOMOGENEOUS POROUS LAYER.....	71
<b>V.M. Radigin, O.V. Ivantsov, P.V. Bochcov</b> SUPERIOR LIMIT OF MINIMUM CODED DISTANCE OF ARBITRARY TROCHLEAR LENGTH OF SEGMENT'S BINARY CODE OF LINEAR RECURRENT SEQUENCE .....	76
<b>O.A. Rumshina</b> RECURSIVE RELATIONSHIP IN A SIMULATED SUBJECT AREA AND THE FEATURES OF ITS RELATIONAL VIEW.....	79
<b>V.D. Selutin, N.N. Yaremko</b> SOLVING OF ILL-POSED PROBLEMS FOR HEAT EQUATION BY HERMITE POLYNOMIALS SERIES.....	82
<b>O.D. Solomatin</b> THE GROWTH CHARACTERISTICS OF THE ANALYTIC IN THE CIRCULAR DISK OF THE ZERO-ORDER EXPONENTIAL FUNCTION .....	87
<b>O.D. Solomatin</b> THE GROWTH CHARACTERISTICS OF THE ANALYTIC IN THE CIRCULAR DISK OF THE INFINITE ORDER EXPONENTIAL FUNCTION.....	91
<b>S.P. Stroe, V.G. Shumetov, G.N. Abramova</b> EXPERT-ANALYTICAL METHOD OF CHOICE EFFECTIVE SOLUTIONS TO THE PROBLEMS OF MODERNIZATION MANUFACTURING ENGINEERING INDUSTRIAL .....	96
<b>M.A. Frolov</b> THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE INTERFERENCE OF SEMIPERMEABLE CRACKS (SCREENS) IN THE LAYER OF THE GROUND WITH THE LINEAR CONTOUR OF FEED ON THE YIELD OF THE CHINK.....	102
<b>I.I. Chernobrovkina</b> SUBSTANTIVE AND METHODOLOGICAL LINE OF TEACHING DISCIPLINE «NEURAL NETWORK» .....	107
<b>I.I. Chernobrovkina</b> DIFFERENTIATED APPROACH TO THE STUDY OF THE DISCIPLINES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS .....	110
<b>V.G. Shumetov, O.V. Laskowski, G.N. Abramova</b> MATHEMATICAL METHODS OF THE CHOICE OF EFFECTIVE DECISIONS IN THE CONDITIONS OF INFORMATION UNCERTAINTY.....	113



## 02.00.00 – CHEMICAL SCIENCES

**V.M. Markina**

THE ANALYSIS OF MICROELEMENTS IN RIVER WATER AND VEGETABLE PRODUCTS BY MEANS OF EXPRESS METHODS ..... 118

**E.R. Oskotskaya, E.N. Gribov, I.N. Senchakova, A.V. Osipova, E.Y. Yushkova**

INFLUENCE OF THE NATURE OF THE COMPLEXING GROUP OF FUNCTIONAL MATERIALS  
BASED ON STYRENE AND DIVINYLBENZENE ON THE SORPTION OF LEAD (II) ..... 120

**E.R. Oskotskaya, E.N. Gribov, M.N. Kalinin, E.V. Mitayeva**

SELECTIVE PRECONCENTRATION OF TETRACYCLINE IN THE PRESENCE OF CHLORAMPHENICOL ..... 124

**N.L. Khilkova, V.M. Markina, E.G. Prudnikova**

PEDAGOGICAL STIMULATION OF STUDENTS' CREATIVE ACTIVITY AT STUDYING CHEMICAL DISCIPLINES ..... 128

## 03.00.00 – BIOLOGICAL SCIENCES

**N.V. Bondar**

GROWING PERSON CARDIOVASCULAR FUNCTIONS WITHIN "BODY-ENVIRONMENT" SYSTEM ..... 131

**N.V. Vyshegorodskikh**

VARIETY SPECIES OF BATS (CHIROPTERA) IN NORTH-EAST VORONEZH REGION ..... 135

**N.M. Derzhavina, Z.M. Ivaschenko**

ECOLOGICAL AND DEMOGRAPHIC ANALYSIS OF NATURAL SETTLEMENTS OF GAMETOPHYTES  
*ASPLENIUM TRICHOMANES* L. IN ABKHAZIA ..... 143

**A.A. Elanceva, Y. S. Elnicova**

THE HERPETOBIONT'S EVALUATION FROM THE URBANIZED TERRITORY ..... 149

**A.N. Ermolov, T.A. Tsutsupa**

PECULIARITIES OF THE ANATOMICAL STRUCTURE OF DIFFERENT LEAVES OF *ASTRAGALUS ARENARIUS* L. .... 155

**Z.M. Ivaschenko, N.M. Derzhavina**

CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF PROTHALLI IN SOME GREENHOUSE FERNS ..... 160

**L.L. Kiseleva**

THE CHANGE OF VEGETATION OF OREL REGION IN THE HOLOCENE ON ARCHAEOLOGICAL AND HISTORICAL DATA ..... 165

**L.L. Kiseleva, E.A. Parakhina, N.I. Zolotukhin**

NEW SPECIES AND NEW SITES OF RARE AND PROTECTED PLANTS OF THE OREL AREA IN 2014 ..... 170

**M.N. Kondratiev, Yu.S. Larikova, S.N. Budarin**

THE EFFECT OF THE COMPONENTS OF THE JUICE OF THE LEAVES OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN  
ON THE GERMINATION AND GROWTH OF THE AGRICULTURAL AND MEDICINAL PLANTS ..... 176

**D.V. Krasnikov, I.N. Kondrashova**

THE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE CONTENT OF HEAVY AND RADIOACTIVE METALS  
IN SOILS OF THE KHOTYNETSKY DISTRICT OF THE OREL REGION ..... 180

**G.G. Ladnova**

COMPARATIVE ANALYSIS OF CYTOGENETIC CELLS OF  
BUCCAL EPITHELIUM IN CHILDREN IN THE REGIONAL CENTER OF URBAN SETTLEMENT ..... 183

**V.L. Lantsev, T.I. Puzina**

THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF *SOLANUM TUBEROSUM* IN THE DESTRUCTION OF ACTIN CYTOSKELETON CONDITIONS ..... 185

**A.N. Naumov, A.V. Aralov, S.A. Tatarintseva**

ABOUT FAUNA OF THE SETTLEMENT KOLESOVKA-1 ON THE KULIKOVO FIELD ..... 188

**T.I. Puzina, I.Y. Makeeva, M.V. Chvanova, I.A. Bichkov**

THE INFLUENCE OF CAFFEIC ACID ON THE RESPIRATION AND ACTIVITY OF SUPEROXIDE  
DISMUTASE IN *SOLANUM TUBEROSUM* UNDER THE ACTION OF HYPOTHERMIA ..... 195

**V.I. Radygina**

THE ORIGIN, COMPOSITION, GEOGRAPHICAL RELATIONS OF PHLOROGENETIC ELEMENTS OF THE EASTERN  
EUROPEAN PRAIRIES AND THE PETROPHYTE CARBONATE PHLOROGENETIC COMPLEX ..... 198

**Z.G. Silaeva, N.M. Derzhavina**

ECOLOGICAL AND PHYTOCENOTIC STRATEGIES AND DYNAMICS OF CENOPOPULATIONS *POLYPODIUM VULGARE* L. .... 202

**A.P. Tyapkina, N.V. Vyshegorodskikh**

VARIETY SPECIES ON BATS (CHIROPTERA) OF OREL REGION (FAMILY OF VESPER BATS  
(*VESPERTILIONIDAE*), GENERA OF COMMON BATS (*MYOTIS*) AND GENERA OF NOCTULE BATS (*NYCTALUS*) ..... 206

**N.V. Frolova, N.N. Kondykova**

MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION OF THE CITY OREL ..... 214

## 06.00.00 – AGRICULTURAL SCIENCES

**S.N. Bakina, N.N. Grankin**

THE POSSIBILITY OF SELECTING THE CENTRAL RUSSIAN BEES *APIS MELLIFERA MELLIFERA* L.  
ON THE DECREASING OF BELLCIOSITY WORKING INDIVIDUALS ..... 216

**M.V. Voronkova, L.A. Ermakova**

BIOCHEMICAL STUDIES OF POTATO VARIETIES DIFFERING IN RESISTANCE TO THE COLORADO BEETLE ..... 221

<b>N.N. Grankin, S.N. Bakina, V.V. Rumshin, E.S. Proskurin</b> PROGRAMMABLE HARVEST AS A FACTOR OF DECREASING THE AGGRESSIVENESS OF THE DARK EUROPEAN FORESTRY BEES APIS MELLIFERA MELLIFERA L.....	224
<b>N.V. Ermakova</b> ESTABLISHMENT OF CORRELATION DEPENDENCE BETWEEN THE INDICES OF THE STATE OF SYSTEM POL-AOP IN COWS IN THE SEASONAL ASPECT.....	227
<b>V.S. Zoteev, G.A. Simonov, V.S. Nikulnikov, A.S. Ischeryakov, A.V. Kirichenko, F.B. Pankov</b> TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF SILICIC MARL OF THE MAIN FIELD IN THE DIET OF PIGS .....	230
<b>T.J. Kolganova, S.V. Moshkina</b> INFLUENCE OF QUALITATIVE COMPOSITION FIBER OF RATION ON THE PRODUCTIVITY OF DAIRY CATTLE .....	233
<b>E.V. Kulakova</b> LABOR PROTECTION – THE MOST IMPORTANT COMPONENT OF LIFE SAFETY IN THE DEVELOPMENT OF AIC .....	236
<b>E.V. Levicheva, T.V. Smagina</b> A PHYSIOLOGICAL ROLE OF MINERAL SUBSTANCES IN ORGANISM OF YOUNG CATTLE AND THEIR INFLUENCE ON THE REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL PRODUCTIVITY OF ANIMALS .....	239
<b>O.A. Mikhailova, V.S. Buyarov</b> CHICKEN EGGS'COMMERCIAL QUALITY OF DOMESTIC AND FOREIGN CROSSES .....	242
<b>T.L. Mishchenko, N.A. Yakovlev</b> AGRICULTURAL CONSUMER COOPERATION IS THE BASIS OF THE RUSSIAN FUTURE ECONOMY.....	246
<b>O.V. Ostrikova, I.E. Fedotova, E.L. Harhardina, A.F. Kolesnikova</b> A COMPARATIVE STUDY OF THE DYNAMICS OF THE DEPTH AND DURATION OF THE REST OF ORGANIC CHERRY GENOTYPES OF DIFFERENT ORIGIN IN RELATION TO THEIR ADAPTABILITY TO DAMAGING WINTER FACTORS .....	250
<b>L.P. Stepanova, E.V. Yakovleva, E.A. Korenkova, A.V. Pisareva</b> AGROECONOMIC ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC ALLY DISTURBED AND RECLAIMED GRAY FOREST SOILS FERTILITY RESTORATION.....	256
<b>I.E. Fedotova, O.V. Ostrikova, A.F. Kolesnikova</b> STUDYING OF COMPONENTS OF WINTER HARDINESS OF GRADES OF PLUM DEPENDING ON A SPECIFIC ORIGIN IN THE CONDITIONS OF THE CONTROLLED MODE.....	261
<b>I.V. Chervonova, S.V. Moshkina, N.V. Abramkova</b> THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF PREPARATION «ECOFILTRUM» IN THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF BROILER MEAT ...	266
<b>14.00.00 – MEDICAL SCIENCES</b>	
<b>D.S. Aivazova, E.A. Palchik, A.B. Huraseva</b> VIRAL INFECTIONS IN THE DEVELOPMENT OF NEOPLASTIC LESIONS OF THE VULVA AND VAGINA IN THE PERIMENOPAUSAL PERIOD ..	269
<b>A.P. Alexandrova, D.P. Alexandrova, M.G. Dalgatov, E.V. Koroleva</b> EUTHANASIA IN THE VICTORIAN ERA .....	273
<b>T.N. Alekseeva, V. I. Vishnevskiy, N.I. Gromnatskiy</b> ANTIPLATELET THERAPY IN PATIENTS WITH ISCHEMIC HEART DISEASE AFTER CORONARY ARTERY STENTING.....	277
<b>A.L. Alyanov, A.V. Mamoshin, A.V. Borsukov, V.F. Muradyan</b> EFFICACY OF MINIMALLY INVASIVE TECHNOLOGIES IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH THE SYNDROME OF OBSTRUCTIVE JAUNDICE .....	280
<b>I.V. Antonova</b> HEALTH OF STUDENTS ACCORDING TO SELF-TESTING RESULTS.....	285
<b>S.A. Arkhipina, E.F. Melnikova</b> CLINICAL ANALYSIS OF SALMONELLESIS AT PATIENTS .....	288
<b>I.B. Belova, T.A. Sotnikova</b> DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF COMPLICATED PNEUMONIA, LUNG TUBERCULOSIS, LUNG CANCER.....	292
<b>A.V. Borsukov, T.G. Morozova, A.V. Kovalev</b> COMPARATIVE DIAGNOSTIC OPPORTUNITIES OF MICROTELEVISIONAL SYSTEM, ENDOSONOGRAPHY AND ENDOSCOPY UNIT OF REFLECTING LIGHT PROCESSING IN DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF GASTRITIS AND STOMACH CANCER .....	300
<b>V. I. Vishnevskiy, A.I. Luschik, N.I. Gromnatskiy</b> THE DYNAMICS OF HEALTH RELATED QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH THE ARTERIAL HYPERTENSION OF HIGH AND VERY HIGH RISK WITHIN THE COMBINATION OF ANTIHYPERTENSIVE DRUGS .....	304
<b>A.B. Gorpnich</b> THE EXPERIENCE OF OPERATED STOMACH SURGICAL TREATMENT .....	308
<b>M.G. Dalgatov, A.P. Alexandrova, D.P. Alexandrova, E.V. Koroleva</b> MEDICAL AID IN THE VICTORIAN ERA .....	311
<b>K.V. Danilova, I.M. Razdorskaya</b> EVALUATION OF MARKETING POSITIONS OF THE ASSORTMENT OF INTRANASAL GLUCOCORTICOSTEROIDS.....	315
<b>S.D. Egoricheva</b> PREVENTION OF HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS IN OBSTETRICS INSTITUTIONS (REVIEW) .....	318
<b>N.G. Zharkih</b> EMOTIONAL BURNOUT OF MEDICAL TEACHERS .....	323



<b>A.V. Kovalev, A.V. Borsukov</b> FEATURES OF IMPROVED METHODOLOGIES OF ELASTOGRAPHY OF SHEAR WAVES SPLEEN IN MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL .....	325
<b>L.Yu. Korolyova, D.I. Ermakov</b> MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAPHIC PARAMETERS IN YOUNG ATHLETES OF OREL REGION (ACCORDING TO THE OREL REGIONAL MEDICAL AND SPORTS CLINIC) .....	330
<b>K.V. Kotenko, N.B. Korchazhkina, T.G. Markosyan, S.S. Nikitin, A.V. Bodrov</b> MODERN APPROACH TO RESTORATIVE TREATMENT AND REHABILITATION OF PATIENTS WITH CHRONIC ABACTERIAL PROSTATITIS .....	332
<b>T.A. Kuznetsova, D.V. Kukushkin, T.M. Nechayeva</b> THE DEVELOPMENT OF YOUNG CHILDREN: THE EXPERIENCE OF SCREENING DIAGNOSTICS IN A CHILDREN'S POLYCLINIC .....	339
<b>D.V. Kukushkin, N.V. Puzankova, T.A. Kuznetsova</b> PHYSICAL DEVELOPMENT AND THE TYPE OF FEEDING INFANTS .....	342
<b>E.S. Kuleshova</b> APPLICATION OF CHROMATOGRAPHIC METHODS FOR ANILINE IDENTIFICATION .....	345
<b>S.V. Lazarenko, V.A. Lipatov, A.V. Ivanov, I.P. Parfenov, O.V. Yakovlev, N.A. Emelyanov</b> MORPHOLOGICAL FEATURES OF PATCH OF DACRON FOR OPERATIONS IN GREAT VESSELS .....	348
<b>O.B. Loran, L.A. Sinyakova, L.V. Gundorova, V.A. Kosov, I.V. Kosova, D.N. Kolbasov</b> VIRUSES: FROM ASYMPTOMATIC CARRIAGE TO CANCER .....	354
<b>A.I. Luschi, V.I. Vishnevskiy</b> THE DYNAMICS OF LEVEL OF URIC ACID AND PLATELET AGGREGATION IN PATIENTS WITH THE ARTERIAL HYPERTENSION OF HIGH AND VERY HIGH RISK WITHIN THE COMBINATION OF ANTIHYPERTENSIVE DRUGS .....	358
<b>A.E. Maklakov, V.I. Vishnevskiy</b> COMPARATIVE EFFICACY OF SOME OF ANTIPLATELET AGENTS (ACETYLSALICYLIC ACID, CLOPIDOGREL, TICAGRELOL) IN PATIENTS WITH ISCHEMIC HEART DISEASE .....	363
<b>A.V. Mamoshin, A.V. Borsukov, V.F. Muradyan, A.L. Alyanov, R.P. Shatalov</b> MINIINVASIVE TECHNIQUES OF ACUTE DESTRUCTIVE PANCREATITIS DIAGNOSTIC AND TREATMENT .....	368
<b>M.M. Mikhaylova, E.N. Mikhaylova, I.V. Mikhaylov, M.A. Khalilov, S.V. Petrov</b> RIGHT TO LIFE AND LEGAL STATUS OF THE UNBORN CHILD .....	374
<b>T.G. Morozova, A.V. Borsukov</b> THE COMPREHENSIVE ELASTOGRAPHY IN DIFFERENTIAL DIAGNOSTIC OF DIFFUSE LIVER DISEASE .....	378
<b>T.I. Obolenskaya, M.S. Turchina, Y.M. Morozov, V.I. Vishnevskiy</b> DIAGNOSTIC ERRORS OF ALLERGIC PATHOLOGY AT PREHOSPITAL STAGE .....	383
<b>N.N. Osipova, V.M. Zaitseva, A.V. Borsukov, K.N. Kulagin</b> PROSPECTS OF THE MENTAL ADAPTATION TRANSFORMATION IN THE POST-INDUSTRIAL SPACE .....	386
<b>N.M. Prokhorenkova, O.A. Sivakova, Y.V. Marchenkova, S.D. Egoricheva</b> HORMONAL PROFILE DATA ANALYSIS IN TEENAGE GIRLS EXPOSED TO VIOLENCE DEPENDING ON VIOLENCE EXPOSURE RATE .....	392
<b>I.M. Razdorskaya, Ya.Yu. Lutsyuk</b> KNOWLEDGE MANAGEMENT AS A FACTOR OF CREATING A PHARMACEUTICAL BUSINESS' VALUE .....	394
<b>G.S. Savonchik, I.V. Gorpnich, O.N. Shmaneva, L.V. Pervushina</b> EXPERIENCE OF APPLICATION OF MODULAR AND RATING SYSTEM AT THE MEDICAL INSTITUTE .....	398
<b>O.A. Sivakova, Y.V. Marchenkova, S.D. Egoricheva</b> IMMUNOLOGICAL DATA IN GIRLS DEPENDING ON THEIR AGE AND VIOLENCE EXPOSURE RATE .....	400
<b>D.N. Suhorukova, T. A. Kuznetsova, E. N. Cherkasova</b> EPIDEMIOLOGICAL FEATURES OF ACUTE BRONCHITIS IN CHILDREN UNDER PEDIATRIC AREA .....	402
<b>A.A. Takanaev, M.A. Khalilov, E.I. Yushkova, M.A. Yarovataya</b> SOME ASPECTS OF N-NITROSOCOMPOUNDS' BIOTRANSFORMATION .....	405
<b>A.V. Tarasov, V.I. Vishnevskiy</b> EFFICIENCY OF THE ANTIPLATELET THERAPY OF ASPIRIN AND CLOPIDOGREL IN CLINICAL PRACTICE .....	407
<b>M.S. Turchina</b> FEATURES OF TREATMENT OF NSAID-GASTROPATHY IN PATIENTS WITH THE DISEASE OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM IN PREPARATION FOR PROSTHETIC JOINTS .....	410
<b>I.A. Filina, E.I. Yushkova, S.S. Filina</b> HISTORICAL AND PHARMACOLOGICAL ASPECTS OF PHARMACY IN THE PROVINCE OF OREL .....	413
<b>E.N. Cherkasova, T. A. Kuznetsova</b> CLINICAL PROSPECTIVE STUDY OF CHILDREN SUFFERING FROM ACUTE TONSILLITIS ON AN OUTPATIENT BASIS .....	418
<b>G.I. Shvets, E.I. Yushkova, M.V. Tolkacheva</b> PHARMACOECONOMIC STUDIES IN OPTIMIZING THE SUPPLY OF DRUGS .....	421
<b>M.A. Yarovataya, A.A. Takanaev, E.I. Yushkova</b> METABOLISM OF HETEROCICLIC N-NITROSAMINES .....	424

## 25.00.00 – SCIENCES ABOUT THE EARTH

**A.V. Anoshkin**

MODERN ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE RIVER VALLEYS IN THE AREAS OF AGRICULTURAL DRAINAGE AMELIORATION ..... 426

**K.V. Babeshko, A.N. Tsyganov, E.Yu. Novenko, O.V. Rudenko, Y.A. Mazei**

MODERN AND FOSSIL ASSEMBLAGES OF TESTATE AMOEBAE FROM PEATLAND

ECOSYSTEMS OF «ORLOVSKOYE POLESYE» NATIONAL PARK ..... 429

**E.E. Zosimova, A.D. Korotkov**

CLUSTER APPROACH IN CONFORMATION OF THE ECOLOGO-TOURIST AREA..... 434

**M.S. Oborin**

NATURAL AND GEOGRAPHICAL FACTORS LIKE OF FUNDAMENTAL BASIS OF MANAGEMENT AND RESORT RECREATION ACTIVITIES

(FOR EXAMPLE, THE NORTH OF PERM REGION) ..... 436

**O.V. Rudenko, E.Yu. Novenko**

MODERN VEGETATION OF FOREST/STEPPE ECOTONE OF THE RUSSIAN UPLAND,

ORYOL REGION AS REFLECTED IN SUBFOSSIL POLLEN SPECTRA ..... 441

**L.N. Trofimez, E.A. Panidi, T.L. Ivaneha**

THE ROLE OF THE NETWORK OF MODERN STREAMS IN RELIEF TRANSFORMATION ON ARABLE SLOPES..... 447

УДК 517.98

UDC 517.98

**Н.А. АКСЁНОВ**

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Математика и информатика», Финансовый университет при Правительстве РФ (Орловский филиал)  
E-mail: aksenovna@inbox.ru

**N.A. AKSYONOV**

Candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor, Department of «Mathematics and Informatics», Financial University under the Government of the RF (Orel branch)  
E-mail: aksenovna@inbox.ru

## ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ СИСТЕМЫ СМЕШАННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВАХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЕКТОРНОЗНАЧНЫХ ФУНКЦИЙ

### CAUCHY PROBLEM FOR SYSTEM OF MIXED DIFFERENTIAL-OPERATOR EQUATIONS IN THE SPACES OF ANALYTIC VECTOR-VALUED FUNCTIONS

*В работе получен аналог достаточных условий Коши-Ковалевской аналитической разрешимости комплексной задачи Коши для системы дифференциально-операторных уравнений, сформулированный в терминах порядка и типа линейного непрерывного оператора в локально выпуклом пространстве. Установлено, что решение задачи существует, единственно и непрерывно зависит от начальных данных.*

*Ключевые слова:* задача Коши, система дифференциально-операторных уравнений, векторнозначная функция, локально выпуклое пространство, порядок оператора, тип оператора.

*We obtain sufficient conditions for an analogue of the Cauchy-Kovalevskaya analytic solvability of the Cauchy problem for a complex system of differential-operator equations, formulated in terms of the order and the type of continuous linear operators in locally convex space. It was found that the solution exists, it is unique and depends continuously on the initial data.*

*Keywords:* Cauchy problem, system of differential-operator equations, vector-valued function, locally convex space, operator order, operator type.

#### Введение

В работах автора (см., например, [1]–[3]) изучались условия аналитической разрешимости комплексной задачи Коши для некоторых систем дифференциально-операторных уравнений в ненормированных пространствах. Характерной особенностью этих систем является то, что все их уравнения имеют одинаковую структуру. Так, в работе [1] рассматривалась система

$$\frac{\partial u(z_1, z_2, \dots, z_l)}{\partial z_\tau} = \phi_\tau(z_\tau) A_\tau u(z_1, z_2, \dots, z_l), \quad 1 \leq \tau \leq l,$$

в работе [2] – система

$$\frac{\partial^{m_\tau} u(z_1, z_2, \dots, z_l)}{\partial z_\tau^{m_\tau}} = A_\tau u(z_1, z_2, \dots, z_l), \quad 1 \leq \tau \leq l,$$

в работе [3] – система

$$P_{m_\tau} \left( \frac{\partial}{\partial z_\tau} \right) u(z_1, z_2, \dots, z_l) = A_\tau u(z_1, z_2, \dots, z_l), \quad 1 \leq \tau \leq l.$$

В представленной статье исследована задача Коши для системы дифференциально-операторных уравнений, имеющих различную конструктивную структуру. Такую систему будем называть смешанной.

#### Постановка задачи

Пусть  $\mathbb{H}$  – произвольное счётно-полное локально выпуклое пространство. Наделим пространство  $\mathbb{H}$  топологией с помощью мультиномы  $\{\|\cdot\|_p\}$ ,  $p \in P$  и рассмотрим в этом пространстве систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial^{m_1} u(z_1, z_2)}{\partial z_1^{m_1}} = A_1 u(z_1, z_2) \\ \frac{\partial^{m_2} u(z_1, z_2)}{\partial z_2^{m_2}} = A_2 \int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s}{s!} u(z_1, \xi) d\xi \end{cases} \quad (1)$$

в которой  $A_i : \mathbb{H} \rightarrow \mathbb{H}$  ( $i = 1, 2$ ) – линейные непрерывные, перестановочные друг с другом операторы,  $\mathbb{N}$ ,  $s \in \{0\} \cup \mathbb{N}$ ;  $u(z_1, z_2) : \mathbb{C}^2 \rightarrow \mathbb{H}$  – подлежащая определению неизвестная векторнозначная функция двух комплексных переменных, значения которой на каждом фиксированном наборе  $z_1, z_2$  принадлежат пространству  $\mathbb{H}$ . Ставится

**Задача Коши:** найти решение системы уравнений (1), удовлетворяющее начальным условиям

$$u(a_1, a_2) = v_{00}, \quad \frac{\partial^k u(a_1, a_2)}{\partial z_\tau^k} = v_{\tau k}, \quad (2)$$

где  $a_\tau \in \mathbb{C}$ ,  $v_{00}, v_{\tau k} \in \mathbb{H}$ ,  $1 \leq k \leq m_\tau - 1$ ,  $\tau = 1, 2$ .

Теорема существования и единственности аналитического решения. Устойчивость решения

**Теорема 1.** Пусть операторы  $A_\tau \in \mathfrak{K}_{\mathbb{H}}^{\beta(A_\tau), \alpha(A_\tau)}[m_\tau + s_\tau + 1, \infty)$ ,  $\tau = 1, 2$ , где  $s_1 = -1, s_2 = s$ . Тогда задача Коши (1)–(2) имеет единственное решение для любых векторов  $v_{00}, v_{\tau k} \in \mathbb{H}$ ,  $1 \leq k \leq m_\tau - 1$ ,  $\tau = 1, 2$ . Оно является аналитической в некоторой области  $T \subseteq \mathbb{C}^2$  векторнозначной функцией  $u(z_1, z_2)$  двух комплексных переменных со значениями в пространстве  $\mathbb{H}$  и определяется формулой

$$u(z_1, z_2) = u_{00}(z_1, z_2, v_{00}) + \sum_{\theta=1}^{m_1-1} u_{1\theta}(z_1, z_2, v_{1\theta}) + \sum_{\theta=1}^{m_2-1} u_{2\theta}(z_1, z_2, v_{2\theta}), \quad (3)$$

в которой

$$u_{00}(z_1, z_2, v_{00}) = \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{00}), \quad (4)$$

$$u_{1\theta}(z_1, z_2, v_{1\theta}) = \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1 + \theta)!((m_2+s+1)n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{1\theta}), \quad (5)$$

$$u_{2\theta}(z_1, z_2, v_{2\theta}) = \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2 + \theta}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2 + \theta)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{2\theta}). \quad (6)$$

При этом:

1) вектор-функция  $u(z_1, z_2)$  является целой при  $\beta(A_1) < m_1$ ,  $\beta(A_2) < m_2 + s + 1$  или  $\beta(A_1) = m_1$ ,  $\beta(A_2) = m_2 + s + 1$ ,  $\alpha(A_1) = 0$ ,  $\alpha(A_2) = 0$ , то есть  $T = \mathbb{C}^2$ ;

2) вектор-функция  $u(z_1, z_2)$  является аналитической в бикруге  $T = C \subset \mathbb{C}^2$ , где

$$C = \begin{cases} C_1 = \{ (z_1, z_2) : |z_1 - a_1| < m_1 e^{-1} (\alpha(A_1))^{-1/m_1}, |z_2 - a_2| < \infty \}, \\ \text{если } \beta(A_1) = m_1, 0 < \alpha(A_1) < \infty, \beta(A_2) < m_2 + s + 1; \\ C_2 = \{ (z_1, z_2) : |z_1 - a_1| < \infty, |z_2 - a_2| < (m_2 + s + 1) e^{-1} (\alpha(A_2))^{-1/(m_2+s+1)} \}, \\ \text{если } \beta(A_1) < m_1, \beta(A_2) = m_2 + s + 1, 0 < \alpha(A_2) < \infty; \\ C_3 = \left\{ (z_1, z_2) : |z_1 - a_1| < m_1 e^{-1} (\alpha(A_1))^{-1/m_1}, |z_2 - a_2| < \frac{(m_2 + s + 1) e^{-1}}{(\alpha(A_2))^{1/(m_2+s+1)}} \right\}, \\ \text{если } \beta(A_1) = m_1, \beta(A_2) = m_2 + s + 1, 0 < \alpha(A_2), \alpha(A_1) < \infty. \end{cases}$$

В обоих случаях решение задачи Коши (1)-(2) непрерывно зависит от начальных данных  $v_{00}, v_{\tau k} \in \mathbb{H}$ ,  $1 \leq k \leq m_{\tau} - 1$ ,  $\tau = 1, 2$ .

**Доказательство.** Прежде всего, покажем, что в условиях теоремы 1 ряды (4)-(6) сходятся по топологии пространства  $\mathbb{H}$  абсолютно в некоторой области  $T$  и равномерно на любом компактном подмножестве  $T$ . Исследование проведем для ряда (4), для рядов (5)-(6) получаемые результаты устанавливаются аналогично.

I. Пусть  $\beta(A_1) < m_1$ ,  $\beta(A_2) < m_2 + s + 1$ . Обозначим  $K = \{ (z_1, z_2) : |z_1 - a_1| \leq R_1, |z_2 - a_2| \leq R_2 \}$ ,  $0 < R_1, R_2 < \infty$  – компактное подмножество области  $T$ .

Применяя на компакте  $K$  к ряду (4) дважды оценку [4]

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon) : \forall x \in \mathbb{H}, \forall n \quad \|A^n(x)\|_p < C_p(\varepsilon) n^{\beta(A)+\varepsilon} \|x\|_q, \quad (7)$$

и формулу Стирлинга

$$(mn)! = \sqrt{2\pi mn} \left( \frac{mn}{e} \right)^{mn} e^{\Theta/(12mn)}, \quad 0 < \Theta < 1,$$

видим, что  $\exists q$  такое, что

$$\begin{aligned} \max_K \|u_{00}(z_1, z_2, v_{00})\|_p &= \max_K \left\| \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{00}) \right\|_p \leq \\ &\leq \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{\max_{|z_1 - a_1| \leq R_1} |z_1 - a_1|^{m_1 n_1} \max_{|z_2 - a_2| \leq R_2} |z_2 - a_2|^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} \|A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{00})\|_p < \\ &< \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \frac{R_1^{m_1 n_1} R_2^{(m_2+s+1)n_2} n_1^{\beta(A_1)+\varepsilon_1} n_2^{\beta(A_2)+\varepsilon_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} = \\ &= C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{R_1^{m_1 n_1} n_1^{\beta(A_1)+\varepsilon_1}}{(m_1 n_1)!} \sum_{n_2=0}^{\infty} \frac{R_2^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{\beta(A_2)+\varepsilon_2}}{((m_2+s+1)n_2)!} \leq \\ &\leq C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{R_1^{m_1 n_1} n_1^{\beta(A_1)+\varepsilon_1}}{(m_1/e)^{m_1 n_1} n_1^{m_1}} \times \\ &\times \sum_{n_2=0}^{\infty} \frac{R_2^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{\beta(A_2)+\varepsilon_2}}{((m_2+s+1)/e)^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{(m_2+s+1)}} = \\ &= C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \left( \frac{e R_1}{m_1} \right)^{m_1 n_1} n_1^{\beta(A_1)-m_1+\varepsilon_1} \times \\ &\times \sum_{n_2=0}^{\infty} \left( \frac{e R_2}{m_2+s+1} \right)^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{\beta(A_2)-m_2-s-1+\varepsilon_2}. \quad (8) \end{aligned}$$

Из цепочки неравенств (8) следует, что кратный ряд (4) мажорируется (с точностью до постоянного множителя) произведением двух числовых рядов вида

$$\sum_{n_i=0}^{\infty} \left( \frac{e R_i}{\gamma_i} \right)^{\gamma_i n_i} n_i^{\beta(A_i)-\gamma_i+\varepsilon_i}, \quad i = 1, 2, \quad (9)$$

где  $\gamma_1 = m_1$ ,  $\gamma_2 = m_2 + s + 1$ . В силу произвольности сколь угодно малых чисел  $\varepsilon_i > 0$  ( $i = 1, 2$ ), ряды (9)

сходятся при  $R_i < \infty$  ( $i = 1, 2$ ) по признаку Коши.

Тогда по теореме Вейерштрасса из оценки (8) следует, что ряд (4) сходится по топологии пространства  $\mathbb{H}$  абсолютно на  $\mathbb{C}^2$  и равномерно на любом компакте  $K$ ,

то есть  $T = \mathbb{C}^2$ . Кроме того, из полученной оценки вытекает, что частичная сумма ряда (4) равностепенно непрерывна. Поэтому по теореме о непрерывности предела равностепенно непрерывного семейства операторов [5] заключаем, что ряд (4) имеет сумму, непрерывно зависящую от вектора  $v_{00}$ .

Если же

$$\beta(A_1) = m_1, \beta(A_2) = m_2 + s + 1, \alpha(A_1) = 0, \alpha(A_2) = 0,$$

применяя к ряду (4) на компакте  $K$  дважды оценку [4]

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon) : \forall x \in \mathbb{H}, \forall n$$

$$\|A^n(x)\|_p < C_p(\varepsilon)(\alpha(A) + \varepsilon)^n n^{\beta(A)n} \|x\|_q \quad (10)$$

и формулу Стирлинга, видим, что  $\exists q$  такое, что

$$\begin{aligned} & \max_K \|u_{00}(z_1, z_2, v_{00})\|_p \leq \\ & \leq \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{\max_{|z_1-a_1| \leq R_1} |z_1-a_1|^{m_1 n_1} \max_{|z_2-a_2| \leq R_2} |z_2-a_2|^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} \|A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00})\|_p < \\ & < \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q R_1^{m_1 n_1} R_2^{(m_2+s+1)n_2} \times \\ & \times \frac{(\alpha(A_1) + \varepsilon_1)^{n_1} n_1^{\beta(A_1)n_1} (\alpha(A_2) + \varepsilon_2)^{n_2} n_2^{\beta(A_2)n_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} \leq \\ & \leq C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{R_1^{m_1 n_1} (\alpha(A_1) + \varepsilon_1)^{n_1} n_1^{\beta(A_1)n_1}}{(m_1/e)^{m_1 n_1} n_1^{m_1 n_1}} \times \\ & \times \sum_{n_2=0}^{\infty} \frac{R_2^{(m_2+s+1)n_2} (\alpha(A_2) + \varepsilon_2)^{n_2} n_2^{\beta(A_2)n_2}}{((m_2+s+1)/e)^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{(m_2+s+1)n_2}} = \\ & = C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \left( \frac{eR_1}{m_1} \right)^{m_1 n_1} \varepsilon_1^{n_1} \sum_{n_2=0}^{\infty} \left( \frac{eR_2}{m_2+s+1} \right)^{(m_2+s+1)n_2} \varepsilon_2^{n_2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Ввиду произвольности сколь угодно малых чисел  $\varepsilon_i > 0$  ( $i=1,2$ ), ряды вида

$$\sum_{n_i=0}^{\infty} \left( \frac{eR_i}{\gamma_i} \right)^{\gamma_i n_i} \varepsilon_i^{n_i}, \quad i=1,2$$

(здесь  $\gamma_1 = m_1$ ,  $\gamma_2 = m_2 + s + 1$ ) представляют собой бесконечно убывающую геометрическую прогрессию со знаменателями

$$0 < q_i = \left( \frac{eR_i}{\gamma_i} \right)^{\gamma_i} \varepsilon_i < 1, \quad i=1,2.$$

Из сходимости этих рядов при  $R_i < \infty$  ( $i=1,2$ ),

оценки (11) и теоремы Вейерштрасса заключаем, что  $T = \mathbb{C}^2$  и ряд (4) имеет сумму, непрерывно зависящую от вектора  $v_{00}$ .

II. Рассмотрим случай, когда хотя бы один из операторов имеет порядок, в точности равный порядку соответствующей производной.

1) Пусть  $\beta(A_1) = m_1$ ,  $0 < \alpha(A_1) < \infty$ ,  $\beta(A_2) < m_2 + s + 1$ ,

а

$$K_1 = \{(z_1, z_2) : |z_1 - a_1| \leq R_1, |z_2 - a_2| \leq R_2\},$$

$$0 < R_1 < \frac{m_1}{e} (\alpha(A_1))^{-1/m_1}, \quad 0 < R_2 < \infty \quad - \text{компактное под-}$$

множество области  $T$ .

Применяя к ряду (4) на компакте  $K_1$  оценки (10) и (7), а также формулу Стирлинга, видим, что  $\exists q$ , для которого

$$\max_{K_1} \|u_{00}(z_1, z_2, v_{00})\|_p \leq$$

$$\begin{aligned} & \leq \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{\max_{|z_1-a_1| \leq R_1} |z_1-a_1|^{m_1 n_1} \max_{|z_2-a_2| \leq R_2} |z_2-a_2|^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} \|A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00})\|_p < \\ & < \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q R_1^{m_1 n_1} R_2^{(m_2+s+1)n_2} \times \\ & \times \frac{(\alpha(A_1) + \varepsilon_1)^{n_1} n_1^{\beta(A_1)n_1} n_2^{\beta(A_2) + \varepsilon_2} n_2}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} \leq \\ & \leq C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{R_1^{m_1 n_1} (\alpha(A_1) + \varepsilon_1)^{n_1} n_1^{\beta(A_1)n_1}}{(m_1/e)^{m_1 n_1} n_1^{m_1 n_1}} \times \\ & \times \sum_{n_2=0}^{\infty} \frac{R_2^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{\beta(A_2) + \varepsilon_2} n_2}{((m_2+s+1)/e)^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{(m_2+s+1)n_2}} = \\ & = C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \left( \frac{eR_1}{m_1} \right)^{m_1 n_1} (\alpha(A_1) + \varepsilon_1)^{n_1} \times \\ & \times \sum_{n_2=0}^{\infty} \left( \frac{eR_2}{m_2+s+1} \right)^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{(\beta(A_2) - m_2 - s - 1 + \varepsilon_2) n_2}. \end{aligned} \quad (12)$$

Выше показано, что ряд

$$\sum_{n_2=0}^{\infty} \left( \frac{eR_2}{m_2+s+1} \right)^{(m_2+s+1)n_2} n_2^{(\beta(A_2) - m_2 - s - 1 + \varepsilon_2) n_2}$$

сходится при  $R_2 < \infty$ .

Применяя признак Коши, несложно показать, что ряд

$$\sum_{n_1=0}^{\infty} \left( \frac{eR_1}{m_1} \right)^{m_1 n_1} (\alpha(A_1) + \varepsilon_1)^{n_1} \quad (13)$$

сходится при  $R_1 < m_1 e^{-1} (\alpha(A_1))^{-1/m_1}$ . Тем самым, при

рассматриваемых условиях из оценки (12) вытекает, что ряд (4) сходится по топологии пространства  $\mathbb{H}$  абсолютно в бикруге  $C_1$  и равномерно на компакте  $K_1$ , а

его сумма непрерывно зависит от вектора  $v_{00}$ .

2) Пусть

$$\beta(A_1) < m_1, \quad \beta(A_2) = m_2 + s + 1, \quad 0 < \alpha(A_2) < \infty, \quad \text{и пусть}$$

$$K_2 = \{(z_1, z_2) : |z_1 - a_1| \leq R_1, |z_2 - a_2| \leq R_2\}, \quad 0 < R_1 < \infty,$$

$$0 < R_2 < (m_2 + s + 1) e^{-1} (\alpha(A_2))^{-1/(m_2+s+1)}$$

– компактное подмножество области  $T$ .

Действуя аналогично случаю 1), будем иметь:

$$\max_{K_2} \|u_{00}(z_1, z_2, v_{00})\|_p \leq$$

$$\leq \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{\max_{|z_1-a_1| \leq R_1} |z_1-a_1|^{m_1 n_1} \max_{|z_2-a_2| \leq R_2} |z_2-a_2|^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)!((m_2+s+1)n_2)!} \|A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00})\|_p <$$

$$< C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \left( \frac{eR_1}{m_1} \right)^{m_1 n_1} n_1^{(\beta(A_1)-m_1+\varepsilon_1)n_1} \times \\ \times \sum_{n_2=0}^{\infty} \left( \frac{eR_2}{m_2+s+1} \right)^{(m_2+s+1)n_2} (\alpha(A_2)+\varepsilon_2)^{n_2}. \quad (14)$$

Выше показано, что ряд

$$\sum_{n_1=0}^{\infty} \left( \frac{eR_1}{m_1} \right)^{m_1 n_1} n_1^{(\beta(A_1)-m_1+\varepsilon_1)n_1}$$

сходится при  $R_1 < \infty$ , а в силу признака Коши ряд

$$\sum_{n_2=0}^{\infty} \left( \frac{eR_2}{m_2+s+1} \right)^{(m_2+s+1)n_2} (\alpha(A_2)+\varepsilon_2)^{n_2} \quad (15)$$

сходится при  $R_2 < (m_2+s+1)e^{-1}(\alpha(A_2))^{-1/(m_2+s+1)}$ . Тогда из оценки (14) следует, что ряд (4) сходится по топологии пространства  $\mathbb{H}$  абсолютно в бикруге  $C_2$  и равномерно на компакте  $K_2$  и его сумма непрерывно зависит от вектора  $v_{00}$ .

3) Пусть

$$\beta(A_1) = m_1, \quad \beta(A_2) = m_2 + s + 1, \quad 0 < \alpha(A_2), \quad \alpha(A_2) < \infty,$$

и пусть

$$K_3 = \{(z_1, z_2) : |z_1 - a_1| \leq R_1, \quad |z_2 - a_2| \leq R_2\},$$

$$0 < R_1 < \frac{m_1}{e} (\alpha(A_1))^{-1/m_1},$$

$$0 < R_2 < (m_2 + s + 1)e^{-1} (\alpha(A_2))^{-1/(m_2+s+1)}$$

– компактное подмножество области  $T$ .

Легко видеть, что

$$\max_{K_3} \|u_{00}(z_1, z_2, v_{00})\|_p \leq \\ \leq \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{\max_{|z_1-a_1| \leq R_1} |z_1 - a_1|^{m_1 n_1} \max_{|z_2-a_2| \leq R_2} |z_2 - a_2|^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1) n_2)!} \|A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00})\|_p <$$

$$< C_p^1(\varepsilon_1) C_p^2(\varepsilon_2) \|v_{00}\|_q \sum_{n_1=0}^{\infty} \left( \frac{eR_1}{m_1} \right)^{m_1 n_1} (\alpha(A_1)+\varepsilon_1)^{n_1} \times \\ \times \sum_{n_2=0}^{\infty} \left( \frac{eR_2}{m_2+s+1} \right)^{(m_2+s+1)n_2} (\alpha(A_2)+\varepsilon_2)^{n_2}. \quad (16)$$

Из оценки (16), в силу установленной ранее сходимости рядов (13), (15), делаем вывод, что ряд (4) сходится по топологии пространства  $\mathbb{H}$  абсолютно в бикруге  $C_3$  и равномерно на компакте  $K_3$  и его сумма непрерывно зависит от вектора  $v_{00}$ .

Рассуждая аналогично, можно показать, что в условиях теоремы 1 ряды (5)-(6) также сходятся по топологии пространства  $\mathbb{H}$  абсолютно в области  $T$ , описанной выше, и равномерно на любом компактном подмножестве  $T$ , и непрерывно зависят от векторов  $v_{1\theta}, v_{2\theta}, 1 \leq \theta \leq m_\tau - 1, \quad \tau = 1, 2$  соответственно.

Таким образом, вектор-функция (3) является аналитической в некоторой области  $T$  и непрерывно зависит от векторов  $v_{00}, v_{1\theta}, v_{2\theta}, 1 \leq \theta \leq m_\tau - 1, \quad \tau = 1, 2$ .

Покажем, что вектор-функция (3) определяет решение системы (1). Ввиду абсолютной и равномерной сходимости ряды (4)-(6) представляют собой аналитические функции двух переменных, поэтому их можно дифференцировать почленно по переменным  $z_1, z_2$  любое число раз. Тогда

$$\frac{\partial^{m_1} u(z_1, z_2)}{\partial z_1^{m_1}} = \\ = \frac{\partial^{m_1}}{\partial z_1^{m_1}} \left( u_{00}(z_1, z_2, v_{00}) + \sum_{\theta=1}^{m_1-1} u_{1\theta}(z_1, z_2, v_{1\theta}) + \sum_{\theta=1}^{m_2-1} u_{2\theta}(z_1, z_2, v_{2\theta}) \right) = \\ = \sum_{n_1=1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 - m_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1 - m_1)! ((m_2 + s + 1) n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00}) + \\ + \sum_{\theta=1}^{m_1-1} \sum_{n_1=1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 - m_1 + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1 - m_1 + \theta)! ((m_2 + s + 1) n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{1\theta}) + \\ + \sum_{\theta=1}^{m_2-1} \sum_{n_1=1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 - m_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2 + \theta}}{(m_1 n_1 - m_1)! ((m_2 + s + 1) n_2 + \theta)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{2\theta}) = \\ = A_1 \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1) n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00}) + \\ + A_1 \sum_{\theta=1}^{m_1-1} \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2}}{(m_1 n_1 + \theta)! ((m_2 + s + 1) n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{1\theta}) + \\ + A_1 \sum_{\theta=1}^{m_2-1} \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2 + \theta}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1) n_2 + \theta)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{2\theta}) = \\ = A_1 \left( u_{00}(z_1, z_2, v_{00}) + \sum_{\theta=1}^{m_1-1} u_{1\theta}(z_1, z_2, v_{1\theta}) + \sum_{\theta=1}^{m_2-1} u_{2\theta}(z_1, z_2, v_{2\theta}) \right) = \\ = A_1 u(z_1, z_2),$$

то есть, вектор-функция (3) удовлетворяет первому уравнению системы (1). В то же время, с одной стороны,

$$\frac{\partial^{m_2} u(z_1, z_2)}{\partial z_2^{m_2}} = \\ - \frac{\partial^{m_2}}{\partial z_2^{m_2}} \left( u_{00}(z_1, z_2, v_{00}) + \sum_{\theta=1}^{m_1-1} u_{1\theta}(z_1, z_2, v_{1\theta}) + \sum_{\theta=1}^{m_2-1} u_{2\theta}(z_1, z_2, v_{2\theta}) \right) = \\ = \sum_{n_1=0, n_2=1}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2 - m_2}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1) n_2 - m_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00}) + \\ + \sum_{\theta=1}^{m_1-1} \sum_{n_1=0, n_2=1}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2 - m_2}}{(m_1 n_1 + \theta)! ((m_2 + s + 1) n_2 - m_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{1\theta}) + \\ + \sum_{\theta=1}^{m_2-1} \sum_{n_1=0, n_2=1}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2 + \theta - m_2}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1) n_2 + \theta - m_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{2\theta}) = \\ = A_2 \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2+s+1)n_2 + s + 1}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1) n_2 + s + 1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2}(v_{00}) +$$



$$+ A_2 \sum_{\theta=1}^{m_1-1} \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + s + 1}}{(m_1 n_1 + \theta)! ((m_2 + s + 1)n_2 + s + 1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{1\theta}) +$$

$$+ A_2 \sum_{\theta=1}^{m_2-1} \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + \theta + s + 1}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1)n_2 + \theta + s + 1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{2\theta}).$$

(17)

С другой стороны,

$$A_2 \int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s}{s!} u(z_1, \xi) d\xi =$$

(18)

$$= A_2 \int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s}{s!} \left( u_{00}(z_1, \xi, v_{00}) + \sum_{\theta=1}^{m_1-1} u_{1\theta}(z_1, \xi, v_{1\theta}) + \sum_{\theta=1}^{m_2-1} u_{2\theta}(z_1, \xi, v_{2\theta}) \right) d\xi =$$

$$= A_2 \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s (\xi - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2}}{s! ((m_2 + s + 1)n_2)!} d\xi \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1}}{(m_1 n_1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{00}) +$$

$$+ A_2 \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s (\xi - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2}}{s! ((m_2 + s + 1)n_2)!} d\xi \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 + \theta}}{(m_1 n_1 + \theta)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{1\theta}) +$$

$$= A_2 \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s (\xi - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + \theta}}{s! ((m_2 + s + 1)n_2 + \theta)!} d\xi \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1}}{(m_1 n_1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{2\theta}).$$

Полагая  $\xi = (z_2 - a_2)y + a_2$ ,  $y \in \mathbb{R}$ , и учитывая, что

$$\int_0^1 y^{m-1} (1-y)^{n-1} dy = B(m, n) = \frac{\Gamma(m)\Gamma(n)}{\Gamma(m+n)} = \frac{(m-1)!(n-1)!}{(m+n-1)!},$$

где  $B(m, n)$  – бета-функция,  $\Gamma(s) = \int_0^\infty y^{s-1} e^{-y} dy$  – гамма-функция, будем иметь:

$$\int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s (\xi - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2}}{s! ((m_2 + s + 1)n_2)!} d\xi = \frac{(z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + s + 1}}{((m_2 + s + 1)n_2 + s + 1)!}, \quad (19)$$

$$\int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s (\xi - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + \theta}}{s! ((m_2 + s + 1)n_2 + \theta)!} d\xi = \frac{(z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + \theta + s + 1}}{((m_2 + s + 1)n_2 + \theta + s + 1)!}. \quad (20)$$

Следовательно, в силу (18)-(20)

$$A_2 \int_{a_2}^{z_2} \frac{(z_2 - \xi)^s}{s!} u(z_1, \xi) d\xi =$$

$$= A_2 \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + s + 1}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1)n_2 + s + 1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{00}) +$$

$$+ A_2 \sum_{\theta=1}^{m_1-1} \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + s + 1}}{(m_1 n_1 + \theta)! ((m_2 + s + 1)n_2 + s + 1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{1\theta}) +$$

$$+ A_2 \sum_{\theta=1}^{m_2-1} \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + \theta + s + 1}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1)n_2 + \theta + s + 1)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{2\theta}).$$

(21)

Сопоставляя (17) и (21), убеждаемся, что вектор-функция (3) является также решением и второго уравнения системы (1), то есть вектор-функция (3) удовлетворяет системе (1).

Легко видеть, что  $u(a_1, a_2) = u_{00}(a_1, a_2, v_{00}) = v_{00}$  и

для  $1 \leq k \leq m_1 - 1$

$$\frac{\partial^k u(a_1, a_2)}{\partial z_1^k} =$$

$$- \sum_{n_1=1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 - k} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2}}{(m_1 n_1 - k)! ((m_2 + s + 1)n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{00}) \Big|_{(a_1, a_2)} +$$

$$+ \sum_{\theta=1}^{k-1} \sum_{n_1=1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 - k + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2}}{(m_1 n_1 - k + \theta)! ((m_2 + s + 1)n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{1\theta}) \Big|_{(a_1, a_2)} +$$

$$+ \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2}}{(m_1 n_1)! ((m_2 + s + 1)n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{1k}) \Big|_{(a_1, a_2)} +$$

$$+ \sum_{\theta=k+1}^{m_1-1} \sum_{n_1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 - k + \theta} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2}}{(m_1 n_1 - k + \theta)! ((m_2 + s + 1)n_2)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{1\theta}) \Big|_{(a_1, a_2)} +$$

$$+ \sum_{\theta=1}^{m_2-1} \sum_{n_1=1, n_2=0}^{\infty} \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 - k} (z_2 - a_2)^{(m_2 + s + 1)n_2 + \theta}}{(m_1 n_1 - k)! ((m_2 + s + 1)n_2 + \theta)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} (v_{2\theta}) \Big|_{(a_1, a_2)} = v_{1k}.$$

Аналогично можно показать, что при  $1 \leq k \leq m_2 - 1$

$$\frac{\partial^k u(a_1, a_2)}{\partial z_2^k} = v_{2k}.$$

Итак, вектор-функция (3) является решением задачи Коши (1)-(2).

Рассуждая по схеме, изложенной в [3], можно показать, что задача Коши (1)-(2) имеет единственное решение.

Теорема доказана.

#### Библиографический список

1. Аксёнов Н.А. Задача Коши для систем дифференциально-операторных уравнений первого порядка со смешанными операторами. Вестник Ижевского государственного технического университета 2009, №4 (44). С.176-178.
2. Аксёнов Н.А. Задача Коши для некоторых систем дифференциально-операторных уравнений произвольного порядка в локально выпуклых пространствах. Математические заметки 2011, №90 (2). С.183-198.
3. Аксёнов Н.А. Аналитическая разрешимость комплексной задачи Коши для некоторых систем дифференциально-операторных уравнений с переменными коэффициентами. Учёные записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки» 2013. № 6 (56). С. 25-32.
4. Громов В.П., Мишин С.Н., Панюшкин С.В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Орёл: ОГУ, 2009.
5. Рид М., Саймон Б. Методы современной математической физики. М.: Мир, 1977.

References

1. *Aksyonov N.A.* The Cauchy problem for systems of differential-operator equations of the first order with mixed operators. Bulletin of the Izhevsk State Technical University 2009; №4 (44): Pp. 176-178.
  2. *Aksyonov N.A.* The Cauchy problem for some systems of differential-operator equations of arbitrary order in locally convex spaces. Mathematical Notes 2011; №90 (2): Pp. 183-198.
  3. *Aksyonov N.A.* The analytic solvability of the complex problem of Cauchy for some systems of differential-operator equations with variable coefficients. Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2013. № 6 (56). Pp. 25-32.
  4. *Gromov V.P., Mishin, S.N., Panyushkin S.V.* Operators of finite order, and differential-operator equations. Monograph. Orel: OSU, 2009.
  5. *Rid M., Simon B.* Methods of modern mathematical physics. M.: Mir, 1977.
-



УДК 538.91+54-123+519.65

UDC 538.91+54-123+519.65

**Е.Н. ГРИБАНОВ**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: gribanovEN@gmail.com

**О.И. МАРКОВ**

доктор физико-математических наук, доцент,  
зав. кафедрой физики, Орловский государственный  
университет  
E-mail: O.I.Markov@mail.ru

**Ю.В. ХРИПУНОВ**

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра  
общей, биологической, фармацевтической химии и  
фармакогнозии, Орловский государственный университет

**E.N. GRIBANOV**

Candidate of Chemistry, Associate Professor, Department of  
chemistry, Orel state university  
E-mail: gribanovEN@gmail.com

**O.I. MARKOV**

Doctor of physical and mathematical sciences, Associate Profes-  
sor, Head of the department of physics, Orel State University  
E-mail: O.I.Markov@mail.ru

**YU.V. HRIPUNOV**

Candidate of physical and mathematical sciences, Associate  
Professor, Department of the general, biological, pharmaceutical  
chemistry and pharmacognosy, Orel State University

**ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ НАНОКЛАСТЕРОВ  
ВИСМУТА И ВИСМУТ-СУРЬМА**

**APPLICATION OF QUANTUM-CHEMICAL MODELING TO MODELLING OF NANOCCLUSERS  
OF BISMUTH AND BISMUTH-ANTIMONY**

*В статье приведены результаты квантово-химического моделирования кластеров висмута и висмут-сурьма. Описаны энергетические параметры соответствующих структур.*

*Ключевые слова:* нанокластер, висмут, висмут-сурьма, моделирование, квантово-химические методы, ширина запрещенной зоны.

*The results of quantum-chemical modeling of clusters of bismuth and bismuth-antimony are given in the article. Power parameters of the relevant structures are described.*

*Keywords:* nanocluster, bismuth, bismuth-antimony, modeling, quantum-chemical methods, the bandgap.

**Введение**

Конструирование веществ с заданными свойствами является в настоящее время самостоятельным и приоритетным разделом науки. Поиск перспективных веществ ведется по разным направлениям, поэтому прогнозирование свойств вещества требует строгих теоретических основ. Это связано с тем, что оптимизация физических процессов и поиск новых эффективных технологий требуют подробной и точной информации о свойствах веществ – геометрическом и электронном строении, энергетических и термодинамических параметрах. Исходя из указанных требований, необходимая информация о свойствах вещества в полном объеме может быть получена на базе комбинации эффективных расчетных методик, использующих экспериментальные данные. Определение надежных значений свойств еще не изученных веществ является актуальной задачей научного поиска. Экспериментальное определение свойств для многих веществ затруднено, поэтому всё больше внимание уделяется физико-математическим моделям, которые значительно расширяют возможности эксперимента. Управляя размерами и формой наноструктур, материалам можно придавать совершенно новые функциональные характеристики.

Наноразмерные структуры висмута представляют несомненный практический интерес из-за их перспективных термоэлектрических и оптических свойств. Одним из препятствий широкого применения полуметалла висмута в термоэлектричестве является слабое

перекрытие зон валентной и проводимости. Для существенного роста термоэлектрической эффективности необходимо уменьшить перекрытие зон или лучше создать энергетическую щель, т.е. перевести висмут в полупроводниковое состояние. Это возможно сделать в низкоразмерных структурах за счет размерного квантования. Большие надежды на повышение термоэлектрической добротности связывают с созданием наноструктурированных материалов [1-3]. Используя наноструктурирование, можно конструировать материалы на основе висмута с заданным электронным энергетическим спектром и требуемыми физическими свойствами.

В настоящее время полупроводниковые нанокластеры имеют большое значение для микро- и оптоэлектроники. Нанокластеры – это группы атомов с размерами, не превышающими 100 нм вдоль каждого направления. При создании наноструктур на основе массивов нанокластеров большое значение играет процесс роста, поскольку именно он определяет качества и физические свойства получаемых структур. Но, прежде всего, необходимо знать свойства нанокластеров. Развитие численных методов, прогресс в физике позволили приблизить точность прогнозируемых свойств умеренно сложных кластеров к точности эксперимента.

**Методы моделирования**

Основанием любой модели, претендующей на универсальность при расчете характеристик кластеров,

должна быть квантовая механика, так как кластер есть квантовый объект. В основе современной квантовой химии лежит уравнение Шрёдингера для стационарных состояний. Однако точно решить это уравнение удается лишь в случае одноэлектронных систем. Поэтому в квантовохимических расчетах используются приближенные методы [4]. Среди них наиболее широкое распространение получил метод Хартри-Фока, или метод самосогласованного поля. В методе Хартри многоэлектронная волновая функция заменяется произведением волновых функций отдельных электронов (орбиталей), соответствующих разным квантовым состояниям

$$\Psi(r_1, r_2, \dots, r_n) = \Psi_1(r_1) \cdot \Psi_2(r_2) \dots \Psi_n(r_n) \quad /1/$$

В этом представлении все частицы одинаковы, но различимы. Представление волновой функции в виде произведения (1) нарушает принцип тождественности частиц. Волновая функция системы должна быть или симметричной, или антисимметричной, в зависимости от полного спина. Решение, представляющее состояние системы электронов, как асимметричную функцию, ввёл Фок. Она представлена определителем Слетера:

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{n!}} \begin{vmatrix} \Psi_1(r_1) & \Psi_1(r_2) & \dots & \Psi_1(r_n) \\ \Psi_2(r_1) & \Psi_2(r_2) & \dots & \Psi_2(r_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Psi_n(r_1) & \Psi_n(r_2) & \dots & \Psi_n(r_n) \end{vmatrix} \quad /2/$$

Подстановка волновой функции в таком виде в уравнение Шрёдингера  $\hat{H}\Psi = E\Psi$  после проведения процедуры самосогласования приводит к уравнению Хартри-Фока, которое распадается на систему одноэлектронных интегрально-дифференциальных уравнений (в системе единиц Хартри) для каждого электрона, движущегося в некоем электростатическом самосогласованном поле  $V(r_i)$

$$\left[ -\frac{1}{2} \nabla_i^2 - \sum_k \frac{Z_k}{|R_k - r_i|} + V(r_i) \right] \Psi_i = \varepsilon_i \Psi_i \quad /3/$$

В этом приближении самосогласованный электростатический потенциал уже не является кулоновским, и он разбивается на два слагаемых – кулоновский и обменный потенциалы. Обменный потенциал содержит произведения одноэлектронных волновых функций. Эта зависимость значительно затрудняет решение уравнений Хартри-Фока, поэтому решают их методом итераций. Задавая исходные функции, находят операторы в уравнениях (3), решая которые находят новый набор одноэлектронных функций, и т.д. до достижения самосогласования. Использование одноэлектронных волновых функций вносит ошибку в результаты расчета, поскольку при этом не запрещено двум электронам с одинаковыми спинами занимать одну и ту же точку пространства. Согласно принципа Паули электроны с одинаковыми спинами не стремятся даже сближаться. Этот эффект называют электронной корреляцией, он приводит к существенному завышению полной энергии системы. Корреляционные поправки учитываются методами теории возмущений. Недостатком метода Хартри-Фока является возрастание количества пере-

крестных обменных интегралов, где значение части их находится подбором, используя эмпирические данные. «Традиционные» методы квантовой химии, основанные на методе Хартри-Фока в качестве отправной точки и использующие представление о волновой функции как характеристики состояния квантовой системы, в принципе могут дать точный ответ о строении, энергии и химических свойствах исследуемого соединения. В настоящий момент такие расчеты возможны только для самых простых кластеров, содержащих порядка 10 тяжелых атомов.

К сожалению, метод Хартри-Фока приводит к резкому росту объема вычислений при расчете многоэлектронных систем. Однако существует иное представление описания свойств и состояний квантовых объектов – метод функционала плотности (DFT). Привлекательной альтернативой методу Хартри-Фока является подход, основанный на использовании теории функционала плотности. Электронная плотность гораздо более привлекательна, чем волновая функция. Во-первых, она физически определена и, в принципе, измеряема в отличие от волновой функции, не имеющей физического смысла. Во-вторых, волновая функция N-электронной системы зависит от 3N координат электронов (или даже 4N, если принимать во внимание спин), тогда как электронная плотность всегда есть функция от трех координат независимо от числа электронов в молекуле. Согласно теореме Хоэнберга и Кона энергия основного состояния молекулы является функционалом электронной плотности  $E(\rho)$  и энергия минимальна, если  $\rho$  является точной электронной плотностью основного состояния. Многоэлектронная волновая функция  $\Psi$  очень просто связана с электронной плотностью  $\rho(r)$  соотношением

$$\rho(r) = \sum_{i=1}^N |\Psi_i(r)|^2 \quad /4/$$

Электронная энергия системы зависит от электронной плотности основного состояния следующим образом:

$$E(\rho) = \int V_{\text{яо}}(\vec{r}) \rho(\vec{r}) dV + \frac{1}{2} \iint \frac{\rho(\vec{r}) \rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d\vec{r} d\vec{r}' + G(\rho), \quad /5/$$

где  $V_{\text{яо}}(r)$  – потенциал ядер,  $G(\rho)$  – одинаковый для всех многоэлектронных систем (универсальный) функционал электронной плотности. Он представляет собой сумму кинетической энергии и энергии электрон – электронного взаимодействия, включая обмен и корреляцию электронов. Причем, точная электронная плотность основного состояния обеспечивает минимум функционала. Поскольку электронная плотность определяет также число частиц в системе, она даёт полный гамильтониан системы и, следовательно, все свойства, получаемые путём решения уравнения Шрёдингера.

Снизить вычисление большого количества обменных интегралов позволяют полуэмпирические методы. Вместо точного оператора Фока используется приближенный, элементы которого получают из эмпирических данных. Соответствующие параметры подбирают для каждого атома и для пар атомов: они либо являются фиксированными, либо зависят от расстояния между

атомами. Полуэмпирические методы работают на несколько порядков быстрее, чем неэмпирические. Они применимы к большим системам и для некоторых классов соединений дают более точные результаты. Однако следует понимать, что это достигается за счет специально подобранных параметров, справедливых лишь в пределах узкого класса систем. Кроме того, параметры часто подбираются таким образом, чтобы воспроизводить те или иные химические свойства.

### Результаты моделирования и их обсуждение

Данная работа является обобщением работ [5-11], где представлены результаты квантово-химического моделирования нанокластеров на основе висмута. Расчеты структурных и энергетических характеристик кластеров висмута выполнены методом Хартри-Фока, а также в рамках теории функционала плотности, с использованием гибридного функционала B3LYP, сочетающим трехпараметровый обменный функционал Бекке [12] и корреляционный функционал Ли, Янга и Пара [13]. Использовался базисный набор CEP-121G [14], выбор которого связан с природой исследуемого элемента. Расчеты проведены в программном пакете Gaussian 03W [15].

На первом этапе моделирования рассматривались кластеры висмута  $Bi_n$ , где  $n$  – количество атомов (8, 18, 50, 98, 162). Поскольку массивный монокристалл висмута имеет слоистое строение, изначально предполагалась слоевая трехмерная структура кластеров висмута. Особенность выбранных для расчета конфигураций состоит в том, что их поверхность не содержит радикальных атомов висмута, т.е. химически устойчива. В качестве примера на рис.1 приводится геометрическая конфигурация кластера висмута  $Bi_{18}$ .

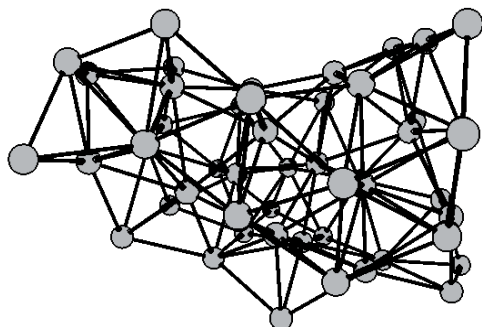


Рис. 1. Геометрическая конфигурация кластера  $Bi_{18}$ .

Графические зависимости энергетического зазора от числа атомов в кластере висмута, полученные с помощью разных расчетных схем, представлены на рис.2.

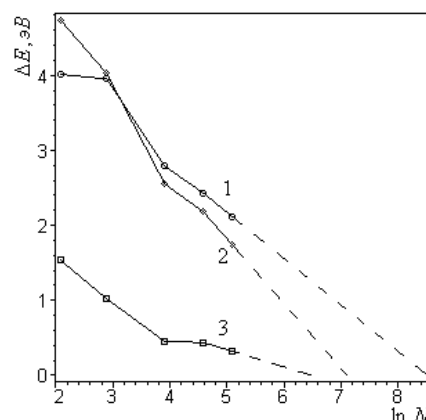


Рис. 2. Зависимость ширины энергии запрещенной зоны от числа атомов в кластере. 1 – расчет полуэмпирическим методом PM3, 2 – методом Хартри-Фока RHF/CEP-121G, 3 – методом функционала плотности DFT/B3LYP CEP-121G.

Кривая 2, рассчитанная методом Хартри-Фока, достаточно согласованно показывает, что малые кластеры  $Bi$  представляют собой изоляторы. Метод функционала плотности (кривая 3) предсказывает меньший энергетический зазор, характерный для полупроводникового состояния. Данные различия в величине  $E_g$  можно объяснить отсутствием учета энергии электронной корреляции для методов, основанных на теории Хартри-Фока. Основным результатом этого этапа является предсказание перехода изолятор – металл, обусловленный перестройкой электронной структуры кластера.

На втором этапе моделировалось влияние других атомов на характеристики кластеров. Поскольку кластеры металла окружены газовой средой, в том числе активными газами, представляет интерес выяснить, как влияют атомы водорода, вступившие в связь с атомами висмута, на физические параметры кластеров. Целью работ [9,10] является определение энергетических характеристик гидрированных нанокластеров висмута  $Bi_nH_m$ . За основу брали те же кластеры висмута, но с присоединенными атомами водорода ( $Bi_{18}H_8$ ,  $Bi_{50}H_{24}$ ,  $Bi_{98}H_{40}$ ). На рис.3 приведена геометрическая конфигурация кластера  $Bi_{18}H_8$ .

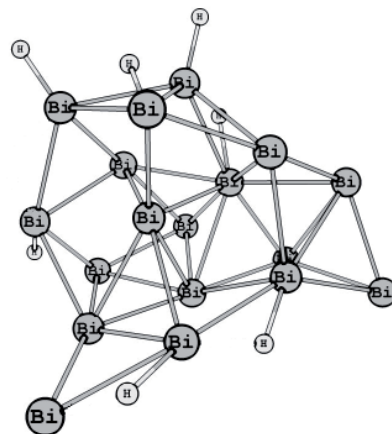


Рис. 3. Геометрическая конфигурация кластера  $Bi_{18}H_8$ .



На рисунке 4 приведены данные по ширине запрещенной зоны, рассчитанные методом DFT. Кривая 1 для кластеров  $Bi_n$ , 2 –  $Bi_nH_m$ . Как видно из графика, наличие водорода в составе кластеров приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны. Наибольшее уменьшение происходит для кластера с  $n=18$ .

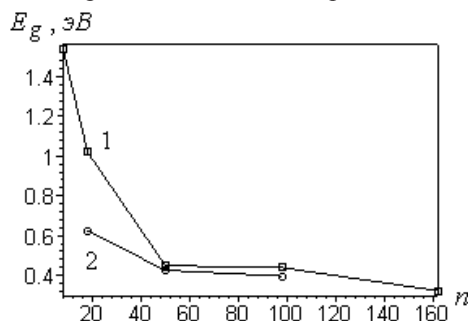


Рис. 4. Зависимость ширины энергии запрещенной зоны от числа атомов в кластере, рассчитанная методом DFT, 1 – для кластеров  $Bi_n$ , 2 – для кластеров  $Bi_nH_m$ .

Из полученных результатов следует, что влияние атомов водорода на ширину запрещенной зоны резко падает с ростом числа атомов в кластере и в дальнейшем может не учитываться.

Дальнейшее развитие обозначенной выше проблемы состоит в создании управляющего фактора в виде изовалентных атомов. Наиболее изучены массивные сплавы висмут-сурьма [3]. Поскольку массивные монокристаллы сплава висмута и сурьмы имеют слоистое строение, изначально предполагалась слоистая трехмерная структура их кластеров. Особенность выбранных для расчета конфигураций состоит в том, что их поверхность не содержит радикальных атомов висмута или сурьмы, т.е. химически устойчива. В расчетах использовались кластеры висмута  $Bi_{8-n}Sb_n$ , где  $n$  – количество атомов сурьмы (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8). Для определения  $E_g$  в качестве начальных условий задавалась оптимальная геометрическая структура кластера, аналогичная кластерам висмута  $Bi_8$ .

Графические зависимости энергетического зазора от числа атомов сурьмы в кластере, полученные с помощью разных расчетных схем, представлены на рис.5. Кривая 1, полученная полуэмпирическим методом

(PM3), и кривая 2, рассчитанная методом HF, показывают, что малые кластеры представляют собой изоляторы. Для кластеров, богатых висмутом результаты расчета запрещенной зоны, полученные методами PM3 и HF, существенно различны. Со стороны сурьмы наблюдается качественная корреляция поведения кривых, в промежуточной области концентраций переходящая и в количественную.

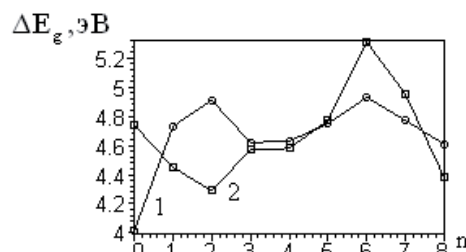


Рис.5. Зависимость ширины энергии запрещенной зоны от числа атомов сурьмы в кластере: 1 – расчет методом PM3, 2 – методом HF.

### Выводы

В заключение следует отметить, что полученные с использованием квантово-химических методов расчета энергетические характеристики кластеров висмута с размерами в диапазоне  $n=1 \div 8$  позволяют сделать вывод, что рассчитанные нанокластеры висмута имеют широкую энергетическую щель и находятся в полупроводниковом состоянии. Такие кластеры могут быть использованы в качестве наноструктурных элементов при конструировании наноструктурированных материалов.

Гидрирование кластеров висмута приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны. На основании проведенных расчетов можно сделать предварительный вывод, что гидрирование может использоваться для небольших изменений их зонной структуры.

Широкие перспективы открывает использование изовалентных атомов сурьмы. Создание базы данных, полученных на совокупности моделей кластеров висмут-сурьма широкого спектра, позволит прогнозировать функциональные характеристики еще не исследованных наноматериалов на их основе и определять параметры технологий создания наноматериалов с заранее заданными свойствами.

### Библиографический список

1. Наноструктурные материалы. Под ред. Р. Ханника, А. Хилл. М.: Техносфера, 2009. 488 с.
2. Goldsmid H.J. Bismuth-the Thermoelectric Materials of the Future? // Proceedings of the XXV Int. Conf. on Thermoelectrics. Wien. Austria. 2006. Pp.5-10.
3. Физика полуметаллов и низкоразмерных структур на их основе: учебное пособие / В.М. Грабов, В.А. Комаров, И.И. Худякова, В.А. Яковлева. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2011. 293с.
4. Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия / Н. Ф. Степанов. М.: Мир, 2001. 519 с.
5. Хрипунов Ю.В. Моделирование нанокластеров висмута квантово-химическими методами. / Ю.В. Хрипунов, О.И. Марков, Е.Н. Грибанов // Сб. материалов IV Всероссийской конференции по наноматериалам «НАНО-2011» / Москва, Россия, 2011. М.: ИМЕТ РАН, 2011. С. 136.
6. Грибанов Е. Н. Квантово-химическое моделирование кластеров висмута. / Е.Н. Грибанов, О.И. Марков, Ю.В. Хрипунов // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. Тверь, 2011. Вып. 3. С.27-32.
7. Грибанов Е.Н. Когда висмут становится полуметаллом? / Грибанов Е.Н., Марков О.И., Хрипунов Ю.В. // Российские нанотехнологии. 2011. № 9-10. С. 89-91.
8. Грибанов Е.Н. Расчет кластеров висмута квантово-химическими методами. / Е.Н. Грибанов, О.И. Марков, Ю.В. Хрипунов // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14. № 1. С. 40-46.
9. Грибанов Е. Н. Квантово-химическое моделирование гидрированных кластеров висмута. / Е.Н. Грибанов, О.И. Марков, Ю.В. Хрипунов // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. Тверь, 2013. Вып. 5. С.73-78.
10. Грибанов Е.Н., Марков О.И., Оскотская Э.Р., Хрипунов Ю.В. Изменение энергетических параметров нанокластеров висмута при гидрировании по данным квантово-химического моделирования // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2014. №3(59). С.29-32.

11. Грибанов Е. Н. Моделирование кластеров  $Bi_{8-n}Sb_n$  / Е.Н. Грибанов, О.И. Марков, Ю.В. Хрипунов // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. Тверь, 2014. Вып. 6. С.95-100.
12. Becke A. D. Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior. / A. D. Becke // Phys. Rev. A. 1988. Vol. 38. No. 6. Pp. 3098 – 3100.
13. Lee C. Development of the Colle- Salvetti correlationenergy formula into a functional of the electron density. / C. Lee, W. Yang, R.G. Parr // Phys. Rev. B. 1988. Vol. 37. No. 2. Pp. 785 – 789.
14. Stevens W. J. Relativistic compact effective potentials and efficient shared-exponent basis sets for the third-, fourth- and fifth-row atoms [Text] / W. J. Stevens, M. Krauss, H. Basch, P. G. and Jasien // Can. J. Chem. 1992. Vol. 70. No. 2. Pp. 612-630.
15. Gaussian 03 / Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B. and etc. - Gaussian 03, Revision B-03. Gaussian, Inc., Pittsburgh, PA, 2003. <http://www.gaussian.com>, свободный.

#### References

1. Nanostructured Materials. Ed. Hannika R., A. Hill. M. Technosphere, 2009 . 488 p.
  2. Goldsmid H.J. Bismuth-the Thermoelectric Materials of the Future? /H.J. Goldsmid // Proceedings of the XXV Int. Conf. on Thermoelectrics. Wien. Austria. 2006. Pp.5-10.
  3. Physics of semi-metals and low-dimensional structures on their basis: manual / V.M. Grabov, V.A. Komarov, I.I. Khudyakova, V.A. Yakovleva. SPb.: Publishing house of RGPU of A.I. Herzen, 2011. 293 p.
  4. Stepanov N. F. Quantum mechanics and quantum chemistry / N. F. Stepanov. M.: World, 2001. 519 p.
  5. Hripunov Yu. Simulation of bismuth nanoclusters quantum chemical methods / Hripunov Y.V., Markov O.I., Griбанov E.N. // Proc. materials IV All-Russian Conference on Nanomaterials, “NANO-2011” /Moscow, Russia, 2011. M., IMET RAS, 2011. P. 136.
  6. Griбанov E.N. Quantum-chemical modeling of bismuth’s clusters / Griбанov E.N., Markov O.I., Hripunov V.Y. // Physical and chemical aspects of the study of clusters , nanostructures and nanomaterials. Tver, 2011 . No. 3 . Pp. 27- 32.
  7. Griбанov E.N. When bismuth becomes a semimetal? / Griбанov E.N., Markov O.I., Hripunov V.Y. // Russian nanotechnology. 2011. № 9-10. Pp. 89-91.
  8. Griбанov E.N. Settlement bismuth’s clusters by quantum chemical methods / Griбанov E.N., Markov O.I., Hripunov Y.V. // Chemical Physics and mesoscopy. 2012 . No 14. № 1. Pp. 40-46.
  9. Griбанov E.N. Quantum-chemical modeling of hydrogenated bismuth’s clusters / Griбанov E.N., Markov O.I., Hripunov V.Y. // Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials. Tver, 2013. No. 5 . Pp. 73-78.
  10. Griбанov E.N., Markov O.I., Oskotskaya E.R., Hripunov V.Y. Change of power parameters of nanoclusters of bismuth at hydrogenation according to quantum chemical modeling. Scientific notes of the Orel State University. №3 (59). 2014. Pp.29-32.
  11. Griбанov E.N. Modeling of clusters  $Bi_{8-n}Sb_n$  / Griбанov E.N., Markov O.I., Hripunov V.Y. // Physical and chemical aspects of the study of clusters , nanostructures and nanomaterials. Tver, 2014. No. 6. Pp. 95-100.
  12. Becke A. D. Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior / A. D. Becke // Phys. Rev. A. 1988. Vol. 38. No. 6. P. 3098-3100.
  13. Lee C. Development of the Colle- Salvetti correlationenergy formula into a functional of the electron density / C. Lee, W. Yang, R.G. Parr // Phys. Rev. B. 1988. Vol. 37. No. 2. Pp. 785-789.
  14. Stevens W. J. Relativistic compact effective potentials and efficient shared-exponent basis sets for the third-, fourth- and fifth-row atoms / W. J. Stevens, M. Krauss, H. Basch, P. G. and Jasien // Can. J. Chem. 1992. Vol. 70. No. 2. Pp. 612-630.
  15. Gaussian 03 / Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B. and etc. - Gaussian 03, Revision B-03. Gaussian, Inc., Pittsburgh, PA, 2003. <http://www.gaussian.com>, свободный.
-

УДК 511.3

UDC 511.3

**А.В. КОКОРЕВ**

кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, кафедра физики, Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: pears911@mail.ru

**A.V. KOKOREV**

Candidate of physical and mathematical sciences, Senior Lecturer, Departments of Physics, Orel State Agrarian University  
E-mail: pears911@mail.ru

# УНИВЕРСАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СУММЫ Г. ВЕЙЛЯ В НЕКОТОРОМ КЛАССЕ ВЕЩЕСТВЕННЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЧИСЕЛ

## UNIVERSAL ESTIMATE OF WEYL'S SUMS IN SOME CLASS OF THE REAL ALGEBRAIC NUMBERS

В данной статье получены оценки тригонометрической суммы Г. Вейля при некоторых значениях коэффициентов многочлена в экспоненте. Вывод результатов основывается на оценке кратного тригонометрического интеграла и оценке кратной тригонометрической рациональной суммы над квадратичным полем.

**Ключевые слова:** аналитическая теория чисел, суммы Г. Вейля, кратный тригонометрический интеграл, кратная рациональная тригонометрическая сумма.

Estimates of the Weyl's sums at some values of coefficients of the polynomial in the exponent are received in this article. The conclusion of results is based on the estimates of the multiple trigonometrical integral and on estimates of the multiple trigonometrical rational sum.

**Keywords:** the analytical theory of numbers, Weyl's sums, the multiple trigonometrical integral and the multiple trigonometrical rational sum.

С помощью метода, полученного автором в работах [1], а также [2], доказана оценка кратной тригонометрической суммы в некотором особом классе вещественных алгебраических чисел. Данная оценка применяется в доказательстве асимптотической формулы для интеграла Виноградова на этом множестве.

Рассмотрим тригонометрическую сумму

$$S(\beta_1, \dots, \beta_{2n}) = \sum_{\lambda \in V} e^{\pi i \left( \alpha_1 Sp(\lambda) + \beta_2 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \alpha_n Sp(\lambda^n) + \beta_n Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)},$$

где

$$\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n \in \mathbb{R}, Sp(\gamma) = \gamma + \bar{\gamma} = 2 \operatorname{Re}(\gamma),$$

$$v = \left\{ a + b\sqrt{2} \mid a, b \in [1; P], a, b \in \mathbb{N} \right\}, \bar{\gamma} - \text{сопряженное к } \gamma$$

$$\gamma \cdot Sp(\gamma) = 2 \operatorname{Re}(\gamma).$$

Под  $\theta$  будем понимать число из  $\mathbb{R}$ , такое, что  $|\theta| \leq 1$ . Учитывая периодичность показательной функции, можно положить, что

$$0 \leq \alpha_k \leq 1, 0 \leq \beta_k \leq 1, k = \overline{1, n}.$$

Согласно теореме Дирихле из элементарной теории чисел [3, с. 105], каждое  $\alpha_k, \beta_k$  можно представить в виде

$$\alpha_k = \frac{c_s}{q_s} + \frac{\theta_s}{q_s \tau_s} = \frac{c_s}{q_s} + \zeta_s,$$

$$\beta_k = \frac{d_s}{q'_s} + \frac{\theta'_s}{q'_s \tau'_s} = \frac{c'_s}{q'_s \tau'_s} + \zeta'_s,$$

где  $d_s, c_s, q_s, q'_s \in \mathbb{Q}$ ,  $\operatorname{НОД}(c_s, q_s) = 1$ ,  $\operatorname{НОД}(d_s, q'_s) = 1$ ,  $1 < q_s \leq \tau_s, 1 < q'_s \leq \tau'_s$ ,  $0 < c_s \leq q_s$ ,  $0 < d_s \leq q'_s$ ,

$$|\theta_s|, |\theta'_s| \leq 1, s = \overline{1, n}.$$

Пусть  $Q = \operatorname{НОК}(q_1, q'_1, \dots, q_n, q'_n)$ , а

$Q_0 = \operatorname{НОК}(q_1, q'_1, \dots, q_n, q'_n)$ . Разобьем точки

$(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n)$  на два класса  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ . Точка

$(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n)$  принадлежит  $\Omega_1$ , если выполняются

данные условия

$$Q < P^{0,1}, Q = \operatorname{НОК}(q_1, q'_1, \dots, q_n, q'_n),$$

$$Q < P^{-s+0,1}, \zeta'_s < P^{-s+0,1}, s = \overline{1, n}.$$

Остальные точки отнесем ко второму классу  $\Omega_2$ .

**Теорема.** Пусть  $(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n)$  – точка первого класса  $\Omega_1$ . Тогда имеет место оценка

$$|S(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n)| < 2(5n^{2n})^{2\nu(Q)} \tau(Q) P^2 Q^{-\frac{1}{n}},$$

где  $\tau(Q)$  – количество различных делителей  $Q$ ,  $\nu(Q)$  – количество различных простых делителей  $Q$ . Учитывая, что

$$\gamma(t_1, t_2) = \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \zeta_{t_1+t_2}, \text{ при четном } t_2,$$

$$\gamma(t_1, t_2) = \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \zeta'_{t_1+t_2}, \text{ при нечетном } t_1,$$

$$\bar{\gamma}(t_1, t_2) = (QP_1)^{t_1+t_2} \gamma(t_1, t_2), \bar{\gamma} = \max_{1 \leq t_1+t_2 \leq n} \bar{\gamma}(t_1, t_2), 0 \leq t_1, t_2 \leq n,$$

при  $\bar{\gamma} > 1$  справедлива оценка

$$|S(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n)| < 2(5n^{2n})^{2\nu(Q)} \tau(Q) P^2 (\bar{\gamma} Q)^{-\frac{1}{n}} \ln(\bar{\gamma} + 2),$$

Доказательство. Поделим

$$\lambda = x + y\sqrt{2}; x, y \in [1; P] \in \mathbb{N} \text{ на } Q \text{ с остатком}$$

$$\lambda = \eta + \xi Q, \text{ где}$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2\sqrt{2}; \eta_1, \eta_2 \in [1; Q] \in \mathbb{N},$$

$$\xi = \xi_1 + \xi_2\sqrt{2}; \xi_1, \xi_2 \in \mathbb{N},$$

$$x = \eta_1 + \xi_1 Q, y = \eta_2 + \xi_2 Q,$$

$$0 \leq \xi_1, \xi_2 \leq P, P_1 = \frac{P}{Q}.$$

Получим

$$S(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n) =$$

$$= \sum_{\lambda \in V} e^{\pi i \left( \left( \frac{c_1}{q_1} + \zeta_1 \right) Sp(\lambda) + \left( \frac{d_1}{q_1} + \zeta'_1 \right) Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \left( \frac{c_n}{q_n} + \zeta_n \right) Sp(\lambda^n) + \left( \frac{d_n}{q_n} + \zeta'_n \right) Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} =$$

$$= \sum_{\eta_1=1}^Q \sum_{\eta_2=1}^Q e^{\pi i \left( \left( \frac{c_1}{q_1} Sp(\lambda) + \frac{d_1}{q_1} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \frac{c_n}{q_n} Sp(\lambda^n) + \frac{d_n}{q_n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right) \right)} W(\eta_1, \eta_2),$$

где

$$W(\eta_1, \eta_2) = \sum_{\xi_1=1}^{P_1} \sum_{\xi_2=1}^{P_2} e^{\pi i \left( \zeta_1 Sp(\lambda) + \zeta'_1 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \zeta_n Sp(\lambda^n) + \zeta'_n Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)}.$$

Преобразуем тригонометрическую сумму (3)

$$W(\eta_1, \eta_2) = \sum_{\xi_1=0}^{P_1} \sum_{\xi_2=0}^{P_2} e^{\pi i \left( \zeta_1 Sp(\lambda) + \zeta'_1 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \zeta_n Sp(\lambda^n) + \zeta'_n Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} =$$

$$= \sum_{\xi_1=0}^{P_1} \sum_{\xi_2=0}^{P_2} e^{2\pi i (\gamma(1;0)x + \gamma(0;1)y + \gamma(1;1)xy + \dots + \gamma(0;n)y^n)} =$$

$$= \sum_{\xi_1=0}^{P_1} \sum_{\xi_2=0}^{P_2} e^{2\pi i (\gamma(1;0)(Q\xi_1 + \eta_1) + \gamma(0;1)(Q\xi_2 + \eta_2) + \gamma(1;1)(Q\xi_1 + \eta_1)(Q\xi_2 + \eta_2) + \dots + \gamma(0;n)(Q\xi_2 + \eta_2)^n)},$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2\sqrt{2}, \xi = \xi_1 + \xi_2\sqrt{2}, \lambda = \eta + \xi Q =$$

$$x + y\sqrt{2} = (Q\xi_1 + \eta_1) + (Q\xi_2 + \eta_2)\sqrt{2},$$

$$\gamma(t_1, t_2) = \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \zeta_{t_1+t_2}, \text{ при четном } t_2,$$

$$\gamma(t_1, t_2) = \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \zeta'_{t_1+t_2}, \text{ при нечетном } t_1.$$

Используя условия

$$\xi_1; \xi_2 < P_1, \gamma(t_1, t_2) = \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} P^{-(t_1+t_2)+\frac{1}{10}},$$

$$0 \leq t_1; t_2 \leq n, 1 \leq t_1 + t_2 \leq n,$$

имеем оценку

$$\left| \frac{d\phi(\xi_1; \xi_2)}{d\xi_i} \right| \leq 0,01, i = 1, 2.$$

Тогда для оценки  $W(\eta_1; \eta_2)$  используем лемму [2, с. 193].

Находим

$$W(\eta_1; \eta_2) =$$

$$= \int_0^{P_1} \int_0^{P_2} e^{2\pi i (\gamma(1;0)(Q\xi_1 + \eta_1) + \gamma(0;1)(Q\xi_2 + \eta_2) + \gamma(1;1)(Q\xi_1 + \eta_1)(Q\xi_2 + \eta_2) + \dots + \gamma(0;n)(Q\xi_2 + \eta_2)^n)} d\xi_1 d\xi_2 +$$

$$+ 16\theta n P_1$$

Произведя дважды замену переменных, получим

$$W(\eta_1; \eta_2) =$$

$$= \int_0^{P_1} \int_0^{P_2} e^{2\pi i \left( \delta_1 Sp(\xi_1 + \xi_2\sqrt{2}) + \delta'_1 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}(\xi_1 + \xi_2\sqrt{2})\right) + \dots + \delta'_n Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}(\xi_1 + \xi_2\sqrt{2})^n\right) \right)} d\xi_1 d\xi_2 +$$

$$+ 16\theta n P_1,$$

где

$$\begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \delta_{t_1+t_2} = \bar{\gamma}(t_1; t_2) = (QP_1)^{t_1+t_2} \gamma(t_1; t_2) =$$

четное,

$$= (QP_1)^{t_1+t_2} \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \zeta_{t_1+t_2}, t_2 -$$

$$\begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \delta'_{t_1+t_2} = \bar{\gamma}'(t_1; t_2) = (QP_1)^{t_1+t_2} \gamma'(t_1; t_2) =$$

нечетное,

$$= (QP_1)^{t_1+t_2} \begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} \zeta'_{t_1+t_2}, t_2 -$$

$$\delta_j = (QP_1)^j \zeta_j = (QPQ^{-1})^j \zeta_j = P^j \zeta_j, \delta'_j = P^j \zeta'_j$$

Получаем

$$W(\eta_1; \eta_2) = P^2 Q^{-2} V + 6\theta PQ^{-1},$$

$$V = \int_0^{P_1} \int_0^{P_2} e^{2\pi i \left( \delta_1 Sp(\xi_1 + \xi_2\sqrt{2}) + \delta'_1 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}(\xi_1 + \xi_2\sqrt{2})\right) + \dots + \delta'_n Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}(\xi_1 + \xi_2\sqrt{2})^n\right) \right)} d\xi_1 d\xi_2 +$$

$$+ 16\theta n P_1,$$

$$\delta_j = P^j \zeta_j, \delta'_j = P^j \zeta'_j, j = \overline{1, n}.$$

Пусть

$$U = \sum_{\substack{\eta_1, \eta_2=1 \\ \eta=\eta_1+\eta_2\sqrt{2}}}^Q e^{\pi i \left( \frac{c_1}{q_1} Sp(\lambda) + \dots + \frac{d_n}{q_n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} = \sum_{\eta_1=1}^Q \sum_{\eta_2=1}^Q e^{2\pi i \left( \frac{\bar{\beta}_{1,0}}{q_{1,0}} x + \dots + \frac{\bar{\beta}_{0,n}}{q_{0,n}} y^n \right)} =$$

$$= \sum_{\eta_1=1}^Q \sum_{\eta_2=1}^Q e^{2\pi i \left( \frac{\bar{\beta}_{1,0}}{q_{1,0}} (\eta_1 + Q\xi_1) + \dots + \frac{\bar{\beta}_{0,n}}{q_{0,n}} (\eta_2 + Q\xi_2)^n \right)} = \sum_{\eta_1=1}^Q \sum_{\eta_2=1}^Q e^{2\pi i \left( \frac{\bar{\beta}_{1,0}}{q_{1,0}} \eta_1 + \dots + \frac{\bar{\beta}_{0,n}}{q_{0,n}} \eta_2^n \right)},$$

где  $\bar{\beta}_{i,j}, 1 \leq t_1 + t_2 \leq n, 0 \leq t_1; t_2 \leq n$  определяется

следующим образом. При четном

$$\eta = \eta_1 + \eta_2\sqrt{2}, \frac{\begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} c_{t_1+t_2}}{q_{t_1+t_2}} = \frac{\bar{\beta}_{t_1+t_2}}{q_{t_1+t_2}}, q_{t_1+t_2} =$$

$$= q_{t_1+t_2}, c_{t_1+t_2}, \bar{\beta}_{t_1+t_2} \in \mathbb{Z},$$

$$\text{НОД}(c_{t_1+t_2}, q_{t_1+t_2}) = 1, \text{НОД}\left(\begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix}, q_{t_1+t_2}\right) = 1,$$

$$\begin{pmatrix} t_1 + t_2 \\ t_2 \end{pmatrix} c_{t_1+t_2} \equiv \bar{\beta}_{t_1+t_2} \pmod{q_{t_1+t_2}}, 1 < \bar{\beta}_{t_1+t_2} \leq q_{t_1+t_2}.$$

Если  $t_2$  нечетное, то

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 \sqrt{2}, \frac{\binom{t_1+t_2}{t_2} c_{t_1+t_2}}{q'_{t_1+t_2}} = \frac{\bar{\beta}_{t_1;t_2}}{q_{t_1;t_2}}, q_{t_1;t_2} =$$

$$= q'_{t_1+t_2}, d_{t_1+t_2}, \bar{\beta}_{t_1;t_2} \in Z,$$

$$\text{НОД}(d_{t_1+t_2}, q'_{t_1+t_2}) = 1, \text{НОД}\left(\binom{t_1+t_2}{t_2}, q'_{t_1;t_2}\right) = 1,$$

$$\binom{t_1+t_2}{t_2} d_{t_1+t_2} \equiv \bar{\beta}_{t_1;t_2} \pmod{q'_{t_1;t_2}}, 1 < \bar{\beta}_{t_1;t_2} \leq q_{t_1;t_2}.$$

Тогда из (2), с учетом (5) имеем

$$S(A) = P^2 Q^{-2} UV + 6\theta n PQ^{-1} U.$$

А так как  $U \leq Q^2$ , то

$$S(A) = P^2 Q^{-2} UV + 6\theta n PQ.$$

Для оценки  $U$  и  $V$  воспользуемся леммами [2, стр. 43], [2, стр. 79]. В итоге, используя эти леммы, получаем [2, стр. 196], что

$$|S(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n)| < 2(5n^{2n})^{2\nu(Q)} \tau(Q) P^2 Q^{-\frac{1}{n}}.$$

Пусть

$$\bar{\gamma}(t_1, t_2) = (QP_1)^{t_1+t_2} \gamma(t_1, t_2),$$

$$\bar{\gamma} = \max_{1 \leq t_1+t_2 \leq n} \bar{\gamma}(t_1, t_2), \quad 0 \leq t_1, t_2 \leq n,$$

тогда, учитывая предыдущую лемму [2, стр. 43] и то, что

$$\gamma(t_1, t_2) = \binom{t_1+t_2}{t_2} \zeta_{t_1+t_2}, \text{ при четном } t_2,$$

$$\gamma(t_1, t_2) = \binom{t_1+t_2}{t_2} \zeta'_{t_1+t_2}, \text{ при нечетном } t_1,$$

при  $\bar{\gamma} > 1$  справедлива оценка

$$|S(\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_n, \beta_n)| < 2(5n^{2n})^{2\nu(Q)} \tau(Q) P^2 (\bar{\gamma} Q)^{-\frac{1}{n}} \ln(\bar{\gamma} + 2).$$

Итак, доказана оценка кратной тригонометрической суммы на множестве  $\Omega_1$ , которая используется для получения асимптотической формулы для аналога интеграла Виноградова в квадратичном поле вещественных алгебраических чисел.

#### Библиографический список

1. Архипов Г.И., Карацуба А.А., Чубариков В.Н. Теория кратных тригонометрических сумм. М.: Наука, 1987.
2. Кокорев А.В. Теорема о среднем значении тригонометрической суммы над квадратичным полем вещественных алгебраических чисел // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки», 2012. № 1. С. 13-18.

#### Reference

1. Arkhipov G.I., Karatsuba A.A., Chubarikov V.N. Theory of the multiply trigonometric sums. M.: Science, 1987.
2. Kokorev A.V. Main-value theorem for the multiply trigonometric sums in an real algebraic numbers field // Scientific notes of Orel State University. Series «Natural, technical and medical science», 2012. № 1. Pp. 13-18.



УДК 532.516.5

UDC 532.516.5

**А.В. КОРНАЕВ**

кандидат технических наук, доцент, кафедра мехатроники и международного инжиниринга, Госуниверситет – УНПК  
E-mail: rusakor@inbox.ru

**Е.А. МАШКОВ**

аспирант, кафедра геометрии и методики преподавания математики, Орловский государственный университет  
E-mail: ppsnnt@gmail.com

**А.А. МАШКОВ**

аспирант, кафедра геометрии и методики преподавания математики, Орловский государственный университет  
E-mail: MashkovAMath@gmail.com

**A.V. KORNAEV**

Candidate of technical science, Associate professor, Department of Mechatronics and International Engineering, State University – ESPC  
E-mail: rusakor@inbox.ru

**E.A. MASHKOV**

Graduate student, Department of Geometry and Math Methodics, Orel State University  
E-mail: ppsnnt@gmail.com

**A.A. MASHKOV**

Graduate student, Department of Geometry and Math Methodics, Orel State University  
E-mail: MashkovAMath@gmail.com

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛА ЛАГРАНЖА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ГИДРОДИНАМИКИ\*

### TO THE QUESTION OF USE OF LAGRANGE FUNCTIONAL IN HYDRODYNAMICS

*На элементарной задаче гидродинамики проверяется метод приближения к функции скорости в виде алгебраического многочлена. Для нахождения коэффициентов искомого разложения используется вариационный принцип минимизации функционала Лагранжа. Полученное решение сравнивается с результатом, полученным при стандартном аналитическом подходе.*

*Ключевые слова:* теория аппроксимации, гидродинамика, вариационный принцип.

*The approximation method to representation velocity function as an algebraic polynomial is verified at the elementary hydrodynamics problem. To find the coefficients of the desired decomposition we use a variational principle for minimizing the Lagrange functional. The result solution is compared with the result obtained with a standard analytical approach.*

*Keywords:* approximation theory, hydrodynamics, variational principle.

Учебные пособия по динамике жидкости в основном уделяют внимание вопросам нахождения функции движения сплошной среды аналитическим методом. Разрешение же новых, появляющихся на практике задач в силу разных причин требует использования других принципов.

В таких случаях прибегают к некоторым способам, позволяющим находить функцию, эквивалентную искомой. Например, для экспериментально полученного набора узлов  $x_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, n$  на интервале  $[a, b]$  и соответствующих им значений  $f_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, n$  разыскивают наилучшее приближение  $g(x)$ , такое что определяемое в данном пространстве расстояние  $\rho(f(x), g(x)) \rightarrow \min$ . Часто аппроксимирующую функцию представляют как алгебраический полином вида  $P_n(x) = \sum_{i=0}^n \alpha_i x^i$ . Такое разложение дает хорошие результаты даже при  $n < 5$  [3].

В данной статье представляется иной подход нахождения функции, близкой к искомой, – определение такого набора коэффициентов  $\alpha_i$  в многочлене  $v = \sum_i \alpha_i P_i$ , который гарантирует минимальное значение специально построенного в [4] функционала Лагранжа

$$I = \int_{\Omega} \Pi_{\mathbf{v}} d\Omega - \int_s \sigma^n \cdot \mathbf{V} dS, \quad (1)$$

где  $\mathbf{v}$  – искомое векторное поле скоростей,  $\Pi_{\mathbf{v}}$  – по-

тенциал векторного поля скоростей,  $\sigma^n$  – полное поверхностное напряжение.

Таким образом, задача сводится к нахождению минимума функционала вида.

На примере нахождения закона скорости жидкости между двумя неподвижными пластинами сравниваются два решения: первый, полученный аналитическим путем, приведенный в [4], и второй методом, описанным выше. Целью статьи является демонстрация эквивалентности этих двух подходов, что позволяет использовать второй способ в случаях отсутствия полноценного решения аналитическим путем. В связи с возможной трудностью выполнения некоторых процедур в процессе построения  $v = \sum_i \alpha_i P_i$ , будет использован пакет математических вычислений Matlab 11, позволяющий запрограммировать весь алгоритм нахождения функции скорости и получить ответ в символьном виде.

Пусть в прямолинейной полосе длиной  $l$  и шириной  $2h$  под действием постоянного во времени перепада давления  $\Delta p = p_1 - p_2$  (для определения считаем  $p_1 > p_2$ ) на длине  $l$  движется в направлении оси  $x$  гомогенная линейно-вязкая изотропная среда (рис. 1). Также будем предполагать жидкость несжимаемой, а ее движение считать установившимся. Кроме того, будем пренебрегать действием массовых сил. Дополнительно предположим, что траектории всех частиц представля-

\* Работа подготовлена в рамках выполнения проекта №363 «Фундаментальные принципы и теоретические основы наносмазки» государственного задания ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК».

ют параллельные прямые, т.е.

$$\mathbf{V} = [v_x \ 0 \ 0].$$

Аналитическим способом можно доказать, что единственная, отличная от нуля компонента вектора скорости  $v_x$ , имеет зависимость вида  $v_x = v_x(y)$ . Поэтому граничные условия прилипания частиц жидкости к стенкам выражаются следующим образом:

$$\begin{cases} y = -h, & v_x = 0, \\ y = h, & v_x = 0. \end{cases}$$

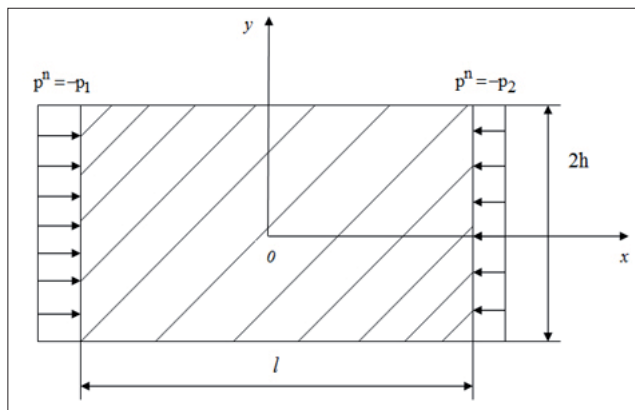


Рис. 1. Схема движения жидкости между пластинами.

Решение же задачи согласно [4] представляется следующим образом:

$$v_x = a \left( 1 - \frac{y^2}{h^2} \right), \quad (2)$$

где  $a = \frac{\Delta p h^2}{2 \mu l}$ .

Представленное выше решение альтернативным способом может быть получено в виде полинома некоторой степени. Рассмотрим функцию скорости в виде следующего разложения:

$$v_x = \sum_i \alpha_i P_i(y), \quad (3)$$

где  $P_i(y)$  – полиномы Лежандра,  $\alpha_i$  – неизвестные коэффициенты [1].

Заметим, что полиномы Лежандра определены на отрезке  $[-1, 1]$  и имеют то свойство, что:

$$\int_{-1}^1 P_i(y) P_j(y) dy = 0, \text{ при } i \neq j.$$

Для нахождения разложения вида в данной статье предлагается построить функционал Лагранжа. Функция, доставляющая ему минимум, и предполагается искомой [2].

Алгоритм построения функционала состоит из нескольких этапов [2]:

1. Определение компонентов тензора скоростей деформаций по формуле Стокса [4]:

$$\frac{1}{2}(\nabla \otimes \mathbf{V} + \mathbf{V} \otimes \nabla) = T_{\xi},$$

где  $\mathbf{v}$  – вектор скорости.

2. Определение интенсивности сдвиговых скоростей деформаций:

$$H = \sqrt{2 \xi_{ij} \xi_{ji}},$$

3. Определение компонент девиатора напряжений по закону Гука:

$$S_{ij} = 2 \mu \xi_{ij},$$

где  $S_{ij}$  компонент девиатора напряжений.

4. Определение интенсивности касательных напряжений

$$T = \sqrt{\frac{1}{2} S_{ij} S_{ji}}.$$

5. Построение самого функционала по формуле (1).

Учитывая, что среда является несжимаемой и линейно-вязкой для потенциала  $\Pi_{\mathbf{V}}$ , в (1) имеем:

$$\Pi_{\mathbf{V}} = \int T dH. \quad (4)$$

В силу постоянства функции состояния  $\mu$  из (5) получаем:

$$\Pi_{\mathbf{V}} = \frac{1}{2} \mu H^2. \quad (5)$$

В результате, согласно условиям задачи и формуле (5) из (1) следует, что функционал Лагранжа представляется в виде:

$$I = \int_0^h \left( \frac{\mu l}{2} \left( \frac{\partial v_x}{\partial y} \right)^2 - \Delta p v_x \right) dy. \quad (6)$$

Для аппроксимации ограничимся первыми тремя полиномами Лежандра. Необходимо отметить, что их нахождение представляет определенную трудность, так как в общем случае пределы интегрирования по  $y$ , представленные в граничных условиях, могут не соответствовать области определения полиномов Лежандра. В этом случае целесообразно ввести такую замену независимой переменной  $y$  в (6), чтобы обеспечивалось биективное отображение вышеуказанной области изменения переменной  $y$  на  $[-1, 1]$ . Это возможно благодаря следующему преобразованию:

$$\tilde{y} = \frac{y + h}{2h}, \quad (7)$$

которое позволяет производить интегрирование функции  $v_x$  по любым пределам.

Выразив  $y$  через  $\tilde{y}$  в формуле (7), имеем:

$$y = 2h\tilde{y} - h. \quad (8)$$

Тогда, следуя формуле (7), граничные условия преобразуются в такой вид:

$$\begin{cases} \tilde{y} = 0, & v_x = 0, \\ \tilde{y} = 1 & v_x = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Теперь рассмотрим интенсивность сдвиговых скоростей деформаций:

$$H = \frac{\partial v_x}{\partial y}.$$

Подставив выражение (8) в  $H$ , а именно под знак дифференциала, в знаменателе получим:

$$H = \frac{\partial v_x}{\partial (2h\tilde{y} - h)} = \frac{\partial v_x}{2h \partial \tilde{y}}. \quad (10)$$

Производя соответствующие изменения в (6) с учетом (10), имеем:

$$I = \int_{1/2}^1 \left( \frac{\mu l}{2} \left( \frac{\partial v_x}{\partial \tilde{y}} \right)^2 - \Delta p v_x \right) d\tilde{y}. \quad (11)$$

Теперь условимся считать, что функция зависит не только от  $\tilde{y}$ , но и от коэффициентов  $\alpha_i$ , т.е.:

$$v_x = v_x(\tilde{y}, \alpha_i). \quad (12)$$

Вследствии этого формула (11) будет представлена следующим образом:

$$I = I(\alpha_i). \quad (13)$$

Граничные условия (9) при требовании (12) преобразуются в следующий вид:

$$\begin{cases} \alpha_1 - \frac{1}{2}\alpha_3 = 0, \\ \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Исходя из вышеописанного следует, что задача нахождения разложения (13), при котором выполняются условия (14), сводится к проблеме нахождения условного экстремума функции многих переменных (13) с уравнениями связи (14).

Задача нахождения условного минимума функции (13) раскрывает, в свою очередь, проблему трудоемкости его поиска. В связи с этим предлагается использовать специальное ПО, позволяющее за некоторое количество итераций найти этот экстремум. С подобными задачами хорошо справляется пакет математических вычислений Matlab 11.

Встроенная функция *fmincon* программы MATLAB 11 позволяет производить минимизацию любой функции при наличии даже нелинейных ограничений – проще говоря, производить поиск условного минимума численными методами [6].

Обращение к функции *fmincon* выглядит следующим образом [5]:

$$\alpha = \text{fmincon}(\text{fun}, \alpha_{\text{start}}, A, b, A_{\text{eq}}, b_{\text{eq}}),$$

здесь:  $\alpha$  – выполнения минимизации, т. е. вектор  $\alpha = (\alpha_i)$ ;  $\text{fun}$  – исследуемая на условный минимум функция;  $\alpha_{\text{start}}$  – стартовая точка поиска решения;  $A, b$  – линейные условия-неравенства, записанные в виде матриц;  $A_{\text{eq}}, b_{\text{eq}}$  – линейные условия-равенства, в виде матриц.

В нашем случае под параметром  $\text{fun}$  мы понимаем функцию (13),  $\alpha_{\text{start}} = (1, 1, 1, 1)$ ,  $A, b$  пропускаем, так как условий – неравенств у нас не имеется и, записывая условия (14) в матричной форме, имеем:

$$A_{\text{eq}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\frac{1}{2} \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, b_{\text{eq}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix};$$

Обратимся к функции *fmincon* со всеми приведенными выше выкладками и при условиях, что  $h=0.01$ ,  $l=2$ ,  $\mu=0.032$ ,  $\Delta p=0.005$ . Буквально за 5 секунд (3 итераций) получаем искомый набор  $\alpha_i$

$$\alpha_1 = -5.1787e-06, \alpha_2 = 1.5536e-05, \alpha_3 = -1.0357e-05.$$

При подстановке этих значений в условие (14) получаются тождества, что говорит о верности полученного решения.

Рассмотрим среднюю квадратическую погрешность:

$$P = \int_0^1 (F(\tilde{y}) - v_x)^2 d\tilde{y},$$

где  $F(\tilde{y})$  – решение (2), с преобразованием (8),  $v_x$  – полученное разложение типа . При подсчете величина  $P$  оказывается пренебрежительно малой и принимает значение  $2.6288e-16$ .

На рис. 2 представлены графики функций  $F(\tilde{y})$  и  $v_x$ .

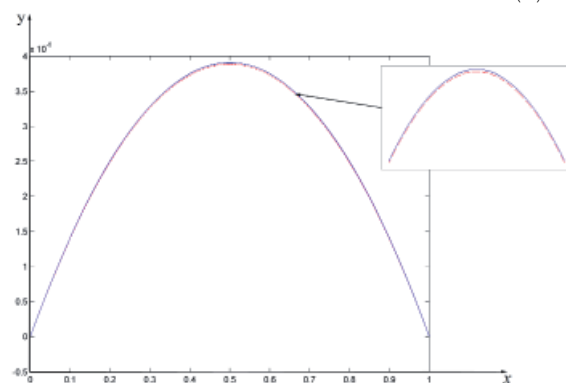


Рис. 2. Совмещенное изображение графиков двух решений.

Малое значение среднеквадратической погрешности и малое отклонение графиков двух решений друг от друга, представленных на рисунке 2, наглядно демонстрирует факт эквивалентности описанных в статье способов.

Проведенный выше анализ позволяет еще раз подтвердить, что представленный метод аппроксимации вполне пригоден и для других физических проблем, где в качестве критерия оптимальности будет служить закон сохранения энергии. Дальнейшая работа авторов статьи состоит в применении описанного способа приближения для случая зависимости искомой функции от нескольких независимых переменных.

#### Библиографический список (References)

1. *Laptev G.F.* Elements of vector calculus. Moscow: The main redaction of phys-math literature, 1975. 338 p.
2. *Slezkin N.A.* Dynamics of viscous incompressible fluid. Moscow: State publishing office of technically- theoretical literature, 1955. 520 p.
3. *Shariy. S.P.* The course of calculative technology. Novosibirsk: Institute of information technologies SO RAN, 2013. 497 p.
4. *Kucheryaev B.V.* Mechanics of solid environment (Theoretical fundamentation of compositive metal processing by pressure). Textbook for universities. Moscow: "MISIS", 2000. 320 p.
5. *Luzin N.N.* Differential calculus. Moscow: State publishing office "Visshaya shkola", 1961. 479 p.
6. *Namestnikov S.M.* The Matlab programming foundations. The lecture course. Ulyanovsk: UISTU, 2011. 55 p.

УДК 532.546

UDC 532.546

**Д.В. КРЫШТОПИН**

аспирант, кафедра информатики, Орловский государственный университет  
E-mail: vopros317@mail.ru

**Ю.С. ФЕДЯЕВ**

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра информатики, Орловский государственный университет  
E-mail: FedyaevYS@gmail.com

**D.V. KRYSHTOPIN**

Graduate student, Department of computer science, Orel State University  
E-mail: vopros317@mail.ru

**Y.S. FEDYAEV**

Candidate of physics and mathematics sciences, Associate Professor, Department of computer science, Orel State University  
E-mail: FedyaevYS@gmail.com

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ТРЁХМЕРНОЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «РАЗНОЦВЕТНЫХ» ЖИДКОСТЕЙ К СКВАЖИНЕ В НЕОДНОРОДНОЙ ОРТОТРОПНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

## STUDY OF THREE-DIMENSIONAL EVOLUTION OF THE INTERFACE BETWEEN FLUIDS OF «MULTI-COLOURED» FLUIDS TO A WELL IN AN INHOMOGENEOUS ORTHOTROPIC POROUS MEDIUM

Поставлена задача трёхмерной эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в ортотропном неоднородном грунте. Изучена работа эксплуатационной скважины в случае степенного закона изменения проницаемости среды. На основе метода Эйлера с адаптивным шагом исследована эволюция первоначально плоской границы раздела жидкостей. Получены зависимости времени достижения этой границей скважины от параметров задачи.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, трёхмерная фильтрация, модель «разноцветных» жидкостей, ортотропный грунт, неоднородная пористая среда, сингулярная поверхность.

The problem of three-dimensional evolution of the fluid interface of «multi-coloured» fluids in the orthotropic inhomogeneous porous medium is stated. Work of production well in the case of a power law of change permeability of the medium is studied. On the basis of the Euler method with adaptive step the evolution of originally flat the fluid interface is investigated. Dependencies of achievement time of well on the parameters of the problem is obtained.

**Keywords:** mathematical modeling, three-dimensional filtering, model of «multi-coloured» fluids, orthotropic ground, inhomogeneous porous medium, singular surface.

**1. Постановка задачи.** Рассмотрим трёхмерную установившуюся фильтрацию несжимаемой жидкости в ортотропной неоднородной и недеформируемой пористой среде. Проницаемость грунта задаётся тензором  $K(M)$ , где  $M$  – точка наблюдения. Для ортотропной среды тензор проницаемости симметричен  $K_{ij}(M) = K_{ji}(M)$ ,  $i, j = 1, 2, 3$ . Ортогональные оси координат  $Ox_1x_2x_3$  сориентируем вдоль главных направлений анизотропии. В этом случае тензор проницаемости  $K(M)$  имеет диагональный вид [1]:  $K_{ij}(M) = K_i(M)\delta_{ij} = k_i\chi(M)\delta_{ij}$ , где  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера,  $k_i$  – положительные константы,  $\chi(M)$  – непрерывно дифференцируемая функция, задающая неоднородность среды.

Скорость фильтрации  $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$  определяется обобщённым законом Дарси [1]

$$v_i(M) = k_i\chi(M)\frac{\partial\varphi(M)}{\partial x_i}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (1.1)$$

где  $\varphi(M)$  – обобщённый потенциал скорости фильтрации,  $x_1, x_2, x_3$  – декартовы координаты. Всюду в области течения  $D$  (за исключением особых точек) справедливо уравнение неразрывности:

$$\sum_{i=1}^3 k_i \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \chi(M) \frac{\partial \varphi(M)}{\partial x_i} \right) = 0. \quad (1.2)$$

Так как среда неоднородна, то в области фильтрации  $D$  может присутствовать сингулярная поверхность

$\sigma_0 = \sigma_{01} \cup \sigma_{02}$ , на которой проницаемость  $K(M)$  обращается в бесконечность (на  $\sigma_{01}$ , когда  $K = \infty$ ) или в ноль (на  $\sigma_{02}$ , когда  $K = 0$ ). Поверхность  $\sigma_{01}$  можно рассматривать как границу большой каверны (водоёма) покоящейся жидкости, а  $\sigma_{02}$  – как непроницаемую для жидкости границу. Условия для обобщённого потенциала  $\phi$  на границе  $\sigma_0$  будут иметь вид [1]:

$$\varphi(M)^+ = 0, \quad M \in \sigma_{01}; \quad \left( \chi(M) \frac{\partial \varphi(M)}{\partial n_M} \right)^+ = 0, \quad M \in \sigma_{02}, \quad (1.3)$$

где  $\vec{n}_M$  – орт нормали к  $\sigma_{02}$ . Знак «+» означает предельное значение соответствующей функции на границе при подходе к ней со стороны орта нормали.

Если область течения содержит бесконечно удалённую точку, в которой отсутствуют сингулярные особенности, то должны выполняться условия регулярности обобщённого потенциала  $\varphi(M)$  на бесконечности:

$$\varphi(M) = O\left(\frac{1}{r_{MM_0}}\right), \quad \chi(M)|\nabla \varphi(M)| = O\left(\frac{1}{r_{MM_0}^2}\right),$$

$$\text{при } r_{MM_0} \rightarrow \infty, \quad (1.4)$$

где  $r_{MM_0}$  – расстояние от точки наблюдения  $M(x_1, x_2, x_3)$  до фиксированной точки  $M_0(x_{01}, x_{02}, x_{03})$ ,  $M, M_0 \in D$ .

В области фильтрации  $D$  присутствует граница  $\Gamma$ , разделяющая две жидкости. Полагаем, что фильтрационные свойства жидкостей одинаковы (модель «разноцветных» жидкостей). Положение границы  $\Gamma$  в



моменты времени  $t > 0$  описывается параметрическими уравнениями ( $s_1, s_2$  – параметры):

$$\Gamma_t: x_i = x_i(t, s_1, s_2), \quad i = 1, 2, 3, \quad (x_1, x_2, x_3) \in \Gamma_t. \quad (1.5)$$

В начальный момент времени  $t = 0$  положение границы  $\Gamma_t$  задано:

$$\Gamma_t = \Gamma_0: x_{0i} = x_i(0, s_1, s_2), \quad i = 1, 2, 3. \quad (1.6)$$

Так как скорость фильтрации и физическая скорость взаимосвязаны равенством  $d\vec{r}/dt = \vec{v}$ ,  $\vec{r} = \vec{r}(x_1, x_2, x_3)$ , то дифференциальные уравнения движения границы раздела жидкости будут иметь вид

$$\frac{dx_i}{dt} = k_i \chi(M) \frac{\partial \varphi(M)}{\partial x_i}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (x_1, x_2, x_3) \in \Gamma_t. \quad (1.7)$$

Задача эволюции границы  $\Gamma_t$  в области фильтрации  $D$  ставится следующим образом: задано положение границы  $\Gamma_0$ , тензор проницаемости  $K(M)$ .

Необходимо найти положение границы  $\Gamma_t$  (1.5). Решение задачи состоит в отыскании обобщённого потенциала  $\varphi$ , который удовлетворяет уравнению (1.2), граничным условиям (1.3) и условиям на бесконечности (1.4). Далее интегрируется система уравнений (1.7) при начальном условии (1.6).

**2. Фундаментальное решение.** Для исследования трёхмерных граничных задач в ортотропной пористой среде принципиальную значимость имеет фундаментальное решение  $\Phi(M, M_0)$  основного уравнения (1.2). Вид этого решения определяется функцией  $\chi(M)$ , которая характеризует неоднородность среды.

Рассмотрим случай неоднородной ортотропной пористой среды с тензором проницаемости  $K(M) = k_i x_3^2 \delta_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  ( $\chi(M) = x_3^2$ ). В этом случае плоскость  $x_3 = 0$ ,  $x_1, x_2 \in (-\infty, \infty)$  является сингулярной поверхностью  $\sigma_{02}$ , на которой  $K(M) = 0$ . Тогда фундаментальным решением является функция [1]

$$\Phi(M, M_0) = \frac{1}{4\pi x_{03} x_3} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_*} \right), \quad (2.1)$$

$$\text{где } R = \left[ k_0 \sum_{i=1}^3 (x_i - x_{0i})^2 / k_i \right]^{1/2},$$

– расстояние между точками  $M_0$  и  $M$ ,

$$R_* = \left[ k_0 \left( (x_1 - x_{01})^2 / k_1 + (x_1 - x_{02})^2 / k_2 + (x_3 + x_{03})^2 / k_3 \right) \right]^{1/2}$$

– расстояние между точками  $M_0^* = (x_{01}, x_{02}, -x_{03})$  и  $M$ . Точка  $M_0^*$  зеркально симметрична точке  $M_0$  относительно плоскости  $x_3 = 0$ .  $k_0 > 0$  – масштабный коэффициент.

Фундаментальное решение (2.1) имеет следующий гидродинамический смысл:  $\Phi(M, M_0)$  – обобщённый потенциал точечного стока единичной мощности, который расположен в точке  $M_0$ . Обобщённый потенциал  $\varphi(M, M_0)$  источника или стока произвольной мощности  $\Pi$  имеет вид

$$\varphi(M, M_0) = -\Pi \Phi(M, M_0). \quad (2.2)$$

Решение (2.2) позволяет моделировать работу скважин в области фильтрации  $D$ .

**3. Исследование эволюции границы к скважине.**

Обозначим  $x_1 = x$ ,  $x_2 = y$ ,  $x_3 = z$ . Работу эксплуатационной скважины заданного дебита будем моделировать точечным стоком мощности  $\Pi = -q$  ( $q$  – модуль мощности), который расположен в точке  $M_0(0; 0; a)$ ,  $a > 0$ .

Кратчайшее расстояние от границы  $\Gamma_0$  до точки расположения стока обозначим  $d$ . Контур скважины представляет собой сферу радиуса  $R_c$ ,  $R_c \ll d$ . Введём параметры:  $\alpha_1 = k_1/k_0$ ,  $\alpha_2 = k_2/k_0$ ,  $\alpha_3 = k_3/k_0$ . Положим  $k_0 = k_1 = 1$ . Тогда параметр  $\alpha_1 = 1$ , параметр  $\alpha_2$  характеризует различие компонентов тензора проницаемости вдоль осей  $Oy$  и  $Ox$ , а параметр  $\alpha_3$  – вдоль осей  $Oz$  и  $Ox$ . В рассматриваемом случае обобщённый потенциал течения (2.2) примет вид:

$$\varphi(M, M_0) = \frac{q}{4\pi a z} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_*} \right), \quad (3.1)$$

$$\text{где } R = \left[ x^2/\alpha_1 + y^2/\alpha_2 + (z-a)^2/\alpha_3 \right]^{1/2},$$

$$R_* = \left[ x^2/\alpha_1 + y^2/\alpha_2 + (z+a)^2/\alpha_3 \right]^{1/2}.$$

Исследуем два случая взаимного расположения скважины, границ  $\Gamma_t$  и  $\sigma_{02}$ . Случай I: граница раздела жидкости расположена между плоскостью  $\sigma_{02}$  и стоком. Случай II: сток расположен между плоскостью  $\sigma_{02}$  и границей раздела жидкости.

Случай I. Границу  $\Gamma_0$  будем моделировать плоскостью  $z = a - d$ ,  $0 < d < a$  (рис. 1). Система дифференциальных уравнений (1.7) с учётом (3.1) примет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= -\frac{qz}{4\pi a} \left( \frac{x}{R^3} - \frac{x}{R_*^3} \right), \\ \frac{dy}{dt} &= -\frac{qz}{4\pi a} \left( \frac{y}{R^3} - \frac{y}{R_*^3} \right), \\ \frac{dz}{dt} &= -\frac{qz}{4\pi a} \left( \frac{\alpha_3}{z} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_*} \right) + \frac{z-a}{R^3} - \frac{z+a}{R_*^3} \right). \end{aligned} \quad (3.2)$$

Большое значение имеет время достижения границей  $\Gamma_t$  скважины. Если прорыв жидкости к скважине происходит вдоль оси  $Oz$  ( $x = 0, y = 0$ ), то система (3.2) преобразуется в одно дифференциальное уравнение

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{qz}{4\pi a} \left( \frac{\alpha_3}{z} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_*} \right) + \frac{z-a}{R^3} - \frac{z+a}{R_*^3} \right). \quad (3.3)$$

Интегрируя его по  $z$  от  $a - d$  до  $a$  и по  $t$  от 0 до  $T'$  ( $R_c \ll d$ ), получим формулу для нахождения времени достижения границей  $\Gamma_t$  скважины:

$$T' = \frac{\pi a^3}{2q\alpha_3^{3/2}} \left[ 4 \ln(1-\beta) - \frac{\beta^4 - 4\beta^3 + 6\beta^2 - 4\beta}{(1-\beta)^2} \right], \quad (3.4)$$

где параметр  $\beta = d/a$ ,  $\beta \in (0, 1)$ . Если в (3.4) параметр  $\alpha_3$  положить равным единице, то имеем время достижения границей  $\Gamma_t$  скважины в неоднородном изотропном грунте с коэффициентом проницаемости  $K = z^2$ .

В однородной ортотропной среде, ограниченной непроницаемой плоскостью  $z = 0$ , обобщённый потенциал течения имеет вид [1]:

$$\varphi(M, M_0) = \frac{q}{4\pi} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_*} \right). \quad (3.5)$$

Подставляя (3.5) в (1.7) и полагая  $\chi(M) = 1$ , получим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= -\frac{q}{4\pi} \left( \frac{x}{R^3} + \frac{x}{R_*^3} \right), \\ \frac{dy}{dt} &= -\frac{q}{4\pi} \left( \frac{y}{R^3} + \frac{y}{R_*^3} \right), \\ \frac{dz}{dt} &= -\frac{q}{4\pi} \left( \frac{z-a}{R^3} + \frac{z+a}{R_*^3} \right). \end{aligned} \quad (3.6)$$

Если в (3.6)  $x=0, y=0$  (прорыв происходит вдоль оси  $Oz$ ), то система преобразуется в одно дифференциальное уравнение

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{q}{4\pi} \left( \frac{z-a}{R^3} + \frac{z+a}{R_*^3} \right). \quad (3.7)$$

Интегрируя его по  $z$  от  $a-d$  до  $a$  и по  $t$  от 0 до  $T_0^I$  ( $R_c \ll d$ ), получим формулу для нахождения времени достижения скважины границей  $\Gamma_i$  в однородном ограниченном ортотропном грунте

$$T_0^I = -\frac{\pi a^3}{4q\alpha_3^{3/2}} [\beta^4 - 4\beta^3 + 2\beta^2 + 4\beta + 4 \ln(1-\beta)]. \quad (3.8)$$

Оценим влияние неоднородности среды на время  $T^I$ . Построим график отношения  $T_{\text{отн}}^I = T^I / T_0^I$ :

$$T_{\text{отн}}^I(\beta) = -\frac{2 \left( 4 \ln(1-\beta) - \frac{\beta^4 - 4\beta^3 + 6\beta^2 - 4\beta}{(1-\beta)^2} \right)}{4 \ln(1-\beta) + \beta^4 - 4\beta^3 + 2\beta^2 + 4\beta}$$

Из рис. 2 видно, что при стремлении параметра  $\beta$  к единице выражение  $T_{\text{отн}}^I(\beta)$  неограниченно растёт. Это тот случай, когда граница раздела жидкостей  $\Gamma_0$  совпадает с границей  $\sigma_{02}$ . При  $\beta \rightarrow 0$  ( $a \rightarrow \infty$ , скважина удаляется от сингулярной границы) отношение  $T^I / T_0^I$  стремится к единице, т.е. влияние неоднород-

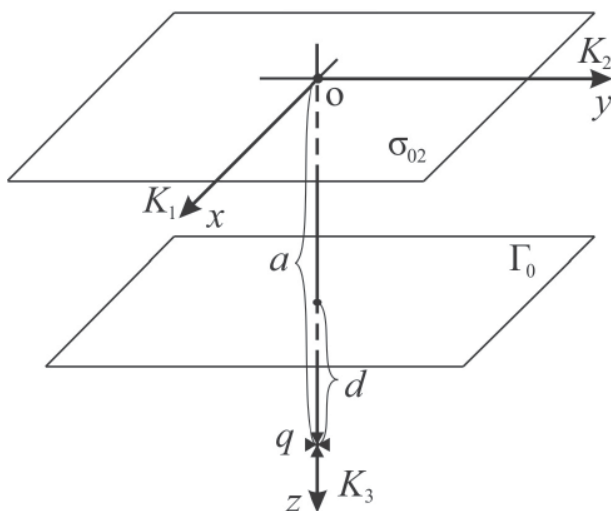


Рис. 1. Постановка задачи (случай I).

ности грунта уменьшается.

Анализируя рис. 2, замечаем, что в ограниченном неоднородном ортотропном грунте время  $T^I$  достижения границей  $\Gamma_i$  скважины увеличивается по сравнению со временем  $T_0^I$  в ограниченном однородном ортотропном грунте ( $T_{\text{отн}}^I > 1$ ). Например, если  $\beta = 1/2$ , то  $T_{\text{отн}}^I(\beta) = 2.75$ , т.е. время  $T^I$  увеличилось в 2.75 раза по сравнению со временем  $T_0^I$ .

Случай II. Границу  $\Gamma_0$  будем моделировать плоскостью  $z = a + d$ ,  $d > 0$  (рис. 3).

Интегрируя (3.3) по  $z$  от  $a+d$  до  $a$  и по  $t$  от 0 до  $T^II$  ( $R_c \ll d$ ), получим формулу для нахождения времени достижения границей  $\Gamma_i$  скважины:

$$T^II = \frac{2\pi a^3}{27q\alpha_3^{3/2}} \left[ 2\sqrt{3} \ln \left( \frac{3\beta + 3 - \sqrt{3}}{(3\beta + 3 + \sqrt{3})(2 - \sqrt{3})} \right) + 3\beta^3 + 9\beta^2 - 6\beta \right], \quad (3.9)$$

где параметр  $\beta = d/a$ ,  $\beta \in (0, +\infty)$ . При  $\alpha_3 = 1$  из (3.4) имеем время достижения границей  $\Gamma_i$  скважины в неоднородном изотропном грунте с коэффициентом проницаемости  $K = z^2$ .

Интегрируя (3.7) по  $z$  от  $a+d$  до  $a$  и по  $t$  от 0 до  $T_0^{II}$  ( $R_c \ll d$ ), получим формулу для нахождения времени достижения скважины границей  $\Gamma_i$  в однородном ограниченном ортотропном грунте

$$T_0^{II} = -\frac{2\pi a^3}{3q\alpha_3^{3/2}} [-\beta^3 - 3\beta^2 + 6\beta + 3\pi - 12 \arctg(1 + \beta)]. \quad (3.10)$$

Оценим влияние неоднородности среды на время  $T^{II}$ . Построим график отношения  $T_{\text{отн}}^{II} = T^{II} / T_0^{II}$ :

$$T_{\text{отн}}^{II}(\beta) = \frac{2\sqrt{3} \ln \left( \frac{3\beta + 3 - \sqrt{3}}{(3\beta + 3 + \sqrt{3})(2 - \sqrt{3})} \right) + 3\beta^3 + 9\beta^2 - 6\beta}{-\beta^3 - 3\beta^2 + 6\beta + 3\pi - 12 \arctg(1 + \beta)}$$

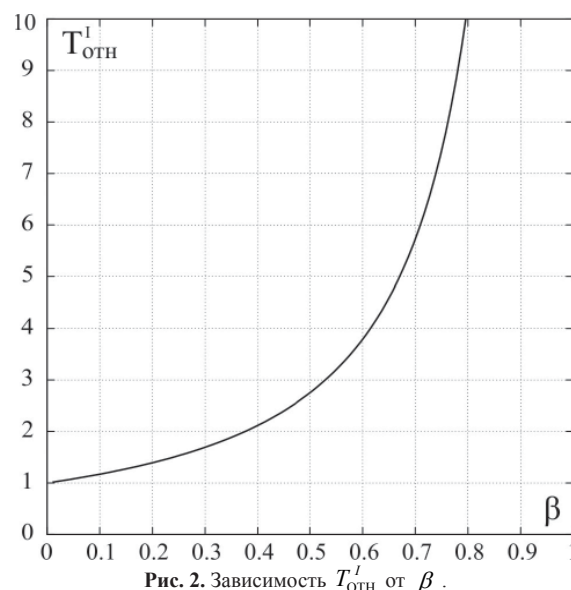


Рис. 2. Зависимость  $T_{\text{отн}}^I$  от  $\beta$ .

Из рис. 4 видно, что при  $\beta \rightarrow 0$  ( $a \rightarrow \infty$ , скважина удаляется от сингулярной границы)  $T''_{\text{отн}}(\beta) \rightarrow 1$ . Влияние неоднородности грунта уменьшается. При  $\beta \rightarrow \infty$   $T''_{\text{отн}}(\beta) \rightarrow 1/3$ , что соответствует расположению стока на сингулярной границе  $\sigma_{02}$  ( $a \rightarrow 0$ ). Получаем, что время  $T''$  в 3 раза меньше времени  $T''_0$ .

Таким образом, в рассматриваемом случае происходит уменьшение времени  $T''$  достижения границей  $\Gamma_i$  скважины в неоднородном ортотропном грунте по сравнению со временем  $T''_0$  достижения границей  $\Gamma_i$  скважины в ограниченном однородном ортотропном грунте ( $T''_{\text{отн}} < 1$ ).

Рассмотрим случай, когда сток расположен на сингулярной поверхности  $\sigma_{02}$ , т.е. параметр  $a \rightarrow 0$  ( $\beta \rightarrow \infty$ ). Выбранный случай наиболее тесно связан с задачами добычи нефти и газа из-под земли, забором пресной воды из подземных резервуаров и т. п. [2]

Исследуем эволюцию границы  $\Gamma_i$  в области течения  $D: z > 0$  при различных значениях параметров  $\alpha_2$  и  $\alpha_3$ . Систему дифференциальных уравнений (3.2) решим численно методом Эйлера с адаптивным шагом [3]. При расчётах полагаем  $q = 4\pi/3$ ,  $d = 1$ ,  $R_c = 0.02$ ,  $\Delta l_{\text{max}} = 0.001$  где  $\Delta l_{\text{max}}$  – ограничение на максимальное смещение точки границы.

На рис. 5 показано положение точек границы  $\Gamma_i$  в плоскости  $Oxz$  в моменты времени  $t = 0$  (кривая 1) и  $t = T''$  (кривые 2, 3, 4). Расчёты проведены для  $\alpha_2 = 1$ . Кривая 2 соответствует значению параметра  $\alpha_3 = 0.1$  ( $T'' = 5.2798$ ), кривая 3 –  $\alpha_3 = 1$  ( $T'' = 0.1670$ ), кривая 4 –  $\alpha_3 = 10$  ( $T'' = 0.0053$ ). Численно посчитанное

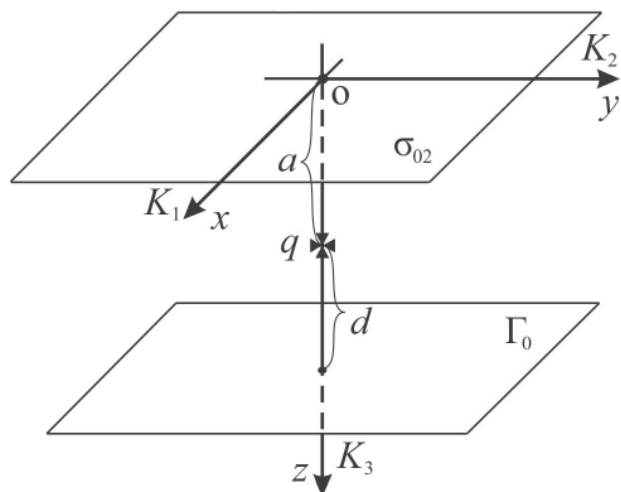


Рис. 3. Постановка задачи (случай II).

время  $T''$  при варьировании параметра  $\alpha_3$  отличается от аналитического решения (3.9) не более чем на 0.15%. Прорыв жидкости к скважине происходит вдоль оси  $Oz$ , и параметр  $\alpha_2$  не влияет на время достижения границей  $\Gamma_i$  скважины. Так как  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ , то картина течения симметрична относительно оси  $Oz$ . Во всех рассматриваемых случаях наблюдается образование водяного конуса [2]. Форма конуса определяется значением параметра  $\alpha_3$ .

На рис. 6 показаны положения границы  $\Gamma_i$  при  $t = T''$  для  $\alpha_3 = 1$  и различных значений параметра  $\alpha_2$ . Кривая 1 соответствует начальному положению границы  $\Gamma_0$ , кривая 2 отвечает значению параметра  $\alpha_2 = 0.1$ , кривая 3 –  $\alpha_2 = 10$ , кривая 4 –  $\alpha_2 = 1000$ . Для всех кривых время  $T'' = 0.1670$ . Видим, что направление прорыва не меняется даже при больших  $\alpha_2$ . В плоскости  $Oxz$  конечные положения границы  $\Gamma_i$  совпали при всех выбранных значениях параметра  $\alpha_2$  с кривой 3 на рис. 5. Время  $T''$ , вычисленное численно, отличается от аналитического не более чем на 0.15%.

В описанном предельном случае ( $a \rightarrow 0$ ) эволюция границы  $\Gamma_i$  подобна случаю ограниченного однородного ортотропного грунта. Разница лишь во времени  $T''$  достижения границей  $\Gamma_i$  скважины: в неоднородном грунте оно в 3 раза меньше, чем в однородном.

Предложенный в статье метод также позволяет исследовать движение произвольной границы раздела «разноцветных» жидкостей к системе скважин в неоднородной ортотропной пористой среде. Дальнейшая работа предполагает учёт различия фильтрационных свойств жидкостей [4, 5].

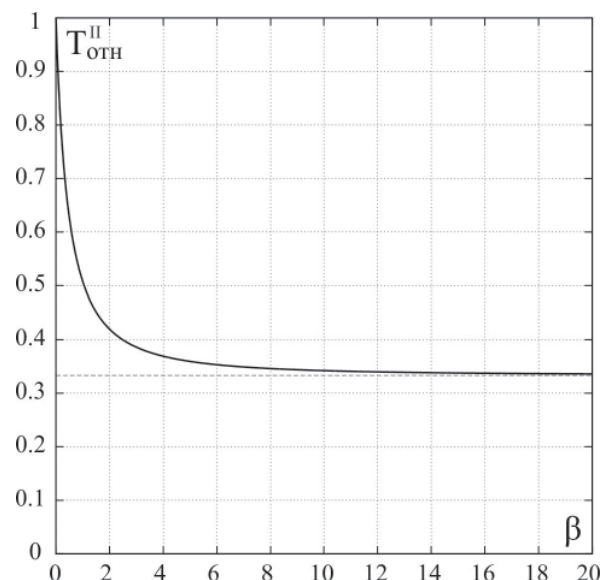


Рис. 4. Зависимость  $T''_{\text{отн}}$  от  $\beta$ .

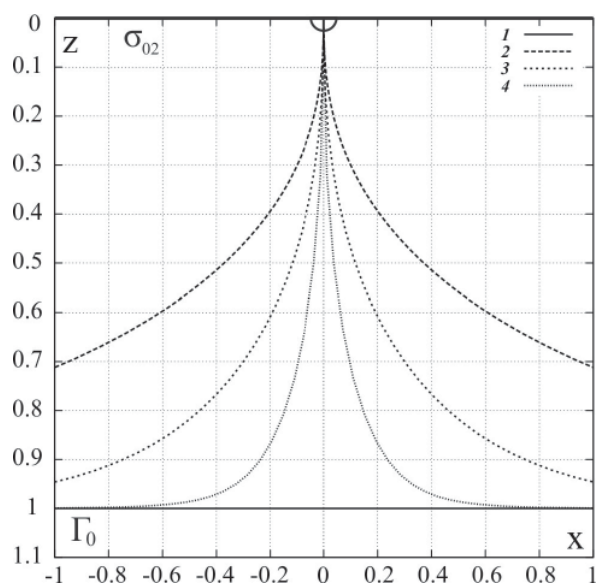


Рис. 5. Эволюция границы в плоскости  $Oxz$  при различных  $\alpha_3$ .

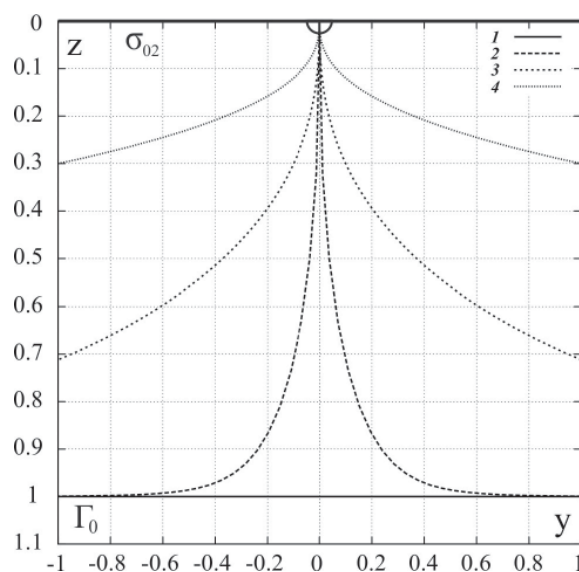


Рис. 6. Эволюция границы в плоскости  $Oyz$  при различных  $\alpha_2$ .

#### Библиографический список

1. Пивень В.Ф. Математические модели фильтрации жидкости. Орёл: Издательство ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет», ПФ «Картуш». 2015. 408 с.
2. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. М.: Гостоптехиздат. 1963. 396 с.
3. Крыштопин Д.В., Федяев Ю.С. Математическое моделирование трёхмерной эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропной однородной пористой среде // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2014. № 6 (62). С. 17-21.
4. Федяев Ю.С. Исследование плоскопараллельной эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей в анизотропной однородной пористой среде // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2010. № 4 (38). С. 33-41.
5. Федяев Ю.С. Математическое моделирование эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей и плотностей в однородном анизотропном слое пористой среды // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2011. № 3 (41). С. 90-97.

#### References

1. Piven' V.F. Mathematical models of fluid filtration. Orel, 2006. P. 544.
2. Charny I.A. Underground Fluid Dynamics. M., 1963. P. 396.
3. Kryshchopin D.V., Fedyayev Y.S. Mathematical modeling of three-dimensional evolution of the interface between fluids of «multi-coloured» fluids in the anisotropic uniform porous medium // Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2014, № 6 (62). Pp. 17-21.
4. Fedyayev Y.S. Research of plane-parallel evolution of interfaces between fluids of different viscosity in anisotropic homogeneous porous medium // Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2010, № 4 (38). Pp. 33-41.
5. Fedyayev Y.S. Mathematical modeling of evolution of the interface between fluids of different viscosities and densities in a homogeneous layer of anisotropic porous medium // Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2011, № 3 (41). Pp. 90-97.



УДК 537.9, 539.23

UDC 537.9, 539.23

**А.П. КУЗЬМЕНКО**

доктор физико-математических наук, профессор, директор, региональный центра нанотехнологий, Юго-Западный государственный университет

E-mail: apk3527@mail.ru

**И.В. ЧУХАЕВА**

аспирант, кафедра нанотехнологий и инженерной физики, Юго-Западный государственный университет

E-mail: ms.chuhaeva@mail.ru

**П.В. АБАКУМОВ**

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, региональный центра нанотехнологий, Юго-Западный государственный университет

E-mail: AbakumovPavel18@gmail.com

**A.P. KUZMENKO**

Doctor of physical and mathematical Sciences, Professor, director of regional center of nanotechnology, Southwest State University

E-mail: apk3527@mail.ru

**I.V. CHUHAeva**

Graduate student, Department of nanotechnology and engineering physics, Southwest State University

E-mail: ms.chuhaeva@mail.ru

**P.V. ABAKUMOV**

Candidate of physical and mathematical Sciences, researcher of regional center of nanotechnology, Southwest State University

E-mail: AbakumovPavel18@gmail.com

## ЛЕНГМЮРОВСКИЕ ПЛЕНКИ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ТИТАНАТА БАРИЯ НА ПОДЛОЖКАХ С РАЗНОЙ СТРУКТУРОЙ

### LANGMUIR FILMS OF STABILIZED BARIUM TITANATE ON SUBSTRATES WITH DIFFERENT STRUCTURES

*В работе исследованы температурная зависимость  $\pi$ -А изотерм, гистерезис процессов сжатия-растяжения и изменений поверхностного потенциала, установлена оптимальная температура осаждения стабилизированного титаната бария методом Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ), а также влияние материала подложки на качество формирования ЛБ покрытия.*

*Ключевые слова:* пленки Ленгмюра-Блоджетт, сканирующая зондовая микроскопия, поверхностный потенциал,  $\pi$ -А изотермы, температурные зависимости.

*Studied the temperature dependence of the  $\pi$ -A isotherms, hysteresis tension-compression processes and changes of surface potential, set the optimum deposition temperature stabilized barium titanate by the Langmuir-Blodgett (LB) and the effect of the substrate material on the quality of LB coverage.*

*Keywords:* Langmuir-Blodgett films, Scanning probe microscopy, surface potential,  $\pi$ -A isotherms, temperature dependences.

Тонкие пленки нашли широкое применение в различных областях науки и техники [1]. Существует большое количество методов получения таких пленок, но наибольший интерес на сегодняшний день представляет метод Ленгмюра-Блоджетт [2, 3]. Данный метод представляет собой уникальный способ получения и исследования двумерных систем с моно- и мультислоями. Его привлекательность заключается в возможности варьировать параметры осаждения пленки с созданием структуры, обладающей заданными свойствами. Для получения упорядоченных на поверхности подложки монослоев ПАВ особое значение имеет выбор подложки, поскольку она является одним из факторов формирования качественной пленки [4]. Качество пленки существенно зависит также от состояния монослоя на поверхности субфазы.

В данной статье проведен анализ температурных зависимостей  $\pi$ -А изотерм, гистерезиса процессов сжатия-растяжения и изменений поверхностного потенциала и установлена оптимальная температура, при которой формируется стабилизированный монослой титаната бария (ВТО) на поверхности субфазы. Изучено влияние подложек на качество осаждаемых пленок ВТО по результатам анализа АСМ изображений ленгмюровских пленок.

Исследование проводились на установке KSV NIMA

2002 (размер ванны 364×75×4, объем субфазы 176 мл) [5]. Для стабилизации температуры встроен термостат JULABO F12-ED с диапазоном рабочих температур (-20 ÷ +100) ± 0.03 °С. Изменения поверхностного потенциала в зависимости от давления регистрировались с помощью устройства измерения поверхностного потенциала (SPOT) с размерами, позволяющими его опционально встраивать в KSV NIMA. Чувствительность SPOT на рабочей частоте колебаний 300 Гц составляет 1 мВ. Изображения ленгмюровского монослоя на поверхности субфазы были получены непосредственно в процессе его формирования на KSV NIMA с помощью брюстерского микроскопа MicroBAM (разрешение 12 мкм, угол падения 53°, длина волны источника света 659 нм, поле зрения 3600×4000 мкм, камера: 640×480 пкс, 30 кадров/с). Отметим, что все изменения  $\pi$ -А изотермы и поверхностного потенциала строятся в установке KSV NIMA с периодом дискретизации чуть более 1 с, а общее число точек достигает нескольких тысяч.

Основным методом исследования морфологии формируемых монослоев ВТО выступает атомно-силовая микроскопия (АСМ). В работе с использованием АСМ AIST-NT в полуконтактном режиме были получены изображения монослойных пленок ВТО. Применялся кантилевер со стандартным кремниевым зондом.

Изучено влияние температуры на ход  $\pi$ -А изотерм с погрешностью 5 мкН/м, семейство которых в исследованном диапазоне представлено на рис. 1. При их сравнении отмечается плавный характер  $\pi$ -А изотерм. Наблюдается смещение изотерм вправо при понижении температуры, что соответствует росту площади, приходящейся на одну молекулу.

По данным брюстеровской микроскопии (ВАМ) при температурах  $T=283$  и  $310$  К происходит формирование доменов ненулевой толщины лишь до поверхностного давления  $\pi=0.3$  мН/м (Рис. 2). По мере дальнейшего увеличения давления  $\pi$  при этих температурах образование монослоев не наблюдается. При  $T=295$  К площадь доменов в начале процесса формирования пленки не велика и они расположены далеко друг от друга. При этой температуре с ростом давления домены объединяются с формированием однородного монослоя [6]. Согласно сложившейся классификации [7] характер, представленных на рис. 1  $\pi$ -А изотерм соответствует фазовому переходу «газ – твердое тело». Сопоставление представленных на рис. 2 брюстеровских изображений монослоев при  $T=283$  и  $310$  К, существенно отличающегося от его вида при  $T=295$  К, подтверждают температурную зависимость фазовых переходов в исследуемом соединении ВТО.

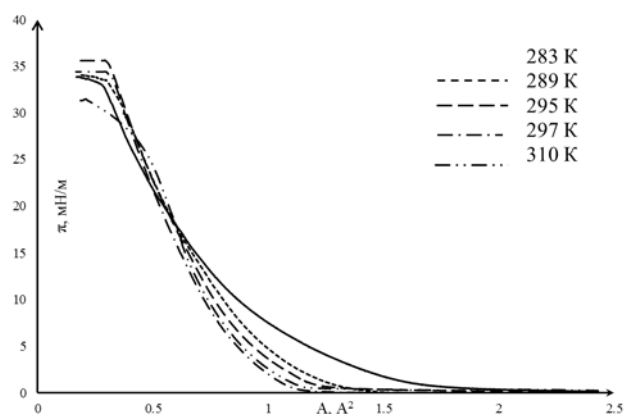


Рис. 1.  $\pi$ -А изотермы ВТО при различных температурах.

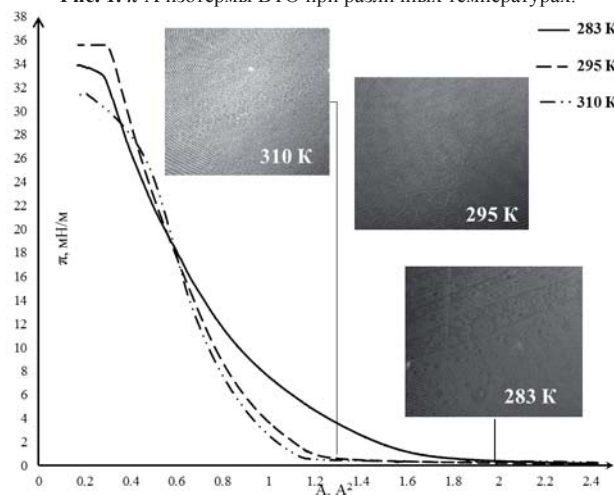


Рис. 2. Микроскопия под углом Брюстера монослоев ВТО при различных температурах при давлении  $\pi=0.3$  мН/м

Измерения зависимости поверхностного потенциала совмещенные с  $\pi$ -А изотермами, в изучаемых

монослоях ВТО (Рис. 3), позволили детализировать фазовые превращения, что согласуется с результатами [8]. Зависимости такого вида дают качественное представление о процессах как формирования цельного монослоя, так и его разрушения.

Представленные на рис. 3, измерения  $\pi$ -А изотерм и поверхностного потенциала производились в течение 2 циклов сжатия и растяжения исследуемого монослоя. С каждым циклом площадь на молекулу увеличивается (при сжатии с  $1.45 \text{ \AA}^2$  до  $1.9 \text{ \AA}^2$ , при растяжении –  $1.2 \text{ \AA}^2$  и  $1.5 \text{ \AA}^2$  при давлении 25 мН/м). Это можно объяснить доменобразованием, которое препятствует последующему распаду пленки на отдельные частицы при ее растяжении.

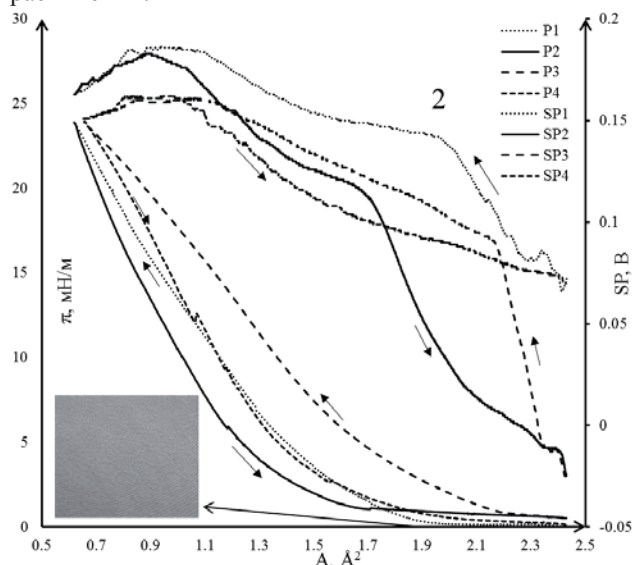


Рис. 3. Гистерезис сжатия-растяжения (1) и поверхностный потенциал (2) для ВТО, количество циклов 2. На вставке к рисунку ВАМ изображение монослоя ВТО на первом цикле сжатия.

При сжатии наблюдается участок резкого возрастания поверхностного потенциала, соответствующий началу формирования пленки, на что указывают данные брюстеровской микроскопии, представленные на вставке к рис. 3. Относительно точки начала роста поверхностного потенциала площадь, приходящаяся на молекулу ВТО до образования пленки в первом цикле составляет  $2.27 \text{ \AA}^2$ , на втором цикле –  $2.37 \text{ \AA}^2$ , то есть возрастает, при этом поверхностный потенциал для второго цикла уменьшается на  $0.08$  В. Аналогичная зависимость наблюдается и при большем числе циклов сжатия-растяжения, что объясняется с помощью формулы, указывающей на обратную зависимость поверхностного потенциала монослоя и площади на молекулу [9]:

$$\Delta U = \mu / (\epsilon_0 \epsilon_1 A), \quad (1)$$

где  $\mu$  – вертикальная компонента дипольного момента,  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $\epsilon_1$  – диэлектрическая проницаемость монослоя,  $A$  – площадь на молекулу.

Зная изменения  $\Delta U$  и  $A$ , в соответствии с формулой (1), возможно определить очень важную величину вертикальной компоненты дипольного момента  $\mu$ , однако проблему представляет выбор величины  $\epsilon_1$  [9].

Учитывая выводы [3] о существенном влиянии качества подготовки поверхности подложек для осажде-

ния пленок ЛБ, нами были изучена роль как качества поверхностей (шероховатости) подложек, так и их структуры. Изучены аморфная (стеклянная), монокристаллическая (кремний КДБ (100)) и поликристаллические на стекле из магнетронных пленок Pt и Ni с Cr. Пленки из мономолекулярных слоев ВТО получены последовательным переносом с поверхности дистиллированной воды на подложки методом вертикального осаждения (25 мН/м, 295 К, скорости диппера и барьеров 5 мм/мин). При этом с учетом фильности подложек общее число слоев составляло 7 для гидрофильных, и 8 – гидрофобных подложек. Коэффициенты переноса ВТО на исследованные подложки, определенные согласно [10] по разности  $S - S'$  – площадей до и после переноса монослоя ВТО на подложку относительно площади подложки –  $S_n$ :

$$k = (S - S') / S_n, \quad (2)$$

оказались разными, их значения представлены в табл. 1. Наиболее близкий к единице коэффициент переноса имел место на Pt подложке, что может свидетельствовать о равномерности формируемого монослоя ВТО.

Таблица 1.

Коэффициенты переноса ЛБ пленок ВТО на разные подложки

Подложка	Стекло	Si	Pt	Ni
Коэффициент переноса	0.6-1.19	0.4-1.1	0.9-1.2	0.1-0.3

Отметим, что помимо коэффициента переноса пленки может использоваться качественный показатель в виде отсутствия на ее поверхности капель субфазы после каждого подъема подложки, что было характерно только для пленки, полученной на Pt подложке.

Как уже отмечалось в [3], на качество формируемого монослоя существенное влияние оказывает шероховатость подложки. В ряду использованных в работе подложек для нанесения ВТО самый высокий качество поверхности имели пленочные магнетронные покрытия из Pt и Ni, в которых практически исключается образование пор как одной из основных причин, вызывающих неомогенность и даже разрушение пленки.

АСМ изображения поверхностей, исследованных подложек и сформированных на них монослоев ВТО представлены на рис. 4. Как известно, магнетронные покрытия характеризуются в процессе нанесения формированием кластерных структур, что подтверждается рис. 6, I и II. Сравнение изображений до нанесения ВТО (рис. 4, I и II) и после – (рис. 4, I' и II') показывает, что в случае с Pt исходная кластерная структура оказалась полностью покрыта регулярными в виде рядов близко-размерными наночастицами, в то же время для Ni кластеры явно еще просматриваются. Отметим, что АСМ изображения исходных поверхностей стекла и кремния не содержат кластеров. После нанесения ВТО не возникает также и упорядочения наночастиц, что демонстрирует сравнение их изображений до и после нанесения ВТО (рис. 4, III и IV и рис. 4, III' и IV').

Результаты гранулометрического анализа поверхности по высоте, выполненные с помощью программного обеспечения Gwyddion, приведены в табл. 2. Средние

размеры частиц ВТО совпали при осаждении на Pt и Si подложки (См. рис. 4, I' и IV'), что коррелирует с величиной коэффициента переноса (табл. 1) и подтверждается представленными профилями поверхностей, где изменения по высоте оказались одинаковыми и составили 7 нм. Для пленки ВТО на подложке с магнетронным пленочным никелем с коэффициентом переноса намного меньшим единицы (табл. 1) АСМ изображение (рис. 4, II') демонстрирует, что размеры частиц ВТО практически совпадают с размерами структур пленки на самой подложке.

Таблица 2.

Топологические размеры поверхности подложки до и после осаждения пленки ВТО

Тип подложки	Средние размеры частиц, нм	
	подложка	пленка
Платина/Стекло	10	7
Никель/Стекло	5	6
Стекло	4	4
Кремний	2	7

Достаточно высокое значение  $k = 0.6 - 1.19$  должно было бы приводить к формированию пленки ВТО на стекле. Однако средние размеры, характеризующие как саму поверхность стекла, так и возможное осаждение частиц ВТО на ней, оказались равными.

Для установления факта осаждения ВТО на стекле, как и на других подложках, с помощью оптического микроскопа методом проекции капли были измерены краевые углы смачивания  $\theta$ , значения которых представлены в табл. 3. Оказалось, что наименьшими значениями  $\theta$  с ВТО обладают подложки из Pt и Si, тогда как его величина для подложек из Ni и стекла в несколько раз возрастает, хотя и не достигает  $\pi/2$ . Это может свидетельствовать либо о низком качестве формируемой пленки ВТО, либо вообще об ее отсутствии. Такой вывод согласуется с данными табл. 2, где именно на этих подложках средний характерный размер после осаждения ВТО для стекла не изменился, а для Ni отличается незначительно – 1 нм (точность измерений составляет 20 пм).

Таблица 3.

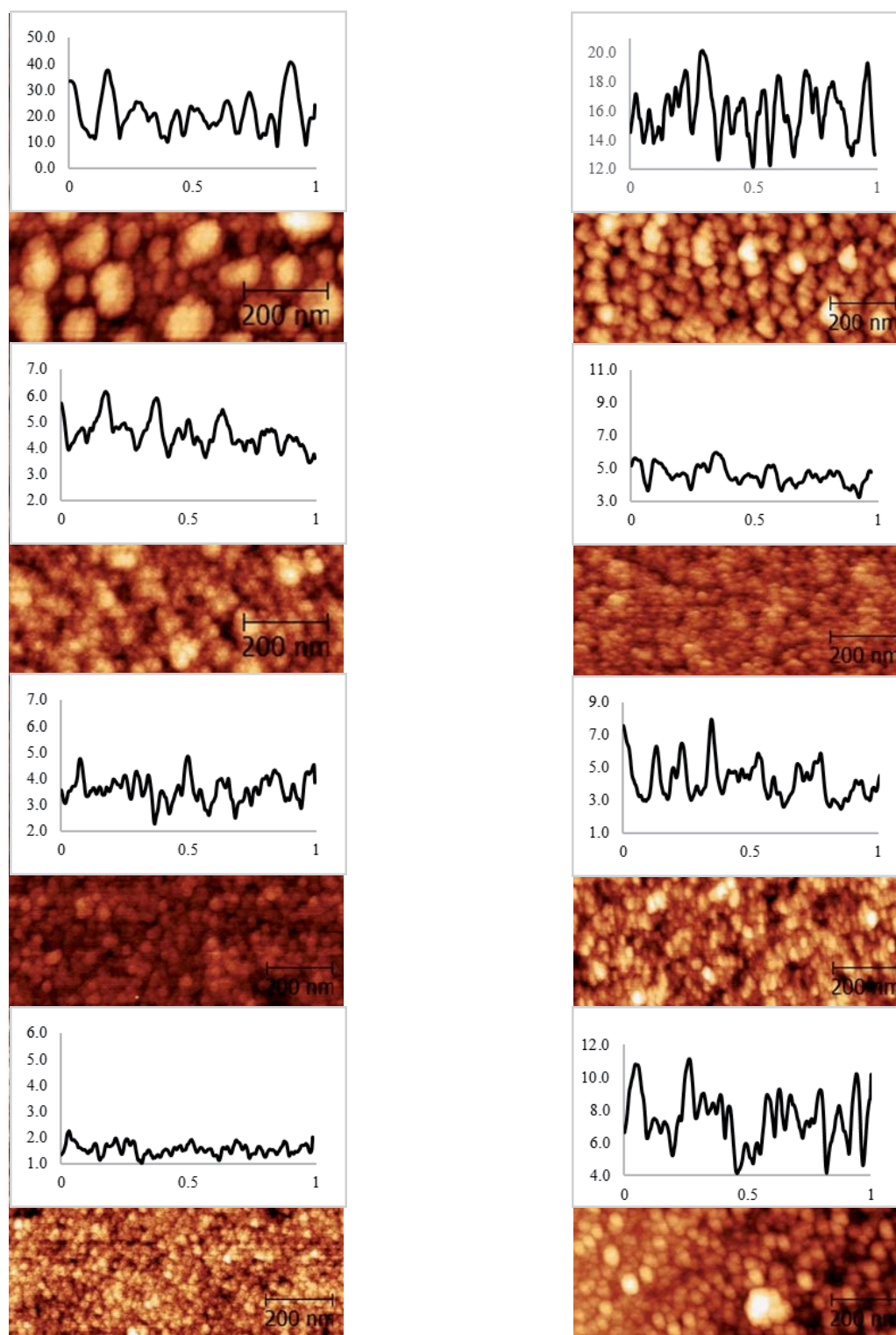
Краевой угол смачивания коллоидного раствора ВТО на исследуемых подложках

Подложка для осаждения ВТО	Стекло	Ni	Si	Pt
Краевой угол смачивания, $\theta$ (град.)	67°	55°	35°	10°

Анализ температурных зависимостей  $\pi$ -А изотерм и изотерм сжатия-растяжения, а также изменений поверхностного потенциала позволил установить оптимальную температуру – 295 К формирования монослоя стабилизированного титаната бария (ВТО) на поверхности водной субфазы.

Изучено влияние подложек на качество осаждаемых пленок ВТО по их АСМ изображениям, полученным на подложках из монокристаллического кремния, аморф-





**Рис. 4.** АСМ изображения топологии поверхностей подложек из платины – I, никеля – II, стекла – III, кремния – IV и монослоев ВТО (вертикальное осаждение) на магнетронных пленках платины – I' и никеля – II', и подложках стекла – III' и кремния – IV'.

ного стекла и поликристаллических магнетронных пленках платины и никеля.

Полученные результаты по нанесению пленок ВТО на разных подложках при одинаковых условиях, как это

показано в табл. 1 – 3 и рис. 4, указывают на то, что наиболее качественные пленки ЛБ ВТО формируются на платиновой подложке.

Библиографический список

1. Блинов Л. М. Ленгмюровские пленки. УФН, 1988. Т. 155, вып. 3. С. 443-480.
2. Блинов Л.М., Фридкин В.М., Палто С.П., Буне А.В., Даубен П.А., Дюшарм С. Двумерные сегнетоэлектрики. УФН. 2000. Т. 170, № 3. С. 247 - 262.
3. Кузьменко А.П., Чухаева И.В., Абакумов П.В. Структура и диэлектрические свойства монослоев BaTiO<sub>3</sub>. Известия Юго-Западного государственного университета. 2014. № 5 (56). С. 46-49.
4. Кузьменко А.П., Чухаева И.В., Абакумов П.В. Определения оптимальных параметров осаждения BaTiO<sub>3</sub> методом Ленгмюра-Блоджетт. Молодежь и XXI век. 2015. Т.3. С. 255-258.
5. Миронов Е. П., Квачева Л. Д, Червонобродов С. П., Плотников Г. С., Букреева Т. В. Исследование поведения частиц восстановленной окиси графена на поверхности раздела вода/воздух. ВМУ. Физика. Астрономия. 2013. № 6 С. 14-19.
6. Розанов В.В., Евстапов А.А. Влияние топологии поверхности подложки на структуру формируемых ленгмюровских пленок. Научное приборостроение. 2007. Т.17, №4. С. 3 - 8.
7. Суходолов Н. Г., Иванов Н. С., Подольская Е. П. Новые материалы, полученные методом Ленгмюра-Блоджетт, и их применение в нанотехнологии и приборостроении. Научное приборостроение. 2013. Т. 23, № 1. С. 86-105.
8. Яценко А. М., Горин Д.А., Панкин К.Е. и др. Коэффициент переноса пленок Ленгмюра-Блоджетт как индикатор поверхности монокристаллического кремния, модифицированной полиионными слоями. Физика и техника полупроводников, 2007. Т 41, вып. 6. С. 706-710.
9. Kuzmenko A.P., Chuhaeva I.VI., Dobromyslov M.B. Features in formation and properties of Langmuir-Blodgett monolayers. Journal of Nano- and Electronic Physics. 2013. Vol.5, No. 4. P. 04035-1 – 04035-2.
10. Tredgold R. H. The physics of Langmuir-Blodgett films. Rep. Prog. Phys 1987. V.50. Pp.1609-1656.

References

1. Blinov L. M. Langmuir films. UFN, 1988. Vol. 155, Issue 3. Pp. 443-480.
  2. Blinov L.M., Fridkin V. M., Palto S.P., Boone A.V., Dauben P. A., Dyusharm S. Two-dimensional ferroelectric material. UFN. 2000. Vol. 170, No. 3. Pp. 247 - 262.
  3. Kuzmenko A.P., Chukhayeva I.V., Abakumov P. V. Structure and dielectric properties of monolayers of BaTiO<sub>3</sub>. News of Southwest state university. 2014. No. 5 (56). Pp. 46-49.
  4. Kuzmenko A.P., Chukhayeva I.V., Abakumov P. V. Determination of optimum parameters of sedimentation of BaTiO<sub>3</sub> by Lengmyura-Blodzhett's method. Youth and XXI century. 2015. V.3. Pp. 255-258.
  5. Mironov E. P. Kvacheva L. D, Chervonobrodov S. P., Carpenters G. S., Bukreev T. V. Research of behavior of particles of the restored decanter oxide on an interface water/air. VMU. Physics. Astronomy. 2013. No. 6. Pp. 14-19.
  6. Rozanova V.V., Evstrapov A.A. Influence of topology of a surface of a substrate on structure of the formed Langmuir films. Scientific instrument making. 2007. V.17, No. 4. Pp. 3 - 8.
  7. Suhodolova N. G., Ivanov N. S., Podolsk E. P. The new materials received by Lengmyura-Blodzhett's method, and their application in nanotechnology and instrument making. Scientific instrument making. 2013. V. 23, No. 1. Pp. 86-105.
  8. Yashchenok A. M., Gorin D. A., Pankin K.E., etc. Coefficient of transfer of films of Lengmyura-Blodzhett as the indicator of the surface of single-crystal silicon modified by polyionic layers. Physics and equipment of semiconductors, 2007. V. 41, Issue 6. Pp. 706-710.
  9. Kuzmenko A.P., Chuhaeva I.VI., Dobromyslov M.B. Features in formation and properties of Langmuir-Blodgett monolayers. Journal of Nano-and Electronic Physics. 2013. Vol.5, No. 4. River 04035-1 – 04035-2.
  10. Tredgold R. H. The physics of Langmuir-Blodgett films. Rep. Prog. Phys 1987. V.50. Pp.1609-1656.
-



УДК 517.55

UDC 517.55

**Д.Е. ЛОМАКИН**

кандидат физико-математических наук, кафедра алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет  
E-mail: denislomakin@rambler.ru

**D.E. LOMAKIN**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, department of algebra and mathematical methods in economics, Orel State University  
E-mail: denislomakin@rambler.ru

# ТЕОРЕМА ЕДИНСТВЕННОСТИ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАДОНА АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ МНОГИХ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

## A UNIQUENESS THEOREM FOR THE RADON TRANSFORM OF ANALYTIC FUNCTIONS OF SEVERAL COMPLEX VARIABLES

В работе рассматривается формулировка и доказательство теоремы единственности для преобразования Радона аналитических функций.

Ключевые слова: преобразование Радона, теорема единственности.

*We consider the formulation and proof of the uniqueness theorem for the Radon transform of analytic functions.*

Keywords: Radon transform, a uniqueness theorem.

В работе [2], опираясь на результаты И.М. Гельфанда [1], было рассмотрено преобразование Радона аналитических функций, получен общий вид оператора, задающего данное преобразование и формула обращения, исследованы основные свойства оператора для целых функций многих комплексных переменных. В данной работе рассматривается теорема единственности для преобразования Радона функций, аналитических в шаре радиуса  $R$ .

Введем необходимые обозначения. Через  $H(|z| \leq R)$  будем обозначать пространство функций нескольких комплексных переменных, аналитических в шаре радиуса  $R$  в стандартной топологии равномерной сходимости на компактах. Через  $H_s(\{|s| \leq R\} \times S^{2n-1})$  будем обозначать пространство функций вида  $u(s, w) = |s|^{2n-2} H(s, w)$ ,  $H(s, w) = H(s\bar{w})$ ,  $H(z) \in H(|z| \leq R)$ , в которое оператор преобразования Радона  $R_0$  переводит пространство  $H(|z| \leq R)$  с индуцированной топологией. Во введенных обозначениях справедлива теорема.

**Теорема.** В классе функций  $H_s(\{|s| \leq R\} \times S^{2n-1})$  преобразование Радона функции  $F(z)$  из  $H(|z| \leq R)$  определяется единственным образом.

**Доказательство.** Пусть  $F(z) \in H(|z| \leq R)$  и пусть  $(RF)_1(s, w)$  и  $(RF)_2(s, w)$  – преобразования Радона функции  $F(z)$ , причем  $(RF)_1(s, w)$ ,  $(RF)_2(s, w) \in H_s(\{|s| \leq R\} \times S^{2n-1})$ . По определению преобразования Радона [2] для любой функции  $\phi(z) \in D(\mathbb{C}^n)$  верно

$$(-1)^{n-1} b_n < (RF)_j, \psi > = < F, \phi >,$$

$$\text{где } j = 1, 2, \psi(s, w) = \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} R\hat{\phi}(s, w).$$

Рассмотрев разность, получим:

$$(-1)^{n-1} b_n \int_{\mathbb{C} \times S^{2n-1}} ((RF)_1(s, w) - (RF)_2(s, w)) \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}}$$

$$R\hat{\phi}(s, w) d\sigma(w) d\omega_2(s) = 0.$$

По условию  $(RF)_j(s, w) = |s|^{2n-2} F_j(s\bar{w})$ , где  $F_j(z)$  – аналитическая в круге функция. Тогда  $(RF)_1(s, w) - (RF)_2(s, w) = |s|^{2n-2} H(s\bar{w})$ , где  $H(z)$  – аналитическая в круге функция.

Для любой функции  $\phi(z) \in D(\mathbb{C}^n)$  имеем:

$$\int_{\mathbb{C} \times S^{2n-1}} |s|^{2n-2} H(s\bar{w}) \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} R\hat{\phi}(s, w) d\sigma(w) d\omega_2(s) = 0. \quad (1)$$

Применяя к последнему интегралу теорему Фубини, получим

$$\begin{aligned} & \int_{\mathbb{C} \times S^{2n-1}} |s|^{2n-2} H(s\bar{w}) \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} R\hat{\phi}(s, w) d\sigma(w) d\omega_2(s) = \\ & = \int_{S^{2n-1}} \left( \int_{\mathbb{C}} |s|^{2n-2} H(s\bar{w}) \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} R\hat{\phi}(s, w) d\omega_2(s) \right) d\sigma(w). \end{aligned}$$

Так как функция  $\phi(z)$  из  $D(\mathbb{C}^n)$  имеет компактный носитель в  $\mathbb{C}^n$ , то из определения преобразования Радона следует, что ее преобразование Радона  $R\hat{\phi}(s, w)$  также имеет компактный носитель в  $\mathbb{C} \times S^{2n-1}$ . Тогда интегрированием по частям из последнего равенства и из (1) получим

$$\int_{S^{2n-1}} \int_{\mathbb{C}} \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} (|s|^{2n-2} H(s\bar{w})) R\hat{\phi}(s, w) d\omega_2(s) d\sigma(w) = 0. \quad (2)$$

Покажем, что функция

$$h(s, w) = \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} (|s|^{2n-2} H(s\bar{w}))$$

имеет вид  $h(s, w) = \tilde{h}(s\bar{w})$ , где  $\tilde{h}(z) \in H(|z| \leq R)$ .

Применяя результаты, полученные в [3], имеем:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} (|s|^{2n-2} H(s\bar{w})) = \\ & = \end{aligned}$$

$$((n-1)!)^2 \left( I + C_{n-1}^1 \frac{s}{1!} \frac{\partial}{\partial s} + C_{n-1}^2 \frac{s^2}{2!} \frac{\partial^2}{\partial s^2} + \dots + C_{n-1}^{n-1} \frac{s^{n-1}}{(n-1)!} \frac{\partial^{n-1}}{\partial s^{n-1}} \right) \times \\ \times H(s\bar{w}),$$

где  $I$  – тождественный оператор. Далее для любого натурального  $k$  верно

$$s^k \frac{\partial^k}{\partial s^k} (H(s\bar{w})) = s^k \\ \sum_{k_1+k_2+\dots+k_n=k} \left( \frac{\partial^k}{\partial z_1^{k_1} \dots \partial z_n^{k_n}} H \right) (s\bar{w}) \bar{w}_1^{k_1} \dots \bar{w}_n^{k_n} = \\ = \sum_{k_1+k_2+\dots+k_n=k} z_1^{k_1} \dots z_n^{k_n} \frac{\partial^k}{\partial z_1^{k_1} \dots \partial z_n^{k_n}} H(z) \Big|_{z=s\bar{w}}.$$

Поэтому верно

$$s^k \frac{\partial^k}{\partial s^k} (H(s\bar{w})) = \tilde{h}_k(s\bar{w}),$$

где  $\tilde{h}_k(z)$  – аналитическая в шаре функция. Тогда

$$\frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} (|s|^{2n-2} H(s\bar{w})) = \tilde{h}(s\bar{w}),$$

где  $\tilde{h}(z)$  – аналитическая в шаре функция.

Из (2) вытекает, что

$$\int_{S^{2n-1}} \int_C h(s, w) R\hat{\phi}(s, w) d\sigma(w) d\omega_2(s) = 0$$

для любой функции  $R\hat{\phi} \in \text{RD}$ . Покажем, что функция  $h(s, w)$  принадлежит ядру дуального преобразования Радона оператора  $R^*$  [3]. Положим  $g(z) = (R^*h)(z) = \int_{S^{2n-1}} h(z, w) d\sigma(w)$ . Тогда [5, с.10] для любой

функции  $\phi(z)$  из  $D(\mathbb{C}^n)$  верно

$$\int_{\mathbb{C}^n} g(z) \phi(z) d\omega_{2n}(z) = \int_{\mathbb{C} \times S^{2n-1}} h(s, w) R\hat{\phi}(s, w) d\omega_2(s) d\sigma(w) = 0.$$

Следовательно, для любой  $\phi(z) \in D(\mathbb{C}^n)$

$$\int_{\mathbb{C}^n} g(z) \phi(z) d\omega_{2n}(z) = 0.$$

Так как последнее равенство верно для произвольной функции  $\phi(z)$  из  $D(\mathbb{C}^n)$ , то ([4], Ч.2, гл.6, с.172) почти всюду в  $\mathbb{C}^n$  верно  $g(z) = 0$ , а значит,  $g(z) = (R^*h)(z) = 0$  в  $\mathbb{C}^n$ . Таким образом, мы получили, что функция  $h(s, w)$  принадлежит ядру оператора  $R^*$ .

В работе [6] показано, что для того чтобы функция  $h(s, w)$  принадлежала ядру оператора  $R^*$  необходимо и достаточно, чтобы для любой сферической гармоники  $Y_m(w)$  степени  $m \geq 1$  функционал

$$\langle h_{Y_m}, a(s) \rangle = \langle h, \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} a(se^{i\Theta}) Y_m(we^{i\Theta}) d\Theta \rangle, a(s) \in D(\mathbb{C})$$

задавался мерой  $P_m(s, \bar{s}) d\omega_2(s)$ , где  $P_m(s, \bar{s})$  – многочлен степени не выше  $m-1$ , а при  $m=0$  было  $F_{Y_m} = 0$ .

Пусть  $a(s)$  – произвольная функция из  $D(\mathbb{C})$ . Рассмотрим функционал

$$\langle h_{Y_m}, a \rangle = \langle h, \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} a(se^{i\Theta}) Y_m(we^{i\Theta}) d\Theta \rangle =$$

$$= \int_{S^{2n-1}} \int_C h(s, w) \left( \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} a(se^{i\Theta}) Y_m(we^{i\Theta}) d\Theta \right) d\omega_2(s) d\sigma(w).$$

Так как  $h(s, w) = \tilde{h}(s\bar{w})$ , где  $\tilde{h}(z) \in H(|z| \leq R)$ , то

$$\langle h_{Y_m}, a \rangle = \int_{S^{2n-1}} \int_C \tilde{h}(s\bar{w}) \left( \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} a(se^{i\Theta}) Y_m(we^{i\Theta}) d\Theta \right) d\omega_2(s) d\sigma(w).$$

По теореме Фубини имеем:

$$\langle h_{Y_m}, a \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_C \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) a(se^{i\Theta}) Y_m(we^{i\Theta}) d\sigma(w) d\omega_2(s) d\Theta$$

Положим во внутреннем интеграле  $w = \xi e^{-i\Theta}$ , тогда  $\xi = we^{i\Theta}$ , а  $d\sigma(\xi) = d\sigma(w)$ . Получим

$$\langle h_{Y_m}, a \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi}$$

$$\left( \int_{\mathbb{N}} \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(se^{i\Theta} \bar{\xi}) a(se^{i\Theta}) Y_m(\xi) d\sigma(\xi) d\omega_2(s) \right) d\Theta = \\ = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left( \int_{S^{2n-1}} \int_{\mathbb{N}} \tilde{h}(se^{i\Theta} \bar{\xi}) a(se^{i\Theta}) Y_m(\xi) d\omega_2(s) d\sigma(\xi) \right) d\Theta.$$

Пусть теперь  $\lambda = se^{i\Theta}$ , следовательно,  $d\omega_2(\lambda) = d\omega_2(s)$ . Тогда

$$\langle h_{Y_m}, a \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_{S^{2n-1}} \int_{\mathbb{N}} \tilde{h}(\lambda \bar{\xi}) a(\lambda) Y_m(\xi) d\omega_2(\lambda) d\sigma(\xi) d\Theta = \\ = \int_{S^{2n-1}} \int_{\mathbb{N}} \tilde{h}(\lambda \bar{\xi}) a(\lambda) Y_m(\xi) d\omega_2(\lambda) d\sigma(\xi).$$

Таким образом, меняя порядок интегрирования, получим

$$\langle h_{Y_m}, a \rangle = \int_{\mathbb{N}} \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) a(s) Y_m(w) d\sigma(w) d\omega_2(s).$$

С другой стороны,

$$\langle h_{Y_m}, a \rangle = \int_C P_m(s, \bar{s}) a(s) d\omega_2(s),$$

где  $P_m(s, \bar{s})$  – многочлен степени не выше  $m-1$ . Следовательно,

$$\int_C P_m(s, \bar{s}) a(s) d\omega_2(s) = \\ = \int_{\mathbb{N}} a(s) \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) Y_m(w) d\sigma(w) d\omega_2(s).$$

Тогда

$$\int_C \left( P_m(s, \bar{s}) - \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) Y_m(w) d\sigma(w) \right) a(s) d\omega_2(s) = 0 \\ \forall a(s) \in D(\mathbb{C}).$$

Так как последнее равенство верно для произвольной функции  $a(s)$  из  $D(\mathbb{C})$ , то ([2], Ч.2, гл.6, с.172) почти всюду в  $\mathbb{C}$  верно

$$P_m(s, \bar{s}) - \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) Y_m(w) d\sigma(w) = 0.$$

Последняя разность представляет собой непрерывную функцию, тогда всюду в  $\mathbb{C}$  имеет место равенство

$$P_m(s, \bar{s}) = \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) Y_m(w) d\sigma(w).$$

Таким образом, для любой сферической гармоники  $Y_m(w)$  степени  $m$  интеграл

$$J_m(s) = \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) Y_m(w) d\sigma(w)$$

представляет собой многочлен, степени не выше  $m-1$ , тождественно равный нулю при  $m=0$ .

Покажем, что функция  $\tilde{h}(s\bar{w})$  тождественно равна нулю. Так как  $\tilde{h}(z)$  аналитическая в круге, то

$$\tilde{h}(s\bar{w}) = \sum_{|k|=0}^{\infty} c_{k_1 k_2 \dots k_n} s^{k_1+k_2+\dots+k_n} \bar{w}_1^{k_1} \bar{w}_2^{k_2} \dots \bar{w}_n^{k_n}. \quad (3)$$

Зафиксируем  $m$  и  $k_1^0, k_2^0, \dots, k_n^0$ ,  $k_1^0 + k_2^0 + \dots + k_n^0 = m$ . Заметим, что для любых мультииндексов  $k_1, k_2, \dots, k_n$  функции  $\bar{w}_1^{k_1} \bar{w}_2^{k_2} \dots \bar{w}_n^{k_n}$  и  $w_1^{k_1} w_2^{k_2} \dots w_n^{k_n}$ ,  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n) \in S^{2n-1}$  представляют собой сферические гармоники степени  $k_1 + k_2 + \dots + k_n$ . Положим  $Y_m(w) = w_1^{k_1^0} w_2^{k_2^0} \dots w_n^{k_n^0}$ , тогда  $Y_m(w)$  – сферическая гармоника степени  $m$ . Поэтому

$$J_m(s) = \int_{S^{2n-1}} \tilde{h}(s\bar{w}) Y_m(w) d\sigma(w) = \int_{S^{2n-1}} \sum_{|k|=0}^{\infty} c_{k_1 k_2 \dots k_n} s^{k_1+k_2+\dots+k_n} \bar{w}_1^{k_1} \bar{w}_2^{k_2} \dots \bar{w}_n^{k_n} w_1^{k_1^0} w_2^{k_2^0} \dots w_n^{k_n^0} d\sigma(w).$$

Так как гармоники различных степеней ортогональны, то

$$J_m(s) = \sum_{k_1+k_2+\dots+k_n=m} c_{k_1 k_2 \dots k_n} s^m \int_{S^{2n-1}} \bar{w}_1^{k_1} \bar{w}_2^{k_2} \dots \bar{w}_n^{k_n} w_1^{k_1^0} w_2^{k_2^0} \dots w_n^{k_n^0} d\sigma(w).$$

Переходя к сферическим координатам ([5], гл.1, §2, с.44), вычислим последние интегралы. Рассмотрим на сфере  $S^{2n-1}$  сферические координаты

$$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{n-1}) \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]^{n-1},$$

$$\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n) \in [0, 2\pi]^n,$$

$$w_1 = w_1(\theta, \phi) = \cos \theta_1 e^{i\phi_1},$$

$$w_2 = w_2(\theta, \phi) = \sin \theta_1 \cos \theta_2 e^{i\phi_2},$$

...

$$w_{n-1} = w_{n-1}(\theta, \phi) = \sin \theta_1 \sin \theta_2 \dots \sin \theta_{n-2} \cos \theta_{n-1} e^{i\phi_{n-1}},$$

$$w_n = w_n(\theta, \phi) = \sin \theta_1 \sin \theta_2 \dots \sin \theta_{n-2} \sin \theta_{n-1} e^{i\phi_n}.$$

Для любой суммируемой на сфере функции верно

$$\begin{aligned} \int_{S^{2n-1}} f(w) d\sigma(w) &= \int_{\left[0, \frac{\pi}{2}\right]^{n-1} \times [0, 2\pi]^n} f(w_1(\theta, \phi), w_2(\theta, \phi), \dots, w_n(\theta, \phi)) D(\theta) d\theta_1 \dots d\theta_{n-1} d\phi_1 \dots d\phi_n, \end{aligned}$$

где  $D(\theta) = \prod_{j=1}^{n-1} (\sin \theta_j)^{2(n-j)-1} \cos \theta_j$ .

Рассмотрим интеграл

$$I_1 = \int_{S^{2n-1}} \bar{w}_1^{k_1} \bar{w}_2^{k_2} \dots \bar{w}_n^{k_n} w_1^{k_1^0} w_2^{k_2^0} \dots w_n^{k_n^0} d\sigma(w),$$

где  $(k_1^0, k_2^0, \dots, k_n^0) \neq (k_1, k_2, \dots, k_n)$ . Не нарушая общности доказательства, будем считать, что  $k_1 \neq k_1^0$ . Заметим, что

$$\int_0^{2\pi} e^{ik\phi} d\phi = \begin{cases} 2\pi, & k=0, \\ 0, & k \neq 0. \end{cases} \quad (4)$$

Тогда

$$I_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \dots \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} \dots \int_0^{2\pi} (\cos \theta_1 e^{-i\phi_1})^{k_1} \dots (\sin \theta_1 \dots \sin \theta_{n-1} e^{-i\phi_n})^{k_n} (\cos \theta_1 e^{i\phi_1})^{k_1^0} \dots (\sin \theta_1 \dots \sin \theta_{n-1} e^{i\phi_n})^{k_n^0} \times D(\theta) \|R_0(F)\|_{m_0} \dots d\theta_{n-1} d\phi_1 \dots R_0(F) = |s|^{2n-2} H(s, w).$$

Так как  $k_1 \neq k_1^0$ , то из (4) следует, что  $I_1 = 0$ .

Рассмотрим теперь случай, когда  $\hat{F}(s, w) = |s|^{2n-2} H(s, w)$ . Вычислим интеграл

$$\begin{aligned} I_2 &= \int_{S^{2n-1}} \frac{\partial \Theta}{\pi^n b_n ((n-1)!)^2} w_1^{k_1^0} w_2^{k_2^0} \dots w_n^{k_n^0} d\sigma(w) = \\ &= \int_{S^{2n-1}} \bar{w}_1^{k_1^0} \bar{w}_2^{k_2^0} \dots \bar{w}_n^{k_n^0} w_1^{k_1^0} w_2^{k_2^0} \dots w_n^{k_n^0} \max_{|s| \leq m_0, w \in S^{2n-1}} |H(s, w)| = \\ &= \int_{S^{2n-1}} |w_1|^{2k_1^0} |w_2|^{2k_2^0} \dots |w_n|^{2k_n^0} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2^k}. \end{aligned}$$

Переходя к сферическим координатам, получим:

$$I_2 = (2\pi)^n \int_0^{\frac{\pi}{2}} \dots \int_0^{\frac{\pi}{2}} |\cos \theta_1|^{2k_1^0} \dots |\sin \theta_1 \sin \theta_2 \dots \sin \theta_{n-1}|^{2k_n^0}$$

$$D(\theta) d\theta_1 \dots d\theta_{n-1} = R^* \left( \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} f(s, w) \right) (z),$$

где  $\Theta(k_1^0, k_2^0, \dots, k_n^0)$  – положительное число.

Таким образом,

$$J_m(s) = [R_0(F)](s, w) c_{k_1^0 k_2^0 \dots k_n^0} s^m.$$

С другой стороны,  $J_m(s)$  – многочлен степени не выше  $m-1$ . Тогда  $c_{k_1^0 k_2^0 \dots k_n^0} = 0$ . Таким образом, для любых  $k_1^0, k_2^0, \dots, k_n^0$  имеем  $c_{k_1^0 k_2^0 \dots k_n^0} = 0$ . Тогда из (3) следует, что  $\tilde{h}(s\bar{w}) = 0$ .

Поскольку

$$\tilde{h}(s\bar{w}) = \frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} (|s|^{2n-2} H(s\bar{w})),$$

то

$$\frac{\partial^{2n-2}}{\partial s^{n-1} \partial \bar{s}^{n-1}} (|s|^{2n-2} H(s\bar{w})) = 0.$$

Несложно показать, что в классе функций, аналитических по  $s$  в круге радиуса  $R$  и непрерывных по совокупности переменных, решение последнего уравнения единственно. Тогда  $H(s\bar{w}) = 0$ . Таким образом,

$$(RF)_1(s, w) = (RF)_2(s, w).$$

Теорема доказана.

**Библиографический список**

1. Гельфанд И.М., Граев М.И., Виленкин Н.Я. Обобщенные функции, вып.5. Интегральная геометрия и связанные с ней вопросы теории представлений. М.: Физматгиз, 1962. 656 с.
2. Ломакин Д.Е. Преобразование Радона аналитических функций. / Автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Ростов-на-Дону, 2006.
3. Ломакин Д.Е. Преобразование Радона целых функций многих переменных. / Орл. гос. ун-т. Орел, 2003. 24 с. Деп. в ВИНТИ 07.07.2003 г., № 1276-B2003.
4. Рудин У. Функциональный анализ. М.: Мир, 1975. 443 с.
5. Секерин А.Б. Применение преобразования Радона в теории аппроксимации. / БНЦ УрО АН СССР. Уфа, 1991. 192 с.
6. Секерин А.Б. Применение преобразования Радона к аппроксимационным задачам многомерного комплексного анализа. Дис. ... докт. физ.-мат. наук / Уфа, 1992.

**Referenses**

1. Gelfand I.M., Graev M.I., Vilenkin N.Ya. Generalized function, vol.5. Integral geometry and representation theory. M.: Fizmatgiz, 1962. 656 p.
  2. Lomakin D.E. Radon transform of analytical functions. / Author. diss. ... Cand. Sci. Sciences. Rostov-on-Don, 2006.
  3. Lomakin D.E. Radon transform of entire functions of several variables. / Orel. state. Univ. Orel, 2003. 24 p. Dep. в VINITI 07.07.2003., № 1276/ V2003.
  4. Walter Rudin, Functional analysis. M.: Mir, 1975. 443 p.
  5. Sekerin A.B. Application of Radon transform in the theory of approximation. / BSC, Ural Branch of the Academy of Sciences of the USSR. Ufa, 1991. 192 p.
  6. Sekerin A.B. Application of Radon transform to approximation problems of multidimensional complex analysis. Dis. ... Doctor. Sci. Science / Ufa, 1992.
-

УДК 517.91

UDC 517.91

**М.Г. МАЖГИХОВА**

младший научный сотрудник, лаборатория  
синергетических проблем, Институт прикладной  
математики и автоматизации  
E-mail: mazhgihova.madina@yandex.ru

**M.G. MAZHGIKHOVA**

Junior scientist, Laboratory of synergetic problems, Institute of  
Applied Mathematics and Automation  
E-mail: mazhgihova.madina@yandex.ru

# НАЧАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С ПРОИЗВОДНОЙ РИМАНА-ЛИУВИЛЛЯ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ

## INITIAL-VALUE PROBLEM FOR ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATION WITH RIEMANN-LIOUVILLE DERIVATIVE WITH DELAY

В данной работе исследовано дифференциальное уравнение дробного порядка с запаздывающим аргументом с оператором Римана-Лиувилля. Для этого уравнения решена задача Коши. Доказана теорема существования и единственности решения исследуемой задачи.

**Ключевые слова:** дробная производная Римана-Лиувилля, обобщенная функция Миттаг-Леффлера, задача Коши, дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом.

In this paper we considered the differential equation of fractional order with delay with Riemann-Liouville operator. Cauchy problem for this equation was solved. The theorem of existence and uniqueness of the solution for this problem has been proved.

**Keywords:** Riemann-Liouville fractional derivative, generalized Mittag Leffler function, Cauchy problem, differential equation with delay.

Рассмотрим уравнение

$$D_{0+}^{\alpha} u(\eta) - \lambda u(t) = \mu H(t - \tau) u(t - \tau), \quad (1)$$

где  $t > 0$ ,  $D_{0+}^{\alpha}$  – оператор дробного интегрирования в смысле Римана-Лиувилля [4, с. 9],  $H(t)$  – функция Хевисайда,  $n-1 \leq \alpha < n$ ,  $\lambda, \mu$  – произвольные постоянные,  $\tau$  – фиксированное положительное число.

Одними из первых работ, посвященных дифференциальным уравнениям дробного порядка, являются работы [8], [1] и [9]. Начальная задача для обыкновенного дифференциального уравнения дробного порядка с постоянными коэффициентами была рассмотрена в работе [6]. Для обыкновенного дифференциального уравнения с запаздывающим аргументом постановки начальной и краевых задач приведены в работе [5]. Задача Коши для уравнения (1) при  $\alpha \in (0, 1)$  была решена в работе [2] методом шагов. Начальная задача для уравнения (1) с оператором Капуто исследована в работе [3]. В данной работе получено решение задачи Коши для уравнения (1) и доказана теорема существования и единственности решения этой задачи.

Регулярным решением уравнения (1) назовем функцию  $u = u(t)$  из класса  $t^{n-\alpha} u(t) \in C[0, \infty)$  и удовлетворяющую этому уравнению.

**Задача.** Найти регулярное решение уравнения (1), удовлетворяющее условиям

$$\lim_{t \rightarrow 0} D_{0+}^{\alpha-n+k} u(t) = u_k, \quad k = 0, 1, \dots, n-1. \quad (2)$$

Введем обозначение:

$$W_k(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \mu^m (t - m\tau)_+^{\alpha(m+1)+k-n} \cdot E_{\alpha, \alpha(m+1)+k-n+1}^{m+1}(\lambda(t - m\tau)_+^{\alpha}), \quad (3)$$

где

$$E_{\alpha, \beta}^{\rho}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\rho)_k z^k}{\tilde{A}(\alpha k + \beta) k!} \quad - \text{ обобщенная функция}$$

Миттаг-Леффлера [10, с. 45],  $(\rho)_k$  – символ Похгаммера,

$$(t - m\tau)_+ = \begin{cases} t - m\tau, & t - m\tau > 0, \\ 0, & t - m\tau < 0. \end{cases}$$

Справедлива следующая

**Теорема.** Решение задачи (1) - (2) существует единственно и имеет вид:

$$u(t) = \sum_{k=0}^{n-1} u_k W_k(t). \quad (4)$$

**Доказательство.** Покажем, что функция  $W_k(t)$  удовлетворяет уравнению (1). Из формулы (3) получаем, что

$$W_k(0) = t^{\alpha+k-n} E_{\alpha, \alpha+k-n+1}(\lambda t^{\alpha}) \Big|_{t=0}.$$

Отсюда следует, что

$$\lim_{t \rightarrow 0} D_{0+}^{\alpha-n+i} W_k(0) = \begin{cases} 0, & k \neq i \\ 1, & k = i \end{cases}$$

то есть выполнены начальные условия (2).

При  $t - m\tau > 0$  выражение (3) содержит конечное число слагаемых  $N = \left\lfloor \frac{t}{\tau} \right\rfloor + 1$ , то есть ряд (3) сходится.

Далее подставим формулу (3) в уравнение (1):

$$D_{0+}^{\alpha} W_k(t) - \lambda W_k(t) = \mu W_k(t - \tau) + \frac{t^{k-n}}{\tilde{A}(k-n+1)}, \quad (5)$$

где

$$D_{0+}^{\alpha} W_k(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \mu^m (t - m\tau)^{\alpha m + k - n} \cdot E_{\alpha, \alpha m + k - n + 1}^{m+1}(\lambda(t - m\tau)^{\alpha}), \quad (6)$$



$$W_k(t-\tau) = \sum_{m=0}^{\infty} \mu^m (t-(m+1)\tau)^{\alpha(m+1)+k-n} \cdot E_{\alpha, \alpha(m+1)+k-n+1}^{m+1}(\lambda(t-(m+1)\tau)^{\alpha}) \quad (7)$$

Учитывая выражения (6) и (7), а также соотношение

$$E_{\alpha, \beta}^{\rho}(t) - E_{\alpha, \beta}^{\rho-1}(t) = t E_{\alpha, \alpha+\beta}^{\rho}(t),$$

формула (5) примет вид:

$$\sum_{m=0}^{\infty} \mu^m \left[ (t-m\tau)^{\alpha m+k-n} E_{\alpha, \alpha m+k-n+1}^{m+1}(\lambda(t-m\tau)^{\alpha}) - \lambda(t-m\tau)^{\alpha(m+1)+k-n} E_{\alpha, \alpha(m+1)+k-n+1}^{m+1}(\lambda(t-m\tau)^{\alpha}) - \mu(t-(m+1)\tau)^{\alpha(m+1)+k-n} \cdot E_{\alpha, \alpha(m+1)+k-n+1}^{m+1}(\lambda(t-(m+1)\tau)^{\alpha}) \right] = \frac{t^{k-n}}{\tilde{A}(k-n+1)}.$$

Первые два слагаемых ряда в последнем выражении в сумме дают  $\frac{t^{k-n}}{\tilde{A}(k-n+1)}$ , а все остальные слагаемые дают ноль.

Функция  $W_k(t)$  удовлетворяет уравнению (1), значит линейная комбинация этой функции также будет удовлетворять этому уравнению. Таким образом показано,

что задача (1) - (2) имеет решение и оно имеет вид (4).

Теперь докажем единственность решения задачи (1) -

(2). Для этого покажем, что однородная задача  $D_{ot}^{\alpha} u(\eta) - \lambda u(t) = \mu H(t-\tau)u(t-\tau), t > 0,$

$$\lim_{t \rightarrow 0} D_{ot}^{\alpha-n+k} u(t) = 0, k = 0, 1, \dots, n-1 \quad (8)$$

имеет только тривиальное решение. С учетом начальных условий перепишем (8) в виде:

$$u(t) - \lambda D_{ot}^{-\alpha} u(t) = \mu D_{ot}^{-\alpha} [H(t-\tau)u(t-\tau)]. \quad (9)$$

Докажем теорему методом математической индукции. Для этого разобьем интервал  $]0, \infty[$  на интервалы длины  $\tau: I_i = [(i-1)\tau, i\tau], i = 1, 2, \dots$ . При  $i=1$  уравнение (9) примет вид:

$$u(t) - \lambda D_{ot}^{-\alpha} u(t) = 0, t \in ]0, \tau],$$

Предполагая, что при  $i \leq j$  решение  $u(t) = 0$ , при  $t \in I_i$ , покажем, что  $u(t) = 0$  при  $t \in I_{j+1}$ . На интервале  $I_{j+1}$  (9) запишется в виде уравнения

$$u(t) - \lambda D_{(j-1)\tau, t}^{-\alpha} u(t) = 0, t \in [(j-1)\tau, j\tau],$$

решение которого  $u_{j-1}(t) = 0$  [7, с. 16].

Получили, что решение однородной задачи (8) нулевое. Значит, решение неоднородной задачи (1) - (2) единственно.

#### Библиографический список

1. Джрбашян М.М., Нерсисян А.Б. Дробные производные и задачи Коши для дифференциальных уравнений дробного порядка. // Изв. АН АрмССР. Матем. 1968. С. 3-28.
2. Мажжикова М.Г. Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения дробного порядка с запаздывающим аргументом // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2013. Т.15. №2. С. 44-47.
3. Мажжикова М.Г. Начальная задача для обыкновенного дифференциального уравнения дробного порядка с запаздывающим аргументом // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2014. Т.16. №4. С. 28-30.
4. Нахушев А.М. Дробное исчисление и его применение. М.: Физматлит, 2003. 272 с.
5. Норкин С.Б. О решениях линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка с запаздывающим аргументом. УМН 14, 1 (85) 1959, С. 199-206.
6. Псху А.В. Начальная задача для линейного обыкновенного дифференциального уравнения дробного порядка // Мат. сборник. 2011. Т. 202, №4. С. 111-122.
7. Псху А.В. Уравнения в частных производных дробного порядка. М.: Наука, 2005. 199 с.
8. Barrett J.H. Differential equation of non-integer order // Canad. J. Math. 1954. Vol. 6. №4. Pp. 529-541.
9. Ozturk I. On the theory of fractional differential equation // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 1988. Т.3. №2. С. 35-39.
10. Prabhakar T. E. A singular integral equation with a generalized Mittag Leffler function in the kernel, Yokohama Math. J. 1971. №19. Pp. 7-15.

#### References

1. Dzhrbashyan M.M., Nersesyan A.B., Fractional Derivatives and Cauchy Problem for Differential Equations of Fractional Order. Proceedings of Academy of sciences, SSR.Armenia. Math. 1968. Pp. 3-28.
2. Mazghikhova M.G., Cauchy Problem for Ordinary Differential Equations of Fractional Order with Delay, Reports of Adyghe (Circassian) International Academy of Sciences. 2013. Vol.15, № 2. Pp. 44-47.
3. Mazghikhova M.G., Initial-value Problem for Ordinary Differential Equations of Fractional Order with Delay, Reports of Adyghe (Circassian) International Academy of Sciences. 2014. Vol. 16. №4. Pp. 28-30.
4. Nakhushiev A.M., Fractional Calculus and its Application. Moscow, 2003.
5. Norkin S.B., On Solutions of Linear Homogeneous Differential Equation of Second Order with Delay, UMN, 1959. Vol. 14. № 1 (85). Pp. 199-206.
6. Pskhu A.V., Initial-value Problem for a Linear Ordinary Differential Equation of Non-integer order, Mat. Sb., 2011. Vol. 202. № 4. Pp. 111-122.
7. Pskhu A.V., Partial Differential Equations of Fractional Order. Moscow, 2005.
8. Barrett J.H., Differential Equation of Non-integer Order, Canad. J. Math. 1954. Vol. 6. № 4. Pp. 529-541.
9. Ozturk I., On the Theory of Fractional Differential Equation, Reports of Adyghe (Circassian) International Academy of Sciences. 1988. Vol. 3. № 2. Pp. 35-39.
10. Prabhakar T.E. A Singular Integral Equation with a Generalized Mittag Leffler Function in the Kernel, Yokohama Math. J. 1971. № 19. Pp. 7-15.

УДК 331.461

UDC 331.461

С.М. МАКЕЕВ

сотрудник, Академия Федеральной службы охраны РФ  
E-mail: maks57@yandex.ru

S.M. MAKEEV

Staffer, Federal Guard Service Academy of the RF  
E-mail: maks57@yandex.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СОБЫТИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ФИЗИЧЕСКОЕ ЛИЦО

### THE MATHEMATICAL MODEL OF THE EFFECT OF UNDESIED INDUCED NATURE EVENTS ON AN INDIVIDUAL

*Данная статья посвящена математической модели, позволяющей определить значение ущерба физическому лицу от потенциально опасных объектов при возникновении неблагоприятных событий техногенного характера.*

Ключевые слова: индивидуальный риск, неблагоприятное событие, ущерб, оценка параметров распределений вероятностей.

*This article is devoted to the mathematical model enabling to define the value of a personal damage from the potential dangerous objects in case of undesired events of induced nature.*

Keywords: individual risk, undesired event, damage, probability distribution parameters evaluation.

Риск как возможное событие обладает двумя свойствами: вероятностью возникновения неблагоприятного события и ущербом [1, 2]. Как правило, риск связан с размером ущерба  $C_u^k$  от неблагоприятного события  $u$ -го потенциально опасного объекта  $k$ -го типа или опасного явления в натуральном (число пострадавших и погибших, размер зоны действия опасных факторов) или стоимостном выражении. Ущерб различают от реального (проводится оценка фактического ущерба) и гипотетического негативного события, при котором ущерб является предполагаемым. Для различных сценариев развития неблагоприятного события в происшествие расчетным методом определяются различные значения ущерба. В результате влияния на размер ущерба большого числа случайных факторов в задачах оценки рассматривается случайная величина ущерба  $C_u^k = \{c_{u,1}^k, c_{u,2}^k, \dots, c_{u,n}^k, \dots, c_{u,N}^k\}$ , определяемая функцией распределения  $F(C_{u,n}^k) = p(c_{u,n}^k < C_{u,n}^k)$ .

В рассматриваемом контексте задачи техногенных угроз, с учетом существующего объекта негативно-го воздействия, определяемом физическим лицом, целесообразно рассматривать индивидуальный риск. Количественный показатель риска, обусловленный различными неблагоприятными воздействиями, характеризуется индивидуальной вероятностью возможного воздействия. При этом под негативными последствиями (характер вреда, ущерба) понимается возможное воздействие опасных техногенных явлений на физическое лицо, выражаемое в виде снижения работоспособности, возникновения заболеваний или травм.

Оценка индивидуального риска основывается на использовании вероятностно-статистического метода (при наличии исходной статистической информации) и теоретико-вероятностном подходе.

Для физического лица последствия от негативных воздействий любого вида можно выразить бинарной переменной

$$c_n = \begin{cases} c_{\psi,n} = 0, & \text{при } p(B_{\psi} \leq B_{\psi}^*) \geq p_{\text{дон}}, \forall \psi \\ c_{\psi,n} = 1, & \text{при } p(B_{\psi} \leq B_{\psi}^*) < p_{\text{дон}}, \forall \psi \end{cases}, \quad (1)$$

где  $B_{\psi}$  – действующая нагрузка (уровень негативных факторов) для заданной характеристики (несущей способности)  $\psi = \overline{1, \Psi}$  физического лица, возникающая при появлении неблагоприятного события от состояния потенциально опасного объекта,  $B_{\psi}^*$  – несущая способность (стойкость, выносливость) конкретного физического лица, определяемая его медико-биологическими и физиологическими особенностями.

В общем случае характеристики (несущие способности) физического лица могут быть представлены кортежем  $B = \{x_b, y_b, B_1^*, B_2^*, \dots, B_{\psi}^*, \dots, B_{\Psi}^*\}$ , а соответствующий ущерб в виде  $C = \{c_{\psi,n}\}$ ,  $\psi = \overline{1, \Psi}$ ,  $n = \overline{1, N}$ .

Величина несущей способности определяется дифференциальными характеристиками негативных воздействий, в частности, длительностью воздействия. Для различных физических лиц данная величина имеет существенный разброс.

Ущерб от воздействия на физическое лицо может быть обусловлен прямым воздействием или отдаленными последствиями неблагоприятных событий. Соответственно, различают две модели количественной оценки ущерба для здоровья физического лица в зависимости от длительности и уровней негативных воздействий.

Факторная модель «действующая нагрузка – критическая нагрузка» (несущая способность) обусловлена прямым кратковременным воздействием опасных (поражающих) факторов произвольной интенсивности, происходящими в случайные моменты времени опасными событиями. Ущерб наступает в случае превышения уровнями воздействий  $B_{\psi}$  некоторых предельных норм для физического лица. Например, для среднестатистического

тистического человека несущие способности могут принимать следующие значения:

- эквивалентная доза ионизирующего излучения – 4,5 Зв;
- избыточное давление – 100-200 кПа;
- электрический ток  $U=220В$ ,  $I=100мА$ .

Модель зависимости “доза – эффект” используется для оценки отдаленных последствий, обусловленных опасными явлениями и негативными процессами, характеризующимися продолжительно действующими слабоинтенсивными негативными факторами.

В контексте рассматриваемой задачи по обеспечению безопасности физического лица предполагается кратковременное нахождение объекта в зоне возможного возникновения техногенных угроз. Поэтому воздействие на физическое лицо необходимо рассматривать в рамках факторной модели.

В соответствии с проведенными ранее исследованиями [3], в качестве распределения случайной величины ущерба  $F(C_{u,n}^k) = P(C_{u,n}^k < C_{u,n}^k)$  рассматриваются нормальный, логарифмически нормальный, экспоненциальный закон распределения, распределения Вейбулла, Рэлея, Стюдента. При этом зависимость между вероятностью возникновения неблагоприятных событий и ущербом определяется в виде линейной функции

$$c = \alpha(q) = -k_1 q + k_0 \quad (2)$$

или экспоненциальной

$$c = \alpha(q) = k_0 e^{-k/q} \quad (3)$$

Определив плотность распределения вероятностей возникновения неблагоприятных событий с учетом возможных событий, плотность распределения риска вычисляется согласно

$$f_R(r) = \frac{1}{k_1} \int_0^1 f_Q\left(\frac{k_0 - r/q}{k_1}\right) f_Q(q) dq, k_1 > 0, \quad (4)$$

$$f_R(r) = \frac{1}{rk_1} \int_0^1 f_Q\left(\frac{\ln k_0 - \ln r/q}{k_1}\right) f_Q(q) dq, k_1, r > 0. \quad (5)$$

С учетом отмеченных ранее классов распределений, описывающих распределение ущерба, для описания достаточно использовать нормальное распределение

$$f(c_{u,n}^k) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(c_{u,n}^k - \mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (6)$$

которое является общим [4] для логарифмически нормального распределения

$$f(c_{u,n}^k) = \frac{1}{c_{u,n}^k \cdot \sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln c_{u,n}^k - \mu)^2}{2\sigma^2}}, c_{u,n}^k, \sigma > 0 \quad (7)$$

при

$$c_{u,n}^k = e^z, z \sim N(\mu, \sigma) \quad (8)$$

и распределения Стюдента

$$f(c_{u,n}^k) = \frac{\tilde{A}\left(\frac{\phi+1}{2}\right)}{\tilde{A}\left(\frac{\phi}{2}\right) \cdot \sqrt{\pi\phi}} \cdot \left(1 + \frac{c_{u,n}^k{}^2}{\phi}\right)^{-\frac{\phi+1}{2}} \quad (9)$$

при

$$\phi > 30, c_{u,n}^k \sim N(0,1), \quad (10)$$

а также распределение Вейбулла

$$f(c_{u,n}^k) = \frac{\beta}{\alpha^\beta} \cdot c_{u,n}^k{}^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{c_{u,n}^k}{\alpha}\right)^\beta}, c_{u,n}^k \geq 0, \alpha, \beta > 0, \quad (11)$$

которое является общим [4] для экспоненциального распределения при  $\beta = 1$ :

$$f(c_{u,n}^k) = \frac{1}{b} \cdot e^{-\frac{c_{u,n}^k}{b}}, c_{u,n}^k \geq 0 \quad (12)$$

и распределения Рэлея при  $\beta = 2$ :

$$f(c_{u,n}^k) = \frac{c_{u,n}^k}{s^2} \cdot e^{-\frac{c_{u,n}^k{}^2}{2s^2}}, s \geq 0. \quad (13)$$

Для получения численных значений требуется оценка параметров нормального распределения и распределения Вейбулла. С этой целью могут использоваться различные типы оценок. Как известно [5], под статистической оценкой неизвестного параметра теоретического распределения принято называть функцию от наблюдаемых значений случайной величины.

Для нормального распределения состоятельной, несмещенной, эффективной и достаточной оценкой среднего значения является оценка максимального правдоподобия [4]:

$$\bar{c} = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L c_l, \quad (14)$$

где  $L$  – число наблюдений для заданной величины ущерба  $c_{u,n}^k$  при возникновении неблагоприятного события в определенном состоянии потенциально опасного объекта.

Для выборок малого объема ( $L \leq 10$ ) оценка максимального правдоподобия модифицируется и представляется в форме

$$\bar{c} = \sum_{l=1}^L \frac{c_l}{d_l \sum_{l=1}^L \frac{1}{d_l}}, \quad (15)$$

где

$$d_l = \sum_{k=1}^L (c_k - c_l). \quad (16)$$

Данная форма позволяет несколько стабилизировать оценку в области центра группирования данных.

Интервальная оценка математического ожидания нормального закона распределения может определяться следующим выражением (при известной дисперсии):

$$c_i^n(\alpha) = \bar{c} - u_\gamma \frac{\sigma}{\sqrt{L}}, \quad (17)$$

$$c_i^s(\alpha) = \bar{c} + u_\gamma \frac{\sigma}{\sqrt{L}}, \quad (18)$$

где  $u_\gamma$  –  $\gamma$ -квантиль стандартного нормального распределения, причем

$$\gamma = \frac{1+\alpha}{2}, \quad (19)$$

где  $\alpha$  – доверительная вероятность.

При неизвестной дисперсии интервальная оценка будет определяться выражением

$$c_i^h(\alpha) = \bar{c} - t_\gamma \frac{s}{\sqrt{L}}, \quad (20)$$

$$c_i^e(\alpha) = \bar{c} + t_\gamma \frac{s}{\sqrt{L}}, \quad (21)$$

где  $t_\gamma$  –  $\gamma$ -квантиль распределения Стюдента с  $f = L - 1$  степенями свободы, причем

$$s^2 = \frac{1}{L-1} \sum_{i=1}^L (c_i - \bar{c})^2. \quad (22)$$

Оценка дисперсии нормального закона распределения будет определяться согласно (22). Данная оценка обеспечивает состоятельность, достаточность и эффективность, но при  $L < 30$  не является несмещенной. Поэтому используется следующая оценка:

$$s^2 = \frac{1}{L-1} \left( \sum_{i=1}^L c_i^2 - L \cdot \bar{c}^2 \right). \quad (23)$$

Интервальная оценка дисперсии нормального закона распределения определяется следующим выражением:

$$(s_i^2)^i = \frac{1}{\chi_{\gamma'}^2} \sum_{i=1}^L (c_i - \bar{c})^2, \quad (24)$$

$$(s_i^2)^a = \frac{1}{\chi_{\gamma''}^2} \sum_{i=1}^L (c_i - \bar{c})^2, \quad (25)$$

где  $\chi_{\gamma'}^2$  –  $\gamma$ -квантиль распределения  $\chi^2$  с  $f = L - 1$  степенями свободы, причем

$$\gamma' = \frac{1 + \alpha}{2}, \quad (26)$$

$$\gamma'' = \frac{1 - \alpha}{2}. \quad (27)$$

При небольшой выборке, порядка  $L \leq 30$ , пригодной является оценка

$$(s_i^2)^i = \frac{c_{\max} - c_{\min}}{\omega(\gamma')}, \quad (28)$$

$$(s_i^2)^a = \frac{c_{\max} - c_{\min}}{\omega(\gamma'')}, \quad (29)$$

где  $\omega(\gamma'')$  –  $\gamma$ -квантиль распределения размаха выборки объема из стандартного нормального распределения.

Закон распределения Вейбулла записывается в двухпараметрической или трехпараметрической форме. Оценке подлежат либо два параметра:  $\alpha$  – параметр масштаба,  $\beta$  – параметр формы, либо три  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$  – параметр сдвига.

При известном параметре формы  $\beta$  оценка для  $\alpha$  имеет вид:

$$\hat{\alpha} = \left( \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L c_i^\beta \right)^{\frac{1}{\beta}}. \quad (30)$$

При неизвестном  $\beta$  совместные оценки максималь-

ного правдоподобия параметров  $\alpha$  и  $\beta$  являются решением системы уравнений:

$$\begin{cases} \alpha = \left( \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L c_i^\beta \right)^{\frac{1}{\beta}}, \\ \frac{1}{\beta} + \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \ln c_i - \frac{\sum_{i=1}^L c_i^\beta \ln c_i}{\sum_{i=1}^L c_i^\beta} = 0. \end{cases} \quad (31)$$

Данная система может быть решена методом последовательных приближений, методом символьческих операторов, методом моментов, методом наименьших квадратов. Тогда оценка может быть вычислена следующим образом:

$$\beta = \left\{ \frac{s_3}{s_1} - \frac{s_2}{L} + \beta_0 \frac{s_3^2 - s_1 \cdot s_4}{s_1^2} \cdot \left[ \left( \frac{s_3}{s_1} - \frac{s_2}{L} \right) \cdot \beta_0 - 1 \right] \right\}^{-1}, \quad (32)$$

где

$$\beta_0 = \left( \frac{s}{c} \right)^{-1,075}, \quad (33)$$

$$s = \left[ \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L (c_i - \bar{c})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (34)$$

$$s_1 = \sum_{i=1}^L c_i^{\beta_0}, \quad (35)$$

$$s_2 = \sum_{i=1}^L \ln c_i, \quad (36)$$

$$s_3 = \sum_{i=1}^L c_i^{\beta_0} \ln c_i, \quad (37)$$

$$s_4 = \sum_{i=1}^L c_i^{\beta_0} (\ln c_i)^2. \quad (38)$$

По оценке  $\beta$  вычисляется оценка параметра  $\alpha$  согласно (30). Интервальные оценки распределения Вейбулла принимают следующий вид:

$$\alpha^i = \left( \frac{2 \sum_{i=1}^L c_i^\beta}{\chi_{\gamma'}^2} \right)^{\frac{1}{\beta}}, \quad (39)$$

$$\alpha^a = \left( \frac{2 \sum_{i=1}^L c_i^\beta}{\chi_{\gamma''}^2} \right)^{\frac{1}{\beta}}, \quad (40)$$

где  $\chi_{\gamma'}^2$  –  $\gamma$ -квантиль распределения  $\chi^2$  с  $f = 2L$  степенями свободы, причем  $\gamma'$  и  $\gamma''$  определяются согласно (26) и (27) соответственно.

Для обеспечения точных и простых аппроксимаций интервальных оценок при доверительной вероятности 0,95 используются следующие соотношения

$$\hat{\alpha} \cdot g_1 \leq \alpha \leq \hat{\alpha} \cdot g_2, \quad (41)$$

$$\frac{\hat{\beta}}{k_L} \leq \beta \leq \hat{\beta} \cdot k_L, \quad (42)$$

где  $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$  – точечные оценки для параметров распределения  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно, причем

$$k_L = 1 + \frac{2,05}{(L-3)^{0,55}}, \quad (43)$$

$$g_1 = \left[ 1 - \frac{1,659}{(L+3)^{0,4675}} \right]^{\frac{1}{\beta}}, \quad (44)$$

$$g_2 = \left[ 1 + \frac{3,01}{(L-3,15)^{0,5623}} \right]^{\frac{1}{\beta}}. \quad (45)$$

Таким образом, предполагая что случайная величина  $B_\psi$  – действующая нагрузка (уровень негативных факторов) для заданной характеристики (несущей способности)  $\psi = \overline{1, \Psi}$  физического лица, возникающая при появлении неблагоприятного события от состояния потенциально опасного объекта, распределена по нормальному закону или закону Вейбулла, в соответствии с приведенными выше соотношениями определяются параметры для данных типов распределений. На полученных моделях определяется значение ущерба в соответствии с (1).

#### Библиографический список

1. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков. М.: Издательский центр «Академия», 2008.
2. Хохлов Н.В. Управление риском. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
3. Шевченко Е.Н. Математические модели техногенного риска от объектов обустройства нефтегазовых месторождений // Вестник кибернетики. 2012. №11. С. 76 – 80.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Издательство Юрайт, 2013.

#### References

1. Vishnjakov Ja.D., Radaev N.N. General risks theory. M.: Publishing center “Academy”, 2008.
2. Hohlov N.V. Risk managing. M.: UNITI-DANA, 2001.
3. Shevchenko E.N. Mathematical modeling of technological risks from oil and gas fields // Journal of Cybernetics 2012. №11. Pp. 76 – 80.
4. Kobzar A.I. Applied mathematical statistics. For engineers and scientists. M.: FIZMATLIT, 2006
5. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics. M.: Publishing house Urait, 2013



**И.Е. МАЛОВА**

доктор педагогических наук, профессор, кафедра алгебры и геометрии, Брянский государственный университет, старший научный сотрудник, Южный математический институт  
E-mail: mira44@yandex.ru

**I.E. MALOVA**

Doctor of Pedagogics, Professor, Department of Algebra and Geometry, Bryansk State University, Senior Researcher, Southern Mathematical Institute

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ**

**MATHEMATICAL PROOF AS AN OBJECT OF STUDY**

*В статье рассматриваются вопросы использования математических доказательств, представленных в школьных учебниках, как объектов изучения. Предложено три предмета изучения математических доказательств: структура доказательства и его теоретические основы; методы, способы и приемы доказательства; обобщенные способы доказательства. Отмечаются особенности графического сопровождения доказательства.*

Ключевые слова: теорема, математическое доказательство, методы и приемы доказательства, алгебра, геометрия, тригонометрия.

*The article discusses the use of mathematical proofs as objects of study. Three subjects for studying the mathematical proof are proposed: the structure of the proof and its theoretical foundations; methods and techniques of proof; generalized methods of proof. The author points out the singularities of graphical support evidence.*

Keywords: theorem, mathematical proof, methods and techniques of proof, algebra, geometry, trigonometry.

Роль математических доказательств, как для освоения курса математики, так и для развития логического мышления учащихся, является общепризнанной. Доказательства математических теорем представлены во всех школьных учебниках для 7-11 классов. Чем отличаются доказательства одних и тех же утверждений в различных учебниках? Что может служить предметом изучения математических доказательств, представленных в учебниках? Как использовать имеющиеся доказательства математических утверждений для совершенствования процесса обучения математике? Каждый из поставленных вопросов предполагает отдельное исследование, ограничимся отдельными сторонами этих исследований.

Предложим три предмета изучения математических доказательств, представленных в школьных учебниках.

*Структура доказательства и его теоретические основы* как предмет анализа доказательства теоремы.

Вопрос о структуре доказательства не раз поднимался в методической литературе. Предлагались различные варианты оформления доказательства с учетом его структуры: в виде таблицы «Утверждение – обоснование» [6, 7]; с демонстрацией «действия» правила силлогизма [5, С.70-74, 8]; укрупненными этапами [7, 4] и др. Такое внимание к структуре доказательства вызвано целью оказания помощи учащимся в его понимании.

Приведем пример.

Теорема. Площадь параллелограмма равна произведению его основания на высоту.

Доказательство [1]. Рассмотрим параллелограмм  $ABCD$  с площадью  $S$ . Примем сторону  $AD$  за основание и проведем высоты  $BH$  и  $CK$  (рис. 1). Требуется доказать, что  $S = AD \cdot BH$ .

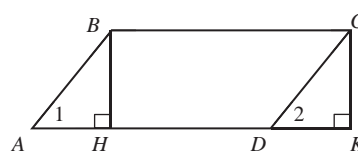


Рис. 1.

Докажем сначала, что площадь прямоугольника  $HBCK$  также равна  $S$ . Трапеция  $ABCK$  составлена из параллелограмма  $ABCD$  и треугольника  $DCK$ . С другой стороны, она составлена из прямоугольника  $HBCK$  и треугольника  $ABH$ . Но прямоугольные треугольники  $DCK$  и  $ABH$  равны по гипотенузе и острому углу (их гипотенузы  $AB$  и  $CD$  равны как противоположные стороны параллелограмма, а углы 1 и 2 равны как соответственные углы при пересечении параллельных прямых  $AB$  и  $CD$  секущей  $AD$ ), поэтому их площади равны. Следовательно, площади параллелограмма  $ABCD$  и прямоугольника  $HBCK$  также равны, то есть площадь прямоугольника  $HBCK$  равна  $S$ . По теореме о площади прямоугольника  $S = BC \cdot BH$ , а так как  $BC=AD$ , то  $S = AD \cdot BH$ . Теорема доказана.

Включению учащихся в анализ структуры доказательства теорем помогает задание: «Выделите этапы доказательства».

В приведённом доказательстве можно выделить два этапа: 1) доказать, что площадь параллелограмма  $ABCD$  равна площади прямоугольника  $HBCK$ ; 2) сделать вывод о площади параллелограмма.

Выделению теоретических основ доказательства помогают задания по перечислению тех обоснований, которые использовались в доказательстве.

Так, по приведенному доказательству возможны задания: 1) перечислите свойства площадей, которые ис-

пользовались при доказательстве (предполагается ответ: площадь всей фигуры равна сумме площадей ее частей; площади равных фигур равны); 2) перечислите теоремы, которые использовались при доказательстве (предполагается ответ: признак равенства прямоугольных треугольников по гипотенузе и острому углу; свойство противоположных сторон параллелограмма; свойство соответственных углов при пересечении параллельных прямых секущей; о площади прямоугольника).

*Методы, способы и приемы доказательства* как предмет анализа доказательства теорем.

К методам доказательства теорем относят общепризнанные методы (от противного, полной индукции, векторный метод и др.).

Под способом доказательства А.И. Мостовой понимает «логический процесс взаимосвязи суждений, при котором осуществляется непосредственный переход от аргументов к умозаключениям, а от них – к истине» (цитируется по [9], С.204). В цитируемой работе приведены три способа доказательства утверждения: «Если в треугольнике медиана равна половине стороны, к которой она проведена, то этот треугольник прямоугольный».

Приемом доказательства называют способ осуществления отдельной части доказательства. Так, отдельной частью доказательства теоремы методом от противного является получение противоречия. Получить противоречие в доказательстве геометрических теорем помогает вопрос: «Как высказанное предположение меняет расположение фигур?».

Приведем пример.

**Теорема.** Если прямая, не лежащая в данной плоскости, параллельна какой-нибудь прямой, лежащей в этой плоскости, то она параллельна данной плоскости.

**Доказательство [2].**

Докажем, что  $a \parallel \alpha$ . Допустим, что это не так. Тогда прямая  $a$  пересекает плоскость  $\alpha$ , а значит, по лемме о пересечении плоскости параллельными прямыми прямая  $b$  также пересекает плоскость  $\alpha$ . Но это невозможно, так как прямая  $b$  лежит в плоскости  $\alpha$ . Итак, прямая  $a$  не пересекает плоскость  $\alpha$ , поэтому она параллельна этой плоскости. Теорема доказана.

В приведенном доказательстве использован метод от противного. Учащиеся могут самостоятельно «открыть» доказательство теоремы, отвечая на следующие вопросы-приемы:

- Каким методом обычно доказываются утверждения о взаимном расположении фигур? (прием мотивации выбора метода от противного).
- С чего начинается доказательство методом от противного? (прием актуализации первого шага доказательства о формулировании предположения, противоположного тому, то требуется доказать).
- Как выдвинутое предположение меняет расположение фигур? (приём мотивации изменений в расположении фигур и обнаружения противоречия).

Приём доказательства может отражать его основную идею. К таким приёмам относится приём сведения к известному. Например, формула косинуса суммы до-

казывается сведением к формуле косинуса разности, формулы косинуса (синуса) двойного аргумента доказываются сведением к формулам косинуса (синуса) суммы двух углов.

*Обобщенные способы доказательства* как предмет анализа доказательства теорем.

Обобщенные способы доказательства помогают увидеть взаимосвязь доказательств различных теорем. Одним из таких способов является метод от противного, поскольку он применяется в доказательстве различных теорем. Однако большинство обобщенных способов доказательства теорем не имеет названия. Обобщенные способы доказательства отражают этапы доказательства нескольких теорем.

Так, доказательство равенства отрезков (или углов) может осуществляться по схеме: 1) выделить треугольники, которые содержат эти отрезки (углы), и доказать их равенство; 2) сделать вывод о равенстве отрезков (углов), исходя из равенства содержащих их треугольников.

В учебном пособии [4] данная схема представлена в виде трафарета с пропусками (рис. 2).

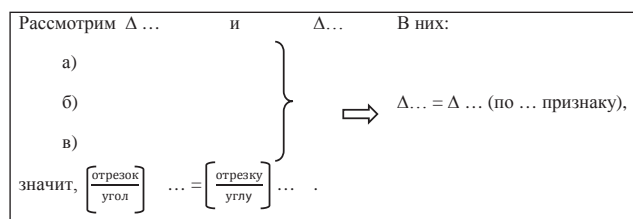


Рис. 2.

Ряд теорем тригонометрии можно доказать, пользуясь схемой:

1. Построить на единичной окружности заданные углы и точки, им соответствующие.
2. Сформулировать задачу на языке координат.
3. Сделать вывод о модулях и знаках соответствующих координат.

Так, для доказательства свойства нечетности синуса строятся углы  $\alpha$  и  $-\alpha$  и точки им соответствующие; формулируется задача на языке координат: доказать, что ординаты построенных точек противоположны; делается вывод о равенстве модулей ординат на основе равенства соответствующих прямоугольных треугольников и о противоположных знаках ординат на основе расположения построенных точек относительно оси абсцисс.

Представим обобщенные способы доказательства тождеств.

*Способ преобразования одной из частей тождества* (используется чаще всего в сочетании с приёмом сведения к известному).

Пример.  $a^{\frac{m}{n}} \cdot a^{\frac{k}{n}} = a^{\frac{m+k}{n}}$ , где  $a > 0$  (произведение степеней с одинаковым основанием и дробным показателем).

Доказательство представим в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1.

Шаги	Обоснование
$a^{\frac{m}{n}} \cdot a^{\frac{k}{n}} = \sqrt[n]{a^m} \cdot \sqrt[n]{a^k} =$	По определению степени с дробным показателем
$= \sqrt[n]{a^m \cdot a^k} =$	По правилу умножения корней с одинаковым показателем
$= \sqrt[n]{a^{m+k}} =$	По правилу умножения степеней с целым показателем
$= a^{\frac{m+k}{n}} =$	По определению степени с дробным показателем
$= a^{\frac{m}{n} + \frac{k}{n}} =$	По правилу сложения алгебраических дробей

Способ оценки частей тождества с позиций определения.

Пример.  $(\sqrt[n]{a})^k = \sqrt[n]{a^k}$ , где  $a > 0$  (возведение арифметического корня в степень).

В правой части равенства стоит арифметический корень  $n$ -ой степени. По определению, арифметический корень  $n$ -ой степени – это такое неотрицательное число,  $n$ -ая степень которого равна подкоренному выражению, т.е. если  $\sqrt[n]{a^k} = x$ , то 1)  $x \geq 0$ , 2)  $x^n = a^k$ . Ввести новые переменные.

Докажем, что левая часть равенства равна  $x$ .

1)  $(\sqrt[n]{a})^k > 0$ , т.к. арифметический корень  $\sqrt[n]{a}$  есть число неотрицательное по определению,  $a > 0$  (по условию); возведение положительного числа в степень дает положительное число;

2) найдем  $n$ -ую степень левой части, т.е.  $((\sqrt[n]{a})^k)^n = (\sqrt[n]{a})^{kn} = a^k$ .

Способ введения новых переменных.

Теорему о сумме дробей с одинаковым знаменателем, теорему о логарифме произведения и другие можно до-

казать по схеме:

1. Ввести новые переменные.
2. Составить новые равенства, заменив операции на сопряженные.
3. Выполнить операцию с равенствами.
4. Преобразовать полученное равенство.
5. Выразить введенные переменные и вернуться к «старым» переменным.

Известно, какую роль играет графическое сопровождение доказательств. В настоящее время широко используются динамические рисунки, выполненные в различных компьютерных программах. Важную роль в понимании доказательства играет задание учащимся на восстановление последовательности чертежей в тех доказательствах, которые содержат серию дополнительных построений. К таким теоремам относятся: признак параллельности прямых по равенству накрест лежащих углов; признак перпендикулярности прямой и плоскости; формула косинуса разности двух углов и др.

Иной особенностью графического сопровождения является использование текстов доказательств с пропусками по типу тетрадей с печатной основой. Они служат переходным средством для самостоятельного доказательства теорем. Основными условиями, которые следует соблюдать при конструировании такого графического сопровождения доказательств, являются: выделение структуры доказательства; пропуск в основных элементах доказательства; наличие опыта у учащихся по проведению рассуждений в этих элементах доказательства.

Пример графического сопровождения доказательства теорем о сумме дробей с одинаковым знаменателем и логарифме произведения имеет вид таблицы с пропусками (табл.2).

Таблица 2.

Графическое сопровождения доказательства теорем

№ этапа	Пример 1. $\frac{a}{c} + \frac{b}{c} = \frac{a+b}{c}$ , где $c \neq 0$ (сложение алгебраических дробей с одинаковым знаменателем)	Пример 2. $\log_a bc = \log_a b + \log_a c$ , где $b > 0, c > 0$ (логарифм произведения)
1.	Введем новые переменные:	
	$\frac{a}{c} = m, \frac{b}{c} = n$	$\frac{a}{c} = m; \frac{b}{c} = n$
2.	Составим новые равенства, заменив операции на сопряженные:	
	$a = mc,$ $b = nc$	$a = mc,$ $b = nc$
3.	Выполним операцию с равенствами:	
	$a + b = mc + nc$	$a^m \cdot a^n = b^m \cdot c^n$
4.	Преобразуем равенство:	
	$\frac{a+b}{c} = m + n$	$\log_a bc = \log_a b + \log_a c$
5.	Выразим введенные переменные и вернемся к старым переменным:	
	$m + n = \frac{a+b}{c}$	$m + n = \frac{a+b}{c};$ $\log_a bc = \log_a b + \log_a c$

Представленные в статье идеи использования математических доказательств как объектов изучения были реализованы в студенческих проектах по работе с теоремами с использованием компьютерных презента-

ций, в разработке учебных материалов по дисциплине «Вводный курс математики», на уроках обобщающего повторения [3].

#### **Библиографический список**

1. Геометрия 7-9: учеб. для общеобразоват. учреждений / Л.С.Атанасян, В.Ф.Бутузов, С.Б. Кадомцев и др. 14-е изд. // М.: Просвещение, 2004. 384 с.
2. Геометрия 10-11 классы: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профильный уровни / Л.С.Атанасян, В.Ф.Бутузов, С.Б. Кадомцев и др. 21-е изд. // М.: Просвещение, 2012. 255 с.
3. *Малова И.Е.* Подготовка будущего учителя математики к обучению геометрии учащихся профильных классов математической направленности. // Математика в школе. 2013. № 9. С.55-61 (текст и электронный ресурс).
4. *Малова И.Е., Горохова С.К., Малинникова Н.А., Яцковская Г.А.* Теория и методика обучения математике в средней школе. М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2009. 445 с.
5. Методика преподавания математики в средней школе: общая методика. учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. 2104 "Математика" и 2105 "Физика" / А.Я.Блох, Е.С.Канин, Н.Г.Кирина и др.; Сост. Р.С.Черкасов, А.А. Столяр. М.: Просвещение, 1985. 336 с.
6. Методика преподавания математики в средней школе: общая методика. Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / В.А. Оганесян, Ю.М. Колягин, Г.Л. Луканкин, В.Я. Саннинский. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Просвещение, 1980. 368 с.
7. Методика преподавания математики в средней школе: Частная методика. Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов физ.-мат. спец. / А.Я. Блох, В.А. Гусев, Г.В. Дорофеев и др. Сост. В.И. Мишин. М.: Просвещение, 1987. 416 с.
8. *Столяр А.А.* Как мы рассуждаем? // Мн.: Народная асвета, 1968. 109 с.
9. Хрестоматия по методике математики: Изучение понятий, теорем, правил (алгоритмов), аксиом: учебное пособие. Сост. М.И. Зайкин, С.В. Арытюкина // Арзамас: АГПИ, 2011. 324 с.

#### **References**

1. Geometry -9: text book for General education. institutions / L.S. Atanasyan, V.F. Butuzov, S. B. Kadomtsev, etc. 14th ed. // M.: Education, 2004. 384 p.
2. Geometry 10-11 : manual for general education institutions base and profile levels / L.S.Atanasyan , V.F.Butuzov , S.B. Kadomtsev et al . 21th ed. // M.: Education, 2012. 255 p.
3. *Malova I.E.* Preparation of the future teachers of mathematics to study geometry by pupils of profile classes. // Mathematics in school. 2013. No. 9. Pp. 55-61 (text and electronic resource).
4. *Malova I.E., Gorokhova S.K., Malinnikova N.A., Jackowska G.A.* Theory and methodic of teaching mathematics in the secondary school. M.: Humanitarian publishing center VLADOS, 2009. 445 p.
5. Methodic of teaching mathematics in secondary schools: general methodic. Text book for students of pedagogical institutes of Spec. 2104 "Mathematics" and 2105 "Physics" / A.Y. Bloh, E.S. Kanin, N.G. Kilina etc.;Comp. R.S.Cherkasov, A.A. Stolyar. M.: Education, 1985. 336 p.
6. Methodic of teaching mathematics in secondary schools : general methodic . Text book for students of phys.-mat. faculties of pedagogical institutes // V.A. Oganesyanyan, Y.M. Kolyagin, G.L. Lukankin, V.Y. Sanninsky. Ed. 2nd, Revised. and add. M.: Education, 1980. 368 p.
7. Methods of teaching mathematics in secondary school : private technique . Text book for students phys.-mat. faculties of pedagogical institutes / A.Ya. Bloh, V.A. Gusev, G.V. Dorofeev etc.; Comp. V.I. Mishin. M.: Education, 1987. 416p.
8. *Stolyar A.A.* How do we reason? // Mn.: Narodnaya asveta, 1968. 109 p.
9. Readings on the methodic of mathematics: A study of concepts, theorems, rules (algorithms) axioms: textbook / Ed . M.I. Zaykin, S.V. Aryutkina // Arzamas: ACRI, 2011. 324 p.



**Е.А. МАШКОВ**

аспирант, кафедра геометрии и методики преподавания  
математики, Орловский государственный университет  
E-mail: ppsnnt@gmail.com

**E.A. MASHKOV**

Graduate student, Department of Geometry and Math Methodics,  
Orel State University  
E-mail: ppsnnt@gmail.com

**РЕШЕНИЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНОЙ УПРУГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ  
ЗАДАЧИ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ СРЕДЫ В КОНФУЗОРНОМ КАНАЛЕ\***

**SOLUTION OF QUASI ELASTIC HYDRODYNAMIC PROBLEM OF VISCOUS FLUID FLOWS**

*Рассматривается течение жидкости в канале с упругой поверхностью. Моделирование процесса деформаций осуществляется методом конечных элементов. Исследуется геометрия канала в зависимости от различных значений модуля упругости материала упругой поверхности.*

*Ключевые слова:* задача упругости, гидродинамика, метод конечных элементов.

*The article is devoted to the research of fluid flows in a channel with elastic surface. Modeling of a deformation process is realized by finite element method. Channel geometry is analyzed dependently on different values of elastic modulus of the material surface.*

*Keywords:* problem of elasticity, fluid dynamics, finite element method.

В научной практике часто возникают задачи, целью изучения которых является нахождение критических или возможных значений физических параметров. Так в инженерном деле необходимо знать максимально допустимое напряжение в несущем элементе. Это позволяет оценивать возможную внешнюю нагрузку на него и тем самым избежать летальных исходов. С целью увеличения надежности конструкции можно использовать материалы, обладающие очень высокой прочностью. Но это не всегда является приемлемым решением, поскольку, как правило, увеличивается общий вес, затраты на производство конструкции. Возникает другая задача: найти такой материал для конструкции, чтобы она была легкой, экономичной в производстве и, несомненно, достойно воспринимала возможные нагрузки. В таком случае правильно подобранный материал конструкции позволяет ей испытывать деформации, не разрушаясь при этом.

Так крыло самолета незначительно изменяет свою геометрию под действие встречного потока. Упругая деформация позволяет крылу «не сломаться». В лепестковом подшипнике сила давления в зазоре действует на упругие поверхности – лепестки. Деформируясь, они вновь приходят в старое положение, уже после прекращения нагрузки. Если в лепестковом подшипнике материал лепестка был бы подобран неправильно, то произошло бы одно из двух: лепесток бы разрушился или же принял новую геометрию.

Из описанных выше примеров можно сделать вывод, что упругость материала конструкции, силы, действующие на нее, являются важными предметами исследования. Поэтому данная статья посвящена проблеме по сути схожей с вышеописанными, а именно упруго-гидродинамической задаче.

Целью статьи является моделирование и изучение задачи течения жидкости в канале с упругой поверхностью. Особое внимание уделяется тому, как формирующееся поле давлений изменяет геометрию канала при различных значениях модуля упругости упругого элемента.

Предположим, что движение вязкой несжимаемой жидкости происходит в тонком слое в направлении справа налево между двумя поверхностями, длина которых значительно больше среднего зазора между ними (рис. 1).

Подробнее опишем все допущения и условия задачи.

Представленный на рисунке 1 канал состоит из двух поверхностей, образующих зазор. Будем считать, что обе пластинки неподвижны. Причем, нижняя пластина, является идеально жесткой, верхняя – идеально упругой (модуль ее упругости  $E$ ). Длина  $l$  канала намного превосходит толщину  $b$  и ширину  $a$  поперечного сечения верхней пластины (рис. 2). В связи с этим можно положить ее обычным криволинейным стержнем. Основные допущения сопромата для такого стержня принимаются и здесь. Считаем, что любые деформации этого стержня являются упругими.

Положим, что средняя величина зазора  $h_{cp}$  в канале намного меньше его длины  $l$ . Поэтому для описания поля давлений приемлемо воспользоваться дифференциальным уравнением Рейнольдса [2]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6\mu \left[ \frac{\partial h}{\partial x} 2U \right].$$

Положим также, что давление по оси  $z$  не меняется,

\* Работа подготовлена в рамках выполнения проекта №363 «Фундаментальные принципы и теоретические основы наносмазки» государственного задания ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК».



что означает, что [6]:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = 0.$$

Отсюда дифференциальное уравнение (1) преобразуется к виду [2,5]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) = 12U\mu \frac{\partial h}{\partial x}.$$

Условия течения жидкости описываются следующим образом:

$$\text{при } x=0 \quad p = p_1,$$

$$\text{при } x=l \quad p = p_2.$$

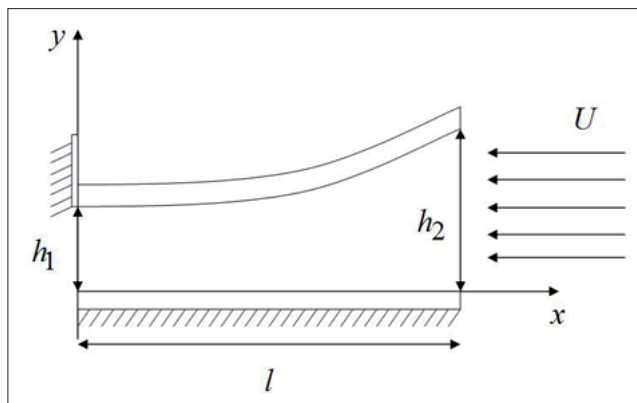


Рис. 1. Общая схема движения жидкости в упругом канале.

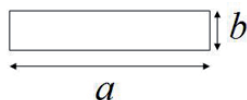


Рис. 2. Поперечное сечение верхней пластины.

К моменту начала движения жидкости в зазоре возникает первоначальное поле давлений. Подъемная сила начинает деформировать упругий стержень. Это, как видно по формуле (2), непременно вызывает изменение давления в слое. Изменение геометрии канала и формирование нового поля давлений есть взаимозависимые непрерывные процессы. Они продолжаются до тех пор, пока в какой-то момент времени система не придет в равновесное состояние.

Описанное взаимодействие жидкости и упругого канала переведем к дискретному аналогу, первоначально положив, что давление изменяется достаточно медленно.

Моделирование движения жидкости в канале будет происходить согласно итерационному принципу: расчет давления в слое – расчет деформации стержня – расчет давления в слое – расчет деформации стержня и т.д. Таким образом, первое давление преобразовывает упругую поверхность. Меняется форма зазора. Рассчитывается второе давление, которое создает новые прогибы поверхности. И так до тех пор, пока отклонение крайней правой точки стержня от его предыдущего положения будет по модулю меньше некоторой  $\varepsilon$ .

Задачу упругости стержня будем решать методом конечных элементов. Для этого криволинейный стержень разобьем на  $n$  стержней (рисунок 3). Каждый такой

элемент представляется в виде отрезка с двумя концами, которые называются узлами.

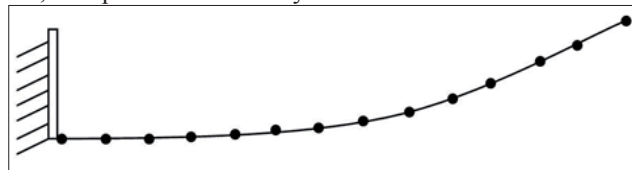


Рис. 3. Модель стержня, представленная системой конечных элементов.

Нахождение вектора-столбца  $\{Z\}$  перемещений узлов от нагрузки на них происходит посредством решения матричного уравнения [1]:

$$[K] \times \{Z\} = \{F\}.$$

где  $[K]$  – глобальная матрица жесткости,  $\{F\}$  – вектор-столбец нагрузок.

Из многообразия конечных элементов выберем стержневые, каждый узел которых характеризуется тремя перемещениями – двумя линейными и одним угловым (рис. 4).

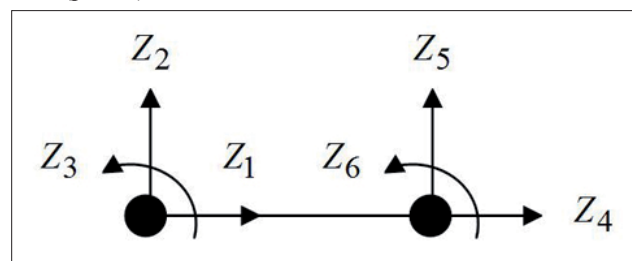


Рис. 4. Стержневой конечный элемент, где,  $z_1$  –  $z_6$  – перемещения соответствующих узлов.

Для формирования глобальной матрицы жесткости  $[K]$  размерностью  $3n \times 3n$  для начала необходимо найти матрицы жесткости  $[k_{(i)}]$  каждого  $i$ -ого элемента в общей системе координат отдельно. Затем по определенным правилам собрать их воедино. Процесс нахождения матрицы  $[K]$  подробно описан в пособии [3].

Отметим, что матрица жесткости  $[k_{(i)}]$  любого  $i$  элемента в общей системе координат находится согласно следующему алгоритму:

1) формируется матрица жесткости  $[k_{(i)}^*]$  в своей, локальной системе координат:

$$[k_{(i)}^*] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix},$$

где

$$k_{11} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l_i} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l_i^3} & \frac{6EJ}{l_i^2} \\ 0 & \frac{6EJ}{l_i^2} & \frac{4EJ}{l_i} \end{bmatrix},$$

$$k_{12} = \begin{bmatrix} -\frac{EA}{l_i} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l_i^3} & \frac{6EJ}{l_i^2} \\ 0 & -\frac{6EJ}{l_i^2} & \frac{2EJ}{l_i} \end{bmatrix},$$

$$k_{21} = \begin{bmatrix} -\frac{EA}{l_i} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l_i^3} & -\frac{6EJ}{l_i^2} \\ 0 & \frac{6EJ}{l_i^2} & \frac{2EJ}{l_i} \end{bmatrix},$$

$$k_{22} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l_i} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l_i^3} & -\frac{6EJ}{l_i^2} \\ 0 & -\frac{6EJ}{l_i^2} & \frac{4EJ}{l_i} \end{bmatrix}.$$

Отметим, что в (5)  $E$  – модуль упругости элемента,  $A$  – площадь поперечного сечения,  $J$  – момент инерции сечения, относительно главной центральной оси,  $l_i$  – длина  $i$  элемента.

2) Находится матрица направляющих косинусов  $[C(i)]$  в виде:

$$[C(i)] = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix},$$

где

$$c_{11} = c_{22} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$c_{12} = c_{21} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Отметим, что под переменной  $\alpha$  в (6) понимается угол между осью  $i$  элемента и осью  $x$ .

3) Формируется матрица жесткости в общей системе координат:

$$[k(i)] = [k(i)^*] \times [C(i)] \times [C(i)]^T,$$

где  $[C(i)]^T$  есть транспонированная матрица  $[C(i)]$ .

Вектор нагрузки  $\{F\}$  имеет несложную структуру. Его первые три компонента характеризуют действие на первый узел трех нагрузок: горизонтальная сила, вертикальная сила и момент соответственно. Для второго

узла отведены 4, 5, 6 компоненты вектора  $\{F\}$ . Таким образом, для  $i$  узла действие нагрузок на него характеризуется  $\{2i, 2i+1, 2i+2\}$  компонентами. Поэтому размерность  $\{F\}$  составляет  $1 \times 3n$ .

Нагрузка от поля давления  $p(x)$ , действующая снизу вверх, является неравномерно распределенной. С хорошей плотностью узлов в упругой модели можем допустить, что на каждый узел действует сила, равная значению функции давления в соответствующей точке.

Таким образом, вектор столбец  $\{F\}$  принимает следующий вид:

$$\{F\} = \left\{ \underbrace{0, p(x_1), 0, \dots, 0}_{1 \text{ элем.}}, \underbrace{p(x_i), 0, \dots, 0}_{i \text{ элем.}}, \dots \right\}^T.$$

Для решения уравнения (4) не достаточно просто иметь матрицу жесткости  $[K]$  и вектор узловых нагрузок  $\{F\}$ . Важно еще учесть граничные условия упругой модели. В нашем случае стержень имеет жесткое закрепление слева. Поэтому перемещения в соответствующем узле равны 0. Эти условия можно программно учесть следующим образом:

1) Обнулить первые три строки столбца матрицы  $[K]$ ;

2) Вместо нуля, на пересечении  $i$ -ой строки и  $i$ -ого столбца матрицы  $[K]$  внести 1 ( $i = 1..3$ );

3) Первые три элемента вектора нагрузок  $\{F\}$  сделать нулевыми.

Более подробно о сути вышеописанного алгоритма можно узнать в пособии [3].

Таким образом, формируя матрицу жесткости  $[K]$ , вектор узловых нагрузок  $\{F\}$  и учитывая граничные условия, можно свободно найти искомый вектор узловых перемещений по формуле (4).

Непосредственно перейдем к решению поставленной в статье задачи.

Граничные условия течения жидкости были даны выше. На протяжении всего процесса расчета они будут оставаться неизменными. В качестве модели вязкости среды возьмем вязкость воды  $\mu = 1.002 \text{ мПа}$  при температуре  $t = 20^\circ$ .

Для зазора примем следующие величины:

$$h_1 = 10^{-3}, h_2 = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}, l = 0.1 \text{ м}, a = 0.01 \text{ м}, b = \frac{a}{4}.$$

Остальные же параметры примут такие значения:  $p_1 = 10^5 \text{ Па}$ ,  $p_2 = p_1$ ,  $U = 3 \text{ м/с}$ ,  $n = 33$ . Отметим, что кривизна упругой поверхности чуть больше кривизны прямой. Расчет величин  $A$  и  $J$  из (4) происходит по довольно известным формулам [3]:

$$A = ab,$$

$$J = \int_A y^2 dA.$$

В качестве значения модуля упругости  $E$  возьмем 110 МПа.

В соответствии со всеми условиями и математическими выкладками была написана программа, в которой в

каждой итерации рассчитывала как поле давления, так и геометрию канала [7]. Дифференциальное уравнение (2) решалось методом конечных разностей.

Расчет упруго-гидродинамической задачи, согласно описанным физическим и геометрическим величинам, потребовал всего 3 итерации. При этом конечное отклонение было меньше  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-7}$  м. Ниже, на рисунке 5, представлены эпюры давлений, полученных в процессе каждой итерации. На рисунке 6 отображена геометрия канала, также в каждой итерации, где под кривой понимается средняя линия стержня.

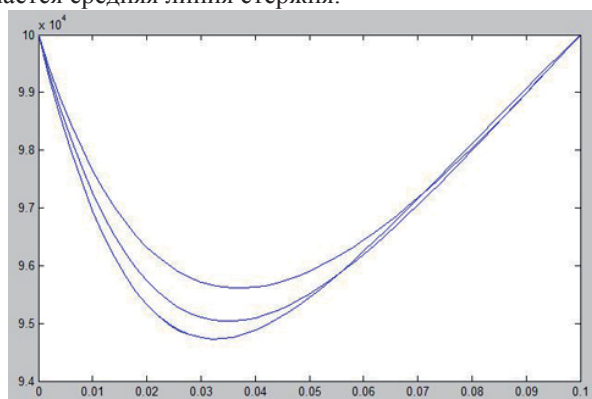


Рис. 5. Эпюры давлений в каждой итерации ( $E=110$  МПа).



Рис. 6. Геометрия канала в каждой итерации ( $E=110$  МПа).

Произведем такой же расчет, но поменяем значение  $E$  на  $E=50$  МПа. В результате выходит 8 итераций.

Деформация канала при таких условиях больше, чем при прошлом просчете.

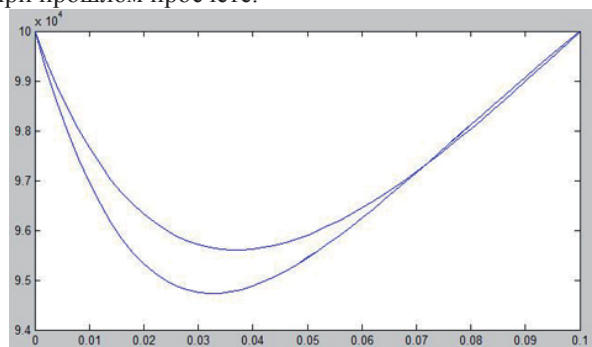


Рис. 7. Эпюры давлений в каждой итерации  $E=50$  МПа.

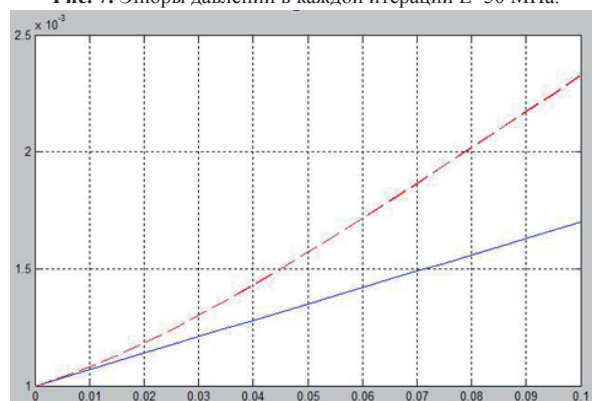


Рис. 8. Геометрия канала в каждой итерации  $E=50$  МПа.

В зависимости от модуля упругости  $E$  материала упругой поверхности меняется и зазор канала (рис. 6, 8). Таким образом, зная силы  $p$ , действующие на упругую модель, можно найти такое значение  $E$ , что деформации будут оставаться упругими. Это позволит избежать появления остаточной деформации и сохранять форму канала после прекращения нагрузки в нем.

Данная статья рассматривала канал, упругая поверхность которого имеет постоянное сечение. Следующая статья автора предполагает исследование аналогичной задачи, но с учетом переменного сечения верхнего лепестка канала.

#### Библиографический список

1. Лантев Г.Ф. Элементы векторного исчисления. М.: Главная редакция физ.-мат. литературы, 1975. 338 с.
2. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. 520 с.
3. Тухфатуллин Б.А. Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов (теория и практика). Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. 100 с.
4. Шарый С.П. Курс вычислительных методов. Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2013. 497 с.
5. Кучеряев Б.В. Механика сплошных сред (Теоретические основы обработки давлением композитных металлов). Учебник для вузов. М.: «МИСИС», 2000. 320с.
6. Лузин Н.Н. Дифференциальное исчисление. М.: Государственное издательство «Высшая школа», 1961. 479 с.
7. Наместников С.М. Основы программирования в MatLab. Сборник лекций. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 55 с.

#### References

1. Laptev G.F. Elements of vector calculus. Moscow: The main redaction of phys-math literature, 1975. 338 p.
2. Slezkin N.A. Dynamics of viscous incompressible fluid. Moscow: State publishing office of technically- theoretical literature, 1955. 520 p.
3. Tuhfatullin, B.A. Numerical procedure for building structures. The Finite Element Method (theory and practice). Tomsk: Tomsk state university of architecture and building, 2013. 100 p.
4. Shariy. S.P. The course of calculative technology. Novosibirsk: Institute of information technologies SB RAS, 2013. 497 p.
5. Kucheryaev B.V. Mechanics of solid environment (Theoretical fundamentation of compositive metal processing by pressure). Textbook for universities. Moscow: "MISIS", 2000. 320 p.
6. Lusin N.N. Differential calculus. Moscow: State publishing office "Vishaya shkola", 1961. 479 p.
7. Namestnikov S.M. The Matlab programming foundations. The lecture course. Ulyanovsk: UISTU, 2011. 55 p.

**С.Н. МИШИН**

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра геометрии и методики преподавания математики, Орловский государственный университет  
E-mail: sergeymishin@rambler.ru

**S.N. MISHIN**

Candidate of physical and mathematical sciences, Associate professor, Department of Geometry and Methods of Teaching Mathematics, Orel State University  
E-mail: sergeymishin@rambler.ru

## ПОРЯДОК И ТИП ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ УМНОЖЕНИЯ В ЛОКАЛЬНО ВЫПУКЛЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

### ORDER AND TYPE OF SEQUENCE OF OPERATOR OF MULTIPLICATION IN LOCALLY CONVEX SPACES

Найдены формулы, выражающие характеристики (порядок и тип) последовательности операторов умножения векторов одного локально выпуклого пространства на векторы другого со значениями в третьем пространстве. Также установлена связь между характеристиками (порядком и типом) последовательности  $\{A_n\}$  и характеристиками последовательности  $\{c_n A_n\}$ , где  $\{c_n\}$  – некоторая последовательность комплексных чисел.

**Ключевые слова:** локально выпуклое пространство, порядок и тип последовательности операторов, операторный порядок и операторный тип вектора.

*The Formulae expressing characteristics (order and type) of sequence of operators of multiplication of vectors of one locally convex space on vectors of second locally convex space with values in third locally convex space have been found. Also the connection between characteristics (order and type) of sequence  $\{A_n\}$  and characteristics of sequence  $\{c_n A_n\}$ , while  $\{c_n\}$  is some sequence of complex numbers has been determined.*

**Keywords:** locally convex space, order and type of sequence operators, operator order and operator type of vector.

Пусть  $\mathbf{H}_1$  и  $\mathbf{H}$  – отделимые локально выпуклые пространства над полем комплексных чисел с топологиями, задаваемыми соответственно мультиинормами  $\mathbf{Q} = \{\|\cdot\|_q'\}$  и  $\mathbf{P} = \{\|\cdot\|_p\}$ , где индексы  $p$  и  $q$  пробегуют соответственно направления  $\mathcal{P}$  и  $\mathcal{Q}$ . Пусть  $\mathcal{A} = \{A_n\}_{n=0}^\infty$  – последовательность линейных непрерывных операторов, действующих из локально выпуклого пространства  $\mathbf{H}_1$  в локально выпуклое пространство  $\mathbf{H}$ , имеющая  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{A})$ , порядок  $\beta(\mathcal{A})$ ,  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{A})$  и тип  $\alpha(\mathcal{A})$ . Характеристики (порядки и типы) последовательности операторов определяются следующим образом [1]-[3]:

$$\begin{aligned}\beta_p(\mathcal{A}) &= \inf_{q \in \mathcal{Q}} \beta_{p,q}(\mathcal{A}), \\ \beta(\mathcal{A}) &= \sup_{p \in \mathcal{P}} \beta_p(\mathcal{A}), \\ \alpha_p(\mathcal{A}) &= \inf_{q \in \mathcal{Q}} \alpha_{p,q}(\mathcal{A}), \\ \alpha(\mathcal{A}) &= \begin{cases} \sup_{p \in \mathcal{P}_\mathcal{A}} \alpha_p(\mathcal{A}) & , \mathcal{P}_\mathcal{A} \neq \emptyset \\ 0 & , \mathcal{P}_\mathcal{A} = \emptyset \end{cases},\end{aligned}$$

где

$$\beta_{p,q}(\mathcal{A}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \|A_n\|_{p,q}}{n \ln n}, \quad (1)$$

$$\alpha_{p,q}(\mathcal{A}) = \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-\beta_p(\mathcal{A})} \sqrt[n]{\|A_n\|_{p,q}}, \quad (2)$$

$$\|A_n\|_{p,q} = \sup_{\|x\|_q' \neq 0} \left\{ \frac{\|A_n(x)\|_p}{\|x\|_q'} \right\}, n = 0, 1, 2, \dots,$$

$$\mathcal{P}_\mathcal{A} = \{p \in \mathcal{P} : \beta_p(\mathcal{A}) = \beta(\mathcal{A})\}.$$

Величины  $\|A_n\|_{p,q}$  обладают свойствами полунормы, но могут принимать значение  $+\infty$ .

**Примечание 1.** Если множество  $\mathcal{P}_\mathcal{A}$  непусто, то заменой мультиинорм на эквивалентные всегда можно добиться равенства  $\mathcal{P}_\mathcal{A} = \mathcal{P}$  [1].

Пусть вектор  $x \in \mathbf{H}_1$  имеет относительно последовательности  $\mathcal{A}$  операторные  $p$ -порядки  $\beta_p(x, \mathcal{A})$ , операторный порядок  $\beta(x, \mathcal{A})$ , операторные  $p$ -типы  $\alpha_p(x, \mathcal{A})$  и операторный тип  $\alpha(x, \mathcal{A})$ . Операторные характеристики (операторные порядки и операторные типы) вектора относительно последовательности операторов определяются следующим образом [1]-[3]:

$$\beta_p(x, \mathcal{A}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \|A_n(x)\|_p}{n \ln n}, \quad (3)$$

$$\beta(x, \mathcal{A}) = \sup_{p \in \mathcal{P}} \beta_p(x, \mathcal{A}),$$

$$\alpha_p(x, \mathcal{A}) = \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-\beta_p(x, \mathcal{A})} \sqrt[n]{\|A_n(x)\|_p}, \quad (4)$$

$$\alpha(x, \mathcal{A}) = \begin{cases} \sup_{p \in \mathcal{P}_\mathcal{A}(x)} \alpha_p(x, \mathcal{A}) & , \mathcal{P}_\mathcal{A}(x) \neq \emptyset \\ 0 & , \mathcal{P}_\mathcal{A}(x) = \emptyset \end{cases},$$

где

$$\mathcal{P}_\mathcal{A}(x) = \{p \in \mathcal{P} : \beta_p(x, \mathcal{A}) = \beta(x, \mathcal{A})\}.$$

**Примечание 2.** Если множество  $\mathcal{P}_\mathcal{A}(x)$  непусто, то заменой мультиинорм на эквивалентные всегда можно добиться равенства  $\mathcal{P}_\mathcal{A}(x) = \mathcal{P}$  [1].

Пусть  $c = \{c_n\}$  – некоторая последовательность комплексных чисел. Обозначим

$$\gamma = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln |c_n|}{n \ln n}, \quad (5)$$



$$\kappa = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} n^{-\gamma_c} \sqrt[n]{|c_n|}, \quad (6)$$

( $\kappa$  определяется только в случае  $\gamma \neq \pm\infty$ ).

Справедливы следующие два утверждения.

**Утверждение 1.** Пусть последовательность  $\mathcal{A}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{A})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{A})$ . Тогда

1. Последовательность  $\tilde{\mathcal{A}} = \{c_n A_n\}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\tilde{\mathcal{A}})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\tilde{\mathcal{A}})$ , причем

$$\beta_p(\tilde{\mathcal{A}}) \leq \gamma + \beta_p(\mathcal{A}). \quad (7)$$

Если же в (7) имеет место точное равенство, то

$$\alpha_p(\tilde{\mathcal{A}}) \leq \kappa \alpha_p(\mathcal{A}). \quad (8)$$

2. Если в (1) или (5) существует обычный предел, то в (7) всегда имеет место точное равенство.

3. Если в (2) или (6) существует обычный предел, то в (7) и (8) всегда имеют место точные равенства.

**Утверждение 2.** Пусть вектор  $x$  имеет операторные  $p$ -порядки  $\beta_p(x, \mathcal{A})$  и операторные  $p$ -типы  $\alpha_p(x, \mathcal{A})$  относительно последовательности  $\mathcal{A}$ .

Тогда

1. Вектор  $x$  имеет операторные  $p$ -порядки  $\beta_p(x, \tilde{\mathcal{A}})$  и операторные  $p$ -типы  $\alpha_p(x, \tilde{\mathcal{A}})$  относительно последовательности  $\tilde{\mathcal{A}} = \{c_n A_n\}$ , причем

$$\beta_p(x, \tilde{\mathcal{A}}) \leq \gamma + \beta_p(x, \mathcal{A}). \quad (9)$$

Если же в (9) имеет место точное равенство, то

$$\alpha_p(\tilde{\mathcal{A}}) \leq \kappa \alpha_p(\mathcal{A}). \quad (10)$$

2. Если в (3) или (5) существует обычный предел, то в (9) всегда имеет место точное равенство.

3. Если в (4) или (6) существует обычный предел, то в (9) и (10) всегда имеют место точные равенства.

Справедливость утверждений 1 и 2 непосредственно следует из свойств пределов.

**Утверждение 3.** Пусть последовательность  $\{A_n\}$  не имеет порядка. Тогда последовательность  $\{c_n A_n\}$  также не будет иметь порядка, если последовательность  $\{c_n\}$  содержит бесконечное множество отличных от нуля членов.

**Доказательство.**

□ Предположим, что последовательность  $\{c_n A_n\}$  имеет порядок и при этом последовательность  $\{c_n\}$  имеет бесконечное множество отличных от нуля членов. Не ограничивая общности, можно считать, что все члены

последовательности  $\{c_n\}$  отличны от нуля. Тогда найдется последовательность положительных чисел  $\{d_n\}$ , такая что семейство операторов  $\{d_n c_n A_n\}$  будет равностепенно непрерывным [1,2]. Но тогда найдется последовательность  $\{\xi_n\} = \{d_n | c_n | \}$  положительных чисел, такая что семейство операторов  $\{\xi_n A_n\}$  будет равностепенно непрерывным, что противоречит отсутствию порядка у последовательности  $\{A_n\}$ . ■

Пусть теперь  $\mathbf{H}_1$ ,  $\mathbf{H}_2$  и  $\mathbf{H}$  – три локально выпуклых пространства с мультинормами соответственно

$$\mathbf{Q} = \{\|\cdot\|_q\}, q \in \mathcal{Q}, \quad \mathbf{R} = \{\|\cdot\|_r\}, r \in \mathcal{R} \quad \text{и}$$

$$\mathbf{P} = \{\|\cdot\|_p\}, p \in \mathcal{P}, \quad \text{и пусть определено умножение}$$

элементов пространства  $\mathbf{H}_1$  на элементы пространства  $\mathbf{H}_2$  (вообще говоря некоммутативное) со значениями в  $\mathbf{H}$ , удовлетворяющее неравенству

$$\forall p \in \mathcal{P}, \exists C_p > 0, \exists q \in \mathcal{Q}, \exists r \in \mathcal{R}, \forall x \in \mathbf{H}_1, \forall y \in \mathbf{H}_2 : \|yx\|_p \leq C_p \|y\|_q^2 \|x\|_r. \quad (11)$$

Пусть  $\{x_n\}$  – некоторая последовательность векторов из пространства  $\mathbf{H}_2$ . Обозначим

$$\gamma_r = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \|x_n\|_r^2}{n \ln n}, \quad (12)$$

$$\kappa_r = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} n^{-\gamma_r} \sqrt[n]{\|x_n\|_r^2}, \quad (13)$$

( $\kappa_r$  определяется только в случае  $\gamma_r \neq \pm\infty$ ).

Справедливы следующие два утверждения.

**Утверждение 4.** Последовательность операторов умножения  $\mathcal{X} = \{x_n E : \mathbf{H}_1 \rightarrow \mathbf{H}\}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{X})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{X})$ , причем для всякого  $p \in \mathcal{P}$  найдется  $r \in \mathcal{R}$ , такое что  $\beta_p(\mathcal{X}) \leq \gamma_r$ . Если же  $\beta_p(\mathcal{X}) = \gamma_r$ , то  $\alpha_p(\mathcal{X}) \leq \kappa_r$ .

**Утверждение 5.** Вектор  $x$  имеет операторные  $p$ -порядки  $\beta_p(x, \mathcal{X})$  и операторные  $p$ -типы  $\alpha_p(x, \mathcal{X})$  относительно последовательности операторов умножения  $\mathcal{X} = \{x_n E : \mathbf{H}_1 \rightarrow \mathbf{H}\}$  причем для всякого  $p \in \mathcal{P}$  найдется  $r \in \mathcal{R}$ , такое что  $\beta_p(x, \mathcal{X}) \leq \gamma_r$ . Если же  $\beta_p(x, \mathcal{X}) = \gamma_r$ , то  $\alpha_p(x, \mathcal{X}) \leq \kappa_r$ .

Справедливость утверждений 4 и 5 непосредственно следует из определения характеристик последовательности операторов, операторных характеристик вектора, определения чисел  $\gamma_r, \kappa_r$  и неравенства (11).

#### Библиографический список

1. Громов В.П., Мишин С.Н., Панюшкин С.В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Орел: ОГУ, 2009.
2. Мишин С.Н. Связь характеристик последовательности операторов с борнологической сходимостью. // Вестник РУДН. Серия: Математика, информатика, физика. 2010. № 4. С. 26-34.
3. Мишин С.Н. О характеристиках роста операторнозначных функций. // Уфимский матем. журнал. 2013. Т. 5, № 1. С. 112-124.

#### References

1. Gromov V.P., Mishin S.N., Panyushkin S.V. Operators of finite order and differential-operator equations. Orel, Orel State University, 2009.
2. Mishin S.N. A connection of characteristic of sequence of operators with bornological convergence. // Proceedings of Peoples' Friendship University of Russia. Series: mathematics, informatics, physics. 2010, No 4. Pp. 26-34.
3. Mishin S.N. About characteristics of growth of operator-valued functions. // Ufa mathematical journal, 2013, vol. 5, No 1. Pp. 112-124.



**С.Н. МИШИН**

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра геометрии и методики преподавания математики, Орловский государственный университет  
E-mail: sergeymishin@rambler.ru

**S.N. MISHIN**

Candidate of physical and mathematical sciences, Associate professor, Department of Geometry and Methods of Teaching Mathematics, Orel State University  
E-mail: sergeymishin@rambler.ru

## ПОРЯДОК И ТИП СУММЫ И ПРОИЗВЕДЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ОПЕРАТОРОВ

### ORDER AND TYPE OF SUM AND PRODUCT OF SEQUENCES OPERATORS

Найдены формулы, выражающие характеристики (порядок и тип) суммы и произведения последовательностей операторов через характеристики данных последовательностей.

**Ключевые слова:** локально выпуклое пространство, порядок и тип последовательности операторов, операторный порядок и операторный тип вектора.

The formulae expressing characteristics (order and type) of sum and product of sequences of operators from characteristics of this sequences have been found.

**Keywords:** locally convex space, order and type of sequence operators, operator order and operator type of vector.

Пусть  $\mathbf{H}_1$  и  $\mathbf{H}$  – отделимые локально выпуклые пространства над полем комплексных чисел с топологиями, задаваемыми соответственно мультинормами  $\mathbf{Q} = \{\|\cdot\|_q'\}$  и  $\mathbf{P} = \{\|\cdot\|_p\}$ , где индексы  $p$  и  $q$  пробегает соответственно направления  $\mathcal{P}$  и  $\mathcal{Q}$ . Пусть  $\mathcal{A} = \{A_n\}$  и  $\mathcal{B} = \{B_n\}$  – две последовательности операторов, действующих из локально выпуклого пространства  $\mathbf{H}_1$  в локально выпуклое пространство  $\mathbf{H}$ , и пусть последовательность  $\mathcal{A}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{A})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{A})$ , а последовательность  $\mathcal{B}$  –  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{B})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{B})$  [1]–[3]. Установим связь характеристик последовательности  $\mathcal{A} + \mathcal{B} = \{A_n + B_n\}$  с характеристиками последовательностей  $\mathcal{A}$  и  $\mathcal{B}$ . Для определенности будем считать  $\beta_p(\mathcal{B}) \geq \beta_p(\mathcal{A})$ , а в случае  $\beta_p(\mathcal{B}) = \beta_p(\mathcal{A})$  будем считать  $\alpha_p(\mathcal{B}) \geq \alpha_p(\mathcal{A})$ .

**Теорема 1.** Если последовательность  $\mathcal{A}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{A})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{A})$ , а последовательность  $\mathcal{B}$  –  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{B}) > \beta_p(\mathcal{A})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{B})$ , то последовательность  $\mathcal{A} + \mathcal{B}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) = \beta_p(\mathcal{B})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) = \alpha_p(\mathcal{B})$ .

**Доказательство.**

□ Из определения характеристик последовательности операторов следует

$$\forall \varepsilon, \varepsilon_1 > 0, \forall p, \exists C_p, \exists q, \forall n, \forall x \in \mathbf{H}_1 :$$

$$\begin{aligned} \|(A_n + B_n)x\|_p &\leq \|B_n(x)\|_p + \|A_n(x)\|_p \leq \\ &\leq C_p \left( (\alpha_p(\mathcal{B}) + \varepsilon)^n n^{\beta_p(\mathcal{B})n} + (\alpha_p(\mathcal{A}) + \varepsilon_1)^n n^{\beta_p(\mathcal{A})n} \right) \|x\|_q' \leq \\ &\leq C_p (\alpha_p(\mathcal{B}) + \varepsilon)^n n^{\beta_p(\mathcal{B})n} \left[ 1 + \left( \frac{\alpha_p(\mathcal{A}) + \varepsilon_1}{\alpha_p(\mathcal{B}) + \varepsilon} \right)^n n^{(\beta_p(\mathcal{A}) - \beta_p(\mathcal{B}))n} \right] \|x\|_q'. \end{aligned} \quad (1)$$

Из оценки (1) следует, что последовательность

$\mathcal{A} + \mathcal{B}$  имеет порядок. Далее, из определения характеристик последовательности операторов имеем

$$\forall \varepsilon, \varepsilon_1 > 0, \forall p, \forall C, \forall q, \exists n_k \rightarrow \infty, \exists \{x_k\} \subset \mathbf{H}_1 :$$

$$\begin{aligned} \|(A_n + B_n)x_k\|_p &\geq \|B_n(x_k)\|_p - \|A_n(x_k)\|_p \geq \\ &\geq C \left( (\alpha_p(\mathcal{B}) - \varepsilon)^{n_k} n_k^{\beta_p(\mathcal{B})n_k} - (\alpha_p(\mathcal{A}) + \varepsilon_1)^{n_k} n_k^{\beta_p(\mathcal{A})n_k} \right) \|x_k\|_q' \geq \\ &\geq C (\alpha_p(\mathcal{B}) - \varepsilon)^{n_k} n_k^{\beta_p(\mathcal{B})n_k} \left[ 1 - \left( \frac{\alpha_p(\mathcal{A}) + \varepsilon_1}{\alpha_p(\mathcal{B}) - \varepsilon} \right)^{n_k} n_k^{(\beta_p(\mathcal{A}) - \beta_p(\mathcal{B}))n_k} \right] \|x_k\|_q'. \end{aligned} \quad (2)$$

Пусть  $\beta_p(\mathcal{B}) > \beta_p(\mathcal{A})$ . Тогда при больших  $n$  и  $n_k$  выражения в квадратных скобках в (1) и (2) ограничены и, следовательно, для всех  $p \in \mathcal{P}$

$$\beta_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) = \beta_p(\mathcal{B}),$$

$$\alpha_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) = \alpha_p(\mathcal{B}).$$

■

Если же  $\beta_p(\mathcal{B}) = \beta_p(\mathcal{A})$ , то выражение в квадратных скобках в (1) ограничено при  $\varepsilon_1 < \varepsilon$ , поэтому выполняется оценка  $\beta_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) \leq \beta_p(\mathcal{B})$ , но при этом может иметь место строгое неравенство  $\beta_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) < \beta_p(\mathcal{B})$  (так будет, например, если последовательность  $\mathcal{A}$  имеет конечный порядок и  $B_n = -A_n$ ). В этом случае тип последовательности  $\mathcal{A} + \mathcal{B}$  может быть любым. Однако справедлива

**Теорема 2.** Если последовательность  $\mathcal{A}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{A})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{A})$ , а последовательность  $\mathcal{B}$  –  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{B}) = \beta_p(\mathcal{A})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{B}) > \alpha_p(\mathcal{A})$ , то последовательность  $\mathcal{A} + \mathcal{B}$  имеет  $p$ -порядки  $\beta_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) = \beta_p(\mathcal{B})$  и  $p$ -типы  $\alpha_p(\mathcal{A} + \mathcal{B}) = \alpha_p(\mathcal{B})$ .

Справедливость теоремы непосредственно следует из оценок (1) и (2).

**Теорема 3.** Пусть  $\mathcal{B} = \{B_n\}$  – последовательность операторов, действующих их локально выпуклого пространства  $\mathbf{H}_1$  в локально выпуклое пространство  $\mathbf{H}_2$ , а  $\mathcal{A} = \{A_n\}$  – последовательность операторов, действующих их локально выпуклого пространства  $\mathbf{H}_2$  в локально выпуклое пространство  $\mathbf{H}$ . Если последовательность  $\mathcal{A}$  имеет порядок  $\beta(\mathcal{A})$  и тип  $\alpha(\mathcal{A})$ , а последовательность  $\mathcal{B}$  – порядок  $\beta(\mathcal{B})$  и тип  $\alpha(\mathcal{B})$ , то последовательность  $\mathcal{AB} = \{A_n B_n\}$  имеет порядок  $\beta(\mathcal{AB})$  и тип  $\alpha(\mathcal{AB})$ , причем

$$\beta(\mathcal{AB}) \leq \beta(\mathcal{A}) + \beta(\mathcal{B}). \quad (3)$$

Если же в (3) имеет место точное равенство, то

$$\alpha(\mathcal{AB}) \leq \alpha(\mathcal{A})\alpha(\mathcal{B}). \quad (4)$$

**Доказательство.**

□ Из определения порядка и типа последовательности операторов имеем

$$\forall \varepsilon > 0, \forall p, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon), \forall n, \forall x \in \mathbf{H}:$$

$$\|A_n B_n(x)\|_p \leq C_p(\alpha(\mathcal{A}) + \varepsilon)^n n^{\beta(\mathcal{A})n} (\alpha(\mathcal{B}) + \varepsilon)^n n^{\beta(\mathcal{B})n} \|x\|_q'. \quad (5)$$

Из неравенства (5) следует, что последовательность  $\mathcal{AB}$  имеет порядок  $\beta(\mathcal{AB}) \leq \beta(\mathcal{A}) + \beta(\mathcal{B})$ . В случае  $\beta(\mathcal{AB}) = \beta(\mathcal{A}) + \beta(\mathcal{B})$  справедлива оценка для типа  $\alpha(\mathcal{AB}) \leq \alpha(\mathcal{A})\alpha(\mathcal{B})$ . ■

**Теорема 4.** Пусть  $\mathcal{B} = \{B_n\}$  – последовательность операторов, действующих их локально выпуклого пространства  $\mathbf{H}_1$  в локально выпуклое пространство  $\mathbf{H}_2$ , а  $\mathcal{A} = \{A_n\}$  – последовательность операторов, действующих их локально выпуклого пространства  $\mathbf{H}_2$  в локально выпуклое пространство  $\mathbf{H}$ .

1) Если последовательность  $\mathcal{A} = \{A_n\}$  имеет порядок  $\beta(\mathcal{A})$  и тип  $\alpha(\mathcal{A})$ , а последовательность  $\mathcal{B} = \{B_n\}$  – порядок  $\beta(\mathcal{B}) > \beta(\mathcal{A})$  и тип  $\alpha(\mathcal{B})$ , то

последовательность  $\mathcal{C} = \{C_n\}$ , где  $C_n = \sum_{k=0}^n A_k B_{n-k}$ ,

имеет порядок  $\beta(\mathcal{C}) \leq \beta(\mathcal{B})$  и тип  $\alpha(\mathcal{C})$ . Если  $\beta(\mathcal{C}) = \beta(\mathcal{B})$ , то  $\alpha(\mathcal{C}) \leq \alpha(\mathcal{B})$ .

2) Если последовательность  $\mathcal{A} = \{A_n\}$  имеет порядок  $\beta(\mathcal{A})$  и тип  $\alpha(\mathcal{A})$ , а последовательность  $\mathcal{B} = \{B_n\}$  – порядок  $\beta(\mathcal{B}) = \beta(\mathcal{A})$  и тип  $\alpha(\mathcal{B}) \geq \alpha(\mathcal{A})$ , то последовательность  $\mathcal{C} = \{C_n\}$  имеет порядок  $\beta(\mathcal{C}) \leq \beta(\mathcal{B})$  и тип  $\alpha(\mathcal{C})$ . Если  $\beta(\mathcal{C}) = \beta(\mathcal{B})$ , то  $\alpha(\mathcal{C}) \leq 2^{-\beta(\mathcal{B})} \alpha(\mathcal{B})$  в случае  $\beta(\mathcal{B}) < 0$  и  $\alpha(\mathcal{C}) \leq \alpha(\mathcal{B})$  в случае  $\beta(\mathcal{B}) \geq 0$ .

**Доказательство.**

□ 1) Обозначим  $a = \alpha(\mathcal{A})e^{\beta(\mathcal{A})}$ ,  $b = \alpha(\mathcal{B})e^{\beta(\mathcal{B})}$ .

Из определения порядка и типа последовательности операторов имеем

$$\forall \varepsilon, \varepsilon_1 > 0, \forall p, \exists M_p, \exists q, \forall n, \forall x \in \mathbf{H}_1:$$

$$\begin{aligned} \|C_n(x)\|_p &\leq M_p \left( (b + \varepsilon)^n n!^{\beta(\mathcal{B})} + (a + \varepsilon_1)(b + \varepsilon)^{n-1} 1!^{\beta(\mathcal{A})} (n-1)!^{\beta(\mathcal{B})} + \dots + \right. \\ &\quad \left. + (a + \varepsilon_1)^{n-1} (b + \varepsilon)(n-1)!^{\beta(\mathcal{A})} 1!^{\beta(\mathcal{B})} + (a + \varepsilon_1)^n n!^{\beta(\mathcal{A})} \right) \|x\|_q' \leq \\ &\leq M_p (b + \varepsilon)^n n!^{\beta(\mathcal{B})} \left[ 1 + \left( \frac{n}{1} \right)^{-\beta(\mathcal{B})} \left( \frac{a + \varepsilon_1}{b + \varepsilon} \right) 1!^{\nu} + \right. \\ &\quad \left. + \left( \frac{n}{2} \right)^{-\beta(\mathcal{B})} \left( \frac{a + \varepsilon_1}{b + \varepsilon} \right)^2 2!^{\nu} + \dots + \left( \frac{n}{n} \right)^{-\beta(\mathcal{B})} \left( \frac{a + \varepsilon_1}{b + \varepsilon} \right)^n n!^{\nu} \right] \|x\|_q', \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\nu = \beta(\mathcal{A}) - \beta(\mathcal{B})$ .

Если  $\beta(\mathcal{B}) > \beta(\mathcal{A})$  ( $\nu < 0$ ), то при больших  $n$  выражение в квадратных скобках в (6) ограничено (факториал растет на бесконечности быстрее биномиальных коэффициентов и показательной функции) и, следовательно,  $\beta(\mathcal{C}) \leq \beta(\mathcal{B})$ , причем если  $\beta(\mathcal{C}) = \beta(\mathcal{B})$ , то  $\alpha(\mathcal{C}) \leq \alpha(\mathcal{B})$ .

2) В условиях п.2 при  $\beta(\mathcal{B}) \geq 0$  выражение в квадратных скобках в (6) ограничено при  $\varepsilon_1 < \varepsilon$  и, следовательно,  $\beta(\mathcal{C}) \leq \beta(\mathcal{B})$ , причем если  $\beta(\mathcal{C}) = \beta(\mathcal{B})$ , то  $\alpha(\mathcal{C}) \leq \alpha(\mathcal{B})$ .

Если же  $\beta(\mathcal{B}) < 0$ , то выражение в квадратных скобках в (6) не превосходит  $2^{-\beta(\mathcal{B})n} n$  и, следовательно,  $\beta(\mathcal{C}) \leq \beta(\mathcal{B})$ , причем если  $\beta(\mathcal{C}) = \beta(\mathcal{B})$ , то  $\alpha(\mathcal{C}) \leq 2^{-\beta(\mathcal{B})} \alpha(\mathcal{B})$ . ■

#### Библиографический список

1. Громов В.П., Мишин С.Н., Панюшкин С.В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Орел: ОГУ, 2009.
2. Мишин С.Н. Связь характеристик последовательности операторов с борнологической сходимостью. // Вестник РУДН. Серия: Математика, информатика, физика. 2010. № 4. С. 26-34.
3. Мишин С.Н. О характеристиках роста операторнозначных функций. // Уфимский матем. журнал. 2013. Т. 5, № 1. С. 112-124.

#### References

1. Gromov V.P., Mishin S.N., Panyushkin S.V. Operators of finite order and differential-operator equations. Orel, Orel State University, 2009.
2. Mishin S.N. A connection of characteristic of sequence of operators with bornological convergence. // Proceedings of Peoples' Friendship University of Russia. Series: mathematics, informatics, physics. 2010, No 4. Pp. 26-34.
3. Mishin S.N. About characteristics of growth of operator-valued functions. // Ufa mathematical journal, 2013, vol. 5, No 1. Pp. 112-124.

**Е.В. НИКОЛЬСКИЙ**

кандидат педагогических наук, доцент, кафедра естественнонаучных дисциплин, Московский институт стали и сплавов (Выксунский филиал)

**E.V. NIKOLISKIY**

Candidate of Pedagogics, Associate Professor, Department of natural-science disciplines, Moscow Institute of Steel and Alloys (Vykunsky branch)

## ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ АБСТРАКТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СТРУКТУР СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

### THE FEATURES OF ABSTRACT MATHEMATICAL STRUCTURES PERCEPTION BY THE STUDENTS OF TECHNICAL HIGH SCHOOLS

*Абстрагируясь при изучении однотипных математических структур общей схемой, студент способен значительно быстрее увидеть и понять сущность структуры, что в дальнейшем позволит подобрать правильно соответствующий метод решения.*

*Ключевые слова:* объект, математическая структура, схема, ассоциация, восприятие, мышление, примеры особенностей восприятия.

*When studying similar mathematical structures, a student can get an abstract general scheme which will further enable him to understand the structures faster and to choose the appropriate method of mathematical task solution.*

*Keywords:* object, mathematical structure, scheme, association, perception, thinking, examples of perception particularities.

Математический и материальный миры состоят из объектов, обладающих определёнными свойствами, которые находятся в различных соотношениях друг с другом: числа, фигуры, группы, функции, отображения, операции и т.п.

При конструировании их в более сложные структуры важной особенностью является, конечно же, понимание как их внутреннего «устройства», содержания, сути, так и «...порядка, в котором расположены элементы, имеющего гораздо большее значение, чем сами элементы» (А.Пуанкаре).

Но для того, чтобы эти конструкции – математические структуры, стали предметом математического исследования, они должны быть абстрагированы от их вещественного содержания.

Именно математические методы позволяют точнее рассмотреть и изучить структурную общность законов, лежащих в основе описания физических, химических, биологических процессов или явлений природы.

На сегодняшний день в математике достаточно полно изучены различные виды структур: алгебраические, топологические, порядка и другие.

Выступая в роли «строения», «внутреннего устройства», «совокупности связей», «свойства элементов множества», – структура позволяет лучше изучить «организацию» математических объектов внутри самой структуры, классифицировать объекты, структуру, давая точные определения этим понятиям.

Так как матструктуры – это основной фундамент школьной и вузовской математики, то с одной стороны, необходимо определить связи между всевозможными видами структур (желательно всеми!) и мышлением обучаемых, с другой.

Но трудность такой работы для преподавателей, методистов и психологов кроется в том, что построение

и изучение любых математических структур, моделей, всегда начинается с абстрагирования (обобщения, идеализации и т.п.). Так, например, при абстракции происходит отвлечение от несущественных свойств и связей объекта с целью выявления более существенных закономерностей, опираясь на знаковое, схематичное, символическое понятие объекта, с переходом к понятию «образ».

Развиваясь ступенчато или по спирали, от низшего уровня – к высшему, абстракции порождают ассоциации между образами и понятиями, но перед тем как «заработает» абстрактное мышление сначала будут «включены начальные этапы» познания: восприятие и представление. Именно восприятие, как сложнейшая психическая функция, отвечающая за приём получаемой информации извне (больше визуальной), позволяет обнаруживать объект (и свойства объекта), представляя и трансформируя его в образ, выделяя в нём главное и второстепенное, или наоборот, синтезирует целостный образ с набором конкретных признаков.

Анализ научной литературы и опыт работы подтверждает мысль о возможности научить студента «видеть» в любом математическом выражении некую общую структуру, позволяющую быстро определяться с классификацией уравнений, функций, неравенств, систем, тем самым правильно подбирать метод их решения.

При этом перечислим ряд негативных причин, существенно влияющих на непонимание студентами математических выражений:

1. не выделяют математический объект в структуре;
2. не соотносят структуру с методом решения;
3. не находят самостоятельно новые структуры;
4. не понимают принцип операций между объектами;

5. не представляют, как сравнивать структуры;
6. не знают или не помнят название математических объектов;
7. пытаются запомнить полностью выражение или пример, а не понять структуру, её назначение;
8. делают ошибки при аналогии и обобщении выражений;
9. не могут дать определение тому или иному понятию;
10. не применяют одновременно анализ и синтез;
11. не развито логическое, абстрактное и визуальное мышление;
12. отсутствие сосредоточенности, силы воли, слабое внимание при выполнении домашних и контрольных упражнений, плохая самоорганизация учебной работы.

Поэтому, чтобы помочь студенту как можно быстрее «наверстать» упущенный школьный материал и самостоятельно разобраться с новым вузовским, необходимо научить его воспринимать математические структуры в абстрактных, свёрнутых видах, закодированных формах, применяя к ним своего рода индуктивно-дедуктивный подход – метод поиска закономерностей.

Рассмотрим некоторые примеры особенностей восприятия студентами математических структур (на упражнениях алгебры и математического анализа).

*Операции в структурах.* Операции раскрытие скобки или внесение коэффициента под знак скобки являлись и являются, казалось бы, самыми простыми и распространёнными в математике приёмами:

$$2 \cdot (3 + 4) = 2 \cdot 3 + 2 \cdot 4,$$

$$a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c,$$

$$\lim(\sin x + \sqrt{x}) = \lim \sin x + \lim \sqrt{x},$$

$$(3 \cdot x^2 + \ln x)' = (3 \cdot x^2)' + (\ln x)',$$

$$\int (x + e^x) dx = \int x dx + \int e^x dx.$$

Но, несмотря на то, что математические выражения хоть и отличаются друг от друга: в первых двух примерах видна операция над термами, а в остальных – действие «операторов» на сумму термов, всё таки осознание этого факта некоторыми студентами происходит лишь тогда, когда преподаватель на доске представляет схему

$$\square(\Delta + O) = \square\Delta + \square O \text{ или другую } \square\Delta + O = \square(\Delta + O/\square).$$

*Сокращение в структуре.* Действия «сокращение» в структуре, как и «почленное» деление дроби, также тесно связаны между собой

$$\frac{4+5}{2} = \frac{4}{2} + \frac{5}{2},$$

$$\frac{a \cdot (b+c)}{(b-c) \cdot a} = \frac{b+c}{b-c},$$

$$\lim \frac{x^3 - 4 \cdot x}{3 \cdot x^2} = \lim \frac{x}{3} - \lim \frac{4}{3 \cdot x},$$

$$\frac{\sin x}{2 \ln x \cdot \cos \frac{x}{2}} = \frac{\sin \frac{x}{2}}{\ln x}.$$

Постоянно путая термины «сокращение» и «взаимное уничтожение», их назначение, не осознавая, что все перечисленные выше записи могут подчиняться одной какой-то структуре, например:

$$\square O / \square \Delta = O / \Delta \text{ или } (\square + O) / \Delta = \square / \Delta + O / \Delta,$$

студент продолжает совершать и далее ошибки, пытаясь неверно разложить неопределённый интеграл на два интеграла

$$\int \frac{x^2}{x^2 + 4} dx \neq \int \frac{x^2}{x^2} dx + \int \frac{x^2}{4} dx,$$

при этом он совершенно не замечает ни приёма – добавить и убавить объект, ни действия деления и сокращения дробей

$$\int \frac{(\Delta + O) - O}{\Delta + O} dx = \int \frac{\Delta + O}{\Delta + O} dx - \int \frac{O}{\Delta + O} dx.$$

Судя по всему, этот недочёт «тянется» из-за непонимания студентом арифметических законов, изучаемых когда-то в начальной школе.

*Сравнение структур.* Чтобы студент как можно быстрее понял смысл того или иного выражения, надо ещё до решения задачи или сразу после сделанной им ошибки в задании перейти к общему виду абстракции данной математической структуры

$$(\Delta + O)^2 = \Delta^2 + 2 \cdot \Delta \cdot O + O^2,$$

тогда она запомнится надолго в памяти в виде упрощённой схемы. И после этого, как показывают наши наблюдения и контроль за качеством знаний студентов (тестирование, зачёты, экзамены), следующие математические структуры будут понятны многим студентам:

$$(4 + 5)^2 = 4^2 + 2 \cdot 4 \cdot 5 + 5^2,$$

$$(a + b)^2 = a^2 + 2 \cdot a \cdot b + b^2,$$

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x} dx + \frac{\partial z}{\partial y} dy\right)^2 = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} dx^2 + 2 \cdot \frac{\partial^2 z}{\partial x \cdot \partial y} dx \cdot dy + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} dy^2.$$

*Структура внутри структуры.* Вложение структур друг в друга, как «матрёшка в матрёшку», позволяет понять такие выражения, действия, приёмы, методы, как «сложная функция», «взятие внутреннего интеграла» или «раскрытие предела изнутри»:

$$(3 + (3 + (3 + (3 + (3 + 4))))),$$

$$\ln(\ln(\ln(x))),$$

$$d(d(d(\operatorname{ctg}(x)))),$$

$$\int x dx \left( \int y dy \left( \int x dx \right) \right).$$

*Сравнение объектов внутри структур.* Вычисляя пределы от неопределённостей, студент должен уметь сравнивать объекты, содержащиеся внутри структур, с объектами в другой структуре, которую лучше представить схематично:

$$\lim_{\Delta \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{\Delta}\right)^\Delta.$$

При этом, если преподаватель сможет добиться понимания «сравнения объектов и структур» при вычислении пределов функций с помощью второго замечательного предела и с учётом области допустимых значений

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e,$$



то пределы следующих типов берутся студентом уже безошибочно

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{x}}\right)^{\sqrt{x}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{\ln x}\right)^{\ln x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{e^x}\right)^{e^x} = e.$$

*Аналогия структур.* Однако, выполняя преобразование над выражением, студент иногда путает структуры, не делая предварительного анализа переменных в них, считая выражения, по аналогии, - одинаковыми.

Приведём ряд примеров, где ошибки студента произошли при неправильном анализе аналогии структур.

Если  $\lim(x+y) = \lim x + \lim y$ , то и  $\ln(x+y) = \ln x + \ln y$ .

Если первая производная  $(C)' = 0$  ( $c = \text{const}$ ), то и  $\lim C = 0$ .

$$\text{Если } \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e, \text{ то и } \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{\sin x}\right)^{\sin x} = e.$$

$$\text{Если } \int \frac{dx}{x} = \ln x + C, \text{ то почему-то студент автоматиче-}$$

чески делает вывод, что интеграл  $\int \frac{dx}{x^2} = \ln x^2 + C$ , тоже

табличный и т.д.

*Сущность структур.* Известно, что простейшей структурой данных над множеством  $X$  является структура типа  $P(X)$ .

В этой записи и в подобных ей, как и в записи функции  $y=f(x)$ , большая часть студентов совершенно не видит самой структуры, взаимосвязей внутри неё.

Некоторые студенты говорят: « $f$  умножить на  $x$ », а не – « $f$  зависит от  $x$ », « $f$  от  $x$ ». Затем они пишут:  $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y}{x}$

или  $\frac{dy}{dx} = \frac{y}{x}$ , разделяя символы  $\Delta$  и  $d$  в левых дробях

и сокращая на них, не понимая сущности приращений и дифференциалов по  $x$  и по  $y$ , что, несомненно, является грубейшей логической ошибкой в математическом анализе.

Исправить недочёт можно следующей схемой и рассуждениями. Допустим, что нам дана функция –  $y$ , законы (*грубо!*) – в виде операций, знаков, операторов и аргумент (операнд) – « $x$  в квадрате».

Тогда на выходе мы получим результат - новые структуры, а значит, будут образованы и новые функциональные связи.

*Структура и метод.* Можно привести пример, когда структура усложняется, а метод её решения повторяется от структуры к структуре.

Пусть им будет метод решения алгебраических линейных уравнений – метод Крамера, который с успехом применяется в векторной и линейной алгебре, но при переходе к разделам – «Теория комплексных чисел», «Дифференциальные уравнения и системы» т.п., связь с методом из-за не умения студента «увидеть» соответствующую структуру СЛАУ второго порядка напрочь теряется:

$$2 \cdot x + 3 \cdot y = -5$$

$$7 \cdot x - 2 \cdot y = 4,$$

$$2i \cdot x + (3 - i) \cdot y = -5i$$

$$(7 + 2i) \cdot x - i \cdot y = 4,$$

$$\cos x \cdot (C_1(x))' + \sin x \cdot (C_2(x))' = 0$$

$$(\cos x)' \cdot (C_1(x))' + (\sin x)' \cdot (C_2(x))' = \frac{1}{\cos x}.$$

Из вышесказанного следует вывод, что при решении задач со студентами целесообразно выписывать на доске и в тетради, проговаривая по ходу устно, такие и подобные им схемы – абстрактные математические структуры, группируя их по определённым признакам:

13. *Операции в структурах.*

14. *Сокращение в структуре.*

15. *Сравнение структур.*

16. *Структура внутри структуры.*

17. *Сравнение объектов внутри структур.*

18. *Аналогия структур.*

19. *Сущность структур.*

20. *Структура и метод и т.п.*

Если учесть особенности записи и восприятия студентами абстрактных математических структур при обучении их высшей математике, то можно будет говорить о существенном повышении качества знаний и преимущества обучения студентов математическому видению.

### Библиографический список

1. *Никольский Е.В.* Математико-технологические карты при построении в геометрии. Педагогическое мастерство в современных условиях. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград, 2009. С.121-123.
2. *Никольский Е.В.* Дифференциальные уравнения в МТК Современный учебно-воспитательный процесс: теория и практика. II Всероссийская заочная научно-практическая конференция с международным участием. ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», Красноярск, 2010. С.239-240.
3. *Никольский Е.В.* Оптимизация восприятия дифференциальных уравнений с помощью МТК Инновации в системе непрерывного профессионального образования. XI Международная научно-методическая конференция преподавателей вузов, ученых и специалистов. Волжский государственный инженерно-педагогический университет, ВГПУ, 2010. С.104-105.
4. *Никольский Е.В.* О математических структурах и их восприятии. Проблемы математического образования: история и современность. Международная научно-практическая конференция. ОГУ, Орёл, 2011. С.177-179.

### References

1. *Nikoliskiy E.V.* Using Mathematical and technological cards when building in geometry. Pedagogical skills in modern conditions. Collection of articles of the all-Russian scientific-practical conference. Volgograd, 2009. Pp. 121-123.
2. *Nikoliskiy E.V.* Differential equations in the ITC Modern educational process: theory and practice. II all-Russian correspondence scientific-practical conference with international participation. SEI HPE "Siberian state technological University, Krasnoyarsk, 2010. Pp. 239-240.
3. *Nikoliskiy E.V.* Optimization perceptions of differential equations using ITC Innovations in the system of continuous professional education. XI international scientific-methodical conference of University teachers, scientists and specialists. Volga state engineering and pedagogical University, Volgograd state pedagogical University, 2010. Pp. 104-105.
4. *Nikoliskiy E.V.* On mathematical structures and their perception. Problems of mathematical education: history and modern time. International scientific-practical conference. OSU, Orel, 2011. Pp. 177-179.



**Т.А. ПАВЛОВА**

кандидат технических наук, доцент кафедры математики, Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: pavlova-tatyana@mail.ru

**М.Н. УВАРОВА**

кандидат экономических наук, доцент, кафедра математики, Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: uvarovamn@mail.ru

**T.A. PAVLOVA**

Candidate of technical sciences, Associate professor, Department of mathematics, Orel State Agrarian University  
E-mail: pavlova-tatyana@mail.ru

**M.N. UVAROVA**

Candidate of economic sciences, Associate professor, Department of mathematics, Orel State Agrarian University  
E-mail: uvarovamn. @ Mail.ru

**ОЛИМПИАДА ПО МАТЕМАТИКЕ В ВУЗЕ**

**THE OLYMPIC GAMES ON THE MATHEMATICS IN HIGH SCHOOL**

*В статье рассматривается комплексный подход к подготовке студентов высшего учебного заведения к участию в олимпиаде по математике на примере Орловского государственного аграрного университета.*

*Ключевые слова:* олимпиада, математический бой, тестирование, межпредметные связи.

*In the article, the complex approach to preparation of students of a higher educational institution for participation in the Olympic Games on Mathematics on example of the Orel state agrarian university is considered.*

*Keywords:* the Olympic Games, mathematical fight, testing, intersubject connections.

В настоящее время большое внимание уделяется подготовке специалиста, проявляющего творческую активность, способного быстро реагировать на происходящее, а также обобщать и применять полученные знания в решении нестандартных задач. В связи с переходом на многоуровневую систему образования изменились рабочие программы многих дисциплин. С реализацией ФГОС на некоторых специальностях вместо прежнего курса математики студенты изучают такие дисциплины, как «Математический анализ», «Теория вероятностей», «Численные методы», «Методы оптимальных решений». Это приводит к углубленному изучению таких тем, как «Собственные векторы», «Методы математической физики» и т.п. Цель освоения дисциплины состоит в повышении уровня фундаментальной математической подготовки, развитии логического и алгоритмического мышления, в умении построить и решить математическую модель, проводить анализ полученных результатов. Для достижения указанных целей применяются традиционные и инновационные методы обучения. Не последнюю роль играет самостоятельная работа студентов.

В процессе работы преподаватель использует активные формы обучения. Потоки первокурсников сформированы из студентов разного уровня подготовки. Методы обучения, направленные на среднего студента, являются малоэффективными, так как сдерживают успешное обучение одних и непосильны для других. Поэтому возникает необходимость дифференцированно подходить к выбору методики обучения различных групп учащихся [1]. Для творческих студентов полезными являются очные и заочные студенческие олимпиады по математике. Нестандартный характер задач требует от студента некоторой изобретательности.

Важно проведение подготовительной работы. В каж-

дом вузе своя практика. Например, в Новосибирском педагогическом университете в начале учебного года проводится конкурс призовых задач, который проходит в преддверии математических боев и олимпиад разного уровня и «Мозгового штурма» [2]. Орловский государственный аграрный университет осуществляет комплексный подход к подготовке студентов, желающих участвовать в олимпиаде по математике: адаптационные курсы, различные виды тестирований, внутривузовские олимпиады, математический бой. Математический бой как вид математического соревнования имеет давние традиции и особенно популярен у учащихся математических классов и классов с углубленным изучением математики. Математический бой – это командная игра, которая проводится в два этапа. На первом команды одновременно решают полученные задания. Главное – уложиться в выделенное для этого время и дать правильный ответ задачи. Второй этап – собственно бой, в ходе которого юные математики рассказывают о способах решения поставленных задач. Математические бои составляют основу многих известных турниров.

В математическом бою могут участвовать как подготовленные студенты, так и те, которые никогда раньше не сталкивались с математическими задачами такого класса. Особенность боя состоит в том, что выиграть можно, лишь придерживаясь определенных правил. Наличие в команде сильных игроков совершенно не гарантирует победы. Поэтому участникам соревнования необходимо четко распределить собственные силы. Во время боя команды постоянно меняются местами: в то время как одни рассказывают решение задачи, другие стараются их опровергнуть, и наоборот. Судит бой специальное жюри, которое оценивает верность и полноту решения задач. Каждая задача оценивается в 10 баллов,

которые распределяются между командами в зависимости от ответов докладчика и оппонента [3].

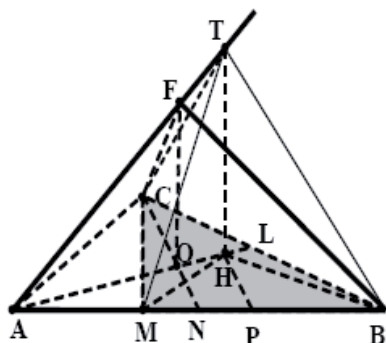
Несмотря на то, что первокурсникам довольно трудно соревноваться со старшими курсами, польза участия их в олимпиаде очевидна. Это способствует повышению самооценки первокурсника и дает возможность освоиться для будущего участия. Кроме того, участие студента в олимпиаде повышает его собственный рейтинг, что влияет на получение именных стипендий. Олимпиады по математике проводятся в апреле. К этому времени некоторые темы (дисциплины) не изучены. Поэтому приходится кропотливо работать над их изучением самостоятельно.

При подготовке и выборе заданий пользуемся материалом олимпиад разных лет.

Задача 1. Около правильной пирамиды FABC описана сфера, центр которой лежит в плоскости основания ABC пирамиды. Точка М лежит на ребре АВ так, что  $AM:MB=1:3$ . Точка Т лежит на прямой АF и равноудалена от точек М и В. Объём пирамиды ТВСМ равен  $\frac{5}{64}$ .

Найдите радиус сферы, описанной около пирамиды FABC. [6]

Решение. Пусть О – центр сферы радиуса R, описанной около пирамиды FABC. Так как  $OA=OB=OC=OF=R$ , а  $O \in ABC$ , то точка О также является центром окружности радиуса R, описанной около треугольника ABC. Треугольник ABC – правильный, следовательно, О – точка пересечения медиан треугольника ABC,  $AB=R\sqrt{3}$ .



FABC – правильная пирамида, поэтому FO – высота пирамиды и  $AFO \perp ABC$ . По условию  $T \in AF$  и  $TM=TB$ . Опустим из точки Т перпендикуляр ТН на прямую АО. Так как  $AFO \perp ABC$ , то  $TH \perp ABC$ , следовательно, ТН – высота пирамиды ТВСМ, а отрезки НМ и НВ – проекции равных наклонных ТМ и ТВ. Значит,  $HM=HB$ , и поэтому треугольник ВНМ – равнобедренный, а его высота НР является медианой, то есть  $PM=PB$ .

Объём V пирамиды ТВСМ, равный  $\frac{1}{3} TH \times S_{BCM}$ , выразим через R. Из условия  $\frac{AM}{MB} = \frac{1}{3}$  имеем  $AM = \frac{1}{4} AB = \frac{R\sqrt{3}}{4}$ ,  $MB = \frac{3R\sqrt{3}}{4}$ ,  $MP = \frac{3R\sqrt{3}}{8}$ . Отсюда  $AP = \frac{5R\sqrt{3}}{8}$ . В прямоугольном треугольнике АРН угол А равен  $30^\circ$ , следовательно,  $АН = \frac{AP}{\cos 30^\circ} = \frac{5R}{4}$ . Так как  $OA=OF$ , то

прямоугольный треугольник АOF – равнобедренный, поэтому в прямоугольном треугольнике АТН угол А равен  $45^\circ$ , следовательно,  $АН=ТН$ . Медиана CN правильного треугольника ABC является его высотой. Поэтому CN – высота треугольника BCM. Следовательно, площадь треугольника BCM можно найти по формуле  $S_{BCM} = 0,5 CN \times BM$ . Имеем  $CN = \frac{3}{2} CO = \frac{3\sqrt{3}}{2}$  и  $S_{BCM} =$

$$\frac{9R^2\sqrt{3}}{16}. \text{ Отсюда } V = \frac{1}{3} \cdot \frac{5R}{4} \cdot \frac{9R^2\sqrt{3}}{16} = \frac{15R^3\sqrt{3}}{64}.$$

По условию  $\frac{15R^3\sqrt{3}}{64} = \frac{5}{64}$ . Значит  $R^3 = \frac{1}{3\sqrt{3}}$  и  $R = \frac{1}{\sqrt{3}}$

(ответ  $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ).

Задача 2. Вычислить  $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{1+(tgx)^{\sqrt{2}}}$ .

Решение.

$$\begin{aligned} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{1+(tgx)^{\sqrt{2}}} &= \left[ t = tgx \quad x = arctgt \quad dx = \frac{dt}{1+t^2} \right] = \\ &= \int_0^{\infty} \frac{dt}{(1+t^2)(1+t^{\sqrt{2}})} = \left[ t = \frac{1}{u} \quad u = \frac{1}{t} \quad dt = -\frac{du}{u^2} \right] = \\ &= \int_{\infty}^0 \frac{-du}{u^2 \left( 1 + \left( \frac{1}{u} \right)^2 \right) \left( 1 + \left( \frac{1}{u} \right)^{\sqrt{2}} \right)} = \int_0^{\infty} \frac{du}{u^2 \frac{u^2+1}{u^2} \frac{u^{\sqrt{2}+1}+1}{u^{\sqrt{2}}}} = \\ &= \int_0^{\infty} \frac{u^{\sqrt{2}} du}{(u^2+1)(u^{\sqrt{2}+1}+1)} = \int_0^{\infty} \frac{(u^{\sqrt{2}}+1-1) du}{(u^2+1)(u^{\sqrt{2}+1}+1)} = \\ &= \int_0^{\infty} \left( \frac{1}{u^2+1} - \frac{1}{(u^2+1)(u^{\sqrt{2}+1}+1)} \right) du = arctgu \Big|_0^{\infty} - \int_0^{\infty} \frac{du}{(1+u^2)(1+u^{\sqrt{2}})} = \\ &= arctg\infty - arctg0 - \int_0^{\infty} \frac{du}{(1+u^2)(1+u^{\sqrt{2}})} = \frac{\pi}{2} - \int_0^{\infty} \frac{du}{(1+u^2)(1+u^{\sqrt{2}})} \end{aligned}$$

Пусть  $\int_0^{\infty} \frac{du}{(1+u^2)(1+u^{\sqrt{2}})} = Y$ , тогда

$$Y = \frac{\pi}{2} - Y, \quad Y + Y = \frac{\pi}{2}, \quad Y = \frac{\pi}{4}$$

Задача 3. Вычислить  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)2^n}$  [5].

Решение. Дважды проинтегрировав степенной ряд

$$\sum_{n=0}^{\infty} z^n = \frac{1}{1-z} \quad (|z| < 1),$$

получим

$$\begin{aligned} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^{n+1}}{n+1} &= \int_0^z \frac{dt}{1-t} = -\ln|1-t| \Big|_0^z = -\ln(1-z), \\ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^{n+2}}{(n+1)(n+2)} &= \int_0^z (-\ln(1-t)) dt = \\ &= -\int_0^z \ln(1-t) dt = \left[ \begin{array}{l} u = \ln(1-t) \quad du = \frac{-dt}{1-t} \\ dv = dt \quad v = t \end{array} \right] = \\ &= -\left( t \ln(1-t) \Big|_0^z + \int_0^z \frac{tdt}{1-t} \right) = -\left( z \ln(1-z) - \int_0^z dt + \int_0^z \frac{dt}{1-t} \right) = \\ &= -(z \ln(1-z) - z - \ln(1-z)) = \\ &= z + (1+z) \ln(1-z) \end{aligned}$$

Откуда следует, что

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{z^n}{n(n+1)} &= \frac{1}{z} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{z^{n+1}}{n(n+1)} = \frac{1}{z} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^{n+2}}{(n+1)(n+2)} = \\ &= \frac{1}{z} (z + (1+z) \ln(1-z)) = 1 + \frac{1-z}{z} \ln(1-z). \end{aligned}$$

Подставляя  $z = \frac{1}{2}$ , получаем

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)2^n} &= 1 + \frac{1-\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \ln\left(1-\frac{1}{2}\right) = \\ &= 1 + \frac{-\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \ln \frac{1}{2} = 1 - (\ln 1 - \ln 2) = 1 + \ln 2. \end{aligned}$$

Задача 4. Произведение всех делителей натурального числа N оканчивается на 399 нулей. На сколько нулей может оканчиваться число N? [7]

Решение. Разложим N на простые множители:

$$N = 2^{\alpha_2} 3^{\alpha_3} 5^{\alpha_5} 7^{\alpha_7} \dots p^{\alpha_p},$$

где p – наибольший простой множитель и  $\alpha_i = 0, 1, 2, \dots$

Если запись числа N оканчивается n нулями, то или  $\alpha_2 = n, \alpha_5 \geq n$ , или наоборот,  $\alpha_2 \geq n, \alpha_5 = n$ .

Оценим количество делителей k числа N

$$k = (\alpha_2 + 1)(\alpha_3 + 1)(\alpha_5 + 1) \dots (\alpha_p + 1) \geq (n+1)^2,$$

при этом k делится на n+1

Первый случай. Если k – четное, то все делители разбиваются на k/2 пар вида  $\left(d, \frac{N}{d}\right)$  так, что произведение делителей в каждой паре равно N. Поэтому произведение всех делителей равно  $N^{\frac{k}{2}}$ .

Второй случай. Если k – нечетное, то k-1 делителей разбиваются на пары указанного вида, и есть еще один делитель –  $\sqrt{N}$ . В этом случае тоже произведение всех делителей:  $N^{\frac{k-1}{2}} \sqrt{N} = N^{\frac{k}{2}}$

Значит, для любого N произведение всех делителей оканчивается  $\frac{nk}{2}$  нулями, следовательно,

$nk = 2 \cdot 399 = 798$ . При этом  $798 = nk \geq n(n+1)^2$ , откуда следует, что n – делитель числа 798, и  $n \leq 8$ .

Выпишем все такие n: 1, 2, 3, 6, 7. Из равенства  $798 = nk$  также следует, что 798 делится на n+1. Поэтому возможно только n=1, 2 и n=6. Для каждого из этих n подберем N. Ограничимся простыми множителями 2 и 5. Значит, нужно подобрать только  $\alpha_2$  и  $\alpha_5$ .

$$1. \alpha_2 = n = 1, k=798 \quad \alpha_5 = \frac{k}{n+1} - 1 = 398,$$

$$N = 2^{\alpha_2} \cdot 5^{\alpha_5} = 2^1 \cdot 5^{398}.$$

$$2. \alpha_2 = n = 2, k=399 \quad \alpha_5 = 132, \quad N = 2^2 \cdot 5^{132}.$$

$$3. \alpha_2 = n = 6, k=133 \quad \alpha_5 = 18, \quad N = 2^6 \cdot 5^{18}.$$

Таким образом, для n=1, 2, 6 найдены (и даже не все) N, оканчивающиеся n нулями, произведение делителей которых оканчивается 399 нулями.

Ответ: 1, 2, 6.

Задача 5. Решить уравнение

$$3 \cdot 4^x + \frac{1}{3} 9^{x+2} = 6 \cdot 4^{x+1} - \frac{1}{2} 9^{x+1} \quad [8]$$

Решение. Из условия имеем

$$3 \cdot 4^x + \frac{1}{3} \cdot 81 \cdot 9^x = 6 \cdot 4 \cdot 4^x - \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 9^x,$$

$$3 \cdot 9^x = 2 \cdot 4^x, \quad \left(\frac{9}{4}\right)^x = \frac{2}{3}, \quad x = -\frac{1}{2}.$$

Ответ:  $-\frac{1}{2}$ .

Задача 6. Решить уравнение

$$\sqrt{\log_{0.04} x + 1} + \sqrt{\log_{0.2} x + 1} = 1.$$

Решение.

$$\text{ОДЗ: } \begin{cases} \frac{1}{2} \log_{0.2} x + 1 \geq 0, \\ \log_{0.2} x + 3 \geq 0, \\ x > 0 \end{cases} \quad \sim \quad 0 < x \leq 25.$$

Перейдем к основанию 0,2. Имеем

$$\sqrt{\log_{0.2} x + 2} + \sqrt{2 \log_{0.2} x + 6} = \sqrt{2}$$

Возведя обе части уравнения в квадрат, получим

$$\log_{0.2} x + 2 + 2\sqrt{(\log_{0.2} x + 2)(2 \log_{0.2} x + 6)} + 2 \log_{0.2} x + 6 = 2,$$

$$2\sqrt{(\log_{0.2} x + 2)(2 \log_{0.2} x + 6)} = -3 \log_{0.2} x - 6,$$

$$4(\log_{0.2} x + 2)(2 \log_{0.2} x + 6) = 9(\log_{0.2} x + 2)^2.$$

При  $-3 \log_{0.2} x - 6 \geq 0$

$$\log_{0.2} x + 2 \leq 0.$$

С учетом ОДЗ имеем  $\log_{0.2} x + 2 = 0$ , откуда  $x = 25$

Ответ: 25.

Задача 7. Мяч катится перпендикулярно боковой линии футбольного поля. Предположим, что, двигаясь равномерно замедленно, мяч прокатился в первую секунду 4 м, а в следующую секунду на 0,74 м меньше. Футболист, находящийся первоначально в 10 м от мяча,

пробежал в направлении движения мяча, чтобы догнать его. Двигаясь равномерно ускоренно, футболист пробежал в первую секунду 3,5 м, а в следующую секунду на 0,5 м больше. За какое время футболист догонит мяч и успеет ли он догнать до выхода мяча за боковую линию, если к линии поля футболисту надо пробежать 23 м?

Решение. Пусть  $t$  с – искомое время. За это время мяч прокатится  $\frac{2 \cdot 4 - 0.75(t-1)}{2} \cdot t$  м, а футболист пробежит  $\frac{2 \cdot 3.5 - 0.5(t-1)}{2} \cdot t$  м. (Использовалась формула суммы членов арифметической прогрессии).

По условию

$$\frac{2 \cdot 3.5 - 0.5(t-1)}{2} \cdot t - \frac{2 \cdot 4 - 0.75(t-1)}{2} \cdot t = 10.$$

Откуда  $t=5$ с.

Футболист догонит мяч, пробежав  $\frac{2 \cdot 3.5 - 0.5 \cdot 4}{2} \cdot 5 = 22.5$  м на расстоянии 0,5 м до боковой линии.

Ответ: через 5с; за 0,5 м до линии поля.

Задача 8. Решить неравенство  $\log_{\frac{4}{3}}(\sqrt{x+3} - x) > 0$ .

Из условия имеем  $\sqrt{x+3} - x > 1$ ,  $\sqrt{x+3} > x+1$   
Полученное неравенство равносильно двум системам неравенств:

$$1) \begin{cases} x+1 < 0, \\ x+3 \geq 0 \end{cases}; \begin{cases} x < -1, \\ x \geq -3 \end{cases}; -3 \leq x < -1;$$

$$2) \begin{cases} x+1 \geq 0, \\ x+3 > (x+1)^2 \end{cases}; \begin{cases} x \geq -1, \\ x^2 + x - 2 < 0 \end{cases}; -1 \leq x < 1.$$

Ответ:  $x \in [-3; 1)$ .

Студенты Орловского государственного аграрного университета принимают участие в двух межвузовских предметных олимпиадах: гуманитарный и естественно-научный блок. На каждом из них своя система оценки. Например, на естественнонаучном блоке за каждое верно выполненное задание выставляется оценка «5» баллов. Частично выполненное задание оценивается баллом ниже. За второй способ решения любой задачи жюри вправе добавить 3 балла. Если предложено оригинальное рациональное решение задачи или приведены несколько способов решения одной задачи, то жюри вправе повысить балл до 8. На гуманитарном блоке подобных поощрений нет. Задания оцениваются в три балла: 1 балл присваивается за « $\mp$ », 2 балла за « $\pm$ », 3 балла за « $+$ ».

Подготовка студента к олимпиаде или любой другой интеллектуальной игре — это кропотливая работа и преподавателя и студента. Она невозможна в несколько занятий, если он не участвовал в школьных олимпиадах. Именно в средней школе выявляются математически одаренные талантливые ученики, с ними целенаправленно и индивидуально работают над развитием их способностей [4]. Главное впоследствии — не упустить таких студентов и дать возможность развитию их способностей. Важен также комплексный подход к подготовке студента, систематическое решение олимпиадных задач.

#### Библиографический список

1. Шамайло О.Н. Математическая олимпиада в вузе // Вестник Астраханского государственного технического университета. №1, 2008. С. 211-213.
2. Яковлев И.В., Яковлева Е.Н. Решение олимпиадных задач по математике в рамках профессиональной подготовки будущего учителя // Глобальный научный потенциал. Педагогика и психология. №6(15) 2012.
3. Павлова Т.А., Петрушина Н.Н. Математические бои как средство развития инноваций в образовании // Международная научно-практическая конференция «Инновации в образовании», Орел ГАУ, 12 мая 2009г. С. 232-236.
4. Тривер Т.А., Черникова Н.А. Совершенствование методики подготовки к олимпиаде по математике // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. №1, 2013. С. 108-114.
5. Садовничий В.А. и др. Задачи студенческих математических олимпиад / В.А. Садовничий, А.А. Григорьян, С.В. Конягин. М.: Издательство Московского университета, 1987. 310 с.
6. Лысенко Ф.Ф. Математика. Подготовка к ЕГЭ-2009. Вступительные испытания // Ростов-на-Дону: ООО «Легион», 2008.
7. ЕГЭ-2011, Математика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов. Под ред. А. Л. Семенова, И. В. Ященко. М.: национальное образование, 2010. 240 с.
8. Полный сборник решений задач по математике для поступающих в вузы. Группа Б. Под. Ред. М.И. Сканави. М.: ООО «Издательство «Мир и Образование»: ООО «Издательство Астрель», 2011. 1232с.

#### References

1. Shamajlo O.H. The mathematical Olympic Games in high school // The Bulletin of the Astrakhan state technical university. №1, 2008. Pp. 211-213.
2. Yakovlev I.V., Yakovleva E.N. Solving Olympics problems on Mathematics in the framework of vocational training of a future teacher // Global scientific potential. Pedagogics and psychology. №6 (15), 2012.
3. Pavlova T.A., Petrushina N.N. Mathematical fights as means of development of innovations in formation // The international scientifically-practical conference «Innovations in formation», Orel SAU, on May, 12th 2009. Pp.232-236.
4. Triver T.A., Tchernikova N.A. Perfection of a procedure of preparation for the Olympic Games on Mathematics // Actual problems of teaching of mathematics in technical college. №1, 2013. Pp. 108-114.
5. Sadovnichy V. A. etc. Problems of the student's mathematical Olympic Games / V.A.Sadovnichy, A.A.Grigorjan, S.V.Konjagin. M: Publishing house of the Moscow university, 1987. 310 p.
6. Lysenko F.F. Mathematics. Preparation for the unifying graduation examination 2009. Introductory tests//Rostov-on-Don: Open Company "Legion", 2008.
7. UGE-2011, Mathematics: typical examination variants: 30 variants//under the editorship of A.L.Semenov, I. V.Jashchenko. M: national education, 2010. 240 p.
8. The Full receiving tank of problem solving in Mathematics for those who enter high schools. M.I.Skanavi. TH.: Open Company "Publishing house" the World and Formation»: Open Company" Publishing house Astrel ", 2011. 1232 p.



**В.Ф. ПИВЕНЬ**

доктор физико-математических наук, профессор, кафедра физики, Орловский государственный университет  
E-mail: pivenvf@gmail.com

**V.F. PIVEN'**

Doctor of physical and mathematical sciences, Professor, Department of Physics, Orel State University  
Email: pivenvf@gmail.com

# ГРАНИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ДВУМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В АНИЗОТРОПНО-НЕОДНОРОДНОМ ПОРИСТОМ СЛОЕ TWO-DIMENSIONAL BOUNDARY VALUE PROBLEMS IN ANISOTROPIC FILTERING INHOMOGENEOUS POROUS LAYER

Ставятся и исследуются задачи двумерной фильтрации в анизотропной и неоднородной пористой среде: задача сопряжения течений в слоях различной проводимости и задача эволюции границы раздела жидкостей. Задача сопряжения редуцирована к сингулярному интегральному уравнению, а задача эволюции – к системе сингулярного интегрального и нелинейного дифференциального уравнения с начальным условием.

Ключевые слова: анизотропная, неоднородная пористая среда, граничные задачи, сингулярные интегральные уравнения.

The problem of two-dimensional filtering in an anisotropic and heterogeneous porous medium are stated and investigated: the task interface flows in layers of different conductivity and the problem of the evolution of a fluid interface. Conjugation problem is reduced to the singular integral equation, and the task of evolution is to the system of singular integral and non-linear differential equation with the initial condition.

Keywords: anisotropic, heterogeneous porous medium, boundary value problems, singular integral equations.

На основе уравнений двумерной фильтрации в анизотропно-неоднородных слоях, предложенных О.В.Голубевой [1,8], ставятся и исследуются граничная задача фильтрации в сопряжённых слоях различных проводимостей и задача эволюции границы раздела жидкостей.

1. Двумерная фильтрация несжимаемой жидкости в недеформируемом анизотропно-неоднородном тонком слое пористой среды проводимости  $P = (P_{ij}) = H(K_{ij})$  ( $H$  – толщина слоя,  $(K_{ij})$ ,  $i, j=1, 2$  – тензор проницаемости, вообще говоря, несимметричный,) описываем обобщённым потенциалом  $\phi$  и функцией тока  $\psi$ .  $\phi, \psi$  – функции декартовых координат  $(x, y)$  плоскости основания слоя, а в нестационарном случае и времени  $t$  ( $t$  – параметр). Эти функции взаимосвязаны со скоростью фильтрации  $\vec{v} = (v_x, v_y)$  всюду в области  $D$  (за исключением изолированных особых точек этих функций, моделирующих источники (стоки) течения) равенствами [8]

$$Hv_x = P_{11} \frac{\partial \phi}{\partial x} + P_{12} \frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad (1.1)$$

$$Hv_y = P_{21} \frac{\partial \phi}{\partial x} + P_{22} \frac{\partial \phi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}.$$

Равенства (1.1) записаны в безразмерных величинах [5]. Для функции  $\phi$  и  $\psi$  равенства (1.1) – система уравнений, которая в области  $D$  относится к эллиптическому типу, если её коэффициенты  $P_{ij}$ ,  $i, j=1, 2$  удовлетворяют условиям [4].

$$P_{11} > 0 \ (P_{22} > 0), \ D(P_s) = P_{11}P_{22} - (P_{12} + P_{21})^2 / 4 > 0. \quad (1.2)$$

Здесь  $D(P_s)$  – определитель симметричной части  $P_s = (P + P^T) / 2$  тензора  $P$ ,  $P^T = (P_{ji})$  – транспонированный тензор.

Преобразуем систему (1.1) к каноническому виду [4]. Для упрощения суждений сделаем это для стационарного течения, хотя полученные результаты остаются в силе и в неоднородном случае, так как время  $t$  – параметр. Введём комплексные плоскости: физическую плоскость  $z = x + iy$ , где течение в области  $D$  описывают функции  $\phi(z)$ ,  $\psi(z)$ , и вспомогательную плоскость  $\zeta = \xi + i\eta$ , где течение в области  $D'$  характеризуют функции  $\phi(\zeta)$ ,  $\psi(\zeta)$ . Полагаем, что области  $D$  и  $D'$  взаимосвязаны гомеоморфным (взаимно однозначным и непрерывным) преобразованием  $\zeta = \zeta(z)$  ( $\xi = \xi(x, y)$ ,  $\eta = \eta(x, y)$ ), которое удовлетворяет уравнению Бельтрами вида [4]

$$\frac{\partial \zeta}{\partial z} - \mu(z) \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial z} = 0 \quad (1.3)$$

$$\left( \mu(z) = \frac{P_{22} - P_{11} - i(P_{12} + P_{21})}{P_{22} + P_{11} + 2\sqrt{D(P_s)}}, |\mu(z)| < 1 \right),$$

$$\text{где } 2 \frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y}, \quad 2 \frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y}.$$

Якобиан  $J$  преобразования  $\zeta = \zeta(z)$  положителен:

$$J = \left| \frac{\partial \zeta}{\partial z} \right|^2 - \left| \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial z} \right|^2 = \left| \frac{\partial \zeta}{\partial z} \right|^2 (1 - |\mu(z)|^2) > 0, \ z \in D,$$

что обеспечивает сохранение ориентации (в частности, направление обхода кривых) при переходе с плоскости  $z$  на  $\zeta$  и обратно. Полагаем, что при этом преобразовании бесконечно удалённая точка неподвижна.

Введём в плоскости  $\zeta$  комплексный потенциал  $W = W(\zeta)$  :



$$W = \phi + i \frac{\psi}{P'} \left( \phi = \frac{\operatorname{Re}(P'W)}{\operatorname{Re} P'}, \psi = \frac{|P'|^2 \operatorname{Im} W}{\operatorname{Re} P'} \right), \quad (1.4)$$

где  $P' = P'_1 + iP'_2 = \sqrt{D(P_s)} - i\sqrt{D(P_a)}$  – комплексная проводимость слоя  $P' = P'(\zeta)$ ,  $D(P_a) = (P_2 - P_{21})^2 / 4$  – определитель антисимметричной части  $P_a = (P - P^T)^2 / 4$  тензора  $P$ . Наряду с комплексным потенциалом  $W$  используем также приведённую комплексно сопряжённую скорость  $\bar{V} = V_\xi - iV_\eta$ , которая связана с  $W$   $\Sigma$ -производной  $W_\Sigma(\zeta)$  следующим образом

$$\bar{V}(\zeta) = \frac{2P'}{P' + \bar{P}'} W_\Sigma(\zeta) \quad (1.5)$$

$$\left( W_\Sigma(\zeta) \equiv \frac{\partial W}{\partial \zeta} + C(W - \bar{W}), C = \frac{\bar{P}'}{P' + \bar{P}'} \frac{\partial \ln P'}{\partial \zeta} \right).$$

Комплексный потенциал  $W$  и скорость  $\bar{V}$  удовлетворяют всюду в области  $D'$  (за исключением их изолированных особых точек) уравнениям [4, 6]

$$\frac{\partial W}{\partial \zeta} + A(W - \bar{W}) = 0 \quad \left( A = \frac{\bar{P}'}{P' + \bar{P}'} \frac{\partial \ln P'}{\partial \zeta} \right), \quad (1.6)$$

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial \zeta} + B\bar{V} + \bar{B}\bar{V} = 0 \quad \left( B = \frac{1}{P' + \bar{P}'} \frac{\partial P'}{\partial \zeta}, \bar{B} = \frac{1}{P' + \bar{P}'} \frac{\partial \bar{P}'}{\partial \zeta} \right), \quad (1.7)$$

в которых  $2 \frac{\partial}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \xi} - i \frac{\partial}{\partial \eta}$ ,  $2 \frac{\partial}{\partial \bar{\zeta}} = \frac{\partial}{\partial \xi} + i \frac{\partial}{\partial \eta}$ .

Уравнение (1.6) – каноническая форма комплексного представления уравнений (1.1).

2. Комплексный потенциал  $W(\zeta)$  и приведённая комплексно сопряжённая скорость  $\bar{V}(\zeta)$ , как решения уравнений (1.6) и (1.7), представим обобщёнными сингулярными интегралами типа Коши [4,6]. Пусть  $f(\zeta)$  и  $g(\zeta)$  – непрерывные на кусочно-гладкой кривой  $L'$  (замкнутой или разомкнутой), лежащей в односвязной области  $D'$ . Для  $W(\zeta)$  и  $\bar{V}(\zeta)$  имеют место обобщённые интегралы типа Коши (с ядрами  $\Omega_k(\zeta, \tau)$  и  $\omega_k(\zeta, \tau)$ ,  $k=1,2$ )

$$W(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L'} \Omega_1(\zeta, \tau) f(\tau) d\tau - \Omega_2(\zeta, \tau) \bar{f}(\tau) d\bar{\tau}, \quad \zeta \notin L', \quad (2.1)$$

где

$$\Omega_1(\zeta, \tau) = -2\pi P'(\tau) \frac{\partial F_1(\zeta, \tau)}{\partial \tau} = -2\pi i \frac{\partial F_2(\zeta, \tau)}{\partial \tau},$$

$$\Omega_2(\zeta, \tau) = -2\pi \bar{P}'(\tau) \frac{\partial F_1(\zeta, \tau)}{\partial \tau} = 2\pi i \frac{\partial F_2(\zeta, \tau)}{\partial \tau},$$

$$\bar{V}(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L'} \omega_1(\zeta, \tau) g(\tau) d\tau - \omega_2(\zeta, \tau) \bar{g}(\tau) d\bar{\tau},$$

$$\zeta \notin L', \quad (2.2)$$

$$\text{где } \omega_1(\zeta, \tau) = \pi [\bar{P}'(\tau) \bar{V}_1(\zeta, \tau) + i \bar{V}_2(\zeta, \tau)],$$

$$\omega_2(\zeta, \tau) = \pi [P'(\tau) \bar{V}_1(\zeta, \tau) - i \bar{V}_2(\zeta, \tau)].$$

Здесь  $F_k(\zeta, \tau)$  и  $\bar{V}_k(\zeta, \tau)$  – фундаментальные и главные решения уравнений (1.6) и (1.7), которые имеют в точке  $\zeta = \tau$  особенности логарифмического типа и полюсы первого порядка и представляют собой комплексные потенциалы и приведённые комплексно сопряжённые скорости нормированных стока (при  $k=1$ ) и вихря (при  $k=2$ ). Эти решения взаимосвязаны согласно (1.5) равенствами ( $\Sigma$  – производная от  $F_k(\zeta, \tau)$  берётся по переменной  $\zeta$ )

$$\bar{V}_k(\zeta, \tau) = \frac{2P'(\zeta)}{P'(\zeta) + \bar{P}'(\zeta)} F_{k\Sigma}(\zeta, \tau), \quad k=1,2.$$

Полагая, что  $f(\zeta)$  и  $g(\zeta)$  – функции класса Гёльдера на замкнутой кривой  $L'$ , непрерывно продолжим комплексный потенциал (2.1) и скорость (2.2) на эту кривую и получим для них предельные значения (обобщённые формулы Сохоцкого-Племеля)

$$W^\pm(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L'} \Omega_1(\zeta, \tau) f(\tau) d\tau - \Omega_2(\zeta, \tau) \bar{f}(\tau) d\bar{\tau} \pm \frac{f(\zeta)}{2}, \quad \zeta \in L', \quad (2.3)$$

$$\bar{V}^\pm(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L'} \omega_1(\zeta, \tau) g(\tau) d\tau - \omega_2(\zeta, \tau) \bar{g}(\tau) d\bar{\tau} \pm \frac{g(\zeta)}{2}, \quad \zeta \in L', \quad (2.4)$$

где интегралы понимаются в смысле главных значений по Коши; отмечены «+» («-») значения функций на кривой  $L'$  при подходе со стороны (противоположной стороны) орта нормали к ней.

Представления  $W(\zeta)$  в  $\bar{V}(\zeta)$  виде (2.1) – (2.4) – основа для решения стационарных и нестационарных граничных задач фильтрации. В качестве примера исследуем задачу сопряжения на границе слоёв различных проводимостей и задачу эволюции границы раздела жидкостей.

3. Исследуем сначала стационарную задачу сопряжения. Сформулируем задачу на плоскости  $\zeta$  [4]. Пусть течение происходит в кусочно-анизотропном слое, разделённом в плоскости  $\zeta$  линией  $\Gamma'$  на области  $D'_1$  и  $D'_2$  ( $D' = D'_1 \cup D'_2$ ), проводимости слоя в которых  $P'_1$  и  $P'_2$  ( $P'_v = k_v P'(\zeta)$ ,  $k_v = \text{const} > 0$ ,  $v=1,2$ ). Течение в областях  $D_v$ ,  $v=1,2$  описывают комплексные потенциалы (обобщённые потенциалы  $\phi_v(\zeta)$ , функции тока  $\psi_v(\zeta)$ )

$$W_v(\zeta) = k_v \phi_v(\zeta) + i \frac{\psi_v(\zeta)}{P'(\zeta)}, \quad \zeta \in D_v, \quad v=1,2. \quad (3.1)$$

Комплексные потенциалы (3.1) представим в виде

$$W_v(\zeta) = W_0(\zeta) + W_*(\zeta), \quad \zeta \in D_v, \quad v=1,2. \quad (3.2)$$

Здесь комплексный потенциал  $W_0(\zeta)$  описывает те-

чение от источников (стоков), заданных в слое проводимости  $P'$ ,  $W_*(\zeta)$  – комплексный потенциал возмущений, учитывающий различие проводимостей слоя  $P'_1$  и  $P'_2$ .  $W_0(\zeta)$  и  $W_*(\zeta)$  связаны с обобщёнными потенциалами и функциями тока формулой вида (1.4).

Учитывая (3.1) и (3.2), запишем для  $W_*(\zeta)$  условия на границах и в бесконечности. На границе  $\Gamma'$  имеют место условия непрерывности давления и расхода жидкости (орт нормали к  $\Gamma'$  направлен в область  $D'_1$ )

$$\operatorname{Re}\{P'(\zeta)[(1-\lambda)W_+^*(\zeta)-(1+\lambda)W_-^*(\zeta)-2\lambda W_0(\zeta)]\}=0, \quad (3.3)$$

$$\operatorname{Im}[W_+^*(\zeta)-W_-^*(\zeta)]=0, \quad \zeta \in \Gamma',$$

где  $\lambda = (k_1 - k_2)/(k_1 + k_2)$ ,  $\lambda \in (-1, 1)$ .

Если имеется сингулярная граница  $\sigma'_0 = \sigma'_{01} \cup \sigma'_{02}$ , где проводимость  $P' = \infty$  (на части  $\sigma'_{01}$ ) и  $P' = 0$  (на части  $\sigma'_{02}$ ), то она может быть границей области  $D'$  с условиями на ней

$$\left[ \frac{\operatorname{Re}(P'(\zeta)W_*(\zeta))}{P'_1(\zeta)} \right]^+ = 0, \quad \zeta \in \sigma'_{01};$$

$$\left[ \frac{P'(\zeta)\operatorname{Im}W_*(\zeta)}{P'_1(\zeta)} \right]^+ = 0, \quad \zeta \in \sigma'_{02}. \quad (3.4)$$

В случае области  $D'$ , содержащей бесконечно удалённую точку, имеем условия затухания возмущений при  $|\zeta| \rightarrow \infty$ :

$$\frac{\operatorname{Re}[P'(\zeta)W_*(\zeta)]}{P'_1(\zeta)} = O\left(\frac{1}{|\zeta|}\right),$$

$$P'(\zeta) \cdot \nabla \frac{\operatorname{Re}[P'(\zeta)W_*(\zeta)]}{P'_1(\zeta)} = O\left(\frac{1}{|\zeta|^2}\right). \quad (3.5)$$

Задача сопряжения на границе  $\Gamma'$  состоит в том, что по заданным источникам (стокам) течения в области  $D'$  проводимости  $P'(\zeta)$  (задан комплексный потенциал  $W_0(\zeta)$ ) найти комплексный потенциал  $W_*(\zeta)$ , удовлетворяющий уравнению (1.6) и в общем случае условиям (3.3) – (3.5). Затем, используя (3.2) и гомеоморфизм  $\zeta = \zeta(z)$ , находим комплексный потенциал  $W(z) = W[\zeta(z)]$  (а значит, обобщённый потенциал  $\phi(z)$  и функцию тока  $\psi(z)$ ) течения в заданной области  $D$  плоскости  $z$  (области  $D$  и  $D'$ , взаимосвязанные гомеоморфизмом  $\zeta = \zeta(z)$ ).

В том случае, когда слой кусочно-анизотропно однородный (проводимость  $P = (P_{ij})$  – кусочно-постоянный тензор), а граница сопряжения  $\Gamma$  в плоскости  $z$  каноническая (прямая, эллипс), решение задачи сопряжения получено в конечном виде [3].

В общем случае анизотропно-неоднородного слоя

полагаем, что граница  $\Gamma'$  – произвольная кусочно-гладкая кривая, а фундаментальные решения  $F_k(\zeta, \tau)$ ,  $k=1,2$  удовлетворяют условиям (3.4). Тогда согласно (2.1) и (2.3) имеем удовлетворяющие условиям (3.3), (3.5) комплексные потенциалы течения в областях  $D_1$  и  $D_2$  слоя проводимости  $P_1$  и  $P_2$ , сопрягающихся вдоль кривой  $\Gamma$  плоскости  $z$  в виде ( $\Gamma'$  – образ кривой  $\Gamma$ )

$$W_v(z) = W_0(\zeta) - \int_{\Gamma'} \Omega(\zeta, \tau) f(\tau) d\tau,$$

$$\zeta = \zeta(z), \quad z \in D_v, \quad v=1,2,$$

где вещественная функция  $f(\zeta)$  удовлетворяет сингулярному интегральному уравнению

$$f(\zeta) + 2\lambda \int_{\Gamma'} K(\zeta, \tau) f(\tau) d\tau = 2\lambda \phi_0(\zeta), \quad \zeta \in \Gamma', \quad (3.6)$$

в которых

$$\Omega(\zeta, \tau) = -P'_1(\tau) \frac{\partial F_1(\zeta, \tau)}{\partial n_\tau} + P'_2(\tau) \frac{\partial F_1(\zeta, \tau)}{\partial l_\tau} = \frac{\partial F_2(\zeta, \tau)}{\partial l_\tau}, \quad (3.7)$$

$$K(\zeta, \tau) = -P'_1(\tau) \frac{\partial \Phi_1(\zeta, \tau)}{\partial n_\tau} + P'_2(\tau) \frac{\partial \Phi_1(\zeta, \tau)}{\partial l_\tau} = \frac{\partial \Phi_2(\zeta, \tau)}{\partial l_\tau},$$

$$\phi_0(\zeta) = \frac{\operatorname{Re}[P'(\zeta)W_0(\zeta)]}{\operatorname{Re}P'(\zeta)},$$

$$\Phi_k(\zeta) = \frac{\operatorname{Re}[P'(\zeta)F_k(\zeta, \tau)]}{\operatorname{Re}P'(\zeta)}, \quad k=1,2,$$

$\frac{\partial}{\partial l_\tau}$  и  $\frac{\partial}{\partial n_\tau}$  – производные по направлениям ортов касательной и нормали кривой  $\Gamma'$ .

Таким образом, задача сопряжения редуцирована к неоднородному сингулярному уравнению второго рода (3.6).

4. Теперь исследуем эволюцию границы раздела жидкостей различных физических свойств (вязкости и плотности). Сформулируем задачу эволюции границы в плоскости  $\zeta$  [2,6]. В области  $D'$  плоскости  $\zeta$  течение описываем комплексным потенциалом (обобщённым потенциалом  $\phi(\zeta, t)$  и функцией тока  $\psi(\zeta, t)$ )

$$W(\zeta, t) = \phi(\zeta, t) + i \frac{\psi(\zeta, t)}{P'(\zeta)}, \quad \zeta \in D'. \quad (4.1)$$

Представим  $W(\zeta, t)$  в виде

$$W(\zeta, t) = W_0(\zeta, t) + W_*(\zeta, t), \quad \zeta \in D'. \quad (4.2)$$

Здесь  $W_0(\zeta, t)$  – комплексный потенциал течения жидкости вязкости  $\mu=1$  и плотности  $\rho=1$  от источников (стоков), заданных в слое проводимости  $P'(\zeta)$ ;  $W_*(\zeta, t)$  – комплексный потенциал возмущений, обусловленных различием физических свойств жидкостей.

На подвижной резкой («поршневое» вытеснение) границе  $\Gamma'_t$ :  $\zeta = \zeta(t, s)$  ( $s$  – параметр) раздела жидкостей вязкостей  $\mu_1$  и  $\mu_2$ , плотностей  $\rho_1$  и  $\rho_2$  заданы условия непрерывности давления и расхода жидкостей,

которые, используя (4.1) и (4.2) для комплексного потенциала  $W_*(\zeta, t)$ , запишем (при нормали к  $\Gamma'_t$  направлен в область, занятую первой жидкостью)

$$\operatorname{Re} \left\{ P'(\zeta) [(1 - \lambda_\mu) W_*^+(\zeta, t) - (1 + \lambda_\mu) W_*^-(\zeta, t)] - 2\lambda_\mu W_0(\zeta, t) - 2\alpha \Pi(\zeta, t) \right\} = 0, \quad (4.3)$$

$$\operatorname{Im} [W_*^+(\zeta, t) - W_*^-(\zeta, t)] = 0, \quad \zeta \in \Gamma'_t$$

$$\left( \lambda_\mu = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 + \mu_1}, \alpha = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\mu_2 + \mu_1} \right),$$

где  $\Pi(\zeta, t)$  – потенциал массовой силы. На границе  $\sigma'_0$  и в бесконечности комплексный потенциал  $W_*(\zeta, t)$  также должен удовлетворять условиям вида (3.4) и (3.5).

Пусть первоначальное положение границы  $\Gamma'_t$  задано ( $\Gamma'_t = \Gamma'_0$ ):

$$\text{при } t=0 \quad \zeta_0 = \zeta(0, s). \quad (4.4)$$

Представляя согласно (4.2) скорость  $V(\zeta, t)$  следующим образом

$$V(\zeta, t) = V_0(\zeta, t) + V_*(\zeta, t), \quad \zeta \in D', \quad (4.5)$$

где  $V_0(\zeta, t)$  и  $V_*(\zeta, t)$  связаны с комплексными потенциалами  $W_0(\zeta, t)$  и  $W_*(\zeta, t)$  формулами вида (1.5), имеем дифференциальные уравнения движения границы  $\Gamma'_t$ :

$$J'(\zeta) \frac{d\zeta}{dt} = \frac{P'(\zeta)}{H(\zeta)} \left[ V_0(\zeta, t) + \frac{V_*^+(\zeta, t) + V_*^-(\zeta, t)}{2} \right], \quad \zeta \in \Gamma'_t, \quad (4.6)$$

в которых  $J'(\zeta)$  – якобиан гомеоморфизма  $z = z(\zeta)$ , обратного  $\zeta = \zeta(z)$ .

Полагаем, что фундаментальные решения  $F_k(\zeta, \tau)$ ,  $k=1,2$  удовлетворяют условиям (3.4). Тогда на основании (2.1) и (2.3) находим удовлетворяющий условиям (4.3) комплексный потенциал

$$W(\zeta, t) = W_0(\zeta, t) - \int_{\Gamma'_t} \Omega(\zeta, \tau) f(\tau, t) d\tau, \quad \zeta = \zeta(z), \quad z \in D, \quad (4.7)$$

где вещественная функция  $f(\zeta, t)$  (класса Гёльдера в каждый момент  $t \geq 0$ ) удовлетворяет сингулярному интегральному уравнению

$$f(\zeta, t) - 2\lambda_\mu \int_{\Gamma'_t} K(\zeta, \tau) f(\tau, t) d\tau = 2[\lambda_\mu \phi_0(\zeta, t) + \alpha \Pi(\zeta, t)], \quad \zeta \in \Gamma'_t, \quad (4.8)$$

в которых  $\Omega(\zeta, \tau)$ ,  $K(\zeta, \tau)$  и  $\phi_0(\zeta, t)$  выражаются формулами вида (3.7).

Так как согласно формуле (4.7) комплексный потен-

циал возмущений

$$W_*(\zeta, t) = - \int_{\Gamma'_t} \Omega(\zeta, \tau) f(\tau, t) d\tau, \quad \zeta \in D',$$

то на основании равенств (1.5) и (3.7) находим соответствующую ему скорость

$$\bar{V}_*(\zeta, t) = - \int_{\Gamma'_t} \bar{V}_2(\zeta, \tau) f(\tau, t) d\tau, \quad \zeta \in D', \text{ к о -}$$

торую, после интегрирования по частям с учётом замкнутости границы  $\Gamma'_t$ , запишем

$$\bar{V}_*(\zeta, t) = \int_{\Gamma'_t} \bar{V}_2(\zeta, \tau) \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \tau} d\tau, \quad \zeta \in D'.$$

Используя формулу (2.4), в которой положим  $g(\tau, t) = \partial f(\tau, t) / \partial \tau$ , находим

$$\bar{V}_*^+(\zeta, t) + \bar{V}_*^-(\zeta, t) = 2 \int_{\Gamma'_t} \bar{V}_2(\zeta, \tau) \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \tau} d\tau, \quad \zeta \in \Gamma'_t,$$

где интеграл понимается в смысле главного значения по Коши,  $\partial f(\tau, t) / \partial \tau$  – функция класса Гёльдера при  $t > 0$ . Тогда уравнение (4.6) принимает вид нелинейного дифференциального уравнения границы  $\Gamma'_t$ :

$$J'(\zeta) \frac{d\zeta}{dt} = \frac{P'(\zeta)}{H(\zeta)} \left[ \bar{V}_0(\zeta, t) + \int_{\Gamma'_t} \bar{V}_2(\zeta, \tau) \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \tau} d\tau \right], \quad \zeta \in \Gamma'_t. \quad (4.9)$$

Таким образом, задача эволюции границы раздела жидкостей заключается в том, что по заданным источникам (стокам) (задан комплексный потенциал  $W_0(\zeta, t)$  в слое проводимости  $P'(\zeta)$ ), вязкостям и плотностям жидкостей, начальному положению границы (задано условие (4.4)) найти её положение  $\Gamma'_t$ :  $\zeta = \zeta(t, s)$  при  $t > 0$ , а также, в случае надобности, комплексный потенциал  $W(\zeta, t)$ .

Задача эволюции границы раздела жидкостей редуцирована к системе неоднородного сингулярного интегрального уравнения второго рода (4.8) и нелинейного дифференциального уравнения (4.9) с начальным условием (4.4). Используя гомеоморфизм  $\zeta = \zeta(z)$  (и обратный ему  $z = z(\zeta)$ ), можно найти при  $t > 0$  положение границы  $\Gamma_t$ :  $z(t, s) = z[\zeta(t, s)]$  и комплексный потенциал  $W(z, t) = W[z(\zeta, t)]$  в плоскости  $z$ .

Аналогично исследованы первая и вторая краевые задачи фильтрации в анизотропном и неоднородном слое [2,3,4,6]. На основе решённых задач численным методом дискретных особенностей исследована работа скважин и эволюция водо-нефтяного контакта (границы загрязнений) в анизотропных пластах грунта, которые являются усложнёнными моделями проблем практики, изученных в случае изотропного грунта [7].

**Библиографический список**

1. Голубева О.В. Метод расчёта фильтрации в криволинейно анизотропных основаниях гидросооружений. Препринт №118, М.: ИПМ АН СССР, 1978. 58 с.
2. Пивень В.Ф. Двумерная задача эволюции границы раздела жидкостей в анизотропном слое пористой среды // Труды международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики», выпуск 7. Орел: Издательство ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2009. С. 81-91.
3. Пивень В.Ф. Исследования граничных задач плоскопараллельных течений жидкости в анизотропной пористой среде // Дифференциальные уравнения. 2009. №9(45). С. 1286-1297.
4. Пивень В.Ф. Обобщённый сингулярный интеграл Коши для граничных задач двумерных течений в анизотропно-неоднородном слое пористой среды // Дифференциальные уравнения. 2012. №9(48). С. 1292-1307.
5. Пивень В.Ф. Постановка основных граничных задач фильтрации в анизотропной пористой среде // Труды XIII Международного симпозиума «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики», Херсон, 11-16 июня 2007, Харьков: Издательство Харьковского университета. 2007. С.239-243.
6. Пивень В.Ф. Сингулярные интегралы с обобщёнными ядрами Коши для поля скоростей граничных задач фильтрации в анизотропно-неоднородном слое пористой среды // Дифференциальные уравнения. 2014. №9(50). С. 1196-1214.
7. Пивень В.Ф. Теория и приложения математических моделей фильтрационных течений жидкости. Орёл: Издательство ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2006. 508 с.
8. Радыгин В.М., Голубева О.В. Применение функций комплексного переменного в задачах физики и техники: учеб. пособие для студентов педвузов. М.: Высшая школа, 1983. 160 с.

**References**

1. Golubeva O.V. The method of calculation of anisotropic filtering in curvilinear basis of hydro construction. Preprint №118, M.: IAM AS USSR, 1978. 58 p.
  2. Piven V.F. Two-dimensional problem of the evolution of a fluid interface in an anisotropic porous medium layer // Proceedings of the International Workshop “Methods of discrete features in mathematical physics”, issue 7. Orel: Publishing house “Orel State University”. 2009. Pp. 81-91.
  3. Piven V.F. Study of boundary value problems of plane-parallel fluid flows in an anisotropic porous medium // Differential equations. 2009. №9(45). Pp. 1286-1297.
  4. Piven V.F. Generalized Cauchy singular integral boundary value problems for the two-dimensional flows in anisotropic inhomogeneous layer of the porous medium // Differential equations. 2012. №9(48). Pp. 1292-1307.
  5. Piven V.F. Statement of the basic boundary value problems of filtration in the anisotropic porous medium // Proceedings of the XIII International Symposium “Methods of discrete features in mathematical physics”. Kherson, 11-16 June 2007, Kharkov: Publishing house Kharkov University. 2007. Pp. 239-243.
  6. Piven V.F. Singular integrals with generalized Cauchy kernels for velocity boundary value problems of filtration in anisotropic inhomogeneous layer of the porous medium // Differential equations. 2014. №9(50). Pp. 1196-1214.
  7. Piven V.F. Theory and applications of mathematical models of filtration of fluid flows. Orel: Publishing house “Orel State University”, 2006. 508 p.
  8. Radygin V.M. Golubeva O.V. Application of functions of a complex variable in the problems of physics and engineering: a textbook for students of pedagogical institutes. M.: Higher School, 1983. 160 p.
-

**В.М. РАДЫГИН**

доктор технических наук, профессор, Академия Федераль-  
ной службы охраны РФ  
E-mail: boch\_p@mail.ru

**О.В. ИВАНЦОВ**

кандидат технических наук, доцент, Академия Федераль-  
ной службы охраны РФ  
E-mail: boch\_p@mail.ru

**П.В. БОЧКОВ**

кандидат технических наук, доцент, Академия Федераль-  
ной службы охраны РФ  
E-mail: boch\_p@mail.ru

**V.M. RADIGIN**

Doctor of technical sciences, Professor, Federal Guard Service  
Academy of the RF  
E-mail: boch\_p@mail.ru

**O.V. IVANTSOV**

Candidate of technical sciences, Associate Professor, Federal  
Guard Service Academy of the RF  
E-mail: boch\_p@mail.ru

**P.V. BOCHCOV**

Candidate of technical sciences, Associate Professor, Federal  
Guard Service Academy of the RF  
E-mail: boch\_p@mail.ru

**ВЕРХНЯЯ ГРАНИЦА МИНИМАЛЬНОГО КОДОВОГО РАССТОЯНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ БЛОКОВОЙ  
ДЛИНЫ СЕГМЕНТА ДВОИЧНОГО КОДА ЛИНЕЙНОЙ РЕКУРРЕНТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ**

**SUPERIOR LIMIT OF MINIMUM CODED DISTANCE OF ARBITRARY TROCHLEAR LENGTH  
OF SEGMENT'S BINARY CODE OF LINEAR RECURRENT SEQUENCE**

В статье представлен вывод аналитического выражения по определению верхней границы минимального кодового расстояния для произвольной блоковой длины сегмента двоичного кода простой М-последовательности и определена его асимптотическая форма границы скорости и относительного расстояния кода.

Ключевые слова: линейная рекуррентная последовательность, блоковая длина, сегмент двоичного кода, границы минимального кодового расстояния, асимптотическая форма границы сегментов ЛРП.

The given article presents the conclusion of analytical expression for determining superior limit of minimum coded distance for arbitrary trochlear length of segment's binary code of simple M-sequence and defines its asymptotic form of speed limit and relative code distance.

Keywords: linear recurrent sequence, trochlear length, segment of binary code, limits of minimum coded distance, asymptotic form of segments limits of linear recurrent sequence.

Широкое использование линейных рекуррентных последовательностей в помехоустойчивом кодировании информации для синхронизации систем передачи данных, а также при измерениях качества цифровых каналов связи определяет актуальность задачи точного расчета спектра кода максимальной длины (КМД) при  $n < 2^k - 1$  для линейного  $(n; k; d)$  двоичного кода.

Так, например, на этапе проектирования различных технических устройств современных телекоммуникационных систем выбор оптимальных параметров линейного  $(n; k; d_{\min})$  двоичного кода целесообразно осуществлять по максимальному значению показателя относительного кодового расстояния  $\delta(n; k)$  двоичного кода и по максимальному значению R-скорости кода [1; 2]. При этом вычисление точных значений  $\delta$  и R для всех сегментов КМД длины  $k \leq n \leq 2^k - 1$ , полученных при использовании всех возможных примитивных полиномов с различной разрядностью k, путем полного перебора участков n на M-последовательности является сложной вычислительной задачей, решение которой даже с использованием современной вычислительной техники вызывает затруднение, особенно для больших k и n.

Вместе с тем, нетрудно заметить, что ложное декодирование происходит тогда, когда какой-либо сегмент

длиной  $n = k + m$  рекуррентной последовательности из-за помех (ошибок) в канале преобразуется в другой сегмент на M-последовательности. Это событие произойдет тогда и только тогда, когда выполняются соотношения

$$\sum_{j=0}^k e_{i-j} h_{k-j} = 0 \pmod{2}, \quad i = i_0, i_0 + 1, \dots, i_0 + m - 1;$$

$$\sum_{i=i_0}^{i_0+m-1} e_i \neq 0, \quad (1)$$

где  $e_i$  – образец ошибки, равный 0 при отсутствии ошибок, и 1 при их наличии, k – количество проверочных символов,  $h_{k-j}$  – значения символов в ЛРП, подвергающихся проверке для декодирования сегмента.

Из теории кодирования следует [3], что соотношения (1) эквивалентны появлению необнаруженной ошибки при использовании блочного  $(n, k)$ -кода с проверочной матрицей

$$H = \begin{pmatrix} h_0 & \dots & \dots & h_k & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_0 & \dots & \dots & h_k & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & 0 & h_0 & \dots & h_k \end{pmatrix}.$$



Легко убедиться, что блочный код с проверочной матрицей такого вида совпадает с кодом, полученным из  $(2^k - 1, k)$  – кода максимальной длины путем выбора произвольно расположенного «сечения» всех его комбинаций длиной  $n$  – сегмента кода максимальной длины (КМД). Другими словами если синдром выражения (1) отличен от нуля, то при передаче произошли ошибки. На этом и основано обнаружение ошибок.

Очевидно, что условием ложного декодирования является пакет ошибок длиной  $n$ . Если сегмент КМД любой длины  $n \leq 2^k - 1$  является линейным  $(n; k)$ -кодом, то для него справедлива следующая теорема.

**Теорема [2]:** Для всякого линейного  $(n; k)$ -кода, исправляющего пакеты ошибок длины меньшей или равной  $n - k - 2b$ , имеет место следующее неравенство:

$$n - k - 2b \geq 0. \quad (2)$$

Всякая подматрица размерности  $(n - k) \times 2b$  проверочной матрицы  $H$  должна быть невырожденной, т.е. состоять из линейно независимых столбцов. Если допустить, что  $n - k < 2b$ , то легко увидеть, что это требование нарушается, так как любые  $2b$  столбцов, каждый из которых имеет длину меньшую, чем  $2b$ , обязательно линейно зависимы. То есть минимальная избыточность циклического кода, обеспечивающая исправление пакетов ошибок длины  $b$ , равна  $2b$ . Следовательно, разность  $n - k - 2b$  представляет собой меру эффективности кода, исправляющего пакеты ошибок.

Из этого следует, что для сегментов КМД длиной  $n$  пакет ошибок  $b \leq d_{\min} - 1$ . Соответственно предельное значение  $b = d_{\min}^B - 1$  представляет собой меру эффективности сегмента КМД длиной  $n$ . Подставим полученное предельное значение  $b$  в выражение (2) и получим выражение

$$n - k - 2(d_{\min}^B - 1) \geq 0. \quad (3)$$

Из выражения (3) выразим  $d_{\min}^B$

$$d_{\min}^B \leq \frac{n - k}{2} + 1. \quad (4)$$

Так как получаемые значения  $d_{\min}^B$  принадлежат множеству натуральных чисел, то выражение (4) примет вид

$$d_{\min}^B \leq \left\lfloor \frac{n - k}{2} \right\rfloor + 1. \quad (5)$$

Чтобы проверить точность полученных значений  $d_{\min}^B$  с помощью выражения (5) необходимо провести их сравнение со значениями  $d_{\min}^B$ , полученных экспериментальным путем.

На графике (рис. 1) произведено сравнение  $d_{\min}^B$  и  $d_{\min}^B$ , сегментов КМД линейной рекуррентной последовательности, например, при  $k = 7$  длиной  $k \leq n \leq 2^k - 1$ .

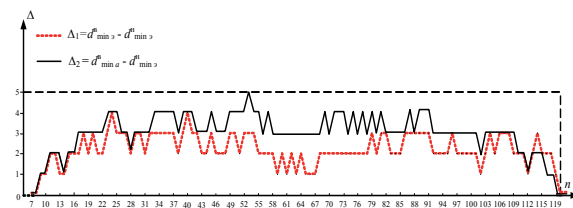


Рис.1. Верхние границы сегментов КМД при  $k = 7$ , полученных экспериментальным и аналитическим способом.

Аналитические значения  $d_{\min}^B$  получены с использованием выражения (5). Экспериментальные значения  $d_{\min}^B$  получены путем машинного перебора всего множества сегментов КМД (для  $k = 7$ ) на М-последовательностях, образованных ПГРС с использованием восемнадцати примитивных полиномов.

Графики на рисунке 1 представлены так, чтобы можно было оценить точность получения значений с помощью выражений  $\Delta_2 = d_{\min}^B - d_{\min}^H$  и  $\Delta_1 = d_{\min}^B - d_{\min}^H$ .

Чтобы сравнить эффективность кодирования нового класса кодов с известными кодами, например, с максимально достижимым кодовым расстоянием (МДР-кодами), необходимо вычислить их асимптотическую границу, которая определяется асимптотической формой скорости и относительного расстояния кода  $C$  сегмента длиной  $n$  на М-последовательности. Скорость

кода определяется выражением  $R(C) = \frac{k}{n}$ , а относительное кодовое расстояние – выражением  $\delta(C) = \frac{d_{\min}}{n}$ .

Рассмотрим произвольный сегмент с параметрами  $(n, k, d)$ -кода  $C$ . Предположим, что  $n = (2^k - 1) \rightarrow \infty$ .

Разделим обе части неравенства (3) на  $n$  и получим следующее выражение:

$$\frac{k}{n} \leq 1 - 2 \frac{d_{\min}}{n} + \frac{2}{n}. \quad (6)$$

Подставим в выражение (6) показатели скорости кода и относительного кодового расстояния

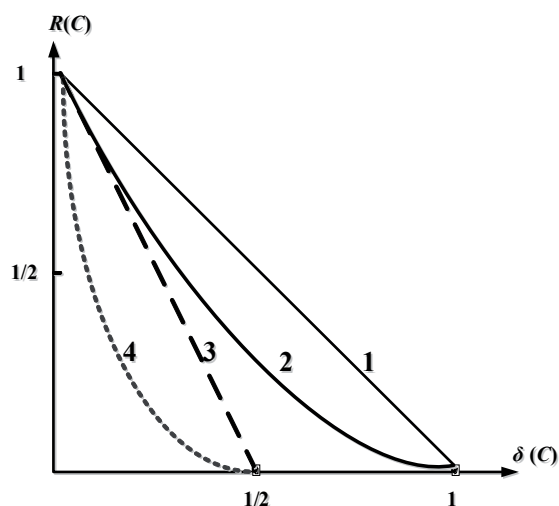
$$R(C) \leq 1 - 2\delta(C) + 0(2). \quad (7)$$

Значением  $0(2)$  можно пренебречь, и тогда получим окончательное выражение

$$R(C) \leq 1 - 2\delta(C). \quad (8)$$

На рисунке 2 приведены асимптотические соотношения между  $R$  и  $\delta$  полученной верхней границы сегмента М-последовательности длиной  $n$  и асимптотических границ Синглтона, Хемминга, Варшавова-Глильберта.

Полученная асимптотическая граница помехоустойчивых блочных кодов (рис. 2), в которых кодирование осуществляется сегментами длиной  $n$  на М-последовательности, уступает по эффективности кодирования известным МДР-кодам и плотно упакованным кодам Хемминга.



**Рис. 2.** Асимптотические формы границ скорости и относительного кодового расстояния: 1 – граница Синглтона для МДР-кодов; 2 – граница Хемминга; 3 – граница сегментов на М-последовательности длиной  $n$ ; 4 – граница Варшавова-Гильберта.

Несмотря на преимущества МДР-кодов блочный код, использующий сегменты ЛРП, позволяет, используя свойство рекуррентности, синтезировать декодер, у которого вероятность ложного декодирования стремиться к нулю, что является определяющим в системах передачи данных, где получение ложной информации опаснее, чем ее неполучение.

Необходимо также отметить, что синтез БЧХ и РС кодов как рекуррентных последовательностей, полученных в работе [1], позволяет приблизиться к асимптотической границе МДР-кодов.

### Выводы

На основании известных свойств линейного рекуррентного регистра верхняя граница минимально кодового расстояния сегментов М-последовательности произвольной размерности, на примере ПГРС при  $k = 7$ , вычисленная аналитическим путем, не превышает значений, полученных машинным способом:

1.  $\Delta = \Delta_2 - \Delta_1 \leq 1$  на участке  $k \leq n \leq (2^k - 1)/3$ .
2.  $\Delta = \Delta_2 - \Delta_1 \leq 2$  на участке  $(2^k - 1)/3 < n \leq 2^k - 2k - 1$ .

### Библиографический список

1. Конговицкий О.С. Теория, методы и алгоритмы решения задач в телекоммуникациях на основе двойственного базиса и рекуррентных последовательностей. Монография. СПб.: СПбГУТ, 2011.
2. Гладких А.А. Основы теории мягкого декодирования избыточных кодов в стирающем канале связи. Ульяновск: УлГТУ, 2010.
3. Системы документальной связи: учебное пособие. В 3 ч. Ч. 1. Основы построения сетей специальной документальной связи / [С. В. Гребенев, И. А. Дроздов, С. Н. Семкин и др.]; под. общ. ред. И. А. Дроздова. Орел.: Академия ФСО России, 2008.
4. Иванцов О.В., Саитов И.А. Границы минимального кодового расстояния для некоторой блочной длины сегмента двоичного кода линейной рекуррентной последовательности. Научный журнал «Труды СПИИРАН». Выпуск 4(35). Санкт-Петербург: ФГБУН «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук», 2014. С.15–32.

### References

1. Kongivitskiy O.S. Theory, methods and algorithms of telecommunication tasks solution on the dual basis and recurrent sequences. Monography. SPb.: SPbGUT, 2011.
2. Gladkikh A.A. Theory fundamentals of soft decoding the redundant codes in deleting communication channel / A.A Gladkikh. Ulyanovsk: UISTU, 2010.
3. Documentary communication systems: school manual. In 3 v. V. 1. Fundamentals of constructing dedicated documentary communication networks / [S.V. Grebenev, I.A. Drozdov, S.N. Syemkin and others]; under general edition of I.A. Drozdov. Orel. Russian FGS Academy, 2008.
4. Ivantsov O.V., Saitov I.A. Minimum coded distance limits for certain trochlear length of binary code segment of linear recurrent sequence. Scientific magazine "SPIIRAN works" Release 4(35). Sant-Petersburg: FSBUN "SPb informatics and automation Institute of the Russian sciences Academy", 2014. Pp. 15–32.

3. На участке  $2^k - 2k - 1 < n \leq 2^k - 1$  верхняя граница  $d_{\min}^B$ , полученная с помощью выражения (7), становится ниже экспериментальных значений  $d_{\min}^B$ .

Для вычисления значений  $d_{\min}^B$  на этом участке можно использовать аналитическое выражение границы Грайсмера. Данная граница определяет количество разрядов кодовой комбинации циклического кода при заданном количестве разрядов информационной части для обеспечения заданного кодового расстояния и справедлива для сегментов, длина которых сравнима с КМД простой М-последовательности.

Таким образом, общая погрешность  $\Delta$  вычисления верхней границы для сегмента двоичного кода произвольной длины простой М-последовательности на участке  $k \leq n \leq 2^k - 2k - 1$  не превышает 2. Так как наибольшее практическое применение в телекоммуникационных системах из всего возможного спектра сегментов КМД получили коды, не превышающие одной трети длины М-последовательности, то погрешность полученных значений для них не превышает  $\Delta = \Delta_2 - \Delta_1 \leq 1$ .

### Заключение

Полученное аналитическое выражение определяет верхнюю границу минимального кодового расстояния произвольной блочной длины сегмента двоичного кода простой М-последовательности и позволяет сравнительно точно и быстро производить расчеты исправляющей способности проектируемого устройства защиты от ошибок.

Полученное выражение не противоречит полученным аналитическим выражениям по точному вычислению границы минимального кодового расстояния, для некоторых длин сегмента двоичного кода линейной рекуррентной последовательности, представленным в работе [4].

Асимптотическая форма границы скорости и относительного расстояния кода показывает возможность эффективного применения исследуемого класса кодов с определенными преимуществами, характерными только для этого класса.

**О.А. РЮМШИНА**

старший преподаватель, кафедра информатики,  
Орловский государственный университет  
E-mail: comadu@rambler.ru

**O.A. RUMSHINA**

Senior teacher, Department of Informatics, Orel State University  
E-mail: comadu@rambler.ru

## РЕКУРСИВНАЯ СВЯЗЬ В МОДЕЛИРУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ РЕЛЯЦИОННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

### RECURSIVE RELATIONSHIP IN A SIMULATED SUBJECT AREA AND THE FEATURES OF ITS RELATIONAL VIEW

*В настоящей статье описываются разновидности и свойства рекурсивных связей между сущностями, выделяемых на уровне концептуального представления данных предметной области, и предлагается системный подход к реляционному представлению таких связей.*

*Ключевые слова:* предметная область, моделирование, сущность, связь, рекурсивная связь, реляционная модель, отношение.

*This article describes the types and properties of recursive relationships between entities allocated at the level of conceptual representation of the subject area data, and offers a systematic approach to relational views of such relationships.*

*Keywords:* subject area, modeling, entity, relationship, recursive relationship, relational model, relation.

При проектировании информационных систем в процессе моделирования данных предметной области нередко встречаются связи, представляющие собой «петлю» (замыкание), когда сущность ссылается сама на себя. Такие связи получили название рекурсивных. Они отличаются тем, что, во-первых, описывают взаимоотношения не между двумя или более сущностями, как обычно в ситуациях с бинарными, тернарными и т. д. связями, а между экземплярами одной и той же сущности, а во-вторых, в отличие от распространенных связей вида «тип-подтип» [2], связанные экземпляры рассматриваемой сущности образуют либо многозвенную цепочку, либо ячеистую «сеть», располагаясь в её узлах.

Характер каждой конкретной такой связи определяется количеством экземпляров сущности, участвующих в связи с той и с другой стороны, а также обязательностью участия сторон в рассматриваемой связи. В зависимости от выбранной нотации представления, эти параметры можно задавать как с помощью кардинальных чисел, так и используя понятия степени связи и класса принадлежности<sup>1</sup> [1].

При этом, исходя из комбинаций вышеупомянутых параметров, не всякая рекурсивная связь принципиально возможна [3]. В реальности могут иметь место рекурсии любой степени связи, но при этом со строго обязательной принадлежностью «концов». Вопрос принципиальной невозможности рекурсивных связей с обязательным участием хотя бы одной из сторон является темой отдельного исследования; здесь же рассмотрим реализуемые разновидности и особенности их

представления через отношения реляционной модели.

#### Рекурсивная связь вида 1:1, Н—Н

На рис. 1 представлена сущность ПЕРСОНА с рекурсивной связью «В-БРАКЕ-С»<sup>2</sup>. Каждый её экземпляр может быть связан (состоять в браке) только с одним соответствующим экземпляром, при этом, естественно, присутствуют несвязанные экземпляры с обеих сторон (холост, не замужем).

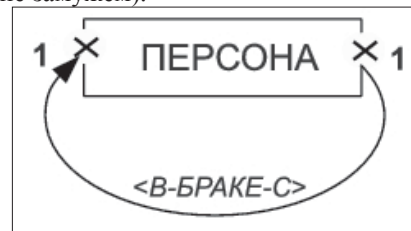


Рис. 1. Рекурсивная связь 1:1, Н—Н.

Для представления такой связи в реляционной модели на практике используют одно отношение с внешним ключом, ссылающимся на значение первичного ключа того же отношения. При этом у «свободных» экземпляров внешний ключ принимает значение NULL (табл. 1). Такое решение обусловлено экономией дискового пространства при хранении данных и ресурсов сервера при выборках со связыванием, однако не соответствует в строгом смысле требованиям реляционной модели (нежелательность NULL-значений во внешних ключах).

<sup>1</sup> Класс принадлежности экземпляров сущности рассматриваемой связи показывает минимальное количество экземпляров данной сущности, участвующих в связи. Может принимать значения: 0 — обязательное участие (Н), 1 — обязательное участие (О).

<sup>2</sup> Значком «<» обозначен необязательный класс принадлежности.

Таблица 1.

Представление рекурсивной связи 1:1, Н—Н  
в реляционной модели: одно отношение

Id	Фамилия	Имя	Отчество	...	В браке
...	...	...	...	...	...
328	Егоров	Иван	Михайлович	...	330
329	Егоров	Сергей	Сергеевич	...	NULL
330	Егорова	Анна	Леонидовна	...	328
331	Егорова	Виктория	Сергеевна	...	NULL
332	Ефимова	Ирина	Александровна	...	673
333	Ефремов	Константин	Олегович	...	334
334	Ефремова	Татьяна	Витальевна	...	333
...	...	...	...	...	...
673	Посылаев	Сергей	Геннадьевич	...	332
...	...	...	...	...	...

В рассматриваемой ситуации возникает проблема контроля целостности, связанная с парными (сопряжёнными) ссылками: экземпляры, связанные браком, должны ссылаться друг на друга (и только). В простейшем случае этот контроль можно возложить на сторону сервера БД, реализовав в виде хранимых процедур или триггеров.

#### Рекурсивная связь вида 1:М, Н—Н

На рис. 3 представлена сущность УЧАСТНИК с рекурсивной связью «ПРИВЕДЁН». Такая ситуация может иметь место, к примеру, в клубе по интересам или в сетевом маркетинге, когда рейтинг участника зависит от числа приведённых им новичков. Каждый экземпляр рассматриваемой сущности может быть связан с несколькими подобными экземплярами по семантике «ПРИВЕЛ» (один участник может привести несколько новых участников), однако в обратную сторону (по семантике «ПРИВЕДЁН») каждый экземпляр ссылается только на одного подобного (новичок может быть приведён только одним ранее пришедшим участником), при этом также присутствуют не связанные ни с какими другими экземпляры (кто-то пришёл сам, кто-то никого не привёл).

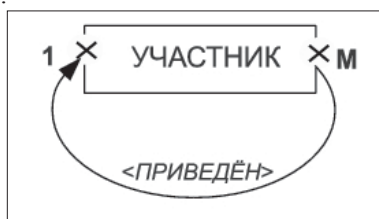


Рис. 2. Рекурсивная связь 1:М, Н—Н.

При представлении рассматриваемой связи в реляционной модели на практике также используют одно отношение, по структуре аналогичное таковому для описанной выше ситуации (см. табл. 1); здесь внешний ключ также ссылается на значение первичного ключа в том же отношении (кем приведён) и у несвязанных экземпляров (у тех, кто пришёл сам) имеет неопределённое значение (табл. 2). Причины такого решения аналогичны указанным в предыдущем примере.

Таблица 2.

Представление рекурсивной связи 1:М, Н—Н  
в реляционной модели: одно отношение

Id	Фамилия	Имя	Отчество	...	Кем приведён
1	Новиков	Сергей	Петрович	...	NULL
2	Петров	Андрей	Иванович	...	NULL
3	Новиков	Алексей	Николаевич	...	2
4	Селивёрстова	Анастасия	Михайловна	...	NULL
5	Ниджаев	Астар	Ибрагим-бекович	...	4
6	Иванов	Алексей	Ильич	...	NULL
7	Ташкин	Вениамин	Афанасьевич	...	2
8	Больших	Александр	Стефанович	...	NULL
9	Циммерман	Белла	Самуиловна	...	1
10	Новикова	Александра	Сергеевна	...	1
...	...	...	...	...	...

#### Рекурсивная связь вида М:М, Н—Н

На рис. 3 представлена сущность ПИТОМЕЦ с рекурсивной связью «ПОВЯЗАН-С» (к примеру, для предметной области кошачьего или собачьего питомника). В данном случае каждый экземпляр сущности может быть связан с несколькими подобными экземплярами в обе стороны (каждое животное может быть повязано не единожды), при этом возможны не связанные ни с какими другими экземпляры (молодые животные).



Рис. 3. Рекурсивная связь М:М, Н—Н.

При представлении описываемой связи в реляционной модели одного отношения уже недостаточно, поскольку двухсторонняя многосвязность порождает избыточное дублирование данных и аномалии в отношении. В этом случае необходимо создавать два отношения: одно, содержащее данные о животных обоих полов, и другое – подчинённое, связывающее животных по их идентификаторам через семантику «ВЯЗКА» (табл. 3). Оба поля связующего отношения содержат внешние ключи, ссылающиеся на идентификатор повязанного животного. Для контроля целостности, исключения дублирования ссылок и оптимизации поиска внешние ключи сгруппированы в соответствии с полом животных.

Проведённое исследование позволяет систематизировать распознавание и реализацию рекурсивных связей при моделировании предметной области, в связи с чем имеет непосредственную практическую значимость.

Таблица 3.

Представление рекурсивной связи М:М, Н—Н в реляционной модели: два отношения

Id	Кличка	Пол	...
1	Дейзи	f	...
2	Мур	m	...
3	Сабина	f	...
4	Фишка	f	...
5	Гарфилд	m	...
6	Мисси	f	...
7	Ковбой	m	...
8	Рыжик	m	...
...	...	...	...

	Id_f	Id_m	Дата
1	5	16.06.08.	
1	8	20.03.09.	
4	5	13.08.08.	
6	8	17.09.08.	
6	7	22.02.09.	
...	...	...	

#### Библиографический список

1. Хомоненко А. Д. Базы данных: учебник для вузов. М.-СПб.: «Бином», «Корона принт», 2006. 736 с.
2. Крёнке Д. Теория и практика построения баз данных. М.-СПб.-Киев и т. д.: «Питер», 2005. 859 с.
3. Козленко Л. Проектирование информационных систем [Электронный ресурс]. КомпьютерПресс. 2001. № 9. <http://www.compress.ru/Archive/CP/2001/9/20/>

#### References

1. Homonenko A. D. Databases: the textbook for high schools. M.-St. P.: «Binom», «CoronaPrint», 2006. 736 p.
2. Kroenke D. Database processing. M.-St. P.-Kiev etc.: «Piter», 2005. 859 p.
3. Kozlenko L. The design of information systems [ Electronic resource]. // ComputerPress. 2001. № 9. <http://www.compress.ru/Archive/CP/2001/9/20/>



**В.Д. СЕЛЮТИН**

доктор педагогических наук, профессор, зав.кафедрой алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет

E-mail: selutin\_v\_d@mail.ru

**Н.Н. ЯРЕМКО**

кандидат физико-математических наук, доцент, докторант, кафедра алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет

E-mail: yaremki@yandex.ru

**V.D. SELUTIN**

Doctor of Pedagogics, Professor, Department of algebra and mathematical methods in economics, Orel State University

E-mail: selutin\_v\_d@mail.ru

**N.N. YAREMKO**

Candidate physical and mathematical sciences, Associate Professor, Doctoral student, Department of algebra and mathematical methods in economics, Orel State University

E-mail: yaremki@yandex.ru

**РЕШЕНИЕ НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С ПОМОЩЬЮ  
РЯДОВ ПО ПОЛИНОМАМ ЭРМИТА**

**SOLVING OF ILL-POSED PROBLEMS FOR HEAT EQUATION BY HERMITE POLYNOMIALS SERIES**

В данной работе рассматриваются формулы для решения некорректных обратных задач, которые могут служить в качестве основы для построения операторов регуляризации. Прямая и обратная задачи Коши для уравнения теплопроводности решаются в декартовых и полярных координатах путем представления в виде ряда по многочленам Эрмита.

Ключевые слова: уравнение теплопроводности, прямая и обратная задачи Коши, корректная и некорректная задача.

In this paper, we consider the formulas for solving ill-posed inverse problems which can serve as a basis for regularization operators. Direct and inverse Cauchy problems for heat equation are solved in Cartesian and polar coordinates presenting as a Hermite polynomials series.

Keywords: heat equation, direct/inverse Cauchy problem, well-posed /ill-posed problem.

**Введение**

В этой статье прямая и обратная задачи Коши для уравнения теплопроводности решаются в декартовых и полярных координатах. Обратная задача Коши для уравнения теплопроводности состоит в реконструкции априори неизвестного начального состояния динамической системы по известному конечному состоянию. В 1939 году французский математик Жак Адамар определяет: проблема называется корректной, если решение существует, решение единственно, поведение решения мало меняется, когда есть небольшое изменение в исходном состоянии. Задача называется некорректной, если хотя бы одно из этих трех условий не выполняется. Чаще всего третье условие, так называемое условие устойчивости решения, нарушается для некорректных задач. В этом случае возникает парадоксальная ситуация: задача математически определена, но ее решение не может быть получено с помощью обычных методов. В математике подавляющее большинство обратных задач некорректно: малым возмущениям исходных данных (наблюдения) могут соответствовать сколь угодно большие возмущения решения. Классическим примером некорректной задачи служит обратная задача Коши (ретроспективная проблема) для уравнения теплопроводности. Прямая задача Коши для уравнения теплопроводности корректна.

В данной работе решение для прямых задач Коши представляется в виде ряда по многочленам Эрмита. Хорошо известное классическое решение для пря-

мой задачи Коши представляется в виде интеграла Пуассона. Мы заметили, что решение обратной задачи Коши обладает симметрией по отношению к решению прямой задачи Коши. Формулы для решения обратной задачи, полученные в настоящей работе, могут служить в качестве основы для устойчивого вычислительного алгоритма. Ранее известная классическая формула для решения обратной задачи не обладает такими свойствами, поэтому классическая формула не может служить основанием для сходящегося алгоритма.

1. Задача Коши (прямая задача) для уравнения теплопроводности.

Решение задачи Коши с начальным распределением теплового поля для бесконечного стержня мы получим в виде ряда по полиномам Эрмита. Для того чтобы получить этот результат, мы используем известную формулу аналитического представления решения в виде интеграла Фурье [1]:

$$u(\tau, x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2 \tau} e^{i\lambda x} \left( \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\lambda \xi} f(\xi) d\xi \right) d\lambda, \quad (1)$$

где  $f(x)$  – первоначальное распределение теплового поля,

$u(\tau, x)$  – тепловое поле в момент времени  $\tau$  в точке  $x$ .

Напишем последнее равенство в виде

$$u(\tau, x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} e^{i\lambda x} \left( \int_{-\infty}^{\infty} e^{\lambda^2 \beta} e^{-i\lambda \xi} f(\xi) d\xi \right) d\lambda,$$

где  $\beta > 0$ .

Функция  $e^{\lambda^2 \tau + i\lambda x}$  является производящей функцией для полиномов Эрмита [1], это означает, что

$$e^{\lambda^2 \tau + i\lambda x} = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-i\lambda)^j \beta^{\frac{j}{2}}}{j!} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\beta}} \right), \quad (2)$$

где

$$H_j(z) = (-1)^j e^{z^2} \frac{d^j}{dz^j} (e^{-z^2}) \quad (3)$$

– полином Эрмита. В соответствии с (2) формула (1) принимает вид

$$u(\tau, x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} e^{i\lambda x} \cdot \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-i\lambda)^j \beta^{\frac{j}{2}}}{j!} \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) f(\xi) d\xi d\lambda.$$

Если мы изменим порядок интегрирования, то, вычисляя внутренний интеграл, на основании интеграла Пуассона мы получим

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} e^{i\lambda x} d\lambda = \frac{e^{-\frac{x^2}{4(\tau+\beta)}}}{2\sqrt{\pi(\tau+\beta)}}. \quad (4)$$

Дифференцируя обе части (4) по  $x$ , получаем требуемое значение

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (-i\lambda)^j e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} e^{i\lambda x} d\lambda = (-1)^j \frac{d^j}{dx^j} \left[ \frac{e^{-\frac{x^2}{4(\tau+\beta)}}}{2\sqrt{\pi(\tau+\beta)}} \right].$$

На основе формулы для полиномов Эрмита (3) можно записать

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (-i\lambda)^j e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} e^{i\lambda x} d\lambda &= \\ &= \frac{e^{-\frac{x^2}{4(\tau+\beta)}}}{2\sqrt{\pi(\tau+\beta)}} \frac{1}{(2\sqrt{\tau+\beta})^j} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\tau+\beta}} \right). \end{aligned}$$

Наконец, мы получаем аналитическое представление для теплового поля в момент времени  $t$  в точке  $x$ :

$$u(\tau, x) = \frac{e^{-\frac{x^2}{4(\tau+\beta)}}}{2\sqrt{\pi(\tau+\beta)}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{\tau+\beta})^j} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\tau+\beta}} \right) \frac{\beta^{\frac{j}{2}}}{j!} f_j, \quad (5)$$

где

$$f_j = \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) f(\xi) d\xi.$$

Замечание. Меняя местами переменные  $x$  и  $\xi$  в (5), мы получаем еще одну версию формулы для теплового поля:

$$u(\tau, x) = \frac{e^{-\frac{x^2}{4\tau}}}{2\sqrt{\pi\tau}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{\tau})^j} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\tau}} \right) \frac{(\tau+\beta)^{\frac{j}{2}}}{j!} f_j, \quad (6)$$

где

$$f_j = \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\tau+\beta}} \right) f(\xi) d\xi.$$

Теперь мы получим третью новую формулу. Чтобы сде-

лать это, формула (1) должна быть записана в виде

$$u(\tau, x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} \left( \int_{-\infty}^{\infty} e^{\lambda^2 \beta} e^{-i\lambda(x-\xi)} f(\xi) d\xi \right) d\lambda,$$

где  $\beta > 0$ . В силу (4) получаем

$$u(\tau, x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-i\lambda)^j \beta^{\frac{j}{2}}}{j!} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{x-\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) f(\xi) d\xi d\lambda.$$

Для упрощения последней формулы мы изменим порядок интегрирования и вычислим внутренний интеграл по  $\lambda$ , подставим  $x = 0$  в (4):

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (-i\lambda)^j e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} d\lambda = \frac{1}{(2\sqrt{\tau+\beta})^{j+1}} H_j(0). \quad (7)$$

Принимая во внимание известную формулу из [1]

$$H_{2j}(0) = \frac{(-1)^j (2j)!}{2^j j!}, H_{2j+1}(0) = 0; j = 0, 1, 2, \dots, \quad (8)$$

получаем аналитическое представление теплового поля

$$u(\tau, x) = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{\tau+\beta})^{2j+1}} \frac{(-1)^j \beta^j}{2^j j!} f_{2j}, \quad (9)$$

где

$$f_{2j} = \int_{-\infty}^{\infty} H_{2j} \left( \frac{x-\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) f(\xi) d\xi.$$

2. Обратная задача Коши для уравнения теплопроводности.

Обратная задача для уравнения теплопроводности для бесконечного стержня состоит в определении неизвестного начального распределения  $f(x)$  теплового поля по известному значению теплового поля  $u(\tau, x)$  ([3],[4],[10]). Эта проблема приводит к решению интегрального уравнения Фредгольма первого типа:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\sqrt{\pi\tau}} \exp \left( -\frac{(x-\xi)^2}{4\tau} \right) f(\xi) d\xi = u(\tau, x). \quad (10)$$

Левая часть уравнения (10) является интегралом Пуассона. Как показано в [1], [2] решение уравнения (10) имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{u^{(j)}(0)}{(2\sqrt{\tau})^{n+1} j!} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\tau}} \right), \quad (11)$$

где  $H_j(z)$  – полиномы Эрмита (3).

Формула (11) содержит производные сколь угодно высокого порядка, поэтому формула (11) не может служить основанием для регуляризирующего вычислительного алгоритма. Следовательно, актуальна проблема: найти новые формулы (без производных) для решения уравнения (10). Как и в разделе 1, получим три новые формулы.

Мы получаем решение уравнения (10) методом интегральных преобразований Фурье [1], [6], [7], [10], базируясь на теореме разложения:

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{\lambda^2 \tau} e^{i\lambda x} \left( \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\lambda \xi} u(\tau, \xi) d\xi \right) d\lambda.$$

Если  $\beta > 0$ , то последняя формула принимает вид

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2 \beta} e^{i\lambda^2(\tau+\beta)} e^{i\lambda x} \left( \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\lambda \xi} u(\tau, \xi) d\xi \right) d\lambda, \quad (12)$$

тогда из формулы (2), получим

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2 \beta} e^{i\lambda x} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-i\lambda)^j}{j!} (\tau + \beta)^{\frac{j}{2}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi d\lambda.$$

Мы изменим порядок интегрирования и вычислим внутренний интеграл по  $\lambda$ . В этом вычислении используется интеграл Пуассона (4). Мы получаем

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2 \beta} e^{i\lambda x} d\lambda = \frac{e^{-\frac{x^2}{4\beta}}}{2\sqrt{\pi\beta}}.$$

Мы вычислим значение интеграла  $j$ -кратным дифференцированием по  $x$ :

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (-i\lambda)^j e^{-\lambda^2 \beta} e^{i\lambda x} d\lambda = (-1)^j \frac{d^j}{dx^j} \left[ \frac{e^{-\frac{x^2}{4\beta}}}{2\sqrt{\pi\beta}} \right].$$

На основании (3) мы можем написать

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (-i\lambda)^j e^{-\lambda^2 \beta} e^{i\lambda x} d\lambda = \frac{e^{-\frac{x^2}{4\beta}}}{2\sqrt{\pi\beta}} \frac{1}{(2\sqrt{\beta})^j} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\beta}} \right).$$

Наконец, первая новая формула для начального распределения теплового поля принимает вид

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{x^2}{4\beta}}}{2\sqrt{\pi\beta}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{\beta})^j} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\beta}} \right) \frac{(\tau + \beta)^{\frac{j}{2}}}{j!} u_j, \quad (13)$$

где

$$u_j = \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi.$$

Замечание. Меняя местами переменные  $x$  и  $\xi$  в (13), мы получаем еще одну новую формулу для решения уравнения (10):

$$f(x) = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{\beta})^j} H_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) \frac{(\tau + \beta)^{\frac{j}{2}}}{j!} u_j, \quad (14)$$

где

$$u_j = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\frac{\xi^2}{4\beta}}}{2\sqrt{\pi\beta}} H_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi.$$

Наконец, докажем третью новую формулу для решения обратной задачи Коши. Мы используем интеграл (12), который может быть записан в виде

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2 \beta} e^{i\lambda^2(\tau+\beta)} \left( \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\lambda(x-\xi)} u(\tau, \xi) d\xi \right) d\lambda,$$

где  $\beta > 0$ . Из формулы (4), получим

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\lambda^2 \beta} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-i\lambda)^j}{j!} (\tau + \beta)^{\frac{j}{2}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{x - \xi}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi d\lambda.$$

Если мы теперь используем формулы (4), то исходное распределение теплового поля примет вид

$$f(x) = \frac{1}{2\sqrt{\pi\beta}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{\beta})^j} H_j(0) \frac{(\tau + \beta)^{\frac{j}{2}}}{j!} u_j,$$

где

$$u_j = \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{x - \xi}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi.$$

На основании формулы (8) для  $H_j(0)$  мы получаем

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(2\sqrt{\beta})^{2j+1}} \frac{(-1)^j (\tau + \beta)^j}{2^j (2j)!} u_{2j}, \quad (15)$$

где

$$u_j = \int_{-\infty}^{\infty} H_j \left( \frac{x - \xi}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi.$$

3. Задача Коши для уравнения теплопроводности в полярных координатах.

3.1. Вспомогательные предложения

Определим полиномы  $W_j(z)$  производящей функцией  $e^{-t^2} I_0(2tz)$ ,

$$e^{-t^2} I_0(2tz) = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{t^{2j}}{(2j)!} W_j(z). \quad (16)$$

где  $I_0(x)$  – функция Бесселя нулевого порядка первого рода. Как следует из (16), полиномы  $W_j(z)$  имеют вид

$$W_j(z) = \frac{d^{2j}}{dt^{2j}} \left[ e^{-t^2} I_0(2tz) \right]_{t=0} \quad (17)$$

Получим другую формулу для полиномов  $W_j(z)$ . Из определения оператора Бесселя, [5],

$$B = \frac{d^2}{dz^2} + \frac{1}{z} \frac{d}{dz}$$

следует, что

$$B^j [I_0(2tz)] = (2t)^{2j} I_0(2tz),$$

поэтому

$$\exp \left( -\frac{B}{4} \right) [I_0(2tz)] = e^{-t^2} I_0(2tz).$$

В этой формуле мы приравняем коэффициенты при одинаковых степенях  $\xi^{2j}$  в левой и правой частях. Мы получим

$$\exp \left( -\frac{B}{4} \right) \left[ \frac{2^{2j} z^{2j}}{2^{2j} j!^2} \right] = \frac{W_j(z)}{(2j)!}.$$

Таким образом, полиномы  $W_j(z)$  имеют вид

$$W_j(z) = \frac{(2j)!}{j!^2} \exp \left( -\frac{B}{4} \right) [z^{2j}].$$

Используя полиномы  $W_j(z)$ , мы получим новые формулы для решений прямых и обратных задач Коши в полярных координатах.

3.2. Новые формулы для решения задачи Коши в полярных координатах.

Мы выводим новые формулы для решения задачи Коши для уравнения теплопроводности в полярных координатах  $(r, \varphi)$ , если температурный режим зависит

только от переменной  $r$ . Мы используем явную формулу решения задачи Коши в полярных координатах

$$u(\tau, r) = \int_0^\infty \lambda e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} J_0(\lambda r) \left( \int_0^\infty \xi J_0(\lambda \xi) f(\xi) d\xi \right) d\lambda,$$

где  $J_0(\lambda \xi)$  – Бесселя первого рода нулевого порядка функции [1]. Запишем последнее уравнение в виде  $u(\tau, r) =$

$$= \int_0^\infty \lambda e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} e^{\lambda^2\beta} J_0(\lambda r) \left( \int_0^\infty \xi J_0(\lambda \xi) f(\xi) d\xi \right) d\lambda, \quad (18)$$

где  $\beta > 0$ . В (16) сделаем замену  $t = i\lambda\sqrt{\beta}$ ,  $z = \frac{x}{2\sqrt{\beta}}$ .

Тогда мы получим

$$e^{\lambda^2\beta} J_0(\lambda x) = \sum_{j=0}^\infty (-1)^j \frac{\lambda^{2j} \beta^j}{(2j)!} W_j \left( \frac{x}{2\sqrt{\beta}} \right). \quad (19)$$

Формула (18) в соответствии с выражением (19) принимает вид

$$u(\tau, r) = \int_0^\infty e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} J_0(\lambda x) \sum_{j=0}^\infty (-1)^j \frac{\lambda^{2j}}{(2j)!} \beta^j \cdot \int_0^\infty W_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) f(\xi) d\xi d\lambda \quad (20)$$

В последней формуле мы изменим порядок интегрирования и вычислим внутренний интеграл по  $\lambda$ . Интеграл Вебера приводит к формуле

$$\int_0^\infty \lambda e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} J_0(\lambda r) J_0(\lambda \xi) d\lambda = \frac{e^{-\frac{r^2+\xi^2}{4(\tau+\beta)}}}{2(\tau+\beta)} I_0 \left( \frac{r\xi}{2(\tau+\beta)} \right).$$

Приравнявая коэффициенты при степенях  $\xi^{2j}$ , мы получаем значение интеграла

$$\begin{aligned} & \frac{1}{j!^2 2^{2j}} \int_{-\infty}^\infty (-1)^j e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} J_0(\lambda r) \lambda^{2j} d\lambda = \\ & = \frac{1}{(2j)!} \frac{d^{2j}}{d\xi^{2j}} \left[ \frac{e^{-\frac{r^2+\xi^2}{4(\tau+\beta)}}}{2(\tau+\beta)} I_0 \left( \frac{r\xi}{2(\tau+\beta)} \right) \right]_{\xi=0}. \end{aligned} \quad (21)$$

На основании (17) последняя формула может быть записана в виде

$$\begin{aligned} & \frac{e^{-\frac{r^2}{4(\tau+\beta)}}}{2(\tau+\beta)} \frac{1}{2^{2j} (\tau+\beta)^j (2j)!} W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\tau+\beta}} \right) = \\ & = \frac{1}{(2j)!} \frac{d^{2j}}{d\xi^{2j}} \left[ \frac{e^{-\frac{r^2+\xi^2}{4(\tau+\beta)}}}{2(\tau+\beta)} I_0 \left( \frac{r\xi}{2(\tau+\beta)} \right) \right]_{\xi=0}. \end{aligned}$$

Тогда (21) принимает вид

$$\begin{aligned} & \int_{-\infty}^\infty (-1)^j e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} J_0(\lambda r) \lambda^{2j} d\lambda = \\ & = \frac{e^{-\frac{r^2}{4(\tau+\beta)}}}{2(\tau+\beta)} \frac{j!^2}{(\tau+\beta)^j (2j)!} W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\tau+\beta}} \right). \end{aligned} \quad (22)$$

Наконец, формула (21) для теплового поля при помощи (22) принимает вид

$$u(\tau, r) = \frac{e^{-\frac{r^2}{4(\tau+\beta)}}}{2(\tau+\beta)} \sum_{j=0}^\infty \frac{1}{(\tau+\beta)^j} W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\tau+\beta}} \right) \frac{j!^2 \beta^j}{(2j)!^2} f_j, \quad (23)$$

где

$$f_j = \int_{-\infty}^\infty W_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) f(\xi) d\xi.$$

Замечание. Из последнего равенства для  $u(\tau, r)$  при  $\tau = 0$  и теоремы разложения по собственным функциям  $\left\{ e^{-\frac{r^2}{4\beta}} W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\beta}} \right) \right\}$  может быть получено разложение

$$f(r) = \frac{e^{-\frac{r^2}{4\beta}}}{2\beta} \sum_{j=0}^\infty W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\beta}} \right) \frac{j!^2}{(2j)!^2} f_j,$$

где

$$f_j = \int_{-\infty}^\infty W_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) f(\xi) d\xi.$$

Точно так же, как в п.1, мы можем получить две новых формулы для теплового поля. Если мы заменим в формуле (23)  $\beta \leftrightarrow \tau + \beta$ , то новая формула принимает вид

$$u(\tau, r) = \frac{e^{-\frac{r^2}{4\beta}}}{2\beta} \sum_{j=0}^\infty \frac{1}{\beta^j} W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\beta}} \right) \frac{j!^2 (\tau+\beta)^j}{(2j)!^2} f_j, \quad (24)$$

где

$$f_j = \int_{-\infty}^\infty W_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\tau+\beta}} \right) f(\xi) d\xi.$$

Третья новая формула доказывается по схеме п.1. Мы применяем формулу из [5]

$$J_0(\lambda x) J_0(\lambda y) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi J_0(\lambda \sqrt{x^2 + y^2 - 2xy \cos \varphi}) d\varphi$$

на основе представления (18). Тогда получим

$$\begin{aligned} & e^{\lambda^2\tau} J_0(\lambda x) J_0(\lambda y) = \\ & = \frac{1}{\pi} \sum_{j=0}^\infty (-1)^j \frac{\lambda^{2j} \tau^j}{(2j)!} \cdot \int_0^\pi W_j \left( \frac{\sqrt{x^2 + y^2 - 2xy \cos \varphi}}{2\sqrt{\tau}} \right) d\varphi. \end{aligned} \quad (25)$$

Запишем уравнение (18) в виде

$$u(\tau, r) = \int_0^\infty \lambda e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} \cdot \left( \int_0^\infty e^{\lambda^2\beta} J_0(\lambda r) J_0(\lambda \xi) \xi f(\xi) d\xi \right) d\lambda,$$

где  $\beta > 0$ . Далее на основании (25) имеем

$$\begin{aligned} & u(\tau, r) = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} \sum_{j=0}^\infty (-1)^j \frac{\lambda^{2j}}{(2j)!} \beta^j \cdot \\ & \cdot \int_0^\pi \int_0^\pi W_j \left( \frac{\sqrt{x^2 + y^2 - 2xy \cos \varphi}}{2\sqrt{\beta}} \right) d\varphi f(\xi) d\xi d\lambda. \end{aligned}$$

Мы меняем порядок интегрирования и используем определение гамма-функции, вычисляем внутренний интеграл по  $\lambda$ .

$$\int_0^\infty (-1)^j e^{-\lambda^2(\tau+\beta)} \lambda^{2j} d\lambda = \frac{(-1)^j \Gamma \left( j + \frac{1}{2} \right)}{2(\tau+\beta)^{j+\frac{1}{2}}}.$$

Наконец, мы получаем

$$u(\tau, r) = \frac{1}{2} \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \frac{\beta^j}{(\tau + \beta)^{j+\frac{1}{2}}} \frac{\Gamma\left(j + \frac{1}{2}\right)}{(2j)!} f_j, \quad (26)$$

где

$$f_j = \int_0^\infty \int_0^\pi W_j \left( \frac{\sqrt{r^2 + \xi^2 - 2r\xi \cos \varphi}}{2\sqrt{\beta}} \right) d\varphi \xi f(\xi) d\xi.$$

4. Обратная задача Коши для уравнения теплопроводности в полярных координатах.

Обратная задача Коши [3], [4], [10] в полярных координатах приводит к решению интегрального уравнения Фредгольма первого рода

$$\int_0^\infty \frac{e^{-\frac{r^2 + \xi^2}{4\tau}}}{2\tau} I_0 \left( \frac{r\xi}{2\tau} \right) f(\xi) d\xi = u(\tau, \xi).$$

Чтобы найти три ранее неизвестных выражения для решения обратной задачи Коши в виде ряда по полиномам  $W_j(z)$  Эрмита, мы будем следовать п.1. Первое выражение имеет вид

$$f(r) = \frac{e^{-\frac{r^2}{4\beta}}}{2\beta} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{\beta^j} W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\beta}} \right) \frac{j! (\beta + \tau)^j}{(2j)!^2} u_j, \quad (27)$$

где

$$u_j = \int_0^\infty W_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi.$$

Второе выражение

$$f(r) = \frac{e^{-\frac{r^2}{4(\beta + \tau)}}}{2(\beta + \tau)} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{(\beta + \tau)^j} W_j \left( \frac{r}{2\sqrt{\beta + \tau}} \right) \frac{j!^2 \tau^j}{(2j)!^2} u_j, \quad (28)$$

где

$$u_j = \int_0^\infty W_j \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\beta}} \right) u(\tau, \xi) d\xi.$$

Третье выражение представляется как

$$f(r) = \frac{1}{2} \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \frac{(\tau + \beta)^j}{\tau^{j+\frac{1}{2}}} \frac{\Gamma\left(j + \frac{1}{2}\right)}{(2j)!} u_j, \quad (29)$$

где

$$u_j = \int_0^\infty \int_0^\pi W_j \left( \frac{\sqrt{r^2 + \xi^2 - 2r\xi \cos \varphi}}{2\sqrt{\tau + \beta}} \right) d\varphi \xi u(\tau, \xi) d\xi.$$

#### Библиографический список

1. Морс Ф. М., Фейнбах Г. Методы теоретической физики. М.: ИЛ, 1958. 312с.
2. Yaremko O.E. Matrix integral Fourier transforms for problems with discontinuous coefficients and transformation operators (2007) Doklady Mathematics, 76 (12). Pp. 323-325.
3. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. М: Из-во «Машиностроение», 1988. 280 с.
4. Beck J.V., Blackwell V., Clair C.R. Inverse Heat Conduction. Ill-Posed Problems. M, 1989. P. 312.
5. Lavrentev M.M. Some ill-posed problems of mathematical physics. Novosibirsk. AN SSSR, 1962. P. 92.
6. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 215с.
7. Watson G.N. A Treatise on the Theory of Bessel Functions, Second Edition, (1995) Cambridge University Press.
8. Yaremko O.E. Transformation operator and boundary value problems Differential Equation. Vol.40, № 8, 2004. Pp.1149-1160.
9. Bavrín I.I., Yaremko O.E. Transformation Operators and Boundary Value Problems in the Theory of Harmonic and Biharmonic Functions (2003) Doklady Mathematics, 68 (3). Pp. 371-375.
10. Arfken G. B., Weber H. J. Mathematical Methods for Physicists (5th ed.), Boston, MA: Academic Press. 2000.

#### References

1. Morse F.M., Feshbach G. Methods of Theoretical physics. M.: IL, 1958. 312p.
2. Yaremko O.E. Matrix integral Fourier transforms for problems with discontinuous coefficients and transformation operators. Reports on Mathematics. 76 (12). 2007 Pp. 323-325.
3. Alifanov O.M. Inverse problems of heat transfer. M: "Engineering", 1988. 280 p.
4. Beck J.V., Blackwell V., Clair C.R. Inverse Heat Conduction. Ill-Posed Problems. M, 1989. P. 312.
5. Lavrentev M.M. Some ill-posed problems of mathematical physics. Novosibirsk, AN SSSR, 1962. P. 92.
6. Tikhonov A.N., Arsenin V.Y. Methods for solving ill-posed problems. M., Nauka, Moscow 1979 215с.
7. Watson G.N. A Treatise on the Theory of Bessel Functions, Second Edition, (1995) Cambridge University Press.
8. Yaremko O.E. Transformation operator and boundary value problems Differential Equation. Vol.40, № 8, 2004. Pp.1149-1160.
9. Bavrín I.I., Yaremko O.E. Transformation Operators and Boundary Value Problems in the Theory of Harmonic and Biharmonic Functions (2003) Doklady Mathematics, 68 (3). Pp. 371-375.
10. Arfken G. B., Weber H. J. Mathematical Methods for Physicists (5th ed.), Boston, MA: Academic Press. 2000.



**О.Д. СОЛОМАТИН**

кандидат физико-математических наук, профессор,  
кафедра математического анализа и дифференциальных  
уравнений, Орловский государственный университет  
E-mail: solomatin\_od@bk.ru

**O.D. SOLOMATIN**

Candidate of physical and mathematical sciences, Professor, De-  
partment of mathematical analysis and differential equations,  
Orel State University  
E-mail: solomatin\_od@bk.ru

# ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ В КРУГЕ ФУНКЦИИ НУЛЕВОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ПОРЯДКА

## THE GROWTH CHARACTERISTICS OF THE ANALYTIC IN THE CIRCULAR DISK OF THE ZERO-ORDER EXPONENTIAL FUNCTION

В статье доказаны теоремы и формулы для подсчета порядка и типа функции, аналитической в единичном круге, нулевого экспоненциального порядка с помощью коэффициентов ее степенного разложения.

Ключевые слова: функции, аналитические в единичном круге, логарифмический порядок и тип, нулевой экспоненциальный порядок.

*This article centres in the proof of the theorems and formulas for calculating the order and type of a function, analytic in the unit disk, the zero-order exponential using the coefficients of its power series expansion.*

Keywords: functions, analytic in the unit circle, the logarithmic order and type, zero exponential order.

Не ограничивая общности, будем рассматривать вопросы роста скалярных функций, аналитических, например, в единичном круге  $|z| < 1$ .

В процессе решения задач анализа часто появляются функции, аналитические в единичном круге, которые имеют нулевой экспоненциальный порядок и бесконечный степенной порядок. Для изучения таких функций вводится логарифмическая шкала роста.

**Определение 1.** Пусть  $f$  – функция, аналитическая в круге  $|z| < 1$ . Величина

$$\rho_L = \lim_{r \rightarrow 1} \frac{\ln^+ \ln^+ M_f(r)}{\ln \ln \frac{1}{1-r}}, \quad \rho_L \geq 1$$

называется логарифмическим порядком функции  $f$ .

Из определения, в частности, следует:

1)  $\forall \varepsilon > 0, \exists r_0(\varepsilon)$ , такое, что

$$M_f(r) < \exp \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_L + \varepsilon}, \quad \forall r : r_0(\varepsilon) < r < 1;$$

2)  $\exists r_k \nearrow 1, M_f(r_k) > \exp \left( \ln \frac{1}{1-r_k} \right)^{\rho_L - \varepsilon}, \quad k = 1, 2, \dots$

**Определение 2.** Пусть функция  $f$  имеет конечный логарифмический порядок  $\rho_L > 1$ , тогда величина

$$\sigma_L = \lim_{r \rightarrow 1} \frac{\ln^+ M_f(r)}{\left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_L}}$$

называется логарифмическим типом функции  $f$ .

Отметим, что из определения следует:

1)  $\forall \varepsilon > 0, \exists r_0(\varepsilon)$ , такое, что

$$M_f(r) < \exp \left\{ \left( \sigma_L + \varepsilon \right) \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_L} \right\}, \quad *2)$$

$$\forall r : r_0(\varepsilon) < r < 1;$$

$$\exists r_k \nearrow 1, M_f(r_k) > \exp \left\{ \left( \sigma_L - \varepsilon \right) \left( \ln \frac{1}{1-r_k} \right)^{\rho_L} \right\},$$

$$k = 1, 2, \dots$$

**Примечание.** 1. Случай  $0 < \rho_L \leq 1$  сводится к степенной шкале.

2. Отметим, что определения логарифмического порядка и типа можно описать и посредством точной нижней грани соответствующего числового множества.

Логарифмический порядок и тип функции, аналитической в единичном круге, описывается точными формулами с помощью коэффициентов  $a_n$  степенного разложения функции. Именно справедлива

**Теорема.** Логарифмический порядок функции

$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ , аналитической в круге  $|z| < 1$ , равен

$\rho_L$  тогда и только тогда, когда

$$\rho_L = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ |a_n|}{\ln \ln n}.$$

Функция конечного логарифмического порядка  $\rho_L > 1$  имеет логарифмический тип  $\sigma_L$ , который вычисляется по формуле

$$\sigma_L = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln |a_n|}{(\ln n)^{\rho_L}}.$$

При доказательстве этой теоремы мы используем следующие две леммы.

**Лемма 1.** Пусть  $\exists a, b$ , такие, что

$$M_f(r) < e^{a\left(\ln\frac{1}{1-r}\right)^b}, \quad \forall r > r_0.$$

Тогда

$$|a_n| < e^{(a+\varepsilon)(\ln n)^b}, \quad \forall n > n_0.$$

**Доказательство.** По неравенствам Коши

$$|a_n| < \frac{M_f(r)}{r^n} < \frac{\exp\left(a\left(\ln\frac{1}{1-r}\right)^b\right)}{r^n} = \varphi(r).$$

Так как  $\varphi(r)$  непрерывна на  $(0;1)$  и

$$\lim_{r \rightarrow 0} \varphi(r) = \lim_{r \rightarrow 1} \varphi(r) = \infty, \text{ то } \varphi(r) \text{ имеет мини-}$$

мум, который найдем из уравнения:

$$\begin{aligned} \varphi'(r) = \varphi(r) \left( ab \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{b-1} \frac{1}{1-r} - \frac{n}{r} \right) &= 0, \\ \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{b-1} \left( \frac{1}{1-r} - 1 \right) &= \frac{n}{ab}. \end{aligned} \quad (1)$$

Пусть  $x_y = \ln \frac{1}{1-y} = \alpha_n$  – решение уравнения (1).

Тогда

$$\alpha_n^{b-1} (e^{\alpha_n} - 1) = \frac{n}{ab}, \quad \forall n > n_0. \quad (2)$$

Из (2) получаем оценку:

$$\begin{aligned} |a_n| &< \frac{e^{a\alpha_n}}{(1-e^{-\alpha_n})^n} = \frac{e^{a\alpha_n}}{\left( \left( 1 + \frac{1}{-e^{\alpha_n}} \right)^{-e^{\alpha_n}} \right)^{\frac{n}{e^{\alpha_n}}}} < e^{a\alpha_n} e^{\frac{n}{e^{\alpha_n}}}, \\ \ln^+ |a_n| &< a\alpha_n + \frac{n}{e^{\alpha_n}}, \quad \forall n > n_0. \end{aligned} \quad (3)$$

Из (2) также имеем:

$$(b-1) \ln \alpha_n + \ln(e^{\alpha_n} - 1) = \ln n - \ln(ab),$$

$$\ln n = (b-1) \ln \alpha_n + \ln(e^{\alpha_n} - 1) + \ln(ab).$$

Отсюда  $\ln n > \alpha_n$ ,  $\ln \ln n > \ln \alpha_n$ , с другой стороны,

$$\begin{aligned} \alpha_n &> \ln(e^{\alpha_n} - 1) = \ln n - (b-1) \ln \alpha_n - \ln(ab) > \\ &> \ln n - (b-1) \ln \ln n - \ln(ab). \end{aligned}$$

Значит, получили оценку для  $\alpha_n$ :

$$\ln n - (b-1) \ln \ln n - \ln(ab) < \alpha_n < \ln n, \quad \forall n > n_1.$$

С учетом этой оценки из (3) следует:

$$\ln^+ |a_n| < a(\ln n)^b + ab(\ln n)(b-1) < (a+\varepsilon)(\ln n)^b, \quad \forall n > n_2.$$

Таким образом,

$$|a_n| < e^{(a+\varepsilon)(\ln n)^b}, \quad \forall n > n_2.$$

Лемма 1 доказана.

**Лемма 2.** Пусть  $\exists a, b$ , такие, что

$$|a_n| < e^{a(\ln n)^b}, \quad \forall n > n_0. \quad (4)$$

Тогда

$$M_f(r) < e^{(a+\varepsilon)\left(\ln\frac{1}{1-r}\right)^b}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall r > r_0(\varepsilon).$$

**Доказательство.** Пусть справедливо неравенство (4), тогда

$$|a_n| r^n < \left( e^{\frac{a(\ln n)^b}{n}} r \right)^n.$$

Так как

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n| r^n} = r \lim_{n \rightarrow \infty} e^{\frac{a(\ln n)^b}{n}} = r,$$

то

$$\begin{aligned} \sqrt[n]{|a_n| r^n} &< \sqrt{r}, \quad \forall n \geq N_r; \\ e^{\frac{a(\ln n)^b}{n}} &< \sqrt{r}, \quad \frac{a(\ln n)^b}{n} < \frac{1}{2} \ln \frac{1}{r}. \end{aligned}$$

Поскольку

$$\frac{a(\ln n)^b}{n} < n^{\frac{1}{1+\varepsilon_1}}, \quad \forall \varepsilon_1 > 0, \quad \forall n > n_0(\varepsilon_1) \text{ и}$$

$$\ln \frac{1}{r} > 1-r, \quad \forall 0 < r < 1,$$

то получаем оценку:

$$n > C \left( \frac{1}{1-r} \right)^{1-\varepsilon_1}$$

и в качестве номера  $N_r$  возьмем

$$N_r = \left\lceil C \left( \frac{1}{1-r} \right)^{1-\varepsilon_1} \right\rceil.$$

$$\begin{aligned} M_f(r) &\leq \sum_{n=0}^{\infty} |a_n| r^n < N_r m(r) + \sum_{n=N_r+1}^{\infty} (\sqrt{r})^n < \\ &> N_r m(r) + \frac{2}{1-r}, \end{aligned}$$

где  $m(r) = \max_{n \geq 1} \{|a_n| r^n\}$  – максимальный член ряда.

$$m(r) < \max_{n \geq 1} \left\{ e^{a(\ln n)^b} r^n \right\} \leq \max_{t \geq 1} y(t); \quad y(t) = e^{a(\ln t)^b} r^t.$$

Поскольку  $y(t)$  непрерывна на

$$[1; \infty), \quad \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = 0, \quad y(1) = r, \text{ то функция } y(t)$$

имеет максимум, который найдем из уравнения:

$$y'(t) = y(t) \left( ab(\ln t)^{b-1} \frac{1}{t} + \ln r \right) = 0, \quad -ab \frac{(\ln t)^{b-1}}{t} = \ln r.$$

Нетрудно убедиться, что

$$-ab \frac{(\ln t)^{b-1}}{t} > \ln \frac{t-1}{t}, \quad \forall t > t_0.$$

Имеем:

$$\ln \frac{t-1}{t} < -ab \frac{(\ln t)^{b-1}}{t} = \ln r.$$

Значит,

$$t_y < \frac{1}{1-r}; \quad \max_{1 < t < \infty} y(t) < e^{a \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^b} r^{\frac{1}{1-r}}.$$

Так как экспонента растет быстрее любой степени, то

$$m(r) < e^{(a+\varepsilon_2) \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^b}.$$

Окончательно имеем:

$$M_f(r) < C \left( \frac{1}{1-r} \right)^{1-\varepsilon_1} e^{(a+\varepsilon_2) \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^b} + \frac{2}{1-r} < e^{(a+\varepsilon) \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^b}.$$

Лемма 2 доказана.

**Доказательство теоремы.** Пусть  $f(z)$  – функция, аналитическая в круге  $|z| < 1$ , имеет логарифмический порядок  $1 < \rho_L < \infty$ . Тогда

$$M_f(r) < e^{\left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_L + \varepsilon}}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall r > r(\varepsilon).$$

По лемме 1 ( $a = 1$ ,  $b = \rho_L + \varepsilon$ )

$$|a_n| < e^{(\ln n)^{\rho_L + \varepsilon}}, \quad \ln^+ |a_n| < (\ln n)^{\rho_L + \varepsilon}, \\ \ln^+ \ln^+ |a_n| < (\rho_L + \varepsilon) \ln \ln n,$$

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ |a_n|}{\ln \ln n} \leq \rho_L, \quad \forall n > n_0.$$

Обозначим:

$$q = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ |a_n|}{\ln \ln n}.$$

Имеем:

$$\frac{\ln^+ \ln^+ |a_n|}{\ln \ln n} < q + \varepsilon, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall n > n_0;$$

$$\ln^+ |a_n| < e^{(q+\varepsilon) \ln \ln n} = (\ln n)^{q+\varepsilon}, \quad |a_n| < e^{(\ln n)^{q+\varepsilon}}.$$

По лемме 2 ( $a = 1$ ,  $b = q + \varepsilon$ )

$$M_f(r) < e^{(1+\varepsilon) \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{q+\varepsilon}} < e^{\left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{q+2\varepsilon}}.$$

Так как  $\varepsilon$  – произвольное, то  $\rho_L \leq q$ . Таким образом,

$$\rho_L = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ |a_n|}{\ln \ln n}.$$

Пусть логарифмический порядок  $1 < \rho_L < \infty$  и тип  $\sigma_L < \infty$ . Тогда

$$M_f(r) < e^{(\sigma_L + \varepsilon) \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_L}}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall r > r_0.$$

По лемме 1 ( $a = \sigma_L + \varepsilon$ ,  $b = \rho_L$ )

$$|a_n| < e^{(\sigma_L + \varepsilon)(\ln n)^{\rho_L}}, \quad (\sigma_L + \varepsilon) > \frac{\ln |a_n|}{(\ln n)^{\rho_L}}.$$

Переходя к верхнему пределу при  $n \rightarrow \infty$ , получаем:

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln |a_n|}{(\ln n)^{\rho_L}} \leq \sigma_L.$$

Обозначим:

$$\gamma = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln |a_n|}{(\ln n)^{\rho_L}}.$$

Докажем, что  $\gamma \geq \sigma_L$ . Имеем:

$$\frac{\ln |a_n|}{(\ln n)^{\rho_L}} < \gamma + \varepsilon, \quad |a_n| < e^{(\gamma + \varepsilon)(\ln n)^{\rho_L}}.$$

По лемме 2 ( $a = \gamma + \varepsilon$ ,  $b = \rho_L$ )

$$M_f(r) < e^{(\gamma + \varepsilon) \left( \ln \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_L}}, \quad \forall r > r_0.$$

Так как  $\varepsilon$  – произвольное, то  $\sigma_L \leq \gamma$ . Получим

$\sigma_L = \gamma$ . При  $\sigma_L = \infty$  по доказанному  $\gamma \geq \sigma_L$ , то есть  $\gamma = \infty$ .

Теорема доказана.

**Примеры.**

1) Для функции  $f(z) = \sum_{n=1}^{\infty} n^{\beta(\ln n)^\alpha} z^n$ ,  $\alpha > 0$  находим

логарифмический порядок и тип:

$$\rho_L = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ |a_n|}{\ln \ln n} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{(\alpha + 1) \ln^+ \ln^+ n + \ln \beta}{\ln \ln n} = \alpha + 1;$$

$$\sigma_L = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln |a_n|}{(\ln n)^{\rho_L}} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\beta (\ln n)^\alpha \ln n}{(\ln n)^{\alpha+1}} = \beta.$$

2) Если  $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} n^\alpha z^n$ ,  $\alpha > 0$  ( $\rho_e = 0$ ), то есть

имеем:

$$\rho_L = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ n^\alpha}{\ln \ln n} = 1; \quad \sigma_L = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln n^\alpha}{\ln n} = \alpha.$$

3) Функция  $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} n^{\frac{n}{q^n}} z^n$ ,  $q > 1$  имеет нулевой

экспоненциальный порядок. В этом случае находим логарифмический порядок и тип:

$$\rho_L = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ n^{\frac{n}{q^n}}}{\ln \ln n} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \frac{n}{q^n} + \ln^+ \ln^+ n}{\ln \ln n} = 1;$$

$$\sigma_L = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln n^{\frac{n}{q^n}}}{\ln n} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{q^n} = 0.$$

**Библиографический список**

1. Громов В.П., Соломатин О.Д. Логарифмический порядок и тип и характеристики роста целой функции бесконечного порядка. – Учебно-методическое пособие для студентов, аспирантов и преподавателей математических специальностей университетов по специализации «Теория функций и функциональный анализ». Орел, ОГУ, Полиграфическая фирма «Картуш», 2007. 32с.

**References**

1. Gromov V.P., Solomatin O.D. Logarithmic order and type and characteristics of growth of the whole function of an infinite order // Educational and methodical grant for students, graduate students and teachers of mathematical specialties of universities of specialization “The theory of functions and the functional analysis”. Orel, Orel State University, Printing firm “Cartouche”, 2007. 32p.

---

---

**О.Д. СОЛОМАТИН**

кандидат физико-математических наук, профессор,  
кафедра математического анализа и дифференциальных  
уравнений, Орловский государственный университет  
E-mail: solomatin\_od@bk.ru

**O.D. SOLOMATIN**

Candidate of physical and mathematical sciences, Professor, De-  
partment of mathematical analysis and differential equations,  
Orel State University  
E-mail: solomatin\_od@bk.ru

**ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА АНАЛИТИЧЕСКОЙ В КРУГЕ ФУНКЦИИ  
БЕСКОНЕЧНОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ПОРЯДКА**

**THE GROWTH CHARACTERISTICS OF THE ANALYTIC IN THE CIRCULAR DISK  
OF THE INFINITE ORDER EXPONENTIAL FUNCTION**

*В статье доказаны теоремы и формулы для подсчета порядка и типа функции, аналитической в единичном круге, бесконечного экспоненциального порядка с помощью коэффициентов ее степенного разложения.*

*Ключевые слова:* функции, аналитические в единичном круге, Б-порядок и Б-тип, бесконечный экспоненциальный порядок.

*This article centers in the proof of the theorems and formulas for calculating the order and type of a function analytic in the unit circle, infinite exponential-order with the help of the coefficients of its power series expansion.*

*Keywords:* functions, analytic in the unit disk B-order and B-type, the endless exponential order.

Не ограничивая общности, будем рассматривать вопросы роста скалярных функций, аналитических, например, в единичном круге  $|z| < 1$ .

Если аналитическая в единичном круге функция  $f(z)$  имеет бесконечный экспоненциальный порядок, то для описания степени роста такой функции можно ввести Б-шкалу роста.

**Определение.** Величину

$$\rho_{\omega} = \overline{\lim}_{r \rightarrow 1} \frac{\ln^+ \ln^+ \ln^+ M_f(r)}{\ln \frac{1}{1-r}}$$

назовем Б-порядком функции  $f$ , аналитической в круге  $|z| < 1$ .

Если Б-порядок  $\rho_{\omega} > 0$  конечен, то Б-типом функции  $f$  назовем величину

$$\sigma_{\omega} = \overline{\lim}_{r \rightarrow 1} \frac{\ln^+ \ln^+ M_f(r)}{\left(\frac{1}{1-r}\right)^{\rho_{\omega}}}.$$

Из определения Б-порядка, в частности, следует:

$$1) \forall \varepsilon > 0, \exists r_0(\varepsilon): M_f(r) < \exp \left\{ \exp \left\{ \left( \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_{\omega} + \varepsilon} \right\} \right\},$$

$$\forall r: r_0(\varepsilon) < r < 1;$$

$$2) \exists r_k \nearrow 1, M_f(r_k) > \exp \left\{ \exp \left( \frac{1}{1-r_k} \right)^{\rho_{\omega} - \varepsilon} \right\}, \quad k = 1, 2, \dots$$

Аналогично, если  $\rho_{\omega} \neq 0, \infty$ , то из определения Б-типа следует:

$$1) \forall \varepsilon > 0, \exists r_0(\varepsilon): M_f(r) < \exp \left\{ e^{(\sigma_{\omega} + \varepsilon) \left( \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_{\omega}}} \right\},$$

$$\forall r: r_0(\varepsilon) < r < 1;$$

$$2) \exists r_k \nearrow 1, M_f(r_k) > \exp \left\{ e^{(\sigma_{\omega} - \varepsilon) \left( \frac{1}{1-r_k} \right)^{\rho_{\omega}}} \right\}, \quad k = 1, 2, \dots$$

Другими словами, если  $f$  имеет Б-порядок  $\rho_{\omega}$  и Б-тип  $\sigma_{\omega}$ , то при  $r \rightarrow 1$  имеет место асимптотическое равенство

$$M_f(r) \approx \exp \left\{ e^{\sigma_{\omega} \left( \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_{\omega}}} \right\}.$$

Б-порядок и Б-тип однозначно определяются коэффициентами функции  $f$ . Именно справедлива

**Теорема.** Б-порядок аналитической в круге  $|z| < 1$  функции  $f$  вычисляется по формуле

$$\rho_{\omega} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ |a_n|}.$$

Если функция  $f$  имеет Б-порядок  $\rho_{\omega}$ ,  $0 < \rho_{\omega} < \infty$ , то ее Б-тип вычисляется по формуле

$$\sigma_{\omega} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left[ \left( \frac{\ln^+ |a_n|}{n} \right)^{\rho_{\omega}} \ln n \right].$$

Доказательство теоремы опирается на следующие леммы.

**Лемма 1.** Пусть  $\exists a, b$ , такие, что

$$M_f(r) < \exp \left\{ e^{a \left( \frac{1}{1-r} \right)^b} \right\}, \quad \forall r > r_0,$$

тогда

$$|a_n| < \exp \left\{ \left( \frac{a + \varepsilon}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b}} n \right\}, \quad \forall n > n_0.$$



**Доказательство.** По неравенствам Коши

$$|a_n| < \frac{M_f(r)}{r^n} < \frac{\exp\left\{\exp\left\{a\left(\frac{1}{1-r}\right)^b\right\}\right\}}{r^n} = \varphi(r). \quad (1)$$

Найдем максимум функции  $\varphi(r)$  из уравнения

$$\varphi'(r) = \varphi(r)(\ln \varphi(r))' = 0 :$$

$$\left(\exp\left\{a\left(\frac{1}{1-r}\right)^b\right\} + n \ln r\right)' = 0.$$

Учитывая, что  $\left(\left(\frac{1}{1-r}\right)^b\right)' = \frac{b}{(1-r)^{b+1}}$ , получим:

$$ab\left(\frac{1}{1-r}\right)^{b+1} \exp\left\{a\left(\frac{1}{1-r}\right)^b\right\} - \frac{n}{r} = 0.$$

Обозначим решение последнего уравнения  $r_y$ , пусть

$\alpha_n = \frac{1}{1-r_y}$ , тогда  $r_y = 1 - \frac{1}{\alpha_n}$ , отсюда находим:

$$\alpha_n^{b+1} \left(1 - \frac{1}{\alpha_n}\right) e^{a\alpha_n^b} = \frac{n}{ab}, \quad \alpha_n^b (\alpha_n - 1) e^{a\alpha_n^b} = \frac{n}{ab},$$

$$b \ln \alpha_n + \ln (\alpha_n - 1) + a \alpha_n^b + \ln (ab) = \ln n. \quad (2)$$

Оценим  $\alpha_n$ :

$$b \ln \alpha_n + \ln \alpha_n + a \alpha_n^b + \ln (ab) > \ln n,$$

$$\ln (ab \alpha_n^{b+1} e^{a\alpha_n^b}) > \ln n,$$

так как  $\alpha_n \rightarrow \infty$  при  $n \rightarrow \infty$ , то  $\forall \varepsilon_1 > 0, \exists n_0 : \forall n > n_0$  выполняется неравенство

$$\ln e^{(a+\varepsilon_1)\alpha_n^b} > \ln n, \quad \alpha_n > \left(\frac{\ln n}{a+\varepsilon_1}\right)^{\frac{1}{b}}, \quad (3)$$

где  $e^{\varepsilon_1 \alpha_n^b} = ab \alpha_n^{b+1}$ , то есть  $\varepsilon_1 = \frac{\ln(ab \alpha_n^{b+1})}{\alpha_n^b} \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ .

С другой стороны, из (2) в силу неотрицательности слагаемых следует

$$b \ln \alpha_n + a \alpha_n^b < \ln n, \quad a \alpha_n^b < \ln \frac{n}{\alpha_n^b},$$

или, используя оценку (3),

$$a \alpha_n^b < \ln \frac{n}{\left(\frac{\ln n}{a+\varepsilon_1}\right)^b} = \ln \frac{(a+\varepsilon_1)n}{\ln n},$$

и окончательно имеем:

$$\alpha_n < \left(\frac{1}{a} \ln \frac{(a+\varepsilon_1)n}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}}. \quad (4)$$

Из неравенств (3) и (4) получим:

$$\left(\frac{\ln n}{a+\varepsilon_1}\right)^{\frac{1}{b}} < \alpha_n < \left(\frac{1}{a} \ln \frac{(a+\varepsilon_1)n}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}}.$$

Подставляя полученные данные в (1), получим оценку:

$$|a_n| < \frac{\exp\left\{e^{a\alpha_n^b}\right\}}{\left(1 - \frac{1}{\alpha_n}\right)^n} = \frac{\exp\left\{e^{a\alpha_n^b}\right\}}{\exp\left\{-\frac{n}{\alpha_n}\right\}} = \exp\left\{e^{a\alpha_n^b} + \frac{n}{\alpha_n}\right\} <$$

$$< \exp\left\{\exp\left\{\ln \frac{(a+\varepsilon_1)n}{\ln n}\right\} + \frac{n}{\left(\frac{\ln n}{a+\varepsilon_1}\right)^{\frac{1}{b}}}\right\} =$$

$$= \exp\left\{\left(\frac{a+\varepsilon_1}{\ln n} + \left(\frac{a+\varepsilon_1}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}}\right)n\right\}.$$

Таким образом,

$$\ln |a_n| < \left(\frac{a+\varepsilon_1}{\ln n} + \left(\frac{a+\varepsilon_1}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}}\right)n <$$

$$< \left(\left(\frac{a+\varepsilon_1}{\ln n}\right)^{\frac{b-1}{b}} + 1\right) \left(\frac{a+\varepsilon_1}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}} n < \left(\frac{a+\varepsilon}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}} n,$$

$$|a_n| < \exp\left\{\left(\frac{a+\varepsilon}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}} n\right\}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall n > n_1.$$

Лемма 1 доказана.

**Лемма 2.** Пусть  $\exists a, b$ , такие, что

$$|a_n| < \exp\left\{\left(\frac{a}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}} n\right\}, \quad \forall n > n_0,$$

тогда

$$M_f(r) < \exp\left\{e^{(a+\varepsilon)\left(\frac{1}{1-r}\right)^b}\right\}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall r_0(\varepsilon) < r < 1.$$

**Доказательство.** Имеем

$$M_f(r) \leq \sum_{n=0}^{\infty} |a_n| r^n.$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n| r^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \exp\left\{\left(\frac{a}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}}\right\} r = r,$$

$$\sqrt[n]{|a_n| r^n} < \sqrt{r}, \quad \forall n \geq N_r, \quad \forall r: 0 < r < 1.$$

Отсюда

$$\exp\left\{\left(\frac{a}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}}\right\} r < \sqrt{r}, \quad \left(\frac{a}{\ln n}\right)^{\frac{1}{b}} < \frac{1}{2} \ln \frac{1}{r},$$

$$n > \exp\left\{\frac{a 2^b}{\left(\ln \frac{1}{r}\right)^b}\right\}.$$

Положим

$$N_r = \left[ \exp \left\{ \frac{a2^b}{\left( \ln \frac{1}{r} \right)^b} \right\} \right], \quad (5)$$

тогда, объединяя все полученные выше оценки, имеем:

$$M_f(r) \leq \sum_{n=0}^{\infty} |a_n| r^n < N_r \cdot m(r) + \sum_{n=N_r+1}^{\infty} (\sqrt{r})^n < N_r \cdot m(r) + \frac{1}{1-\sqrt{r}}, \quad (6)$$

где  $m(r) = \max \{ |a_n| r^n \}$  – максимальный член ряда. Далее

$$\begin{aligned} m(r) &< \max \left\{ \exp \left\{ \left( \frac{a}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b}} n \right\} r^n \right\} < \\ &< \max \left\{ \exp \left\{ \left( \frac{a}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b+\varepsilon_1}} n \right\} r^n \right\} = \\ &= \left[ n = e^{at^b} \right] = \max \left\{ \exp \left\{ \frac{1}{t^k} e^{at^b} \right\} r^{\exp \{at^b\}} \right\} = \\ &= \max \{ \varphi(t) \}, \quad \forall t > t_0, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $\varphi(t) = \exp \left\{ \frac{1}{t^k} e^{at^b} \right\} r^{\exp \{at^b\}}$ ,  $k > 1$ .

Найдем максимум функции  $\varphi(t)$  из уравнения

$$\begin{aligned} \varphi'(t) &= \varphi(t) (\ln \varphi(t))' = 0, \quad (\ln \varphi(t))' = 0, \\ 0 &= \left( \frac{1}{t^k} e^{at^b} + e^{at^b} \ln r \right)' = -\frac{k}{t^{k+1}} e^{at^b} + \frac{abt^{b-1}}{t^k} e^{at^b} + \\ &\quad + abt^{b-1} e^{at^b} \ln r, \\ &\quad -\frac{k}{abt^{b+k}} + \frac{1}{t^k} = \ln \frac{1}{r}. \end{aligned}$$

Так как  $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\ln t}{t-1} = +\infty$ ,  $\forall k > 1$ , то

$$\ln \frac{t}{t-1} > \frac{1}{t^k} - \frac{1}{abt^{b+k}}, \quad \forall t > t_0, \quad \text{тогда}$$

$$\ln \frac{t_y}{t_y-1} > \ln \frac{1}{r_y}, \quad t_y < \frac{1}{1-r_y}, \quad (8)$$

где  $t_y$  и  $r_y$  – аргументы своих функций, соответствующие их максимальным значениям. Из (7) и (8) следует:

$$m(r) < \exp \left\{ (1-r)^k e^{a \left( \frac{1}{1-r} \right)^b} \right\} r^{t_y} < \exp \left\{ e^{a \left( \frac{1}{1-r} \right)^b} \right\}. \quad (9)$$

Подставляя (5) и (9) в (6), получим:

$$\begin{aligned} M_f(r) &< \left[ \exp \left\{ \frac{a2^b}{(-\ln r)^b} \right\} \right] \exp \left\{ e^{a \left( \frac{1}{1-r} \right)^b} \right\} + \frac{2}{1-r} < \\ &< \exp \left\{ e^{(a+\varepsilon) \left( \frac{1}{1-r} \right)^b} \right\}, \quad \forall \varepsilon > 0 \end{aligned}$$

В самом деле, покажем, что

$$\left[ \exp \left\{ \frac{a2^b}{(-\ln r)^b} \right\} \right] < \exp \left\{ e^{\varepsilon_2 \left( \frac{1}{1-r} \right)^b} \right\}, \quad \frac{a2^b}{(-\ln r)^b} < e^{\varepsilon_2 \left( \frac{1}{1-r} \right)^b}.$$

Учитывая, что

$$\begin{aligned} \ln \frac{1}{r} &= \ln \frac{r+1-r}{r} = \ln \left( 1 + \frac{1-r}{r} \right) = \ln \left( 1 + \frac{1-r}{r} \right)^{\frac{r(1-r)}{(1-r)r}} < \\ &< \ln \left( e - \varepsilon_3 \right)^{\frac{1-r}{r}} = (1-\varepsilon_3) \left( \frac{1-r}{r} \right), \end{aligned}$$

$\forall r > r_0$ ,  $\forall \varepsilon_3 > 0$ , получим:

$$\begin{aligned} \frac{a2^b}{(-\ln r)^b} &< a2^b \left( \frac{1}{1-\varepsilon_3} \cdot \frac{r}{1-r} \right)^b = \\ &= a2^b \left( \frac{1}{1-\varepsilon_3} \left( \frac{1}{1-r} - 1 \right) \right)^b < e^{\varepsilon_2 \left( \frac{1}{1-r} \right)^b}, \quad \forall r > r_1. \end{aligned}$$

Лемма 2 доказана.

**Доказательство теоремы.** Пусть функция  $f(z)$  аналитическая в круге  $|z| < 1$  и имеет Б-порядок  $0 < \rho_\omega < \infty$ . Тогда

$$M_f(r) < \exp \left\{ e^{\left( \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_\omega + \varepsilon}} \right\}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall r > r(\varepsilon).$$

По лемме 1 при  $a=1$ ,  $b=\rho_\omega + \varepsilon$

$$|a_n| < \exp \left\{ \left( \frac{1}{\ln n} \right)^{\rho_\omega + \varepsilon} n \right\}, \quad \forall n > n_0,$$

$$\rho_\omega \geq \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ |a_n|}$$

Обозначим

$$q = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ |a_n|},$$

тогда

$$q + \varepsilon_1 > \frac{\ln \left( \frac{1}{\ln n} \right)}{\ln^+ \ln^+ |a_n| - \ln n},$$

$$|a_n| < \exp \left\{ \left( \frac{1}{\ln n} \right)^{\frac{1}{q+\varepsilon_1}} n \right\}, \quad \forall n > n_1$$

По лемме 2 получим

$$M_f(r) < \exp \left\{ \exp \left\{ (1 + \varepsilon_2) \left( \frac{1}{1-r} \right)^{q+\varepsilon_1} \right\} \right\} < \\ < \exp \left\{ \exp \left\{ \left( \frac{1}{1-r} \right)^{q+\varepsilon_3} \right\} \right\}, \quad \forall \varepsilon_3 > 0$$

Так как  $\varepsilon_3$  – произвольное, то  $q \leq \rho_\omega$ . Таким образом, получаем:

$$\rho_\omega = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ |a_n|}.$$

Далее, пусть Б-порядок  $0 < \rho_\omega < \infty$  и тип  $\sigma_\omega < \infty$ . Тогда

$$M_f(r) \exp \left\{ \exp \left\{ (\sigma_\omega + \varepsilon) \left( \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_\omega} \right\} \right\}, \\ \forall \varepsilon > 0, \quad \forall r > r_0.$$

По лемме 1 при  $a = \sigma_\omega + \varepsilon$ ,  $b = \rho_\omega$

$$|a_n| < \exp \left\{ \left( \frac{\sigma_\omega + \varepsilon}{\ln n} \right)^{\frac{1}{\rho_\omega}} n \right\}, \quad \forall n > n_0, \text{ или} \\ \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{\ln^+ |a_n|}{n} \right)^{\rho_\omega} \ln n \right) \leq \sigma_\omega.$$

Обозначим

$$\gamma = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{\ln^+ |a_n|}{n} \right)^{\rho_\omega} \ln n \right).$$

Докажем, что  $\gamma \geq \sigma_\omega$ . Имеем:

$$\gamma + \varepsilon > \left( \frac{\ln^+ |a_n|}{n} \right)^{\rho_\omega} \ln n, \text{ или } |a_n| < \exp \left\{ \left( \frac{\gamma + \varepsilon}{\ln n} \right)^{\frac{1}{\rho_\omega}} n \right\}.$$

По лемме 2 при  $a = \gamma + \varepsilon$ ,  $b = \rho_\omega$

$$M_f(r) < \exp \left\{ \exp \left\{ (\gamma + \varepsilon) \left( \frac{1}{1-r} \right)^{\rho_\omega} \right\} \right\}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall r > r_0.$$

Так как  $\varepsilon > 0$  – произвольное, то  $\sigma_\omega \leq \gamma$ . Получим  $\sigma_\omega = \gamma$ . При  $\sigma_\omega = \infty$  по доказанному выше  $\sigma_\omega \leq \gamma$ , то есть  $\gamma = \infty$ .

Теорема доказана.

#### Примеры.

1) Вычислим Б-порядок и Б-тип функции

$$f(z) = \sum_{n=2}^{\infty} \exp \left\{ \frac{n}{\sqrt{\ln n}} \right\} z^n.$$

Так как

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\exp \left\{ \frac{n}{\sqrt{\ln n}} \right\}} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \exp \left\{ \frac{1}{\sqrt{\ln n}} \right\} = 1,$$

то  $f(z)$  – функция, аналитическая в единичном круге.

Тогда находим:

$$\rho_\omega = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ |a_n|} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ e^{\frac{n}{\sqrt{\ln n}}}} = 2,$$

$$\sigma_\omega = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{\ln^+ |a_n|}{n} \right)^{\rho_\omega} \ln n \right) = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{\ln e^{\frac{n}{\sqrt{\ln n}}}}{n} \right)^2 \ln n \right) = \\ = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{n}{n\sqrt{\ln n}} \right)^2 \ln n \right) = 1.$$

$$2) \text{ Пусть } f(z) = \sum_{n=2}^{\infty} \exp \left\{ \frac{n+b}{\ln^k n} \right\} z^n, \quad 0 < k < 1, \quad b \in \mathbb{C}.$$

Так как

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\exp \left\{ \frac{n+b}{\ln^k n} \right\}} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \exp \left\{ \frac{1}{\ln^k n} \right\} = 1,$$

то  $f(z)$  – функция, аналитическая в единичном круге.

Тогда имеем:

$$\rho_\omega = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ |a_n|} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ e^{\frac{n+b}{\ln^k n}}} = \\ = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln \frac{n}{n+b} + k \ln \ln n} = \frac{1}{k},$$

$$\sigma_\omega = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{\ln^+ |a_n|}{n} \right)^{\rho_\omega} \ln n \right) = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{\ln e^{\frac{n+b}{\ln^k n}}}{n} \right)^{\frac{1}{k}} \ln n \right) =$$

$$= \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{n+b}{n \ln^k n} \right)^{\frac{1}{k}} \ln n \right) = 1.$$

3) Для функции

$$f(z) = \sum_{n=2}^{\infty} (\ln n)^{\frac{n+b}{\ln^k(\alpha n + \beta)}} z^n, \quad 0 < k < 1, \quad \alpha > 0, \\ \beta > 0, \quad b \in \mathbb{C},$$

аналитической в круге  $|z| < 1$ , используя доказанную теорему, получаем:

$$\rho_\omega = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ |a_n|} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln n - \ln^+ \ln^+ (\ln n)^{\frac{n+b}{\ln^k(\alpha n + \beta)}}} = \\ = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln \frac{n}{n+b} + k \ln \ln(\alpha n + \beta) - \ln \ln \ln n} = \frac{1}{k},$$

$$\sigma_\omega = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{\ln^+ |a_n|}{n} \right)^{\rho_\omega} \ln n \right) = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{(\ln n)^{\frac{n+b}{\ln^k(\alpha n + \beta)}}}{n} \right)^{\frac{1}{k}} \ln n \right) =$$

$$= \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \left( \left( \frac{(n+b) \ln \ln n}{n \ln^k(\alpha n + \beta)} \right)^{\frac{1}{k}} \ln n \right) = \infty.$$

**Библиографический список**

1. Громов В.П., Соломатин О.Д. Логарифмический порядок и тип и характеристики роста целой функции бесконечного порядка. – Учебно-методическое пособие для студентов, аспирантов и преподавателей математических специальностей университетов по специализации «Теория функций и функциональный анализ». Орел, ОГУ, Полиграфическая фирма «Картуш», 2007. 32с.

**References**

1. Gromov V.P., Solomatin O.D. Logarithmic order and type and characteristics of growth of the whole function of an infinite order // Educational and methodical grant for students, graduate students and teachers of mathematical specialties of universities of specialization “The theory of functions and the functional analysis”. Orel, Orel State University, Printing firm “Cartouche”, 2007. 32p.

---

---

УДК 51-77

UDC 51-77

**С.П. СТРОЕВ**

кандидат экономических наук, доцент, кафедра алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет

E-mail: stroewsp@mail.ru

**В.Г. ШУМЕТОВ**

доктор экономических наук, профессор, кафедра алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет

E-mail: shumetov@list.ru

**О.В. ЛЯСКОВСКАЯ**

кандидат социологических наук, доцент, кафедра «Математика и информатика», Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (Орловский филиал)

E-mail: olga0873@list.ru

**S.P. STROEV**

Candidate of Economics, Associate Professor, Department of Algebra and Mathematical Methods in Economics, Orel State University

E-mail: stroewsp@mail.ru

**V.G. SHUMETOV**

Doctor of Economics, Professor, Department of Algebra and Mathematical Methods in Economics, Orel State University

E-mail: shumetov@list.ru

**O.V. LASKOWSKI**

Candidate of Sociology, Associate Professor, Department of "Mathematics and Computer Science", Russian Academy National Economy and Public Service under the President of the RF (Orel branch)

E-mail: olga0873@list.ru

**ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ  
В ЗАДАЧАХ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**EXPERT-ANALYTICAL METHOD OF CHOICE EFFECTIVE SOLUTIONS TO THE PROBLEMS  
OF MODERNIZATION MANUFACTURING ENGINEERING INDUSTRIAL**

*В статье рассмотрено применение в задачах модернизации производственных процессов промышленности двух экспертно-аналитических методов системного анализа – анализа иерархий и аналитических сетей. Для повышения надежности получаемых выводов предложено строить не одну, а четыре иерархические модели, что позволяет сравнить не только выгоды и издержки альтернативных решений, но также их возможности и риски.*

*Ключевые слова:* метод анализа иерархий, метод аналитических сетей, выгоды, издержки, возможности, риски.

*The paper considers the application in problems of modernization of production processes of two industry expert and analytical methods of system analysis – the analysis of hierarchies and analytical networks. To improve the reliability of the findings it is prompted to build not one, but four hierarchical model that allows you to compare not only the benefits and costs of alternative solutions, but also their opportunities and risks.*

*Keywords:* the analytical hierarchy process, the analytical network process, benefits, costs, opportunities, risks.

В публикации [9] нами были рассмотрена методология выбора эффективных решений в условиях информационной неопределенности; обосновано, что на начальных стадиях жизненного цикла инновационных проектов, для которых характерна значительная неопределенность исходной информации и последствий принимаемых решений, не следует стремиться к абсолютному измерению показателей эффективности неэкономической природы в денежном выражении, что, в принципе, возможно, но может потребовать значительных интеллектуальных и временных затрат. Предложен иной подход к оценке интегральной эффективности инвестиционных проектов, основанный не на абсолютном измерении компонентов эффективности, а на их относительном сравнении для альтернативных проектов или вариантов их реализации.

С позиций системного подхода эта задача сводится к выбору рационального управленческого решения, и в этой связи особое значение приобретают такие экспертно-аналитические методы системного анализа, как метод анализа иерархий (МАИ, в англо-американской литературе ANP – *Analytical Hierarchy*

*Process*) и метод аналитических сетей (МАС, в англо-американской литературе ANP – *Analytical Network Process*), предложенные американским специалистом в области исследования операций Т. Саати [5, 6]. В базовом варианте эти методы основаны на парных сравнениях экспертами приоритетов критериев оценки альтернатив и приоритетов сравниваемых альтернативных решений с последующей интеграцией полученных при этом локальных векторов приоритетов. МАИ и МАС широко применяются за рубежом, в меньшей степени – в нашей стране, однако и у нас они показали свою эффективность в самых разнообразных областях науки и практики [7, 8], в том числе при решении задач управления производственными процессами предприятия (см., например, [1]).

Ограничение на объем не позволило изложить в [9] методические аспекты применения эффективных методов системного анализа – МАИ и МАС – в реальных задачах выбора рационального проекта модернизации производственных процессов промышленных предприятий; рассмотрению этих вопросов и посвящена данная публикация.



В основе МАИ лежит идея парного сравнения экспертами элементов иерархической модели принятия решения [2, 5]. Базовой иерархической моделью принятия решения является трехуровневая иерархия «цель (фокус)» – «критерии (факторы)» – «альтернативы». Требуется каждой альтернативе поставить в соответствие приоритет (число) – получить рейтинг альтернатив. Причем чем более предпочтительна альтернатива по данному критерию, тем больше ее приоритет. В простейшем случае принятие решений основывается на величинах приоритетов.

Основным преимуществом МАИ является то, что метод отражает естественный ход человеческого мышления и позволяет учитывать «человеческий фактор» при подготовке принятия решения, и в итоге лицо, принимающее решение (ЛПР), приобретает уверенность, что полученные экспертные данные являются вполне осмысленными, причем схема применения метода не зависит от сферы деятельности, в которой принимается решение.

Наряду с этим преимуществом, МАИ характеризуется и некоторыми недостатками: во-первых, это эвристический и достаточно трудоемкий процесс, во-вторых, в методе не учитываются обратные связи и взаимодействие между элементами иерархии. Последнее преодолено в методе аналитических сетей, который является обобщением МАИ на случай, когда взаимодействием иерархических уровней (компонентов) и/или их элементов нельзя пренебречь [6]. Достаточно часто возникают задачи, в которых не только важность критериев влияет на приоритеты альтернатив (как в иерархиях), но и важность альтернатив влияет на приоритеты критериев. Не всегда можно говорить и об альтернативах в прямом смысле этого слова, так, например, при оценке мероприятий по инновационному развитию предприятия различные направления этого развития могут реализовываться одновременно, хотя и с различной интенсивностью. Взаимодействовать могут и критерии оценки альтернатив, и в этих случаях структуры

с обратными связями представляют собой сети, содержащие циклы и множества элементов (компоненты), а также петли обратной связи, показывающие связь между элементами одного компонента.

Весомым доводом в пользу МАИ и МАС является тот факт, что в задачах принятия решений в условиях неопределенности приходится опираться скорее на опыт и интуицию специалистов, нежели на имеющиеся объективные данные. В этом случае результаты, полученные методами анализа иерархий и аналитических сетей, могут быть более реалистичными, чем результаты, полученные другими методами.

В математическом плане метод анализа иерархий основан на теории иерархических структур, обратносимметрических матриц и иерархического синтеза результатов, при этом справедливы следующие положения:

1. обратная симметричность как основная характеристика парных сравнений;
2. гомогенность сравниваемых элементов каждого уровня иерархии;
3. зависимость нижнего уровня от непосредственно примыкающего к нему высшего уровня.

Поскольку количество сравниваемых элементов, как правило, не превышает семи (магическое число Миллера [4]), результатом суждений по каждому отдельному уровню иерархии является квадратная неотрицательная обратносимметрическая матрица, диагональные элементы-числа которой равны единице, а остальные элементы подчинены равенству  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ .

Используемая в МАИ девятибалльная шкала отношений (шкала Т. Саати) представлена в табл. 1.

Как видно из этой таблицы, особенностью парных сравнений в методе анализа иерархий является то, что предлагаемая экспертам шкала является результатом трех последовательных этапов дихотомического деления шкалы оценок. На первом этапе вся шкала с метками 1 (одинаковая значимость) и 9 (абсолютная значимость) делится пополам меткой 5 (сильная зна-

Таблица 1.

Шкала парных сравнений элементов иерархии (шкала Т. Саати)

Степень важности	Определение	Объяснение
1	Одинаковая значимость	Два действия вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Слабая значимость	Опыт и суждение дают легкое предпочтение одного действия перед другим
5	Существенная или сильная значимость	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному действию перед другим
7	Очень сильная или очевидная значимость	Предпочтение одного действия перед другим очень сильно. Его превосходство практически явно
9	Абсолютная значимость	Свидетельство в пользу предпочтения одного действия другому в высшей степени убедительно
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение
Обратные величины приведенных чисел	Если действию $i$ при сравнении с действием $j$ приписывается одно из приведенных выше чисел, то действию $j$ при сравнении с $i$ приписывается обратное значение	Обоснованное предположение

чимостью), на втором этапе дихотомического деления каждая половина шкалы делится еще пополам между метками 1 и 5, с одной стороны, и метками 5 и 9 – с другой с образованием меток 3 (слабая значимость) и 7 (очевидная значимость). На третьем этапе производится еще одно дихотомическое деление шкалы с образованием меток 2, 4, 6, 8.

Второй особенностью метода анализа иерархий является то, что основным его математическим конструктом является квадратная неотрицательная обратносимметрическая матрица  $W$ , которая формируется на основе шкалы субъективных суждений, приведенной в табл. 1. При числе элементов иерархического уровня  $n$  квадратная матрица парных сравнений  $W$  будет иметь размерность  $n \times n$ :

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & w_1 & \dots & \dots & w_1 \\ w_1 & w_2 & & & w_n \\ w_2 & w_2 & \dots & \dots & w_2 \\ w_1 & w_2 & & & w_n \\ \vdots & & & & \vdots \\ w_n & w_n & \dots & \dots & w_n \\ w_1 & w_2 & & & w_2 \end{bmatrix}$$

Здесь  $w_i$  – числа от 1 до 9. На диагонали матрицы будут единицы, наддиагональные и поддиагональные элементы матрицы обратны друг другу.

Рассмотрим алгоритм МАИ на примере базовой трехуровневой иерархической модели принятия решения по выбору рациональной альтернативы при наличии нескольких критериев, или, иначе, иерархии многокритериального выбора – рис. 1.

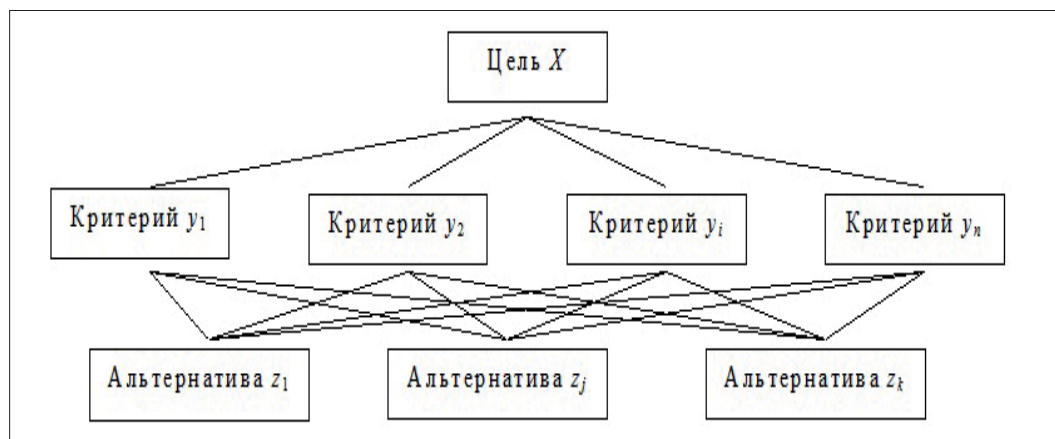


Рис. 1. Иерархическая модель принятия решения в методе анализа иерархий.

С позиций теории иерархий, это – *модель прямой иерархии*, в которой вначале оцениваются приоритеты критериев  $y_i$ , а затем – приоритеты альтернатив  $z_j$  по каждому из критериев  $y_i$ . Результатами при этом являются: во-первых, вектор приоритетов критериев

$$W(Y) = (w(y_1), w(y_2), \dots, w(y_n)),$$

во-вторых, множество локальных векторов приоритетов альтернатив

$$W_i(Z) = (w_i(z_1), w_i(z_2), \dots, w_i(z_k)),$$

которые затем взвешиваются весами критериев  $W(Y)$

и преобразуются тем самым в глобальный вектор приоритетов альтернатив

$$W(Z) = (w(z_1), w(z_2), \dots, w(z_k)).$$

В идеале обратносимметрическая матрица парных сравнений  $W$  удовлетворяет свойству совместности, т.е. равенство  $w_{ij} = w_{im} \times w_{km}$  имеет место для всех  $i, j, m = 1, 2, \dots, n$ , максимальное собственное значение  $\lambda_{\max}$  равно размерности матрицы  $n$ , и, в принципе, для определения весового вектора достаточно располагать любой ее строкой. На практике матрица парных сравнений отличается от «идеальной» матрицы относительных весов тем, что она не удовлетворяет свойству совместности,  $\lambda_{\max} \geq n$ , и в этой связи автор метода Т. Саати ввел специальный числовой показатель – индекс совместности  $CI$ , пропорциональный разности между  $\lambda_{\max}$  и  $n$ , который оценивает «степень невыполнения» свойства совместности. Причем, если выполняется неравенство  $CI \leq 0,1$ , то это должно привести к малой величине ошибки вычисления весового вектора.

Поскольку глобальный вектор приоритетов альтернатив есть результат синтеза локальных векторов приоритетов, то можно считать его расчет достаточно надежным, но вектор локальных приоритетов критериев рассчитан по меньшему объему информации. Однако можно уточнить вектор приоритетов критериев, выполнив серию опросов экспертов по *модели обратной иерархии*, в которой цель сохраняется, но второй и нижний уровень меняются местами. При этом изменяются и вопросы, задаваемые эксперту: вначале – это сравнение значимости альтернатив по отношению к общей цели (фокусу иерархии), затем – сравнение критериев по соответствию критериев каждой из альтернатив.

Результаты работы эксперта в рамках МАИ позво-

ляют ранжировать критерии и альтернативы, но получаемые при этом глобальные векторы приоритетов критериев и альтернатив не учитывают возможное в ряде случаев взаимодействие уровней критериев и альтернатив, а также взаимосвязи между отдельными критериями и отдельными альтернативами. В этих случаях от модели МАИ необходимо перейти к модели МАС – рис. 2.



Рис. 2. Структура сети, моделирующей взаимодействие компонентов (уровней иерархической модели принятия решений), а также взаимосвязи критериев и альтернатив.

Поясним эту схему. Цель сети, представленной на этой схеме, та же, что и в прямой и обратной иерархической модели принятия решений (на схеме цель не показана), двойная стрелка обозначает взаимодействие компонентов (уровней) сетевой модели, дугообразные стрелки обозначают взаимосвязи критериев и альтернатив.

Если в методе анализа иерархий основным математическим конструктом является матрица парных сравнений, то в методе аналитических сетей – суперматрица блочной структуры (рис. 3).

Блок взаимосвязи альтернатив (матрица размером $k \times k$ )	Блок прямой иерархии (матрица размером $n \times k$ )
Блок обратной иерархии (матрица размером $k \times n$ )	Блок взаимосвязи критериев (матрица размером $n \times n$ )

Рис. 3. Структура суперматрицы, моделирующей взаимодействие компонентов иерархии и взаимосвязи критериев и альтернатив.

Основу суперматрицы составляют блоки, расположенные на вспомогательной диагонали. Верхний правый блок образуют  $k$  локальных векторов приоритетов альтернатив, каждый из которых имеет размерность  $n$ , так что размерность матрицы этого блока –  $n \times k$ . Нижний левый блок образуют  $n$  локальных векторов приоритетов критериев размерностью  $k$  и размерность матрицы этого блока –  $k \times n$ . Это – *матрица прямой иерархии*, тогда как матрица нижнего левого блока, образованная локальными векторами приоритетов критериев, – *матрица обратной иерархии*.

Диагональные блоки суперматрицы образуют квадратные матрицы, отражающие взаимосвязи альтернатив (верхний левый блок) и взаимосвязи критериев (нижний правый блок). Их размерность –  $k \times k$  и  $n \times n$  соответственно. Таким образом, размерность суперматрицы составляет  $(n+k) \times (n+k)$ , что существенно больше размерности матриц парных сравнений.

Опыт практического применения метода аналитических сетей показывает, что при разработке структуры иерархической модели следует стремиться к тому, чтобы критерии не зависели друг от друга. Это значительно облегчает сравнение экспертами элементов данного иерархического уровня, устраняет дублирование критериев. Что касается альтернатив, то уже исходя из смысла этого термина, они не должны быть взаимосвязаны. Тогда диагональными блоками будут единичные матрицы соответствующей размерности: блок взаимосвязи альтернатив – размерность  $k$ , блок взаимосвязи критериев – размерность  $n$ . В этом случае для формирования суперматрицы, отражающей взаимодействие компонентов сетевой модели, экспертам достаточно выполнить парные сравнения по двум иерархическим

моделям – прямой и обратной иерархии. Объем работы эксперта по прямой иерархии составляет  $N_{\text{прям}} = n(n-1)/2 + nk(k-1)/2$  парных сравнений, а по обратной иерархии –  $N_{\text{обрат}} = k(k-1)/2 + kn(n-1)/2$  парных сравнений. Следовательно, даже при достаточно простой модели принятия решений, содержащей четыре альтернативы и пять критериев, объем работы экспертов достаточно велик – 40 парных сравнений по прямой иерархии и 46 парных сравнений по обратной иерархии, т.е. суммарно 86 парных сравнений.

Отсюда вовсе не следует, что необходимо изначально стремиться к упрощению структуры модели принятия решений. Действительно, в процессе наполнения прямой иерархической модели принятия решений экспертными знаниями уже на первом этапе – этапе сравнения  $n$  критериев – может оказаться так, что какие-то из них будут малоинформативными, т.е. их приоритеты будут значительно меньше, чем  $1/n$ . Тогда эти критерии можно без особого ущерба исключить из дальнейшего анализа.

Математическая сторона расчета итогового вектора приоритетов альтернатив и критериев достаточно проста: суперматрица после приведения к стохастической форме, т.е. к матрице, в которой сумма приоритетов по всем столбцам равна единице, возводится в высокую степень. Если условие равенства единице сумм приоритетов по всем столбцам суперматрицы выполнено в точности, то в результате получают предельную суперматрицу, в которой все столбцы одинаковые. После умножения предельной суперматрицы на 2 первые  $k$  элементов столбцов будут приоритетами альтернатив, а последние  $n$  элементов – приоритетами критериев.

Алгоритм сравнительной оценки инновационных проектов модернизации производственных процессов промышленных предприятий в условиях неопределенности в базовом варианте («цель (фокус)» – «критерии (факторы)» – «альтернативы») аналогичен рассмотренному выше алгоритму, поскольку цели, средние и нижние уровни иерархической модели принятия решений полностью совпадают.

Перейдем теперь непосредственно к методике сравнительной оценки инновационных проектов в условиях сильной неопределенности исходной информации.

Выше отмечалось, что применительно к инновационным проектам абсолютные измерения критериев эффективности неэкономической природы в денежном выражении, в принципе, возможны, но могут потребовать значительных интеллектуальных и временных затрат. Альтернативный вариант – не абсолютное измерение критериев эффективности, а их относительное сравнение для альтернативных проектов.

В базовом варианте относительное сравнение инновационных проектов сводится к построению трехуровневой модели полной прямой иерархии, на верхнем уровне которой – цель (фокус), на среднем – критерии оценки, на нижнем – альтернативные проекты или варианты реализации проекта. Однако любое решение имеет достоинства и недостатки, которые необходимо тщательно проанализировать, совершая выбор. Некоторые из них отражают вполне определенные аспек-

ты проблемы, другие являются менее ясными и могут иметь место с некоторой вероятностью. Благоприятные аспекты решения, ожидаемые с высокой вероятностью, являются выгодами (*Benefits*), в то время как неблагоприятные – издержками (*Costs*). Важной возможностью МАИ является возможность создания отдельных иерархий для выгод (позитивных последствий альтернатив) и издержек (негативных последствий альтернатив), с одинаковыми наборами альтернатив на нижнем уровне. Так можно получить векторы приоритетов альтернатив по выгодам и издержкам. Обобщенный вектор приоритетов, учитывающий и выгоды, и издержки, получается делением приоритета выгод на приоритет издержек для каждой альтернативы. Наиболее предпочтительный вариант характеризуется максимальным значением этого отношения. Отношение *Выгоды/Издержки* (*B/C*) оказывает весьма полезным в задачах распределения ресурсов.

Сомнительные аспекты решения также могут быть положительными и отрицательными. Положительные аспекты – это возможности (*Opportunities*), которые решение могло бы создать, а отрицательные аспекты – риски (*Risks*), которые может повлечь за собой рассматриваемое решение. Каждый из этих четырех аспектов может быть представлен отдельной структурой принятия решения, начиная от управляющей иерархии выгод с подчиненной сетью взаимозависимых компонентов, связанных с управляющими критериями для выгод, и заканчивая соответствующей структурой рисков.

Совместное применение всех четырех аспектов в анализе решений обозначается аббревиатурой *BOCR* (*Benefits – Opportunities – Costs – Risks*), в которой на первых местах расположены положительные аспекты (выгоды и возможности), а затем отрицательные (издержки и риски). Каждый из этих аспектов вносит вклад в качество решения и должен рассматриваться отдельно с использованием набора (упорядоченных по приоритетам) критериев, которые могут применяться для анализа любых других решений. Эти аспекты решения называют *качествами*, а критерии, по которым они оцениваются, – *критериями качества*. Примерами критериев качества являются следующие: удовлетворение требованиям, удобство, гармония, согласие, общественное достояние, прогресс, богатство, мощь, эффективность и т.д.

Критерии необходимо упорядочить по приоритетам для применения в конкретных задачах принятия решений. Затем следует упорядочить рассматриваемые альтернативы для каждой из структур *BOCR* и синтези-

ровать обобщенный результат по формуле:

$$BOCR = (Benefits * Opportunities) / (Costs * Risks) = (Выгоды * Возможности) / (Издержки * Риски).$$

Тем самым будет учтено не только настоящее (выгоды и издержки), но и будущее (возможности и риски).

Особо отметим, что, сравнивая по критериям издержек и рисков, нужно анализировать, какая из альтернатив является более дорогостоящей или более опасной (а не менее дорогостоящей или менее опасной), потому что при парных сравнениях оценивается, насколько доминирующий элемент пары превосходит менее предпочтительный относительно рассматриваемого свойства.

Многообразие математических задач, сопутствующих реализации метода анализа иерархий, сводится к следующему:

- вычисление главного собственного вектора матрицы парного сравнения и его нормализация с целью определения векторов приоритетов;
- вычисление максимального собственного числа матрицы парного сравнения с целью определения согласованности данных;
- иерархический синтез для взвешивания собственных векторов весами критериев с целью вычисления суммарного вектора приоритетов;
- выявление элементов матрицы парных сравнений, обуславливающих ее несогласованность, и корректировка матрицы суждений;
- вычисление усредненного вектора приоритетов с целью определения согласованного мнения экспертов.

Конечно, построение не одной, а четырех концептуальных иерархических моделей и последующее «наполнение» их экспертными знаниями является довольно трудоемким процессом, но это повышает достоверность получаемых выводов.

Вышеуказанные функции реализованы в различных системах поддержки принятия решений (СППР), в частности, в разработке специалистами Орловского государственного технического университета (ОГТУ) и Орловской региональной академии государственной службы (ОРАГС) СППР Expert Decide, поддерживающей алгоритмы МАИ [3], а также в разработанной в Российском экономическом университете имени Г.В. Плеханова экспертно-аналитической системе Expert Solution, поддерживающей алгоритмы МАИ и MAC [8], характеристики и применение которых для выбора эффективных решений при модернизации производственных процессов промышленных предприятий будут рассмотрены в наших последующих публикациях.

#### Библиографический список

1. Белоусова Ю.Г. Применение метода анализа иерархий для построения эффективной системы управления производственными процессами // Организатор производства. 2013. №1. С.94-98.
2. Дэвид Г. Метод парных сравнений. Под ред. Ю.П. Адлера. М.: Статистика, 1978. 144 с.
3. Кузнецов А.И. Expert Decide для Windows 95, Windows 98 и Windows NT. Версия 2.0. Руководство пользователя. Под ред. В.Г. Шуметова. Орел: Изд-во ОРАГС, 2000. 24 с.
4. Миллер Дж.А. Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию // Инженерная психология. М.: Прогресс, 1964.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
6. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 360 с.
7. Шуметов В.Г. Управление инновационным процессом в хозяйственной системе на основе современных информационных технологий. М.: Палеотип, 2004. 286 с.



8. Шуметов В.Г., Покровский А.М. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: Учебно-методическое пособие. Орел, Изд-во Орловского филиала РАНХиГС, 2012. 144 с.
9. Шуметов В.Г., Лясковская О.В., Абрамова Г.Н. Математические методы выбора эффективных решений в условиях информационной неопределенности // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». 2015. №2(65).

#### References

1. Belousova Yu.G. The use of the analytic hierarchy process to build an effective process control systems // Organizer production. 2013. Number 1. Pp.94-98.
  2. David G. The method of paired comparisons. Ed. Yu.P. Adler. Moscow: Statistics, 1978. 144 p.
  3. Kuznetsov A.I. Expert Decide for Windows 95, Windows 98 and Windows NT. Version 2.0. Manual / Ed. V.G. Shumetov. Orel: Publishing House of the ORASS, 2000. 24 p.
  4. Miller J.A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two. Some limits of our ability to process information / / Engineering Psychology. Moscow: Progress Publishers, 1964.
  5. Saaty T. Decision-making. The Analytic Hierarchy Process. Moscow: Publishing House «Radio and Communication», 1993. 278 p.
  6. Saaty T. Decision-making in the Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. Moscow: Publishing LKI, 2008. 360 p.
  7. Shumetov V.G. Management of the Innovation Process in the Economic System based on Modern Information Technology / ed. A.Y. Yegorov. Moscow: Publishing House «Paleotyp», 2004. 286 p.
  8. Shumetov V.G., Pokrovsky A.M. Mathematical and Tool Methods of Decision Support: a Teaching Aid. Oryol: Orel branch RANEPS, 2012. 144 p.
  9. Shumetov V.G., Laskowski O.V., Abramova G.N. Mathematical methods for selecting effective solutions in terms of information uncertainty // Scientific notes of Orel State University. Series: “Natural, technical and medical science”. 2015. № 2(65). Pp.
- 
-



УДК 532.546

UDC 532.546

М.А. ФРОЛОВ

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра информатики, Орловский государственный университет  
E-mail: markfrolov@rambler.ru

М.А. FROLOV

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Informatics, Orel State University  
E-mail: markfrolov@rambler.ru

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕБИТ СКВАЖИНЫ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПОЛУПРОНИЦАЕМЫХ ТРЕЩИН (ЗАВЕС) В ПЛАСТЕ ГРУНТА С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ

## THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE INTERFERENCE OF SEMIPERMEABLE CRACKS (SCREENS) IN THE LAYER OF THE GROUND WITH THE LINEAR CONTOUR OF FEED ON THE YIELD OF THE CHINK

Ставится плоскопараллельная граничная задача о дебите скважины при наличии полупроницаемых трещин (завес) в пласте. В отличие от исследования [8] рассматривается несколько трещин, исследуется их влияние на дебит совершенной скважины и друг на друга. Задача решается численно методом дискретных особенностей, что позволяет моделировать трещины (завесы) произвольными гладкими и кусочно-гладкими границами и располагать их произвольно.

**Ключевые слова:** дебит скважины, полупроницаемая трещина (завеса), гидравлический разрыв пласта, численное решение задачи.

The plane-parallel boundary problem about the yield of the chink is put at presence of semipermeable cracks (screens) in the layer. Unlike studies [8] several cracks are considered, their influence on the yield of the chink and on each other are investigated. The problem is solved numerically by the method of discrete singularities that allows to simulate a crack (screen) by the arbitrary sleek and piecewise smooth boundaries and to have them voluntary.

**Keywords:** the yield of the chink, a semipermeable crack (screen), a pressure parting of the layer, numerical solution of the problem.

Проблема повышения продуктивности скважин актуальна и значима при разработке водозаборов, эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Одним из наиболее распространённых методов повышения продуктивности скважин является гидравлический разрыв пласта [1]. Сущность метода заключается в том, что в пласте создаются искусственные трещины, протяжённость которых от скважины может достигать десятки и сотни метров. При этом существенно увеличивается приведённый радиус скважины и, как следствие, повышается продуктивность скважины [1–3, 8]. Кроме того, из практики эксплуатации водных скважин известно, что в процессе их прокачки вымывается часть грунта из призабойной зоны, при этом могут образовываться полупроницаемые области или каверны, что также приводит к увеличению дебита скважины.

В настоящей работе рассматриваются вытянутые эллиптические трещины (завесы), внутри которых находится скважина. Исследуется влияние на дебит скважины интерференции трещин в случае прямолинейного контура питания.

Рассмотрим стационарное течение несжимаемой жидкости в недеформируемой изотропной однородной пористой среде [8]. Такое течение описывается законом Дарси и уравнением неразрывности, записанными в безразмерных величинах:

$$\vec{v} = k \nabla \phi, \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0, \quad (2)$$

Будем рассматривать плоскопараллельное течение в координатной плоскости  $Oxy$ . Пусть в области  $D_0$ , в

некоторой точке  $M_0(x_0, y_0)$  на выбранной плоскости расположена совершенная эксплуатационная скважина дебита  $q$  (рис.1). Контур скважины  $L_c$  — окружность малого радиуса  $R_c$ . Работу скважины будем моделировать точечным стоком мощности  $q$  [8].

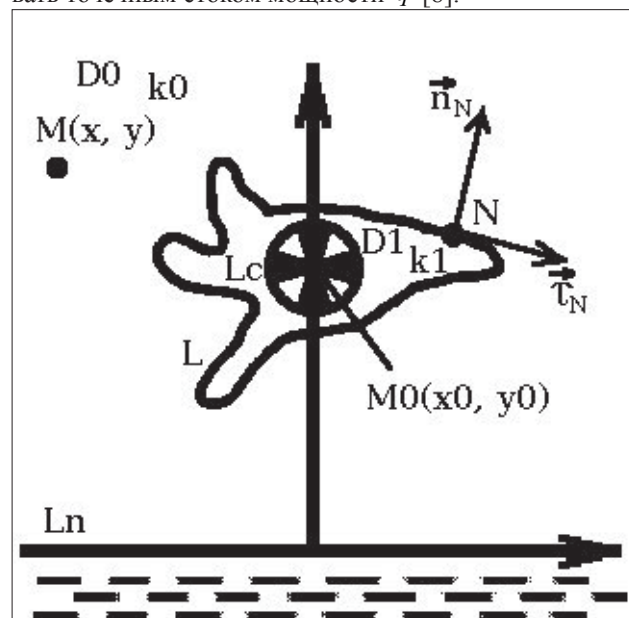


Рис. 1. Постановка задачи.

Контуром питания  $L_n$  для скважины является прямая  $y = 0$ , ограничивающая область фильтрации  $D_0$ . Предположим, что в области  $D_0$  имеются  $p$  трещин (завес) произвольной формы, ограниченные замкнуты-

ми контурами  $L_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$ . Эти контуры выбираются таким образом, чтобы каждый из них проходил через скважину. Тогда обозначим  $L = \bigcup_{i=1}^p L_i \setminus \bigcap_{i=1}^p L_i$ . Скважина находится внутри контура  $L$ . Пусть вне трещин (завес) – область  $D_0$ , заполнена средой с коэффициентом проницаемости  $k_0 = 1$ , а сами трещины (завесы) – область  $D_1$  – средой с коэффициентом проницаемости  $k_1$  (для трещин  $k_1 > k_0$  и завес  $k_1 < k_0$ ). Потенциалы скоростей течения в областях  $D_0$  и  $D_1$  обозначим соответственно  $\phi_0$  и  $\phi_1$ . Контур  $L_n$  и  $L$  моделируем гладкими кривыми.

Как следует из уравнений (1) и (2), функции  $\phi_0$  и  $\phi_1$  координат точки  $M(x, y)$ , всюду за исключением особых точек этих функций в области  $D = D_0 \cup D_1$ , ограниченной контуром  $\Gamma = L_c \cup L \cup L_n$ , являются гармоническими, то есть удовлетворяют уравнению Лапласа:

$$\Delta \phi_\nu(M) = 0, \quad M \in D_\nu, \quad \nu = 0, 1. \quad (3)$$

Их представим в виде:

$$\phi_\nu(M) = \frac{\phi(M) + \phi_*(M)}{k_\nu}, \quad M \in D_\nu, \quad \nu = 0, 1. \quad (4)$$

Функция  $\phi(M)$  — потенциал, описывающий течение жидкости к скважине в безграничной (при отсутствии контура  $\Gamma = L_c \cup L \cup L_n$ ) однородной среде проницаемости  $k_1 = k_0$  вида:

$$\phi(M) = \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{r}, \quad r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}. \quad (5)$$

Функция  $\phi_*(M)$  — потенциал возмущения, вызванный наличием трещин (завес), контуров питания и скважины (контур  $\Gamma = L_c \cup L \cup L_n$ ). На контуре  $L$  должны выполняться условия непрерывности давления и расхода жидкости [5, 6], которые для потенциала  $\phi_*(M)$  согласно [7] имеют вид:

$$(1 - \lambda)\phi_*^+(M) - (1 + \lambda)\phi_*^-(M) = 2\lambda\phi(M), \quad \left(\frac{\partial \phi_*(M)}{\partial n_M}\right)^+ = \left(\frac{\partial \phi_*(M)}{\partial n_M}\right)^-, \quad M \in L, \quad (6)$$

где знаками «+» и «-» отмечены предельные значения соответствующих функций при подходе к контуру  $L$  из областей  $D_0$  и  $D_1$  (выбор ортов нормали  $\vec{n}$  и касательной  $\vec{\tau}$  см. на рис. 1). В условиях (6)  $\lambda = \frac{k_0 - k_1}{k_0 + k_1}$ ,  $\lambda \in (-1, 1)$ .

Согласно [7], на контурах питания и скважины имеем условия:

$$\phi_*^-(M) = \alpha(M) - \phi(M), \quad M \in L_n, \quad (7)$$

$$\phi_*(M) = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{R_c}, \quad M = M_0, \quad (8)$$

где  $C$  — произвольная постоянная,  $\alpha(M)$  — в общем случае непрерывная периодическая функция координат.

Таким образом, чтобы найти дебит  $q$  скважины, необходимо определить потенциал  $\phi_*(M)$ , удовлетворяющий условиям (6)–(8).

Для границ  $L_n$  и  $L$ , моделируемых гладкими кривыми класса Ляпунова, задача о дебите сводится к системе интегральных уравнений и интегрального соотношения [5–7].

Потенциал возмущения  $\phi_*(M)$  ищем в виде потенциала двойного слоя:

$$\phi_*(M) = \int_L g_\nu(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N, \quad M \in D_\nu, \quad \nu = 0, 1, \quad (9)$$

где  $\Phi(M) = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r}$ ,  $r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$  — фундаментальное решение уравнения (3), описывающее течение жидкости к точечному стоку единичной мощности ( $q = 1$ ) в безграничной однородной среде проницаемости  $k = 1$ .

Следуя [7], удовлетворим (9) условиям (6)–(8). Имеем систему неоднородных интегральных уравнений второго рода типа Фредгольма:

$$\begin{aligned} & -2\lambda \left( \int_L g(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N \right) + g(M) = \\ & = 2\lambda\phi(M), \quad M \in L, \\ & 2 \left( \int_L g(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N \right) - f(M) = \\ & = 2[\alpha(M) - \phi(M)], \quad M \in L_n \end{aligned}$$

и интегральное соотношение:

$$\begin{aligned} & \int_L g(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N = \\ & = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{R_c}, \quad M = M_0. \quad (10) \end{aligned}$$

Используя развитый в [4–6] подход, задача решается численно. Задавая контуры  $L_n$  и  $L$  параметрически и, производя их дискретизацию, перейдем к системе ли-

нейных неоднородных алгебраических уравнений [8].

Пусть контуром питания  $L_n$  является прямая  $y=0$ . В этом случае в систему уравнений (10) вместо функции  $\Phi(N, M)$  вводится функция Грина, учитывающая прямолинейный контур питания:

$$G(N, M) = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{NM}} - \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{NM}^*},$$

где  $r_{NM} = \sqrt{(x_N - x_M)^2 + (y_N - y_M)^2}$ ,

$r_{NM}^* = \sqrt{(x_N - x_M)^2 + (y_N + y_M)^2}$ . При этом, условие (7) на контуре питания будет выполняться автоматически (полагая  $\alpha(M) = 0$ ) и второе уравнение системы (10) выпадает. В потенциале возмущения (9) останется только первое слагаемое, а потенциал (5) примет вид:

$$\phi'(M) = \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{r} - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{r^*}, \text{ где}$$

$$r^* = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y + y_0)^2}.$$

Тогда имеем систему одного интегрального уравнения на контуре  $L$  и интегрального соотношения на контуре скважины:

$$\begin{aligned} -2\lambda \int_L g(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ + g(M) = 2\lambda \phi'(M), \quad M \in L, \\ \int_L g(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N = \\ = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{2y_0}{R_c}, \quad M = M_0. \end{aligned} \quad (11)$$

Решить аналитически систему (11) не представляется возможным. Поэтому решим её численно, используя развитый в [4-8] подход. Сведём эту систему к системе алгебраических уравнений. Зададим контур  $L$  параметрически. Имеем:

$$\begin{aligned} x_N = x(t), \quad y_N = y(t), \quad x_M = x(t_0), \\ y_M = y(t_0), \quad t_0, t \in [0, S]; \quad N, M \in L, \end{aligned} \quad (12)$$

где  $t$  – параметр,  $t_0$  – некоторое его значение,  $S$  – длина контура  $L$ .

Так как контур  $L$  обходим в направлении ортов касательных к этим контурам (рис. 1), то согласно [4] имеем:

$$\begin{aligned} \vec{r}_{NM} = ((x(t) - x(t_0))\vec{i} + (y(t) - y(t_0))\vec{j}), \\ \vec{n}_N = \frac{-y'_t \vec{i} + x'_t \vec{j}}{\sqrt{x_t'^2 + y_t'^2}}, \\ dS_N = \sqrt{x_t'^2 + y_t'^2} dt, \quad N \in L. \end{aligned} \quad (13)$$

Учитывая (13), запишем систему (11) в параметрическом виде:

$$\begin{cases} -2\lambda \int_0^S g(t) K(t, t_0) dt + g(t_0) = 2\lambda \phi'(t_0), \\ t_0 \in [0, S], \\ \int_0^S g(t) K(t, M) dt = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{2y_0}{R_c}, \\ M = M_0, \end{cases} \quad (14)$$

где  $K(t, t_0)$ ,  $K(t, M)$  – интегральные ядра [8]:

$$\begin{aligned} K(t, t_0) = \left[ -\frac{\partial G(x(t), y(t), x(t_0), y(t_0))}{\partial x(t)} y'_t + \right. \\ \left. + \frac{\partial G(x(t), y(t), x(t_0), y(t_0))}{\partial y(t)} x'_t \right], \\ K(t, M) = \left[ -\frac{\partial G(x(t), y(t), x(M), y(M))}{\partial x(t)} y'_t + \right. \\ \left. + \frac{\partial G(x(t), y(t), x(M), y(M))}{\partial y(t)} x'_t \right], \end{aligned}$$

Разобьём контур  $L$  по параметру длины дуги  $t$  на  $n$  равных частей с шагом  $h$ . Пусть  $k$  и  $m$  – какие-либо фиксированные номера точек из множеств разбиения контура  $L$ . Согласно [8], используя правило прямоугольников, получим систему числа  $n+1$  линейных неоднородных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} -2\lambda \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq m}}^n g_k K(t_k, t_m) h + g_m = 2\lambda \phi'(t_m), \\ m = 1, \dots, n, \\ \sum_{k=1}^n g_k K(t_k, M) h = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{2y_0}{R_c}, \\ M = M_0. \end{cases} \quad (15)$$

Решая эту систему, находим неизвестные величины:  $g_k$  ( $k=1, \dots, n$ ) и дебит  $q$ .

Полупроницаемую трещину моделируем эллипсом  $L$  с полуосями  $a$  и  $b$ . Центр эллиптической трещины находится в точке расположения скважины  $M(x_0, y_0)$  (рис 2). В качестве характерного размера выберем расстояние от скважины до контура питания  $y_0$  ( $y_0 = 1$ ).

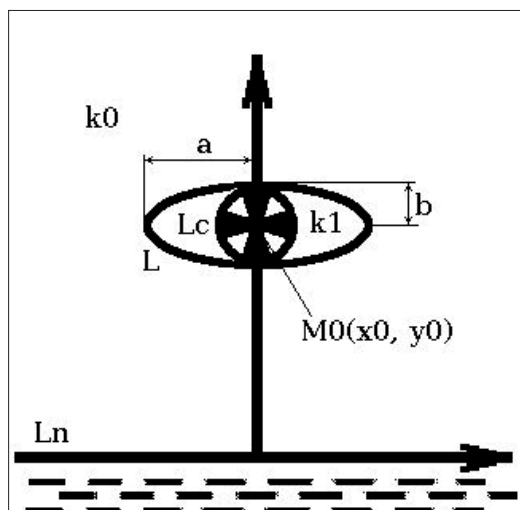


Рис. 2. Расположение скважины в эллиптической трещине с прямолинейным контуром питания.

Остальные числовые значения выберем следующими:  $x_0 = 0$ ,  $R_c = 0.01y_0$ ,  $a = 10R_c$ ,  $b = R_c$ ,  $C = 1$ ,  $\alpha(M) = 0$ ,  $\lambda = -0.9$ ,  $k_0 = 1$ ,  $n = 1600$ . Число точек разбиения  $n = 1000$  выбиралось исходя из исследования практической сходимости решения таким, чтобы при удвоении  $n$  изменение дебита не превышало 1%.

Для начала исследуем влияние контура питания на дебит скважины. При выбранных числовых значениях дебит скважины  $q = 1.6225$ . Теперь повернём контур  $L$  на  $90^\circ$ . Дебит скважины будет равен  $q = 1.6214$ . Относительное изменение дебита  $\eta = 0.068\%$ . Таким образом, при выбранных числовых значениях, влиянием контура питания можно пренебречь.

Исследуем теперь интерференцию трещин. На рис.3 показана схема расположения четырёх эллиптических трещин, имеющих равные размеры и проницаемость.

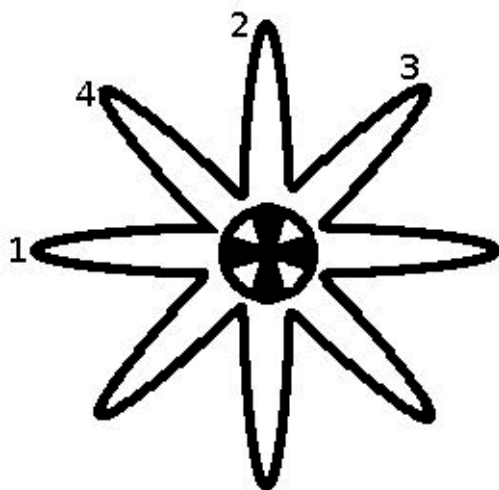


Рис. 3. Схема расположения трещин.

Трещины 1, 2, 3, 4 вводятся последовательно. Сначала задача решается для трещины 1, потом для трещин 1 и

2, затем для трещин 1- 3, и затем для трещин 1 - 4. В таблицах 1-3 приводится практическая сходимость численного метода решения для данных случаев. Величина

$$\eta = \frac{q_n - q_{2n}}{q_n} \times 100\%$$

показывает, как меняется дебит скважины при удвоении числа точек разбиения  $n$ .

Таблица 1.

Практическая сходимость для двух трещин (1 и 2)

$n$	100	200	400	800	1600	3200	6400
$q$	2.42	2.25	2.07	1.94	1.86	1.82	1.80
$\eta, \%$		7.03	8.00	6.28	4.12	2.15	1.10

Таблица 2.

Практическая сходимость для трёх трещин (1, 2 и 3)

$n$	150	300	600	1200	2400	4800	9600
$q$	2.71	2.45	2.21	2.04	1.94	1.89	1.86
$\eta, \%$		9.59	9.80	7.69	4.90	2.58	1.59

Таблица 3.

Практическая сходимость для четырёх трещин (1-4)

$n$	200	400	800	1600	3200	6400	12800
$q$	2.94	2.60	2.33	2.12	2.00	1.95	1.92
$\eta, \%$		11.6	10.4	9.01	5.66	2.50	1.54

Как видно из таблиц, с увеличением  $n$  величина  $\eta \rightarrow 0$ , то есть в каждом из случаев решения сходятся в конкретной точке. Следовательно, система (15) во всех случаях имеет единственное решение.

В таблице 4 представлены результаты интерференции трещин. Величина  $\eta = \frac{q_p - q_{p-1}}{q_p} \times 100\%$ , где  $p$  —

число трещин ( $p = 1, 2, 3, 4$ ), показывает, какой вклад в дебит скважины вносит каждая последующая трещина.

Таблица 4.

Интерференция трещин

Количество трещин	0	1	2	3	4
$Q$	1.19	1.62	1.80	1.86	1.92
$\eta, \%$		26.5	10.0	3.2	3.12

Как видим, при данном выборе числовых величин первая трещина увеличивает дебит скважины на 26.5%, присутствие второй повышает дебит уже на 10%. Третья и четвёртая трещины дают вклад 3.2% и 3.12% соответственно. Каждая последующая трещина оказывается менее полезной, наблюдается «насыщение». Поэтому всегда существует такое количество трещин, начиная с которого дальнейшее увеличение их числа не вносит существенного вклада в дебит скважины. В данном случае влиянием третьей и четвёртой трещин можно пренебречь. Это важный с практической точки зрения результат, который в ряде случаев объясняет малую эффективность повторных гидроразрывов пласта, особенно в хорошо проницаемых грунтах [1].

**Библиографический список**

1. Казанцев П.Ю. Исследование технологий воздействия гидроразрывом пласта на поздней стадии разработки месторождений. // Автореф. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук, Тюмень, 2004. 25с.
2. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. М.: Недра. 1999. 213 с.
3. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2003. 128 с.
4. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. М.: ТОО «Янус», 1995, 520 с.
5. Пивень В.Ф. Математическое моделирование двумерных задач гидродинамики в неоднородных слоях. Докт. дисс. Орёл, Орловский государственный университет. 1998. 266 с.
6. Пивень В.Ф. Интегральное уравнение граничной задачи сопряжения фильтрационных течений в неоднородной среде. Труды IX международного симпозиума «МДОЗМФ-2000». Орёл, 2000. С.343–348.
7. Пивень В.Ф., Фролов М.А. Исследование дебита скважины в пласте грунта с трещинами (завесами) // Труды XIV Международного симпозиума «МДОЗМФ-2009» – 2009. Ч. 2. С. 137–140.
8. Пивень В.Ф., Фролов М.А. Исследование влияния на дебит скважины длины полупроницаемой трещины (завесы) в пласте грунта с прямолинейным контуром питания // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: «Естественные, технические и медицинские науки». 2013. №3 (53). С.57–61.

**References**

1. Kazantsev P.Yu. The researching of technologies influences with the pressure parting of a layer on the latest stage of elaboration of entrails. // abstract on the competition of the academic degree of the candidate of the technical sciences, Tumen, 2004. P.25.
  2. Kanevskaya R.D. Mathematical modeling of the elaboration of oil and gas entrails with the application of pressure parting of the layer. M.:Nedra. 1999. 213 p.
  3. Kanevskaya R.D. The Mathematic modeling of the hydrodynamic processes of elaboration of entrails of hydrocarbons. Moscow – Igevsck: The Institute of computer researches. 2003. 128 p.
  4. Lifanov I.K. The method of singular cumulative equations and numeral experiment. M.: TOO «Yanus». 1995. 520 p.
  5. Piven' V.F. The mathematic modeling of two-dimensional tasks of hydrodynamics in heterogeneous layers. Doctoral thesis. Orel, Orel State University, 1998, 266. p.
  6. Piven' V.F. Cumulative equation of the boundary sum of conjugation of filtration flows in heterogeneous medium. Works of the IX International Symposium «MDOZMF-2000». Orel, 2000. Pp.343-348.
  7. Piven' V.F., Frolov M.A. The researching of the yield of a chink in the layer of the ground with crack (screen) // Works of the XIV International Symposium «MDOZMF-2009» – 2009. V.2. P.137-140.
  8. Piven' V.F., Frolov M.A. The researching of influence of proportions of the semipermeable crack (screen) on the yield of a chink in the layer of the ground // Scientist notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2013. №3(53). Pp.57-61.
-



**И.И. ЧЕРНОБРОВКИНА**

кандидат педагогических наук, доцент, кафедра алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет  
E-mail: iichernobrovkina@yandex.ru

**I.I. CHERNOBROVKINA**

Candidate of Pedagogics, Associate Professor, Department of Algebra and Mathematical Methods in Economic, Orel State University  
E-mail: iichernobrovkina@yandex.ru

**СОДЕРЖАТЕЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «НЕЙРОННЫЕ СЕТИ»**

**SUBSTANTIVE AND METHODOLOGICAL LINE OF TEACHING DISCIPLINE «NEURAL NETWORK»**

*Дисциплины, связанные с изучением нейронных сетей, все чаще входят в учебные планы различных специальностей вузов в силу широкой области применения. В статье речь пойдет о содержании данной дисциплины на различных направлениях обучения, а также о методических особенностях преподавания данной дисциплины.*

*Ключевые слова:* нейронные сети, методика преподавания математики, содержание обучения, программное обеспечение дисциплины, дидактические принципы.

*Disciplines associated with the study of neural networks, is increasingly being included in the curricula of the various specialties of higher educational institutions because of their wide applications. In the article we will talk about the content of this discipline in the various areas of study. Also we will focus on the methodological features of the teaching of this discipline.*

*Keywords:* neural network, methods of teaching mathematics, learning, software discipline, didactic principles.

Дисциплины, связанные с изучением нейронных сетей, в настоящее время изучаются на ступенях бакалавриата и магистратуры различных направлений. Они входят в вариативную часть профессионального цикла. Дисциплина может быть выделена в отдельную или входить в состав другой дисциплины.

В таблице 1 представлены некоторые вузы, в которых изучаются нейронные сети на различных ступенях и направлениях обучения.

Несмотря на то, что дисциплина достаточно «мо-

лодая», написано много учебных пособий. Здесь можно назвать следующих авторов: В.В. Круглов, В.В. Борисов, С. Осовский, Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский, Л.Н. Ясницкий, С.А. Исаев, А.Н. Васильев, Д.А. Тархов, М.Т. Джонс, Саймон Хайкин, Г. Э. Яхьяева и др. На основе исследований данных авторов можно разработать курс лекций. Как правило, курс лекций рассчитан на изучение следующих тем:

Таблица 1.

Изучение нейронных сетей на различных направлениях обучения

Вуз	Степень изучения	Наименование направления подготовки	Название дисциплины
Самарский государственный архитектурно-строительный университет [6]	Магистратура, направление Информационные системы и технологии	Информационные системы и технологии	«Теория нейронных сетей»
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники [5]	Магистратура, направление Математическое и программное обеспечение вычислительных машин	Прикладная математика и информатика	«Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей»
Оренбургский государственный институт менеджмента [2]	Бакалавриат, профиль подготовки - архитектура предприятия	Бизнес-информатика	«Нечеткая логика и нейронные сети»
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева [4]	Магистратура, направление Математическое и программное обеспечение вычислительных машин	Прикладная математика и информатика	«Нейронные сети»
Кубанский государственный университет [7]	Магистратура, направление Информационные технологии в образовании	Математика и компьютерные науки	«Введение в нейроматику и методы нейронных сетей»
Кубанский государственный университет [3]	Бакалавр, профили Информатика и Математика	Педагогическое образование	«Введение в нейроматику и методы нейронных сетей»
Орловский государственный университет	Бакалавр, математика	Педагогическое образование	«Основы искусственного интеллекта»
Орловский государственный университет	Бакалавр, прикладная информатика	Прикладная информатика	«Теория нейронных сетей»

1. История возникновения нейронных сетей. Биологические основы функционирования нейрона. Первые модели нейронной сети. Прикладные возможности нейронных сетей. Определение искусственных нейронных сетей. Свойства биологических и искусственных нейронных сетей. Способы реализации нейросетей. Типы задач, решаемых нейронными сетями. Недостатки и ограничения нейронных сетей (НС).

2. Искусственный нейрон. Межнейронные связи. Функции активации. Архитектуры НС. Подбор оптимальной архитектуры сети. Подбор обучающих выборок. Модели нейронов и методы их обучения. Постановка задачи обучения НС.

3. Персептрон. Проблема «исключающего или». Однонаправленные многослойные сети сигмоидального типа. Однослойная сеть. Многослойный персептрон. Алгоритм обратного распространения ошибки. Градиентные алгоритмы обучения сети.

4. Звезды Гроссберга. Принцип «Победитель забирает все». Модель Липпмана-Хемминга.

5. Сеть с самоорганизацией корреляционного типа и на основе конкуренции. Нейронные сети встречного распространения. Сети Кохонена. Обучение слоя Кохонена. Слой Гроссберга: обучение слоя Гроссберга, модификации. Энергетическая функция корреляционных сетей.

6. Ассоциативные сети. Закон обучения Хебба. Рекуррентные ассоциативные сети. Сеть Хопфилда. Алгоритм функционирования сети Хопфилда. Двухнаправленная ассоциативная память. Стохастическое обучение. Машина Больцмана.

7. Радиальные нейронные сети. Математические основы. Радиальная нейронная сеть. Методы обучения радиальных нейронных сетей. Пример использования радиальной сети. Методы подбора количества базисных функций: эвристические методы, метод ортогонализации Грэма-Шмидта.

8. Рекуррентные сети. Персептронная сеть с обратной связью (структура сети RMLP, алгоритм обучения, подбор коэффициента обучения). Рекуррентная сеть Элмана: структура сети, алгоритм обучения сети Элмана.

9. Вероятностная нейронная сеть. Пример алгоритма минимизации функции. Машина Больцмана. Архитектура нейронной сети PNN. Пример модульной нейронной сети.

Заметим, что на ступенях бакалавриата ограничиваются изучением материала пунктов 1-5-6.

Степень наполнения лекций теоретическим материалом зависит от числа выделенных на изучение часов и от направления подготовки. Так, например, нейронные сети изучаются также на направлении подготовки «Экономика» (профиль – Математические методы в экономике). Очевидно, студентов будет больше интересовать область применения и решение конкретных профессиональных задач.

Практические навыки работы с нейронными сетями студенты получают на лабораторных занятиях. И здесь у преподавателей, ведущих данные дисциплины,

могут возникнуть некоторые проблемы из-за недостаточной обеспеченности соответствующей методической литературы. Эта проблема уже поднималась [1]. Как правило, авторами учебно-методических пособий для организации лабораторных занятий являются преподаватели, ведущие данные дисциплины. Так, обзор методических пособий показал, что в основном рассматриваются вопросы проектирования, обучения, анализа и моделирования известных типов нейронных сетей в системе MATLAB. Данная система и организация лабораторных занятий с помощью этого программного обеспечения идеально подходит для студентов технических направлений, которые уже обладают хотя бы элементарными навыками программирования. Но, как было сказано выше, нейронные сети изучаются и на других специальностях, например на экономическом профиле. А это означает, что для решения практических (профессиональных) задач им достаточно иметь базовые знания о построении и работе нейронных сетей и уметь пользоваться уже разработанными программными средствами, где от пользователя скрыт процесс построения и настройки сети. Таким образом, строится модель типа «черный ящик». Пользователя в данном случае интересует только результат: точность модели и прогноза, четкость распознавания изображений и т.д. С учетом этого в изучаемый теоретический материал необходимо добавить следующие темы:

- Анализ чувствительности нейронно-сетевых моделей.
- Проверка адекватности нейронно-сетевых моделей [2].

В качестве программного обеспечения можно посоветовать следующие продукты: NeuroSolutions (for Excel), NeuroPro, Statistica Neural Networks, Brain Marker, NeuroShell и другие.

Лабораторный практикум на нетехнических специальностях должен создаваться с учетом следующих условий:

1. обучающие задачи, а также задачи для самостоятельного решения должны носить прикладной характер и отражать профессиональную сферу деятельности;
2. для моделирования желательно использовать реальные данные;
3. при построении моделей пользоваться готовыми программными продуктами.

Остановимся более подробно на организации лабораторных занятий по нейронным сетям. В результате выполнения лабораторного практикума по нейронно-сетевому моделированию и прогнозированию студенты должны:

1. уметь строить нейронно-сетевую модель (подбирать параметры и архитектуру сети), исходя из условия задачи (персептрон, сеть Кохонена и др.);
2. уметь оценивать эффективность процесса функционирования нейронных сетей (следить за ошибками в процессе обучения);
3. уметь проверять полученную модель на адекватность, оценивать её эффективность;

4. уметь оценивать ошибку модели или прогноза;
5. уметь интерпретировать результаты работы нейронной сети в контексте решаемой задачи.

Поскольку лабораторные работы в системе MATLAB описаны во многих методических работах, то предложим схему построения лабораторных работ для студентов нетехнических направлений (например, экономическое направление).

I Знакомство с работой нейронной сети. Демонстрация работы сетей различных архитектур.

II Изучение работы программы (NeuroSolutions (for Excel), NeuroPro, Statistica Neural Networks, Brain Marker, NeuroShell и др.)

III Построение модели по имеющимся данным. Симуляционное прогнозирование. Анализ модели. Проверка адекватности модели.

IV Построение прогнозной модели. Анализ модели. Ошибка прогноза.

V Самообучающаяся нейронная сеть. Построение модели Кохонена.

VI Построение сети-классификатора. Анализ модели.

Построение других типов сетей можно предложить для самостоятельной работы студентов, оформив это, например, в виде проектов.

Таким образом, содержательно-методическая линия

преподавания дисциплины «Нейронные сети» должна строиться на следующей системе педагогических принципов:

- принцип научности;
- принцип прикладной направленности;
- принцип интегративности (раскрытие междисциплинарного интегративного характера математической и профильной подготовки);
- принцип объективности (ориентация на понимание определенной субъективности той информации, с которой приходится работать, умение оценить степень этой субъективности, умение и стремление минимизировать субъективность, искажающую реальное положение дел;
- принцип созидания (самостоятельное созидание знаний);
- принцип последовательности и систематичности;
- принцип наглядности;
- принцип прочности усвоения знаний, умений и навыков в сочетании с опытом;
- принцип творческой деятельности;
- принцип перманентности (принцип организации коллективного интеллекта, непрерывности и необходимой ритмичности ведения исследовательской деятельности).

#### Библиографический список

1. Гарколь Н.С., Тушев А.Н. Методика преподавания курса «Нейрокомпьютерные системы» в Алтайском государственном техническом университете. [Электронный ресурс] // Сервер электронных публикаций и периодических изданий АлтГТУ // Математическое образование на Алтае: Труды региональной научно-методической конференции МОИЯ 2001: [сайт] URL: <http://edu.secna.ru/publication/5/release/34/attachment/13/> Дата обращения 13.02.2015
2. Чернобровкина И.И. Методические указания по изучению темы «Оценка адекватности нейронно-сетевых моделей». Современные проблемы и перспективы развития педагогики и психологии: сб. материалов 4-й междунауч.-практич. конф. Махачкала: ООО «Апробация», 2014. С.36-38.

#### References

1. Garcol` N. S., Tushev A. N. Methods of teaching of the course "Neurocomputer system" in the Altai state technical University. [Electronic resource] // The server of electronic publications and periodicals, Altai state technical University // Mathematical education in the Altai region: Proceedings of the regional scientific-methodical conference MONA 2001: [website] / URL: <http://edu.secna.ru/publication/5/release/34/attachment/13/> Date of access: 13.02.2015
2. Chernobrovkina I.I. Methodical instruction to the topic «Assessing the adequacy of neural network models». Modern problems and prospects of development of pedagogy and psychology: the collection of materials of the 4th international research and practical conference. Makhachkala: OOO «Aprobacia», 2014. Pp.36-38.

**И.И. ЧЕРНОБРОВКИНА**

кандидат педагогических наук, доцент, кафедра алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет  
E-mail: iichernobrovkina@yandex.ru

**I.I. CHERNOBROVKINA**

Candidate of Pedagogics, Associate Professor, Department of Algebra and Mathematical Methods in Economic, Orel State University  
E-mail: iichernobrovkina@yandex.ru

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИН  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ**

**DIFFERENTIATED APPROACH TO THE STUDY OF THE DISCIPLINES  
OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

*В статье речь пойдет о двухуровневом подходе к изучению дисциплин, связанных с искусственным интеллектом. Эти уровни обусловлены направлением обучения студентов. Под дисциплинами искусственного интеллекта здесь понимаются «Нейронные сети», «Генетические алгоритмы», «Экспертные системы».*

*Ключевые слова: искусственный интеллект, методика преподавания математики, дифференцированный подход, высшее образование.*

*In the article we will focus on two-level approach to the study of the disciplines associated with artificial intelligence. These levels are determined by the direction of the students. The disciplines of artificial intelligence here refer to «Neural networks», «Genetic algorithms», «Expert systems».*

*Keywords: artificial intelligence, methods of teaching mathematics, differentiated approach, higher education.*

В настоящее время дисциплины, связанные с изучением искусственного интеллекта, еще пока не столь широко внедрены в учебные планы различных направлений. Пока такие дисциплины относятся, как правило, к ряду профессиональных дисциплин и изучаются на направлениях подготовки: информатика и вычислительная техника, информационные системы и технологии, прикладная математика, прикладная информатика и другие. Но список областей применения аппарата искусственного интеллекта очень широк [3]: политологические и социологические исследования (например, предсказание результатов выборов или динамики рейтингов кандидатов, кластеризация электората, выявление значимых факторов и т.д.), медицина (постановка диагнозов, обработка медицинских изображений, анализ эффективности лечения и т.д.), связь (оптимизация сотовых сетей и схем маршрутизации пакетов, сжатие видеоинформации, быстрое кодирование-декодирование и т.д.), безопасность и охранные системы (идентификация личности по голосу, отпечаткам пальцев, подписи или лицу, распознавание автомобильных номеров, обнаружение вторжений и подделок, мониторинг информационных потоков в компьютерной сети и т.д.) и прочие области человеческой жизнедеятельности.

Но, как известно, особо широкое применение аппарат искусственного интеллекта нашел в области экономики и бизнеса: это решение задач экономического моделирования и прогнозирования, оценка различных экономических рисков (например, невозврата кредитов), предсказание банкротств фирм и предприятий, оптимизация товарных и денежных потоков, оценка стоимости недвижимости, выявление переоцененных и недооцененных компаний, считывание и распознавание

чеков и документов и т.д.

Система профессионального образования, в том числе и высшего, определяется как «система знаний, способов деятельности (умений), качеств личности специалиста, обусловленных требованиями развивающегося общества и экономики к специалистам» [8, с.48]. Это означает, что содержание высшего профессионального образования должно быть таково, чтобы отвечать современному и ближайшему будущему развитию науки, техники и технологии.

Таким образом, дисциплины, связанные с применением искусственного интеллекта, желательно включать в учебные планы многих специальностей как дисциплины, формирующие профессиональные компетенции.

Приведем примеры направлений подготовки и компетенции, которые можно реализовать посредством дисциплин искусственного интеллекта (таблица 1) [7].

Отметим, что в таблице приведен далеко не полный перечень направлений, где достижение некоторых общекультурных или профессиональных компетенций можно реализовать через изучение дисциплин искусственного интеллекта.

В связи с этим данные дисциплины возможно изучать по разным программам: углубленный курс (курс -1) и упрощенный профессиональный курс (курс-2).

Углубленные курсы дисциплин искусственного интеллекта следует изучать на направлениях, связанных с информационными системами и технологиями, программированием, информатикой. При этом задача таких курсов – научить студентов разрабатывать конечный продукт: экспертную систему, программу для решения некоторой задачи с использованием генетического алгоритма или нейронной сети.



*Таблица 1.*

Направление подготовки (бакалавр)	Компетенции
010400 Прикладная математика и информатика	<p>ОК – 11 способность владения навыками работы с компьютером как средством управления информацией;</p> <p>ОК-14 способность в научной и познавательной деятельности, а также в социальной сфере профессиональные навыки работы с информационными и компьютерными технологиями;</p> <p>ПК-3 способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат;</p> <p>ПК-9 способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования;</p> <p>ПК-10 способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии.</p>
010200 Математика и компьютерные науки	<p>ОК-12 обладать значительными навыками самостоятельной работы с компьютером, программирования, использования методов обработки информации и численных методов решения базовых задач;</p> <p>ПК-15 обладать способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженной в терминах предметной области изучавшегося явления;</p> <p>ПК-20 владеть математического и алгоритмического моделирования при анализе и решении прикладных и инженерно-технических проблем;</p> <p>ПК-23 уметь проанализировать результат и скорректировать математическую модель, лежащую в основе задачи.</p>
036000 Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере	<p>ПК-10 способность использовать технические, программные средства и языки программирования для разработки алгоритмов и программ в области интеллектуального анализа данных, интеллектуальных и информационных систем;</p> <p>ПК-11 способность использовать современные информационные технологии, управлять информацией с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для проектирования информационных систем;</p> <p>ПК-14 способность использовать математические методы моделирования процессов обработки информации;</p> <p>ПК-25 способность применять новые информационные технологии в гуманитарных областях знаний с использованием средств интеллектуального анализа данных и машинного обучения, компьютерной лингвистики и представления знаний.</p>
071800 Социально-культурная деятельность	<p>ОК-12 владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией;</p> <p>ПК-5 быть способным использовать современные информационные технологии, управлять информацией с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности, прикладные пакеты программ для моделирования, статистического анализа и информационного обеспечения социально-культурных процессов.</p>
080400 Управление персоналом	<p>ОК-16 владеть методами количественного анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;</p> <p>ПК-61 владеть методами и программными средствами обработки деловой информации, навыками работы со специализированными кадровыми компьютерными программами и способностью взаимодействовать со службами информационных технологий и эффективно использовать корпоративные информационные системы при решении задач управления персоналом.</p>
080200 Менеджмент	<p>ОК-15 владеть методами количественного анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;</p> <p>ОК-17 владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией;</p> <p>ПК-31 уметь применять количественные и качественные методы анализа при принятии управленческих решений и строить экономические, финансовые и организационно-управленческие модели;</p> <p>ПК-32 способность выбирать математические модели организационных систем, анализировать их адекватность, проводить адаптацию моделей к конкретным задачам управления.</p>
	<p>ПК-24 уметь применять количественные и качественные методы анализа при оценке состояния экономической, социальной, политической среды, деятельности органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ; органов местного самоуправления, государственных и муниципальных организаций, предприятий и учреждений, политических партий, общественно-политических и некоммерческих организаций;</p> <p>ПК-25 уметь моделировать административные процессы и процедуры в органах государственной власти РФ, органах государственной власти субъектов РФ;</p> <p>ПК-26 способность применять информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности с видением их взаимосвязей и перспектив использования.</p>



Для студентов, обучающихся на медицинских, экономических, политологических и прочих специальностях, где не предусматривается получения навыков программирования, достаточно преподавать упрощенные курсы, которые позволяли бы им на уровне пользователя решать профессиональные задачи в уже разработанных программных продуктах.

Приведем для примера программу курса «Нейронные сети» (курс -1).

I. Основные положения теории искусственных нейронных сетей.

Биологический нейрон и его математическая модель. Классификация нейронных сетей и их свойства. Задача обучения нейронной сети.

II. Основные концепции нейронных сетей.

Ассоциативная память нейронных сетей. Персептроны. Нейронные сети встречного распространения. Оптимизирующие нейронные сети. Двухнаправленная ассоциативная память. Адаптивный кластерный анализ и карта самоорганизации Кохонена. Когнитрон. Неокогнитрон. Теория адаптивного резонанса.

III. Нечеткие нейронные сети и генетические алгоритмы.

Основные понятия и определения нечетких сетей. Алгоритмы обучения и использования нечетких нейронных сетей. Нечеткий классификатор. Генетические алгоритмы. Алгоритмы генетического поиска для построения топологии и обучения нейронных сетей.

IV. Программное обеспечение работы с нейронными сетями.

Общие сведения о программах моделирования нейронных сетей. Обзор и характеристика современных пакетов.

V. Разработка программы для построения нейронной сети различными программными средствами.

VI. Применение искусственных нейронных сетей в различных областях жизнедеятельности.

Наполнение материалом зависит от количества выделенных часов на изучение дисциплины. Лекционный

курс должен быть не менее 20 часов. Рекомендуемая литература – [1, 2, 4, 5, 6].

После изучения углубленного курса нейронных сетей, генетических алгоритмов и экспертных систем студент должен уметь активно использовать этот аппарат, самостоятельно его настраивать, разрабатывать и внедрять.

После изучения упрощенного курса – 2 студент должен уметь использовать аппарат искусственного интеллекта в процессе решения профессиональных задач. Студентов необходимо ознакомить с уже имеющимся программным обеспечением, научить их правильно организовывать данные из своей профессиональной области для решения конкретных задач.

Приведем план такого упрощенного курса для дисциплины «Нейронные сети и их применение».

1. Биологический нейрон и его математическая модель. Классификация нейронных сетей и их свойства. Задача обучения нейронной сети.

2. Персептроны. Адаптивный кластерный анализ и карта самоорганизации Кохонена.

3. Нейронная сеть изнутри (демонстрация работы программы нейронной сети). Демонстрация примеров работы различных несложных нейронных сетей.

4. Знакомство с программным обеспечением (пакеты NeuroSolutions, Brain Marker, Statistica Neural Networks, Neuro Shell и др.).

5. Подготовка данных для нейронно-сетевого моделирования.

6. Построение модели в программе.

7. Оценка адекватности модели. Интерпретация результатов моделирования.

Аналогичная ситуация с изучением курсов «Экспертные системы» и «Генетические алгоритмы». Для одних специальностей преподавание должно быть нацелено на то, что студенты самостоятельно смогут разработать программный продукт, а для других – на то, чтобы научить пользоваться уже готовым продуктом для решения профессиональных задач.

#### Библиографический список

1. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: Горячая линия-Телеком, 2010. 496 с.
2. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. М.: ДМК Пресс, 2006. 310 с.
3. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. М.: МИФИ, 1998. 224 с. (серия «Учебники экономико-аналитического института МИФИ» под ред. проф. В.В. Харитонов).
4. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия-Телеком, 2002. 382 с.
5. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. Пер. с польского И.Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2004. 344 с.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Пер. с польского И.Д. Рудинского. М.: Горячая линия-Телеком, 2013 г. 384 с.
7. Федеральные государственные стандарты высшего профессионального образования [Электронный ресурс] // Федеральный портал Российское образование: [сайт]. URL: [http://www.edu.ru/db/portal/spe/archiv\\_new.htm](http://www.edu.ru/db/portal/spe/archiv_new.htm) (дата обращения 5.10.2014)
8. Шарипов Ф.В. Педагогика и психология высшей школы: учебное пособие. М.: Логос, 2012. 448 с. (Новая университетская библиотека)

#### References

1. Galushkin A.I. Neural networks: basic theory. M: Hot line-Telecom, 2010. 496 p.
2. Jones M. T. Programming artificial intelligence applications. M: DMC Press, 2006. 310 p.
3. Ezhov A.A., Shumsky S.A. Neurocomputing and its applications in Economics and business. M: MIPhI, 1998. 224 p. (series "Textbooks of the economic-analytical Institute MIPhI" edited by Professor V.V. Kharitonov).
4. Kruglov V.V., Borisov V.V. Artificial neural network. Theory and practice. M: Hot line-Telecom, 2002. 382 p.
5. Osowski C. Neural networks for information processing / Translated from Polish I.D. Rudinsky. M.: Finance and statistics, 2004. 344 p.
6. Rutkowski D., Pilinski M., Rutkowski L. Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems / Translated from Polish I.D. Rudinsky. M.: Hot line-Telecom, 2013. 384 p.
7. Federal state standards of higher professional education [Electronic resource] // the Federal portal of the Russian education [website]. URL: [http://www.edu.ru/db/portal/spe/archiv\\_new.htm](http://www.edu.ru/db/portal/spe/archiv_new.htm) (date of access 5.10.2014)
8. Sharipov F. W. Pedagogy and psychology of higher school: the manual. M.: Logos, 2012. 448 p. (New University library)

**В.Г. ШУМЕТОВ**

доктор экономических наук, профессор, кафедра алгебры и математических методов в экономике, Орловский государственный университет  
E-mail: shumetov@list.ru

**О.В. ЛЯСКОВСКАЯ**

кандидат социологических наук, доцент, кафедра «Математика и информатика», Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (Орловский филиал)  
E-mail: olga0873@list.ru

**Г.Н. АБРАМОВА**

старший преподаватель, кафедра «Математика и информатика», Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (Орловский филиал)  
E-mail: galina\_abramova@bk.ru

**V.G. SHUMETOV**

Doctor of Economics, Professor, Department of Algebra and Mathematical Methods in Economics, Orel State University  
E-mail: shumetov@list.ru

**O.V. LASKOWSKI**

Candidate of Sociology, Associate Professor, Department of "Mathematics and Computer Science", Russian Academy of National Economy and Public Service under the President of the RF (Orel branch)  
E-mail: olga0873@list.ru

**G.N. ABRAMOVA**

Senior Lecturer, Department of "Mathematics and Computer Science", Russian Academy of National Economy and Public Service under the President of the RF (Orel branch)  
E-mail: galina\_abramova@bk.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ  
В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

**MATHEMATICAL METHODS OF THE CHOICE OF EFFECTIVE DECISIONS  
IN THE CONDITIONS OF INFORMATION UNCERTAINTY**

*Статья содержит результаты исследований по совершенствованию методологии оценки эффективности принимаемых решений в условиях информационной неопределенности. Обоснована необходимость многокритериального подхода, представлена методология выбора управленческих решений, обеспечивающая учет факторов количественного и не количественного характера.*

*Ключевые слова:* математические методы, информационная неопределенность, инновационный проект, факторы количественного и не количественного характера, многокритериальный подход, оценка эффективности решений.

*The article contains the results of studies to improve methodologies for assessing the effectiveness of decision-making in conditions of information uncertainty. The necessity of multi-criteria approach, the methodology of choice management solutions, providing quantitative and managing the non-quantitative character are proved.*

*Keywords:* mathematical methods, information uncertainty, innovative design, quantitative and non-quantitative factors character, multi-criteria approach, evaluating the effectiveness of solutions.

Переход российской экономики на инновационный путь развития неразрывно связан с повышением эффективности принимаемых управленческих решений. Актуальной при этом является проблема выбора решений, принимаемых в условиях неопределенности исходной информации и последствий принимаемых решений. В решении данной проблемы важная роль принадлежит принципам и методам оценки эффективности инновационных проектов. Неудачно выбранные подходы к оценке их эффективности могут явиться причиной принятия неэффективных решений и привести к негативным последствиям экономического, социального, технического и другого характера.

Следует учитывать, что действительно эффективное решение не может быть принято при учете лишь одного критерия – оценке стоимости бизнеса. Подобная методика, детально описанная в широко известном учебном пособии П.Л. Виленского, В.Н. Лившица и С.А. Смоляка [1], предполагает учет лишь финансового фактора и фактора времени. В то же время, эффективность реализации инновационных проектов

определяется многочисленными факторами не денежной природы – социальными, экологическими и даже политическими, которые трудно, а чаще всего и невозможно, выразить в денежной форме. Практически во всех случаях инвестор должен решать не одномерную задачу принятия решения при наличии одного критерия, а многомерную, при наличии нескольких критериев, некоторые из которых могут быть противоречивыми. Получить оптимальное решение по всей совокупности критериев, как правило, не удастся, необходимо учитывать противоречия между показателями, принадлежащими к той или иной группе критериев, и противоречия между показателями, относящимися к разным группам.

Еще одной проблемой является необходимость учета не только выгод и издержек принимаемых решений, что предполагает анализ сложившейся ситуации к моменту выбора инновационного проекта, иными словами, *измерений настоящего*, но также рисков и возможностей, возникающих или могущих возникнуть в результате реализации выбранного проекта, что тре-

бует измерений будущего. Необходимость учета рисков признается в ряде работ (см., например, [2]; из работ последних лет выделим диссертационное исследование [7], посвященное вопросам управления инновационными рисками как фактора повышения устойчивости хозяйствующих субъектов.

При формировании методологических подходов к оценке эффективности инновационных проектов необходимо учитывать стадии жизненных циклов инноваций, с одной стороны, и стадии жизненных циклов проектов – с другой. С точки зрения смыслового толкования термина «инновация» как цепочки «процесс – результат» инновация представляет собой единство процесса и результата, воплощенного в качественно новом состоянии системы, которой внутренне присущи как цикличность, так и определенный динамизм, воплощенный в жизненном цикле инноваций. Методологически данный процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных стадий создания новшества и определяется как период времени, начинающийся с выполнения теоретических и прикладных исследований и заканчивающийся моментом, когда инновация переходит в категорию «традиционного» товара. Выделяют следующие стадии жизненного цикла инноваций: зарождение, рост, зрелость, насыщение рынка, упадок. Применительно к инновационным проектам, в свою очередь, следует выделить следующие стадии: выбор направления инвестиций, выбор варианта реализации проекта.

Под инвестиционными рисками понимаются риски, возникающие в процессе внедрения нововведений. При этом, как правило, риски связывают с потерями. Однако существует и другой подход, согласно которому риски связываются как с негативными, так и с позитивными результатами реализации рискованной ситуации [9].

Рассмотрим этот подход более детально. В работе [9] предложено следующее определение риска: риском называется характеристика ситуации принятия решения в ходе экономической деятельности, связанная с субъективной оценкой лицом, принимающим решение (ЛПР), последствий влияния факторов неопределенности на результаты принимаемого решения, с точки зрения благоприятного и неблагоприятного влияния. Это определение ставит своей целью учесть не только возможность потерь или убытков в ходе реализации принимаемого решения, но и возможность получения дополнительных выгод при наступлении благоприятных последствий рассматриваемого решения.

Вместе с тем, данное определение риска все же не является идеальным, поскольку не позволяет учесть динамику процесса управления. В ходе управления промышленным предприятием управляющие воздействия (управленческие решения) на систему оказываются практически ежедневно, и в таком контексте понятие риска предпочтительней связывать не с какой-либо конкретной ситуацией принятия решения, а с самими управляющими воздействиями. В связи с этим, целесообразно использовать следующее определение риска: риск – это объективно существующая возможность случайных воздействий на объект управления,

которые в сочетании с управляющими воздействиями субъекта управления приводят к недетерминированным последствиям. При этом ряд возможных последствий рассматривается субъектом управления как негативные с точки зрения экономических интересов и целей управления.

Следует различать понятия риска и неопределенности. Принципиальное отличие риска от неопределенности состоит в том, что ЛПР или субъект управления четко отдает себе отчет в том, какие из возможных последствий реализации решения (состояния объекта управления) для него более предпочтительны, чем другие. Это различие между риском и неопределенностью соответствует подходу Р.М. Качалова [3], которым предложено понимание неопределенности как характеристики состояния объективной реальности, а риска – как характеристики той же объективной реальности, но в контексте целенаправленной деятельности субъектов, оценки ситуации принятия или реализации решений. С объективной точки зрения различие между факторами неопределенности и факторами риска имеет субъективный характер, факторы неопределенности становятся факторами риска тогда, когда их влияние на конечный результат рассматриваемого решения оценивается с точки зрения субъективно благоприятных и неблагоприятных проявлений этого влияния.

Рассмотрим теперь понятие неопределенности исходной информации, обратившись к наиболее удачной классификации неопределенности, предложенной норвежским экономистом К. Борхом. Он выделил и описал следующие ее степени [6]:

1. нулевая степень – строгая детерминированность ситуации, процесса;
2. квазидетерминированная неопределенность – развитие ситуации, процессов контролируется, но сроки проявления событий, их сила определены в некоторых диапазонах;
3. стохастическая неопределенность классического типа – известны законы распределения вероятностей показателей;
4. неопределенность с известным распределением показателей, но недостаточной выборкой для установления точных значений его параметров;
5. неизвестное распределение параметров при достаточно большой выборке;
6. сильная стохастика событий и малая выборка;
7. нестохастическая неопределенность (алеаторная или фортуная), исключающая какие-либо вероятностные закономерности.

Инновационным проектам на ранних стадиях их жизненного цикла свойственна сильная информационная неопределенность – 6-й и 7-й степени по Борху, влекущая за собой опасность принятия ошибочных инвестиционных решений.

Следует учитывать, что всегда остается возможность того, что проект, признанный состоятельным, окажется de-facto убыточным, поскольку фактические значения денежных потоков инновационного проекта и других его параметров отклонились от плановых, напри-

мер, вследствие того, что какие-либо факторы вообще не были учтены при оценке и/или условия реализации принятого инновационного проекта изменились.

Не теряя общности, можно выделить следующие стадии жизненного цикла инновационных проектов: 1) предварительная подготовка проекта; 2) оценка возможностей проекта; 3) принятие проекта; 4) осуществление проекта; 5) оценка результатов проекта. Каждая стадия инновационных проектов характеризуется той или иной степенью неопределенности, что затрудняет, а зачастую делает и невозможным количественный прогноз результатов их реализации, и обуславливает необходимость обращения к экспертным методам оценки их эффективности.

Любой инновационный проект реализуется в результате вложения инвестиций и является инвестиционным проектом. Поэтому лучше применять термин «инновационно-инвестиционный проект», и тогда под эффективностью инновационно-инвестиционного проекта следует понимать отношение полученного результата к затратам на разработку и реализацию проекта. Но в условиях сильной информационной неопределенности выполнить оценку эффективности проекта путем соизмерения получаемого при его реализации денежного потока и исходной суммы инвестиций, вложенной в проект, не представляется возможным, и при оценке эффективности необходимо исходить из целевой направленности проекта, определяемой целями, которые необходимо достичь в результате его реализации. Положительный результат инновационно-инвестиционного проекта означает, что у владельца инвестиционного капитала после реализации проекта возникнет больше возможностей.

Такой подход позволяет избежать противоречий, вызванных доминированием стоимостных оценок и недостаточной разработанностью оценок по другим показателям, и предполагает примат тезиса: достижение цели означает прирост новых возможностей. Именно с этой точки зрения участники проекта должны стремиться раскрывать его эффективность (результативность, полезность относительно своих интересов), оценивать организационный механизм реализации, сравнивать между собой альтернативные проекты и их варианты.

Для комплексной оценки инновационно-инвестиционных проектов необходимо располагать универсальной качественной характеристикой. С целью формирования такой характеристики в [5] сформулировано понятие «реализуемость инвестиционного проекта» – возможность достижения цели (прогнозируемых показателей) инвестиционного проекта с минимальными отклонениями от проектных расчетов при существующем состоянии внешней среды, в заданные сроки в условиях действующих ресурсных ограничений. Реализуемость характеризуется определенным набором показателей, которые можно разбить на показатели, характеризующие сам проект и его эффекты, и на показатели, характеризующие состояние внешней среды на начало реализации проекта. Показатели, обладающие наибольшим весом по отношению к осталь-

ным и являющиеся универсальными для всех типов инвестиционных проектов, являются доминантными, они наиболее полно характеризуют реализуемость проекта, отражают состояние окружающей среды и соответствие результатов проекта интересам инвестора; именно они и определяют эффективность проекта.

Эффективность проекта необязательно должна выражаться в количественных шкалах, показатели «неэкономической» эффективности могут измеряться также в менее информативных номинальной или порядковой шкале. Это, например, такие показатели «неэкономической» эффективности, как экологическая безопасность производства, ухудшение социальной обстановки в регионе и т.п.

В настоящее время отсутствуют достаточно четкие методические разработки по количественному измерению показателей неэкономической природы. Основная причина этого – в стремлении к *абсолютному измерению* показателей эффективности неэкономической природы в денежном выражении, что, в принципе, возможно, но может потребовать значительных интеллектуальных и временных затрат. В то же время, возможен и другой подход к оценке интегральной эффективности инвестиционных проектов, в основе которого лежит не абсолютное измерение показателей – компонентов эффективности, а их *относительное сравнение* для альтернативных проектов. В практике проектного анализа часто приходится делать выбор между альтернативными инвестиционными проектами и вариантами реализации конкретного проекта. При этом в условиях высокой информационной неопределенности не следует ставить трудновыполнимую задачу количественной оценки эффективности того или иного проекта, более целесообразно на начальных стадиях выбора наиболее рационального решения сравнить альтернативные проекты, выполнить прогноз результатов их реализации.

С позиций системного подхода эта задача сводится к выбору рационального управленческого решения, и в этой связи особое значение приобретают такие экспертно-аналитические методы системного анализа, как метод анализа иерархии (МАИ) и метод аналитических сетей (МАС), предложенные американским специалистом в области исследования операций Т. Саати [8]. В базовом варианте эти методы основаны на парных сравнениях экспертами приоритетов критериев оценки альтернатив и приоритетов сравниваемых альтернативных решений с последующей интеграцией полученных при этом локальных векторов приоритетов. Методы анализа иерархии и аналитических сетей широко применяются за рубежом, в меньшей степени – в нашей стране, однако и у нас они показали свою эффективность в самых разнообразных областях науки и практики [5, 6, 10].

Как и для всех экспертных методов, надежность экспертных оценок в МАИ определяется, прежде всего, правильным подбором специалистов-экспертов, их информированностью в изучаемых проблемах. Но есть еще одна сторона, определяющая надежность экспертных методов, – возможность объективизации по-



лученной от экспертов субъективной информации, достигаемая в результате ее математико-статистической обработки. В МАИ надежность результатов обеспечивается за счет избыточности основного математического конструкта метода – матрицы парных сравнений критериев и альтернативных решений, что позволяет не только выполнить ранжирование критериев и сравниваемых альтернатив по их приоритетам, но и оценить степень согласованности суждений экспертов по парным сравнениям элементов иерархической модели. Отметим также еще одно положительное свойство методов анализа иерархии и аналитических сетей – их преемственность: результаты сравнительной оценки приоритетов альтернативных проектов, полученные по более простым иерархическим моделям в рамках метода анализа иерархии, можно затем уточнить по более сложным моделям в рамках метода аналитических сетей, позволяющего учесть обратные связи и взаимодействия элементов иерархической модели. Такой подход отвечает общему методологическому принципу – движению от простого к сложному.

Как верно заметили П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц и С.А. Смоляк, «методы отбора инвестиционных проектов являются неформальной процедурой, так как требуют одновременного учета многих и количественных, и качественных факторов социально-политического, экономического и технического характера ... поэтому отбор проектов (вариантов проектов) в общем случае не может быть осуществлен на основе одного – сколь угодно сложного – формального критерия, а требует проведения практически неалгоритмизуемых экспертных оценок» [1]. Соглашаясь с данным положением, отметим два принципиальных момента. Во-первых, средством, адекватным сложности социально-экономических явлений и процессов, является обращение к знаниям

и интуиции экспертов не только на этапе отбора проектов, но уже на стадии формулирования проблемы и постановки задач. Обращение к экспертным знаниям поможет «вычленить для безусловного внесения в теоретическую «базу данных» те немногие элементы и процессы, которые носят действительно универсальный характер» [4]. Во-вторых, сегодняшний уровень развития экспертных методов и поддерживающих их алгоритмы информационных технологий [6] позволяет во многом формализовать процесс опроса экспертов и обработки их качественных суждений, обеспечивая получение количественных оценок приоритетов элементов упомянутых выше иерархических моделей.

Не отрицая высокой роли точных математических методов в решении задач управления развитием хозяйственных систем разного уровня – от федеральных и региональных до уровня производственных процессов промышленных предприятий, отметим, что качественные выводы часто могут быть надежнее, чем количественные расчеты. Опыт показывает: «мягкие» модели с переменными, зависящими от внешних и внутренних условий параметрами, значительно эффективнее жестких моделей. Успех приносит не столько применение готовых рецептов, основанных на «жестких» моделях с постоянными параметрами, сколько математический подход к явлениям реальной жизни, из чего следует важность выработки у современного менеджера умения исследовать явления реального мира, использовать полученные результаты в практической деятельности.

Ограничение на объем публикации не позволяет изложить в данной статье методические аспекты применения эффективных методов системного анализа – МАИ и МАС – в практике выбора рационального инновационного проекта, – эти вопросы будут рассмотрены в наших последующих статьях.

#### Библиографический список

1. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2002. 888 с.
2. Грачева М.В. Анализ проектных рисков. Учебное пособие. М.: Финстатинформ, 1999. 192 с.
3. Качалов Р.М. Управление хозяйственным риском. М.: Наука, 2002. 192 с.
4. Конотопов М.В., Сметанин С.И. Из тупика: Экономический опыт мира и путь России. 2-е изд., перераб. М.: Палеотип, 2002. 411 с.
5. Покровский А.М. Оценка эффективности инвестиционных проектов на основе экспертно-аналитических технологий информационного обеспечения: монография. М.: Изд-во ООО «Риалтекс», 2008. 140 с.
6. Покровский А.М. Сравнительная оценка инновационных проектов в условиях неопределенности исходной информации. Методология, инструментальные средства, практика. М.: Изд-во «Гриф и К» (ЗАО), 2013. 294 с. 7. Романченко С.В. Управление инновационными рисками как фактор повышения устойчивости хозяйствующих субъектов. Автореф. дис. к-та экон. наук. М.: РАНХиГС, 2013. 24 с.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
8. Секерин А.Б., Шуметов В.Г., Гудов В.А. Управление хозяйственным риском производственного предприятия на основе интегрированного подхода. Препринт. Орел: ОГУ, 2003. 52 с.
9. Шуметов В.Г. Управление инновационным процессом в хозяйственной системе на основе современных информационных технологий. М.: Палеотип, 2004. 286 с.

#### References

1. Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. Evaluation of Investment Projects: Theory and Practice: Textbook. allowance. 2nd ed., Rev. and add. Moscow: Publishing House «Delo», 2002. 888 p.
2. Gracheva M.V. The Analysis of Project Risks. Textbook. Moscow: Finstatinform, 1999. 192 p.
3. Katchalov R.M. Management of Economic Risk. Moscow: Publishing House «Nauka», 2002. 192 p.
4. Konotopov M.V., Smetanin S.I. Out of the Impasse: The Experience of the World and the Way Russia. 2nd ed., Rev. Moscow: Publishing House «Paleotypes», 2002. 411 p.
5. Pokrovsky A.M. Evaluating the Effectiveness of Investment Projects on the Basis of Expert-analytical Technologies with Information: monograph. Moscow: Publishing House Ltd. «Rialteks», 2008. 140 p.
6. Pokrovsky A.M. Comparative Evaluation of Innovative Projects in an Uncertain Source of Information. Methodology, Tools, Practice / Under. Ed. V.A. Titov. Moscow: Publishing House of the «Grief and K» (ZAO), 2013. 294 p.



7. *Romanchenko S.V.* Management of innovative risk management as a factor in increasing the sustainability of businesses. Author. dissertation ... PhD in Economics. Moscow: RANEPS, 2013. 24 p.
  8. *Saaty T.* Decision-making. The Analytic Hierarchy Process. M.: Publishing House «Radio and Communication», 1993. 278 p.
  9. *Sekerin A.B., Shumetov V.G., Gudov V.A.* Management of economic risk manufacturing plant in an integrated approach. Preprint. Orel: OSU, 2003. 52 p.
  10. *Shumetov V.G.* Management of the Innovation Process in the Economic System based on Modern Information Technology. Ed. A.Y. Yegorov. Moscow: Publishing House «Paleotyp», 2004. 286 p.
- 
-

УДК 543.2:546:63(075.8)

UDC 543.2:546:63(075.8)

**В.М. МАРКИНА**кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный аграрный университет**V.M. MARKINA**Candidate of chemistry sciences, Associate Professor,  
Department of chemistry, Orel State Agrarian University**АНАЛИЗ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНОЙ ВОДЕ И ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ  
ЭКСПРЕССНЫМИ МЕТОДАМИ****THE ANALYSIS OF MICROELEMENTS IN RIVER WATER AND VEGETABLE PRODUCTS  
BY MEANS OF EXPRESS METHODS**

*Проанализированы экологические объекты полуколичественным и количественным экспрессными методами: речная вода, овощная продукция. Выявлены данные по микроэлементам и проведено сравнение с уровнем ПДК с целью снижения стрессовых явлений в живой природе.*

*Ключевые слова:* микроэлементы, анализ, экспрессные методы, экологическая обстановка.

*Environmental objects: (river water, vegetable products) are analyzed by semi quantitative and quantitative expressive methods. The data are identified on trace elements and a comparison with the level of the MPC for the purpose of reduction stress phenomena in nature is done.*

*Keywords:* microelements, analysis, express methods, environmental objects.

С каждым годом во всем мире, в том числе и в Российской Федерации, ухудшается экологическая обстановка природных объектов, поэтому охрана биосферы является важнейшей государственной задачей. В условиях загрязнения среды обитания не исключена возможность попадания вредных и ядовитых веществ в сельскохозяйственную продукцию через воду и почву, что приводит к серьезным последствиям во всем окружающем нас мире [1]. Проводится комплекс мероприятий для предотвращения или снижения загрязнения воды, почвы, сырья растительного и животного происхождения, готовой пищевой продукции. В аналитических лабораториях ведется жесткий контроль над содержанием в природных объектах вредных для здоровья химических веществ [2].

В усложняющейся экологической обстановке многие природные объекты (почва, вода, воздух, растения и современная пищевая продукция) нуждаются в сложном аналитическом контроле, который должен быть основан приборами, обладающими чувствительностью, доступностью. Изучать и анализировать процессы загрязнения воды, почвы, растений и пищевой продукции можно не только применяя классические полуколичественные и количественные аналитические методы, но и подбирая аппаратуру и внедряя для анализа, исследования объектов новые физико-химические экспресс-методы [3]. К приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах, относятся следующие микроэлементы: железо, кобальт, медь, никель, марганец, цинк, которые будучи микроэлементами, играют важную роль в организме человека [4]. Эти элементы входят в состав ферментов, гормонов, витаминов и других жизненно важных соединений. Так, для белкового, углеводного и жирового обмена веществ необходимы следующие микроэлементы: железо, кобальт, медь, цинк, молибден. В синтезе белков участвуют: марганец, железо, кобальт, медь, цинк, хром. В кровет-

ворении – кобальт, медь, марганец, цинк, никель. В дыхании – железо, медь, цинк, марганец, кобальт.

Микроэлементы широко применяются в медицине, в ветеринарии в качестве микроудобрений для полевых, овощных культур, подкормки в животноводстве, входят в состав пищевой продукции. Микроэлементы входят в живую природу в той или иной форме и в незначительных количествах – в структуру биологически активных веществ (ферментов-энзимов).

Возросший темп жизни с неизбежным нарастанием стрессовых ситуаций, нарушение экологии, методы обработки продуктов питания, «убивающие» активные биологические вещества, не всегда качественные продукты питания – вот далеко не полный перечень причин роста дефицита жизненно важных микроэлементов и избытка токсичных, наносящих неполезный вред здоровью. Многие микроэлементы, недостающие и превышающие дозы ПДК, могут быть опасны для здоровья или, наоборот, выполнять защитные функции. Избыток железа в организме может привести к дефициту меди, цинка, хрома, кобальта, кальция. При недостатке в организме железа развивается железодефицитная анемия (малокровие). Избыток марганца усиливает дефицит магния и меди. При недостатке марганца нарушаются процессы окостенения во все скелете, хром оказывает действие на процессы кроветворения, на работу инсулина (ускоряет). Дефицит цинка, приводит к усиленному накоплению железа, меди. Цинк увеличивает активность ферментов, а это влияет на углеводный, жировой и белковый обмен веществ, на окислительно-восстановительные процессы. Микроэлементы в организмы поступают из других экосистем: воды, почвы, растений. Состояние окружающей среды и здоровья населения зависит от подверженности и биодоступности микроэлементов. Подведение микроэлементов в экосистемах: в воде, почве, растениях и живых организмов – являются важным вопросом исследования.

Так, поведение микроэлементов в почвах тесно связано с основными свойствами почвенных биосистем. Ряд факторов при этом контролируют подвижность: почвенные характеристики, климатические факторы, биологические процессы. Почвенные микроорганизмы, ферменты воздействуют на все реакции окисления – восстановления, осаждения – растворения, управляют поведением микроорганизмов [5].

Известно, что микроэлементы поступают в растения из почвы. При избытке микроэлементов в почвах появляется более сильный стресс для растений, чем их недостаток. Экспериментально доказано, что растения выработали несколько механизмов поглощения любого питательного вещества в условиях недостатка в почвах и могут ограничивать поглощение элемента при высоких концентрациях.

Целью нашей работы является исследование микроэлементов: меди, цинка, молибдена, хрома, никеля, железа – в овощной продукции и в воде, полуколичественным, визуальным тест-методом и сопоставление данных результатов с эффективным высокочувствительным универсальным экспресс-методом. Задачей наших исследований стали выявления превышения норм ПДК в воде и овощной продукции Орловской области с целью здоровьесбережения как средства повышения эффективности жизнедеятельности людей. Исследования проводились на базе лаборатории ОрелГАУ и в учебной химической лаборатории (тест-методы).

Таблица 1.

Содержание микроэлементов в проточной воде Орловской области

Объект	Элементы			
	Zn	Cu	Ni	Mo
Вода	3,5-4,0	20-25	0,8	2,1-10,1
ПДК мкг/л	3,0-50	20-30	0,8-10	2,1- 2,2

Исследования проб проточной воды на некоторые микроэлементы показали, что нормы их немного превышают ПДК. Исследования на наличие микроэлементов редиса, кабачков (раннеспелой продукции) проводили

по экспресс-методике для визуального тестового анализа. В основе этого метода лежит реакция гетероциклического соединения с ионами металлов в органическом растворителе. Реакция подбиралась по определенному значению pH и имела контрастные цвета: от желтого – красного – до вишневого [6]. Растворы соков овощей наливали в пробирки, проверяли на pH с помощью И-160(иономера). Затем добавляли дистиллированную воду, кислоту или основание. Окраску, полученную в пробирках, сравнивали со шкалой цветности. Результаты внесены в таблицу 2.

Таблица 2.

Содержание микроэлементов в овощной продукции (картофель, кабачки, редис)

Элементы	Cu	Zn	Fe	Cr	Ni
ПДК мг/кг Овощная продукция	70	10	50	0,2	0,5
Картофель	8-12	12	53	0,3	0,6
Редис	9-21	14	55	0,3	0,5

Исследования растворов овощных соков (картофеля, редиса, кабачков) показывают, что содержание микроэлементов находится в них, находится немного больше по сравнению с ПДК. В условиях выращивания овощей (тепличный грунт) не исключена возможность попадания микроэлементов в состав овощей, часть которых является действительно пищевыми веществами, но большинство из них присутствуют в таких количествах, что считаются условно индифферентными, а остальные токсичными и губительно действующими на живой организм. Следовательно, выявляя состав микроэлементов в воде и овощной продукции экспрессными полуколичественным и количественным методами, установили, что их содержание незначительно превышает значения ПДК. Поэтому перенасыщение их микроэлементами может привести к серьезным последствиям и создать стрессовые явления. Это приведет к снижению уровня здоровьесбережения, ведь ничто так не содействует успеху деятельности людей, как крепкое здоровье.

#### Библиографический список

1. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции. М.: Пищепромиздат. 2001. 528с.
2. Габович Р.Д., Припутина Л.С. Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ. К.: Здоровье. 1987. 248с.
3. Безвредность пищевых продуктов. Под ред. Г.Р. Робертса. М.: Агропромиздат. 1986. 287с.
4. Кабата - Пендас А., Пендас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439с.
5. Enzymes in the Environment. Eds. R.G. Bums, R.P. Dick. New York: Marcel Dekker, 2002.
6. Князев Д.А., Иванов В.М., Маркина В.М. Блистерные капельно-таблетные тесты на нитраты и нитриты. ЖАХ. 2002. Т.57, №1. С.85-97.

#### References

1. Donchenko L.V. Food production safety. M.: Pishchepromizdat. 2001. 528p.
2. Gabovich R.D., Priputina L.S. Hygienic grounds of food safety from hazardous chemical substances. K.: Zdorovye. 1987. 248p.
3. Nonharmfulness of food products. Under the editorship of G.R. Roberts. M.: Agropromizdat. 1986. 287p.
4. Kabata - Pendnas A., Pendnas X. Microelements in soils and plants. M.: Mir, 1989. 439p.
5. Enzymes in the Environment. Eds. R.G. Bums, R.P. Dick. New York: Marcel Dekker, 2002.
6. Knyazev D.A., Ivanov V.M., Markina V.M. Blister drop and tablet tests on nitrates and nitrites. Journal of Analytical Chemistry. 2002. V.57, №1. Pp.85-97.

УДК 541.11

UDC 541.11

**Э.Р. ОСКОТСКАЯ**

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: oskotskaya@yandex.ru

**Е.Н. ГРИБАНОВ**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: gribanovEN@gmail.com

**И.Н. СЕНЧАКОВА**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: irinka-sen@mail.ru

**А.В. ОСИПОВА**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: osipova\_alla\_v@mail.ru

**Э.Ю. ЮШКОВА**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: savally2@gmail.com

**E.R. OSKOTSKAYA**

Doctor of Chemistry, Professor, Department of chemistry, Orel  
State University  
E-mail: oskotskaya@yandex.ru

**E.N. GRIBANOV**

Candidate of Chemistry, Associate Professor, Department of  
chemistry, Orel State University  
E-mail: gribanovEN@gmail.com

**I.N. SENCHAKOVA**

Candidate of Chemistry, Associate Professor, Department of  
chemistry, Orel State University  
E-mail: irinka-sen@mail.ru

**A.V. OSIPOVA**

Candidate of Chemistry, Associate Professor, Department of  
chemistry, Orel State University  
E-mail: osipova\_alla\_v@mail.ru

**E.Y. YUSHKOVA**

Candidate of Chemistry, Associate Professor, Department of  
chemistry, Orel State University  
E-mail: savally2@gmail.com

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩЕЙ ГРУППЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА СТИРОЛА И ДИВИНИЛБЕНЗОЛА  
НА СОРБЦИЮ СВИНЦА(II)\***

**INFLUENCE OF THE NATURE OF THE COMPLEXING GROUP OF FUNCTIONAL MATERIALS  
BASED ON STYRENE AND DIVINYLBENZENE ON THE SORPTION OF LEAD (II)**

Исследованы физико-химические свойства полимерных комплексообразующих сорбентов производных полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидроксibenзола и полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидроксibenзола по отношению к свинцу (II). Определены оптимальные параметры сорбции элемента (кислотность среды, температура, время), сорбционная емкость, возможность десорбции и влияние на неё температурного фактора с учетом эволюции морфологии поверхности изучаемой группы материалов. Показано влияние природы комплексообразующей группы на характеристики сорбции свинца(II), что представляет интерес при создании материалов с заранее заданными свойствами. Полученные данные положены в основу разработанной комбинированной методики концентрирования и последующего инструментального определения свинца(II) в объектах сложного химического состава.

Ключевые слова: полимерные комплексообразующие сорбенты, сорбция, свинец.

The physico-chemical properties of polymeric sorbents complexing derivatives polystyrene-hydroxy-2 (1-azo-1') - 2'-hydroxybenzene and polystyrene (1-azo-1') - 3,4-dihydroxybenzene with respect to lead (II) were investigated. The optimum parameters of sorption element (acidity, temperature, time), the sorption capacity, the possibility of desorption and the impact on its temperature factor taking into account the evolution of the surface morphology of the studied group of materials were determined. The influence of the nature of the complexing group on the characteristics of the sorption of lead (II), which is of interest in creating materials with predetermined properties was shown. The data obtained formed the basis of the developed technique combined concentration and subsequent instrumental determination of lead (II) in the objects of complex chemical composition.

Keywords: polymeric complexing sorbents, sorption, lead.

Техногенное воздействие на окружающую среду вызывает её деградацию и целый ряд связанных с этим проблем, наиболее острая из которых – своевременное определение токсикантов на уровне микроколичеств. Для решения поставленной проблемы разработан широкий арсенал инструментальных методов анализа, тем не менее, имеющих свойственные им недостатки [1]. Таким образом, для снижения предела обнаружения, а также повышения избирательности и чувстви-

тельности определения необходима разработка новых методик.

Перспективно применение комбинированных методик, сочетающих стадии предварительного концентрирования, выделения и последующего определения элементов. Широкие возможности открывает применение полимерных комплексообразующих сорбентов (ПКС), которые позволяют проводить индивидуальное и групповое выделение элементов, нивелируя влияние

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ, № госрегистрации 114120507803.

© Э.Р. Оскотская, Е.Н. Грибанов, И.Н. Сенчакова, А.В. Осипова, Э.Ю. Юшкова

© E.R. Oskotskaya, E.N. Gribanov, I.N. Senchakova, A.V. Osipova, E.Y. Yushkova

матрицы и обеспечивая высокий коэффициент концентрирования. Характерным отличием комплексообразующих сорбентов является наличие в полимерной матрице химически активных групп, способных взаимодействовать с находящимися в растворе ионами металлов с образованием комплексов.

Существенное влияние на свойства данного класса соединений оказывает природа функциональной комплексообразующей группы (ФКГ) [1-3]. Актуальным как в теоретическом, так и практическом отношении представляется установление закономерностей её влияния на физико-химические и аналитические свойства ПКС. Найденные функциональные зависимости позволяют решить задачу целенаправленного поиска, синтеза и применения сорбентов с заранее заданными свойствами для осуществления разделения и концентрирования с их участием.

В настоящей работе обсуждаются результаты исследования сорбции Pb(II) полимерными комплексообразующими сорбентами с различными ФКГ: производными 2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидроксибензола и (1-азо-1')-3,4-дигидроксибензола.

### Экспериментальная часть

Исходные растворы свинца(II) с концентрацией 1 мг/мл готовили растворением точной навески соли квалификации "ос.ч." по методике [4]. Рабочие растворы готовили разбавлением исходного раствора в день эксперимента.

Содержание функциональных групп в сорбентах контролировали элементным анализом на ключевые атомы и определением сорбционной емкости (СЕС) [1]. Перед использованием шарообразные гранулы ПКС истирали

в ступке до тонкодисперсного состояния, фракционный состав полученного порошка определяли седиментационным методом [5].

Кислотность среды измеряли на рН-метре «Иономер И-500» с точностью измерения  $\pm 0.05$  ед. рН. Контроль концентрации элемента в растворе после сорбции осуществляли методом атомной абсорбции на приборе Квант-2А.

Морфологию поверхности гранул сорбента исследовали сканирующим мультимикроскопом СММ – 2000 (ОАО «Завод Протон-МИЭТ», г. Зеленоград). Изучение микроструктуры сорбентов и сорбата проводили на металлографическом микроскопе Альтами МЕТ 1М.

Условия сорбции – время ( $\tau$ , мин), температура ( $t$ , °C), оптимальная кислотность среды ( $pH_{опт}$ ) – определяли в статических условиях. СЕС определяли как количество элемента (в мг), сорбированное 1 г сорбента в определенных ранее оптимальных условиях сорбции. [1]

### Результаты и их обсуждение

Исследуемые сорбенты являются сшитыми сополимерами стирола и дивинилбензола с химически привитыми функционально-комплексообразующими группами: *о*-,*о'*-дигидрокси-(1-азо-1') и *о*-дигидрокси-(1-азо-1').

В таблице 1 приведены результаты определения физико-химических параметров сорбции свинца полимерными комплексообразующими сорбентами с изучаемыми ФКГ.

В результате проведенных исследований установлено, что количественная сорбция микроколичеств свинца ( $R > 95\%$ ) наблюдается при постоянном перемешивании в интервале рН 2,5 – 8,0. Продолжительность сорбции( $\tau$ ) составляет 15-50 мин при температуре

Таблица 1.

Характеристики сорбентов и сорбции Pb(II) ПКС ( $t = 20 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $\mu = 1$ ,  $R > 95\%$ ,  $n = 5$ ,  $P = 0.95$ )

№ п/п	Сорбент	$pH_{опт}$	$СЕС_{мг/г}$	$\tau$ , мин	$\lg \beta$	$D \cdot 10^{-4}$ , мл/г
1	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидроксибензол	5.5 – 7.4	19.85	30	8.1	6.2
2	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-5'-хлорбензол	5.7 – 7.1	21.22	25	7.9	5.4
3	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-5'-сульфобензол	5.3 – 7.7	20.70	25	7.5	5.8
4	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-5'-нитробензол	5.5 – 7.5	21.67	15	7.2	5.5
5	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-3'-сульфо-5'-хлорбензол	5.0 – 7.3	25.10	25	7.6	5.2
6	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-3',5'-дисульфобензол	6.0 – 8.0	25.80	25	7.4	3.1
7	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-3'-сульфо-5'-нитробензол	5.3 – 7.7	25.40	15	7.1	4.8
8	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-3',5'-динитробензол	5.3 – 7.0	25.65	15	6.9	5.0
9	полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-3'-карбоксо-5'-сульфобензол	5.3 – 7.0	20.57	30	8.0	5.9
10	полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидрокси-6-нитробензол	2.5 – 3.5	5.0	25	8.0	1.0
11	полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидрокси-6-сульфобензол	3.2 – 4.0	4.7	30	9.1	0.8
12	полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидрокси-6-бромбензол	3.0 – 4.0	4.2	25	8.9	1.2
13	полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидроксибензол	3.5 – 5.5	3.5	40	8.67	2.6
14	полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидрокси-6-аминобензол	4.0 – 6.0	1.5	50	9.0	2.0



$20 \pm 1^\circ\text{C}$ . При повышении температуры до  $60^\circ\text{C}$  время сорбции сокращается незначительно (на 5-10 минут). Величина СЕС находится в пределах 1.50-5.00 мг/г сорбента с *o*-дигидрокси-(1-азо-1')-ФКГ и 19.85 – 25.80 мг Pb/г сорбента с *o*-, *o'*-дигидрокси-(1-азо-1')-ФКГ (Рис. 1). Величины  $\text{СЕС}_{\text{Pb}}$  используют при подсчете необходимой массы сорбента, применяемого для концентрирования элементов в анализе природных объектов.

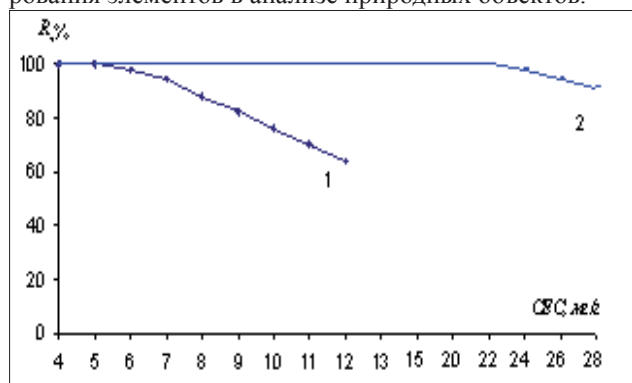


Рис. 1. Определение сорбционной емкости по свинцу(II) сорбентов полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидрокси-6-нитробензол (1) и полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-5'-нитробензол (2).

Для характеристики динамики сорбции Pb(II) построены изотермы сорбции. Для всех изученных систем «свинец – сорбент» характерны изотермы ленгмюровского типа – они линейны вплоть до точки насыщения (изгиб, выход кривой на «плато»). Проекция этой точки на ось ординат совпадает с величинами  $\text{СЕС}_{\text{Pb}}$  соответствующих сорбентов (рис. 2). Наличие «плато» на изотерме сорбции указывает на то, что после насыщения ФКГ сорбента ионом элемента процесс сорбции прекращается.

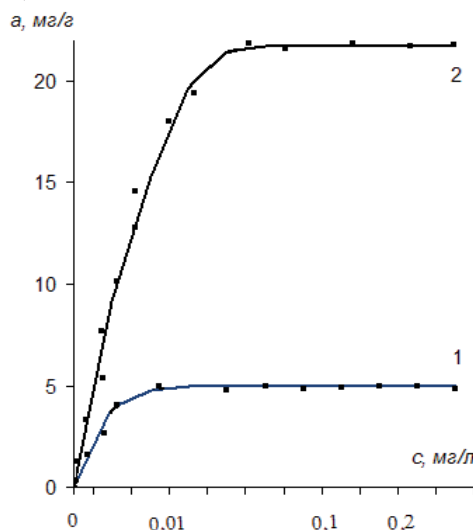


Рис. 2. Изотермы сорбции свинца полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидрокси-6-нитробензолом (1) и полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидрокси-5'-нитробензолом (2).

Десорбция Pb(II) предусматривает использование либо агрессивных сред, либо менее агрессивных, но при повышенной температуре. Нами обнаружен факт уменьшения СЕС при элюировании горячими растворами, а также лишь незначительное сокращение времени сорбции при осуществлении процесса при повышенной температуре. Это привело к необходимости изучения

морфологии поверхности ПКС и её влияния на их аналитические свойства.

На рисунке 3 представлено типичное АСМ изображение исходной поверхности изучаемых сорбентов – четко прослеживается её глобулярное строение. Диаметр глобул колеблется в интервале  $\sim 40 \div 170$  нм; размер пор – в интервале  $n \cdot 10 - n \cdot 100$  нм, что соответствует поверхности сорбента смешанного структурного типа, содержащего мезо- и макропоры.

Полученные АСМ кадры поверхности ПКС после термической обработки в течение 30 минут при температурах  $60 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $80 \pm 1^\circ\text{C}$  и  $120 \pm 1^\circ\text{C}$  выявили значительно менее выраженный характер рельефа по сравнению с исходным, что связано с оплавленностью глобул и приобретением ими вида «пластинок» (рис. 4). Наблюдаемое *сглаживание рельефа происходит* за счет сужения пор, щелей, микротрещин и сопровождается уменьшением амплитудных характеристик поверхности (табл. 2): перепада высот ( $h$ ), средней арифметической ( $R_a$ ) и средней квадратичной ( $R_q$ ) шероховатости профиля.

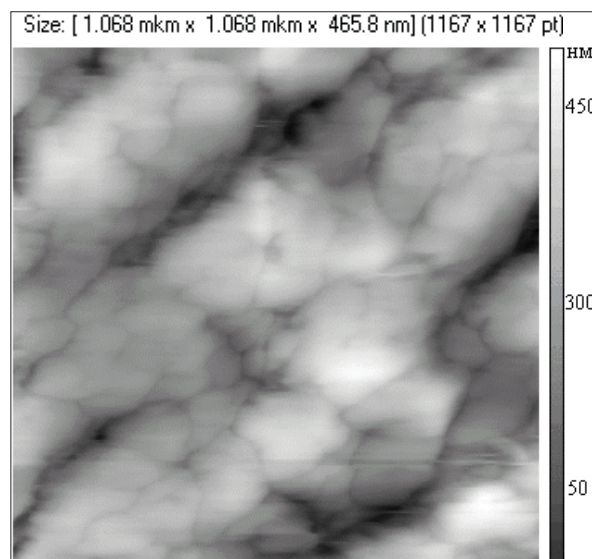


Рис. 3. Типичное АСМ изображение поверхности ПКС.

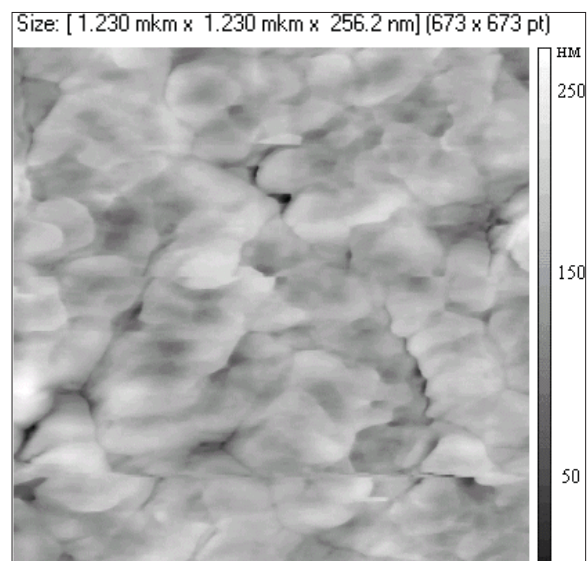


Рис. 4. Поверхность ПКС в виде «пластинок» после нагревания образца в течение 30 минут при температуре  $120 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Таблица 2.

Амплитудные характеристики поверхности ПКС ( $l = 300$  нм)

Амплитудные характеристики	Исходная поверхность	60±1°C	80±1°C	120±1°C
$R_a$ , нм	59±3	38±4	26±3	12±1
$R_z$ , нм	45±3	31±2	20±3	10±1
$h$ , нм	700 - 800	300 - 450	300 - 450	200 - 300

Металлографический анализ поверхности ПКС, подвергшейся температурному воздействию с последующей сорбцией металла, выявил меньшую целостность пленки и фрагментарное уменьшение её толщины (предположительно за счет изменений в морфологии матрицы сорбента под действием температуры, сопровождающихся уменьшением площади поверхности материала).

Сопоставление аналитических характеристик ПКС до и после температурного воздействия с последующей сорбцией металла показало уменьшение СЕС на величину до 20% и увеличение времени количественной сорбции на 20-25%. По этой причине для интенсификации процесса извлечения металлов из водных растворов и их десорбции, с учетом требований к аналитическим характеристикам сорбентов, целесообразен выбор температурного режима, близкого к стандартным условиям. Дальнейшее изучение десорбции Pb(II) минеральными кислотами после сорбции элемента проводили с учетом данного факта. Согласно полученным данным, количественная десорбция свинца достигается промывкой концентрата на фильтре 10-15 мл 1М HNO<sub>3</sub>. Сорбенты способны к кислотной регенерации (10-12 рабочих циклов).

Анализ результатов изучения физико-химических свойств ПКС с различными по природе функциональными группами по отношению к свинцу показывает, что сорбенты первой группы – пирокатехина – коли-

чественно концентрируют данный элемент из водных растворов в более кислой среде, чем материалы с *o,o'*-дигидрокси-азо-ФКГ, а образующийся комплекс «свинец-сорбент» является более прочным. Данное различие связано с введением в структуру мономерного звена сорбентов первой группы более электроноакцепторных заместителей. ПКС второй группы с *o,o'*-дигидрокси-азо-ФКГ имеют преимущество перед ПКС группы пирокатехина по таким параметрам, как время сорбции и величина сорбционной емкости.

Таким образом, в работе исследованы физико-химические свойства полимерных комплексобразующих сорбентов производных полистирол-2-гидрокси-(1-азо-1')-2'-гидроксибензола и полистирол-(1-азо-1')-3,4-дигидроксибензола по отношению к свинцу(II). Определены оптимальные параметры сорбции элемента (кислотность среды, температура, время), сорбционная емкость, возможность десорбции и влияние на неё температурного фактора с учетом эволюции морфологии поверхности изучаемой группы материалов. Показано влияние природы комплексобразующей группы на характеристики сорбции свинца(II), что представляет интерес при создании материалов с заранее заданными свойствами. Полученные данные положены в основу разработанной комбинированной методики концентрирования и последующего инструментального определения свинца(II) в объектах сложного химического состава.

#### Библиографический список

1. Оскотская Э.Р., Грибанов Е.Н., Осипова А.В., Басаргин Н.Н. Концентрирование переходных металлов комплексобразующими сорбентами с *o,o'*-дигидрокси-функциональной группой: Монография. Орел: ОГУ, 2013. 130 с.
2. Басаргин Н.Н., Оскотская Э.Р., Сенчакова И.Н., Розовский Ю.Г. Закономерности комплексобразования в ряду азозамещенных пирокатехина и их комплексов с оловом (II) // Журнал неорг. химии. 2009. Т. 54. №10. С. 1694-1699.
3. Basargin N.N., Oskotskaya E.R., Chebrova A.V. Adsorption of Zinc on Polymeric Chelating Adsorbents in the Analysis of Natural Water // Journal of Analytical Chemistry, 2008. Vol. 63. № 3. Pp. 209-213.
4. Коростелев П.П. Приготовление титрованных растворов для химико-аналитических работ. М.: Наука, 1962. 400 с.
5. Оскотская Э.Р., Басаргин Н.Н., Грибанов Е.Н. Определение гранулометрического состава полимерных комплексобразующих сорбентов седиментационным методом // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки, 2009. №4 (34). С. 16-19.

#### References

1. Oskotskaya E.R., Griбанov E.N., Osipova A.V., Basargin N.N. Concentration of transition of metal complexing sorbents with *o, o'*-dihydroxy-functional group: Monograph. Orel: OSU, 2013. 130 p.
2. Basargin N.N., Oskotskaya E.R., Senchakova I.N., Rozovskii Y.G. Laws of complexation among azo-substituted catechol and their complexes with tin (II) // Journal of inorganic salts. chemistry. 2009. Vol. 54. № 10. Pp. 1694-1699.
3. Basargin N.N., Oskotskaya E.R., Chebrova A.V. Adsorption of Zinc on Polymeric Chelating Adsorbents in the Analysis of Natural Water // Journal of Analytical Chemistry, 2008. Vol. 63. № 3. Pp. 209-213.
4. Korostelev P.P. Preparation of volumetric solutions for chemical analysis. M.: Nauka, 1962. 400 p.
5. Oskotskaya E.R., Basargin N.N., Griбанov E.N. Determination of particle size distribution of polymeric complexing sorbents sedimentation method // Scientific notes of Orel State University. Series: natural, technical and medical sciences, 2009. №4 (34). Pp. 16-19.

УДК 543.05:543.544.5

UDC 543.05:543.544.5

**Э.Р. ОСКОТСКАЯ**

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: osckotskaya@yandex.ru

**Е.Н. ГРИБАНОВ**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии, Орловский государственный университет  
E-mail: gribanovEN@gmail.com

**М.Н. КАЛИНИН**

магистрант, кафедра химии, Орловский государственный университет  
E-mail: darkghost999@mail.ru

**Е.В. МИТЯЕВА**

студент, медицинский институт, Орловский государственный университет  
E-mail: orel\_rel@mail.ru

**E.R. OSKOTSKAYA**

Doctor of chemistry sciences, Professor, Head of Department of Chemistry, Orel State University  
E-mail: osckotskaya@yandex.ru

**E.N. GRIBANOV**

Candidate of chemistry sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Orel State University  
E-mail: gribanovEN@gmail.com

**M.N. KALININ**

Master, Department of Chemistry, Orel State University  
E-mail: darkghost999@mail.ru

**E.V. MITAYEVA**

Student, Medical institute, Orel State University  
E-mail: orel\_rel@mail.ru

**ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ТЕТРАЦИКЛИНА В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРАМФЕНИКОЛА\***

**SELECTIVE PRECONCENTRATION OF TETRACYCLINE IN THE PRESENCE OF CHLORAMPHENICOL**

*Систематически изучена сорбция тетрациклина и хлорамфеникола природным алюмосиликатом (установлены оптимальные условия протекания процесса, коэффициенты распределения и сорбционная емкость). Показана возможность избирательного сорбционного концентрирования тетрациклина в присутствии хлорамфеникола. Полученные данные положены в основу комбинированной методики определения тетрациклина в объектах сложного химического состава. Работа способствует импортозамещению путем получения функциональных материалов отечественного производства на основе алюмосиликатов, не уступающих по своим свойствам аналогам.*

*Ключевые слова:* тетрациклин, хлорамфеникол, алюмосиликаты, цеолит, сорбционное концентрирование.

*In the paper systematically the sorption of tetracycline and chloramphenicol by natural aluminosilicate (the optimum process conditions, the distribution coefficients and sorption capacity are founded) is studied. The possibility of selective sorption concentration of tetracycline in the presence of chloramphenicol is shown. The data obtained form the basis of the combined methods of determination of tetracycline in the objects of complex chemical composition. Work contributes to import substitution by obtaining functional materials based on domestic production aluminosilicates are not inferior in their properties counterparts.*

*Keywords:* tetracycline, chloramphenicol, aluminosilicates, zeolite, sorption concentration.

Широкое применение в пищевой промышленности, животноводстве и ветеринарии в качестве ингибиторов патогенной микрофлоры нашли антибактериальные препараты [1-3], среди которых ключевые роли по масштабам применения играют главным образом тетрациклин (ТЦ) и в меньшей степени хлорамфеникол (ХАФ) [4]. Токсические свойства данных антибиотиков [5,6] (возникновение аллергических реакций, дисбактериозов, подавление активности некоторых ферментов, изменение микрофлоры кишечника и т.д.), проявляющиеся при их поступлении в организм человека в дозах, превышающих ПДК, делают необходимым проведение мониторинга сырья и продуктов животного происхождения на наличие в них остатков данных веществ.

Определение остаточных количеств тетрациклина и хлорамфеникола в реальных объектах проводят рядом физико-химических и биохимических методов [7-11], к недостаткам которых можно отнести сравнительно низкую чувствительность и селективность определения, например при использовании фотометрического метода, или высокую себестоимость ана-

лиза, как в случае определения методами ВЭЖХ с масс-спектрометрическим детектором и методом иммуноферментного анализа. Компромиссным способом решения данной проблемы является предварительное сорбционное концентрирование антибиотиков с последующим фотометрическим детектированием. Тем не менее, при совместном присутствии тетрациклина и хлорамфеникола прямое спектрофотометрическое детектирование аналитического сигнала затруднено, из-за перекрывания УФ-спектров аналитов. Таким образом, актуальной остается разработка способа избирательного концентрирования ТЦ и ХАФ с их последующим инструментальным определением.

Цель настоящей работы состояла в систематическом изучении сорбции тетрациклина и хлорамфеникола природным алюмосиликатом.

**Экспериментальная часть**

*Реагенты и аппаратура.* Исходные маточные растворы тетрациклина и хлорамфеникола с концентрацией 0,5 мг/мл готовили растворением точной навески

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ, № госрегистрации 114120507803.

© Э.Р. Оскотская, Е.Н. Грибанов, М.Н. Калинин, Е.В. Митяева

© E.R. Oskotskaya, E.N. Gribanov, M.N. Kalinin, E.V. Mitayeva

фармацевтического препарата из аптечной сети в бидистиллированной воде. Рабочие растворы готовили разбавлением исходного раствора непосредственно перед использованием. Необходимые значения pH устанавливали добавлением буферной смеси.

Все использованные в работе реактивы относятся к подгруппе чистоты х.ч. или ч.д.а. Для хроматографирования применяли ацетонитрил для ВЭЖХ фирмы *Sharlau* (Испания). В качестве сорбционного материала использовали природный алюмосиликат Хотынецкого месторождения Орловской области. Его элементный и химический состав по данным энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии приведен в работе [12].

Кислотность среды измеряли pH - метром *Ионмер И-500* с точностью измерения  $\pm 0,05$  ед. pH. Контроль концентрации тетрациклина и хлорамфеникола в растворе после сорбции осуществляли хроматографическим способом. В работе использовали жидкостной микроколоночный хроматограф «*Милихром-6*» с ультрафиолетовым детектором. Разделение проводили в обращено-фазовом варианте ВЭЖХ. Использовали хроматографическую колонку *KAX-6-80-4* (сорбент Сепарон-С18;  $80 \times 2,0$  мм). Колонку термостатировали при  $35^\circ\text{C}$ . Математическая обработка хроматограмм осуществлялась в программе *UniCrom*. В качестве подвижной фазы для определения тетрациклина использовали смеси на основе ацетонитрила и  $0,025$  М водного раствора оксалата аммония, а для определения хлорамфеникола применяли элюент состава ацетонитрил –

вода (80:20). Перемешивание растворов осуществляли на магнитных мешалках *ПЭ-6100*.

**Методика эксперимента.** Сорбцию тетрациклина и хлорамфеникола из водных растворов изучали в статических условиях методом ограниченного объема при периодическом перемешивании. Определение оптимальных условий сорбции проводили в растворах объемом 25 мл, содержащих 32 мкг антибиотика и 0,1 г сорбента. Из зависимости  $R, \%$  – pH, где  $R$  – степень сорбции, находили оптимальный интервал pH протекания процесса. Величину СЕС определяли как количество мг антибиотика, сорбированного 1 г алюмосиликата, в определенных ранее оптимальных условиях.

### Результаты и их обсуждение

Количественное извлечение тетрациклина ( $R > 95\%$ ) алюмосиликатом происходит в статических условиях в интервале значений pH 2,3 – 3,4 при  $t = 20 \pm 1^\circ\text{C}$  в течение 15 – 20 минут. Оптимальные значения pH и времени сорбции находили графическим способом (рис. 1, 2).

Сорбция хлорамфеникола протекает значительно хуже и в течение указанного времени достигает максимального значения ( $R \approx 29\%$ ) в интервале pH = 6,3 – 7,1. В интервале кислотности среды оптимальном для сорбции тетрациклина степень извлечения хлорамфеникола не превышает 17–20%, что позволяет значительно уменьшить или практически нивелировать влияние ХАФ при спектрофотометрическом определении ТЦ.

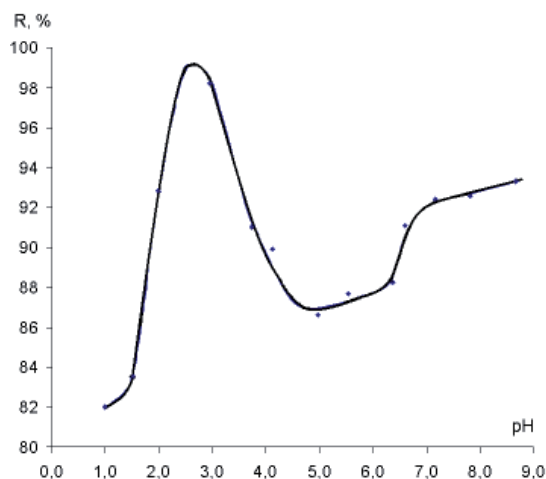


Рис. 1. Влияние кислотности среды на степень сорбции тетрациклина.

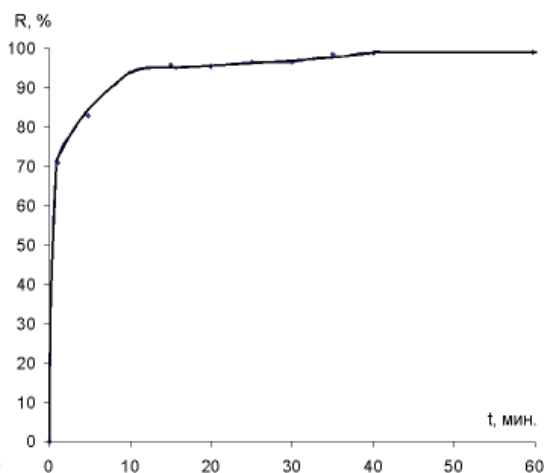


Рис. 2. Влияние времени на степень сорбции тетрациклина.

Сорбция ТЦ характеризуется изотермой типа Ленгмюра (рис. 5). Изотерму сорбции ХАФ можно отнести к S-типу (рис. 6). Исходя из полученных данных, определена предельная сорбционная емкость алюмосиликата для исследуемых антибиотиков в оптимальных условиях сорбции, которая составила  $\sim 80$  мг/г по тетрациклину и  $\sim 22,5$  мг/г по хлорамфениколу. Коэффициент распределения в системе «сорбент-тетрациклин» при концентрации анализита до  $\sim 2,5 \cdot 10^{-4}$  г/мл и оптимальных условиях протекания процесса достигает  $\sim 5 \cdot 10^3$ .

Вероятно, в основе сорбции тетрациклина лежит его комплексобразование с железом, входящим в состав минерала. На это указывают: соотношение компонентов в системе «железо-антибиотик», равное 1:1 (содержание железа в цеолите составляет  $\sim 0,185$  ммоль/г [12]); изотерма сорбции имеет выпуклую форму с выходом на насыщение (рис. 5) – тип изотермы Ленгмюра. Для тетрациклина найденная константа устойчивости комплекса на поверхности цеолита  $\lg \beta = 7,16$  хорошо согласуется с константой устойчивости комплекса «тетрациклин-железо» в растворе.



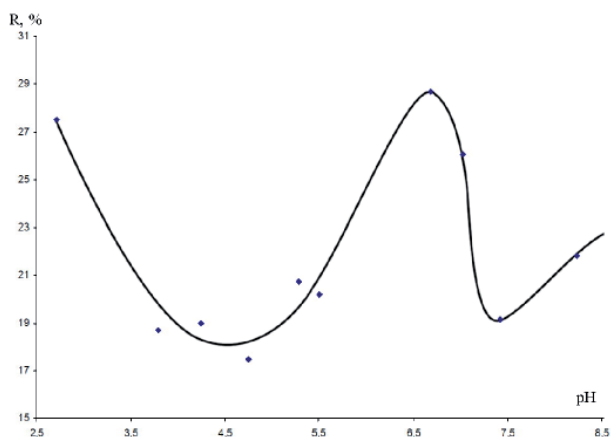


Рис. 3. Влияние кислотности среды на степень сорбции хлорамфеникола.

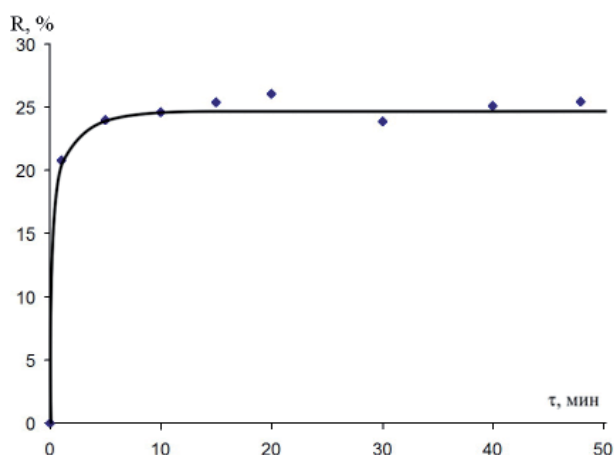


Рис. 4. Влияние времени на степень сорбции хлорамфеникола.

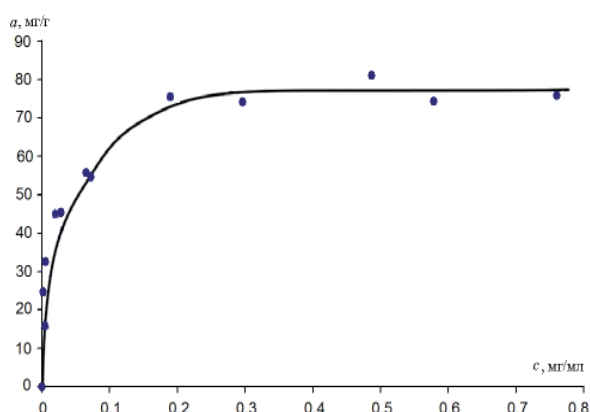


Рис. 5. Изотерма сорбции тетрациклина.

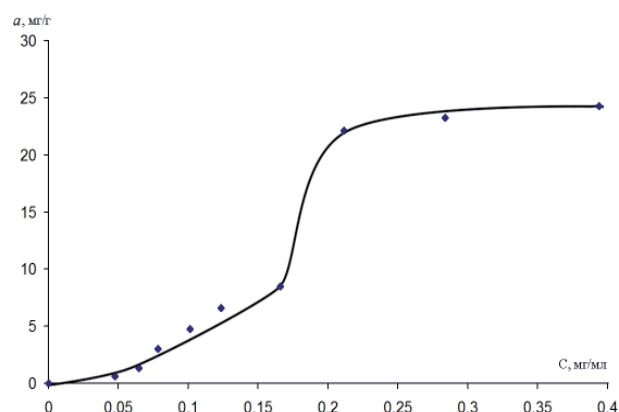


Рис. 6. Изотерма сорбции хлорамфеникола.

В работе изучена десорбция тетрациклина с алюмосиликата веществами различной природы (ацетонитрил,  $\text{CH}_3\text{COO}(\text{NH}_4)$ ,  $\text{KCl}_{\text{насыщ.}}$ , Трилон Б и некоторые другие) в зависимости от объема десорбирующего агента и температуры протекания процесса (от 20°C до 50 °C). Из полученных данных следует, что существенное повышение выхода ТЦ достигается за счет применения веществ, образующих устойчивые комплексные соединения с ним. Установлено, что оптимальным условием десорбции является промывка концентрата на фильтре 15 мл насыщенного раствора оксалата аммония при повышенной температуре.

Таким образом, систематически изучена сорбция тетрациклина и хлорамфеникола природным алюмосиликатом. Показана возможность избирательного сорбционного концентрирования тетрациклина в присутствии хлорамфеникола. Определены условия десорбции тетрациклина. Полученные результаты положены в основу комбинированной методики определения тетрациклина в объектах сложного химического состава. Работа способствует импортозамещению путем получения функциональных материалов отечественного производства на основе алюмосиликатов, не уступающих по своим свойствам аналогам.

#### Библиографический список

1. Романенко Г.А. //Вестник Российской академии наук. 2004. №5. С. 434 -439.
2. Аксенов В.И., Ковалев В.Ф. Антибиотики в продуктах животноводства. М.: Колос, 1977.
3. Брандер Дж.К. Антибиотики и антибиоз в сельском хозяйстве. М.:Колос, 1981.
4. Кальницкая О.И. Ветеринарно-санитарный контроль остаточных количеств антибиотиков в сырье и продуктах животного происхождения на основе современных методологий: автореферат дис. ...докт. ветеринарных наук: 16.00.06, Московский государственный университет прикладной биотехнологии. Москва, 2008. 41 с.
5. Мелентьева Г.А., Антонова Л.А. Фармацевтическая химия. М.: Медицина, 1993.
6. Воробьева Т.В. Влияние на организм антибиотических примесей, обнаруживаемых в продуктах питания животного происхождения //Рациональное питание: Сб. науч. тр., Киев: Здоровье. 1980. Вып.15. С. 56 - 58.
7. Бельтюкова С.В., Ливенцова Е.О. Методы определения антибиотиков в пищевых продуктах (обзор) //Методы и объекты химического анализа. 2013. №1. С. 4-13.
8. Соловей Н.В., Сааведра Н.Ф. //Фармация. 1974. Т.23. №4. С.72-73.
9. Соболева О.Н. Способ определения тетрациклина: А.С. SU 1081487 А1; заявл. 1982.08.02; опубл. 1984.03.23.
10. ГОСТ Р 53601-2009. Метод определения остаточного содержания антибиотиков тетрациклиновой группы с помощью высокоэффективной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором.
11. ГОСТ Р 53774-2010. Молоко и молочные продукты. Иммуноферментные методы определения наличия антибиотиков.
12. Грибанов Е.Н., Оскотская Э.Р. Элементный состав цеолита Хотынецкого месторождения по данным энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии //«Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки». 2012. №6 (50). С. 90-92.



References

1. *Romanenko G.A.* // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2004. №5. Pp. 434 -439.
  2. *Aksenov V.I., Kovalev V.F.* Antibiotics in livestock products. M.: Kolos, 1977.
  3. *Brander J.K.* Antibiotics and antibiosis in agriculture. Moscow: Kolos, 1981.
  4. *Kalnitskaya O.I.* Veterinary-sanitary control of residues of antibiotics in raw foods of animal origin on the basis of modern methodologies: abstract dis. ... Doctors of veterinary sciences: 16.00.06, Moscow State University of Applied Biotechnology. Moscow, 2008. 41 p.
  5. *Melentyeva G.A., Antonova L.A.* Pharmaceutical Chemistry. M.: Medicine, 1993.
  6. *Vorobyov T.V.* Antibiotic effects on the body of impurities found in foods of animal origin // Nutrition: collection of scientific. works, Kiev: Health. 1980. Isp.15. Pp. 56 - 58.
  7. *Beltyukova S.V., Liventsova E.O.* Methods for the determination of antibiotics in food (review) // Methods for chemical analysis of objects. 2013. №1. Pp. 4-13.
  8. *Nightingale N.V., Saavedra N.F.* // Pharmacy. 1974. T.23. №4. Pp.72-73.
  9. *Sobolev O.N.* A method for determining tetracycline: A.S. SU 1081487 A1; appl. 1982.08.02; publ. 1984.03.23.
  10. *Standard R53601-2009.* Method for determination of the residual content of tetracyclines by flash chromatography with mass spectrometric detection.
  11. *Standard R53774-2010.* Milk and dairy products. ELISA detect the presence of antibiotics.
  12. *Gribanov E.N., Oskotskaya E.R.* The elemental composition of the zeolite Hotynetskogo deposits according to Energy-dispersive X-ray spectroscopy // Scientific notes of Orel State University. Series: Natural, technical and medical sciences. 2012. №6 (50). Pp. 90-92.
-

УДК 378.147:37.036.5:372.854

UDC 378.147:37.036.5:372.854

**Н.Л. ХИЛКОВА**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: hilkova59@rambler.ru

**В.М. МАРКИНА**

кандидат химических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный аграрный университет

**Е.Г. ПРУДНИКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра  
химии, Орловский государственный аграрный универси-  
тет

E-mail: elena-prudnikova00@rambler.ru

**N.L. KHILKOVA**

Candidate of chemistry sciences, Associate Professor,  
Department of chemistry, Orel State Agrarian University  
E-mail: hilkova59@rambler.ru

**V.M. MARKINA**

Candidate of chemistry sciences, Associate Professor,  
Department of chemistry, Orel State Agrarian University

**E.G. PRUDNIKOVA**

Candidate of agricultural sciences, Associate Professor,  
Department of chemistry, Orel State Agrarian University  
E-mail: elena-prudnikova00@rambler.ru

## ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

### PEDAGOGICAL STIMULATION OF STUDENTS' CREATIVE ACTIVITY AT STUDYING CHEMICAL DISCIPLINES

*В современных условиях жизни вуз должен идти в ногу со временем и готовить творчески мыслящих и мобильных выпускников. С целью выявления творческих способностей проведено тестирование студентов-первокурсников. Реализована методика диагностики творческих способностей. Стимулированию творческой деятельности способствуют следующие формы обучения, которые внедрены в учебный процесс: использование активных форм обучения, проведение интегрированных занятий, организация самостоятельной работы студентов, проведение исследований, применение рейтинговой системы обучения, применение разноуровневого контроля знаний, использование новых педагогических технологий.*

*Ключевые слова:* творческое мышление, креативность, диагностика творческих способностей, педагогическое стимулирование творческих способностей.

*In modern living conditions higher educational establishment must keep up with the times and prepare creatively thinking and mobile graduates. Testing of first-year students was done to reveal creative abilities. The method of diagnostics of creative abilities is realized. Stimulation of creative activity is provided by the following education forms that were implemented into the educational process: application of active forms of education, performance of integrated classes, organization of students' independent work, conducting the research, application of rating system of education, application of split-level of academic performance rating, application of new pedagogical technologies.*

*Keywords:* creativethinking, creativity, diagnostics of creative abilities, pedagogical stimulation of creative abilities.

В современных условиях жизни количество изменений в общественной и научной сфере, происходящих за небольшой отрезок времени, настоятельно требуют от человека качеств, позволяющих творчески и продуктивно подходить к решению любых проблем. Объем информации в мире, по некоторым оценкам, увеличивается каждые десять лет вдвое. Для того чтобы выжить в ситуации постоянных изменений, чтобы адекватно на них реагировать, человек должен активизировать свой творческий потенциал. Современный вуз должен идти в ногу со временем и готовить творчески мыслящих и мобильных выпускников.

Философский подход определяет творчество как необходимое условие развития материи, образование ее новых форм, вместе с возникновением которых меняются и сами формы творчества [1].

Творчество – деятельность человека, создающая новые материальные и духовные ценности, обладающие общественной значимостью. Известный психолог Л.С. Выготский говорил, что в каждодневной окружающей нас жизни творчество есть необходимое условие существования, и все, что выходит за пределы рутины и в

чем заключена хоть йота нового, обязано своим происхождением творческому процессу человека [3].

Проблему творчества изучали советские психологи Л.С. Выготский, С.Л. Рубинштейн, педагог В.П. Пархоменко и др. [2; 5; 6].

Структуру творческой деятельности можно представить следующим образом:

Постановка задачи (накопление знаний и навыков, необходимых для четкого изложения и формирования задачи, возникновение проблемы).

Подготовка к решению задачи (сосредоточение усилий и поиски дополнительной информации).

Период инкубации (уход от проблемы, переключение на другие занятия).

Озарение или инсайт (гениальная идея и простая догадка скромных масштабов, то есть логический разрыв, скачок в мышлении, получение результата, не вытекающего однозначно из посылок)

Проверка и доработка замысла, его воплощение.

Этапы творческой деятельности можно назвать и по-другому, да и само число этапов можно увеличить или уменьшить, но в принципе творческий процесс характе-

ризуется именно такой последовательностью действий. Решением считается не просто хорошая идея, а непременно осуществленная идея, изящество и простота [7].

Чтобы научить обучаемого мыслить, В.А. Сухомлинский советовал: “Не обрушивайте на ребенка лавину знаний, не стремитесь рассказать на уроке о предмете изучения все, что вы знаете, под лавиной знаний могут быть погребены пытливость и любознательность. Умейте открыть перед ребенком в окружающем мире что-то одно, но открыть так, чтобы кусочек жизни заиграл перед детьми всеми красками радуги. Оставляйте что-то недосказанное, чтобы ребенку захотелось еще и еще раз возвратиться к тому, что он узнал”. “...Никогда умственные усилия не должны направляться только на закрепление в памяти, на заучивание. Прекращается осмысливание, прекращается и умственный труд, начинается отупляющая зубрежка”.

Выделение универсальной творческой способности, названной креативностью (от английского creativity – дословно: творчество), связано с именем Гилфорда. Креативность определяется более конкретно как “совокупность мыслительных (дивергентное мышление; беглость, гибкость, оригинальность мышления; широта категоризации, генерализованная чувствительность к проблеме; умение абстрагироваться, конкретизировать, перегруппировывать идеи) и личностных (регуляторные процессы, воссоздающее и творческое воображение, фантазия) качеств, способствующих проявлению и становлению творчества как субъективного, индивидуально окрашенного стиля деятельности ЛИЧНОСТИ”. Гилфорд указал на принципиальное различие двух типов мыслительных операций. Мышление, направленное на нахождение единственно правильного решения задачи, было названо конвергентным (сходящимся). Тип мышления, идущего в различных направлениях, ищущего решение различными путями, назван дивергентным (расходящимся). Дивергентное мышление может привести к неожиданным, непредвиденным выводам и результатам.

Гилфорд выделил четыре основных параметра креативности:

- оригинальность – способность продуцировать необычные ответы;
- продуктивность – способность к генерированию большого числа идей;
- гибкость – способность к легкой переключаемости и выдвижению разнообразных идей из различных сфер знания и опыта;
- способность усовершенствовать объект, добавляя детали.

В отличие от интеллектуалов, которые могут решать хотя и сложные, но уже поставленные кем-то задачи, креативы способны самостоятельно видеть и ставить проблемы.

Одним словом, переход от традиционного образования (непрерывного усвоения новых знаний и их накопления) к образованию креативному актуален и набирает темпы [8].

Креативный мыслительный процесс формирует но-

вые смысловые ассоциации. Чем больше они отдалены от стереотипа, тем выше креативность личности. Использование термина «креативность» вызвано возможностью её оценки с помощью специально разработанных тестов.

Задатки способностей к творчеству присущи любому человеку, любому нормальному ребенку. Задача педагогов – раскрыть эти способности, развить их.

Целью наших исследований является выявление творческих способностей студентов-первокурсников и их дальнейшее развитие.

Нами были поставлены задачи:

- изучение литературных источников по теме исследования,
- апробация методики диагностики творческих способностей студентов-первокурсников,
- педагогическое стимулирование творческой активности обучаемых.

Работа проводилась на кафедре химии Орловского государственного аграрного университета.

После изучения литературных источников нами были составлены тесты по химическим дисциплинам для выявления наиболее способных студентов. Предлагаемые тесты были открытой формы, т.е. в виде заданий, ответы на которые вписываются в текст ответа самим студентом или оформляются в виде отдельной записи, поскольку в самом тесте нет возможных вариантов ответа. Комбинированные тесты содержали задания, ответы на которые студенты выбирали из предложенных или могли представить свои варианты решения. Испытуемые могли предложить оригинальные методы синтеза соединений, источники получения химических соединений, экспресс-методы анализа.

Тестирование проводили в группе студентов. Для создания благоприятных условий работы руководитель ориентировал тестируемых на свободное проявление своих способностей. Студентам не сообщали о том, что тестируются именно творческие способности. Время тестирования по возможности не ограничивали.

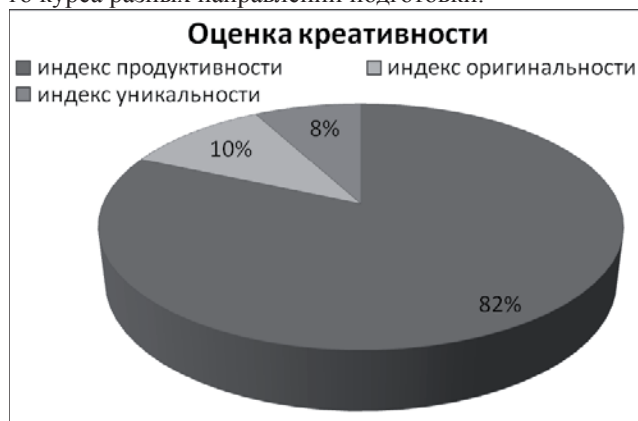
Использование различных методик диагностики творческих способностей позволило выявить общие принципы оценки креативности:

- а) индекс продуктивности как отношение числа ответов к количеству заданий;
- б) индекс оригинальности как сумма индексов оригинальности (т.е. обратных величин по отношению к частоте встречаемости ответа в выборке) отдельных ответов, отнесенная к общему числу ответов;
- в) индекс уникальности как отношение количества уникальных (не встречающихся в выборке) ответов к общему их количеству.

Низкие результаты тестирования не свидетельствовали об отсутствии креативности у испытуемого, так как творческие проявления спонтанны и неподвластны произвольной регуляции.

Таким образом, методики диагностики творческих способностей предназначены, в первую очередь, для фактического определения креативных личностей в конкретной выборке на момент тестирования.

В тестировании приняли участие 50 студентов первого курса разных направлений подготовки.



По результатам тестирования нами были отобраны 9 человек, которым было предложено заниматься научной работой на кафедре, а также все желающие могли работать в студенческих научных кружках по интересующей их тематике.

При изучении химических дисциплин используем следующие виды развития и стимулирования творческой деятельности студентов:

1. Активные методы обучения (проблемные лекции, лекции-визуализации, лекции-конференции, лекции с запланированными ошибками, исследовательские лабораторные работы, проведение деловых и имитационных игр).
2. Рейтинговая система обучения и разноуровневого контроля знаний.
3. Вовлечение студентов в научную работу (про-

ведение учебных исследовательских работ, участие в хоздоговорной работе, совместное написание научных статей, работа в студенческих научных кружках).

4. Организация самостоятельной работы (написание рефератов, восполнение конспекта лекций, решение упражнений, логических задач) и использование современных информационных технологий.

5. Участие студентов в олимпиадах по химии, малых Менделеевских чтениях, конференциях, круглых столах.

6. Развитие художественного творчества (участие в конкурсах «Химия в рисунках», Международных молодежных конкурсах-выставках, участие в жизни факультета и вуза).

Творческая личность – это личность, которая обладает творческим потенциалом в виде врожденных задатков и способностей, индивидуально-психологическим своеобразием, свободой выбора и творческой направленностью.

Огромную роль в воспитании творческой личности играет творческий потенциал педагога и условия организации его работы.

Творческую личность может вырастить только творческий педагог [4].

Актуальной для учреждений образования является задача организации методической работы по проблеме работы с одаренными учащимися. Целесообразно включения вопросов организации работы по развитию творческого потенциала учащихся в работу методических объединений, семинаров-практикумов, педагогических советов.

#### Библиографический список

1. Бодалев А.А. Вершина в развитии взрослого человека: характеристики и условия достижения. М.: Наука, 1988.
2. Выготский Л.С. Воображение и творчество в детском возрасте. М., 1991.
3. Выготский Л.С. Педагогическая психология. М., 1991.
4. Маркина В.М., Хилкова Н.Л., Прудникова Е.Г. Кураторская работа как составляющая воспитательного процесса в вузе. Современные проблемы науки и образования. -2014, №3; URL: [www.science-education.ru/117-13023](http://www.science-education.ru/117-13023) (дата обращения: 14.05.2014).
5. Пархоменко В.П. Воспитание творческой личности как цель образовательных систем (Историко-методологический аспект). Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. докт. пед. наук. М., 1995.
6. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. М.: Педагогика, Т. II. 1989.
7. Симонов В.П. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1986.
8. Хилкова Н.Л., Маркина В.М., Прудникова Е.Г. Активные формы обучения при изучении химических дисциплин. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: «Естественные, технические и медицинские науки». 2013. №3(53). С.150-152.

#### References

1. Bodalev A.A. Top in the development of adult person: characteristics and conditions of achievement. M.: Nauka, 1988.
2. Vygotsky L.S. Imagination and creativity in childhood. M., 1991.
3. Vygotsky L.S. Pedagogical psychology. M., 1991.
4. Markina V.M., Khilkova N.L., Prudnikova E.G. Tutor work as a component of educational process in higher educational establishment. Modern problems of science and education. 2014, №3; URL: [www.science-education.ru/117-3023](http://www.science-education.ru/117-3023) (14.05.2014).
5. Parkhomenko V.P. Education of creative personality as an objective of educational systems (History and methodological aspect). Author's abstract for Doctoral Degree in Pedagogical Sciences. M., 1995.
6. Rubinstein S.L. Grounds of general psychology. M.: Pedagogics, V. II. 1989.
7. Simonov V.P. Emotional brain. M.: Nauka, 1986.
8. Khilkova N.L., Markina V.M., Prudnikova E.G. Active forms of education at studying chemical disciplines. Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2013. №3(53). Pp.150-152.

УДК 612.014.4/5(075)

UDC 612.014.4/5(075)

**Н.В. БОНДАРЬ**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра безопасности жизнедеятельности, Орловский государственный университет

E-mail: bondar.nel@yandex.ru

**N.V. BONDAR'**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of health and safety, Orel State University

E-mail: bondar.nel@yandex.ru

**СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ ФУНКЦИИ РАСТУЩЕГО ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ «ОРГАНИЗМ – СРЕДА»****GROWING PERSON CARDIOVASCULAR FUNCTIONS WITHIN "BODY-ENVIRONMENT" SYSTEM**

*В статье с позиций теории функциональных систем рассматриваются взаимоотношения в системе «сердечно-сосудистая система – системное окружение». Отражены взаимоотношения, складывающиеся между элементами самой системы, между элементами и системой, а также системой и средой. Приводится характеристика и фрагмент математического отражения данных отношений.*

*Ключевые слова:* сердечно-сосудистая система, организм, среда, результат.

*The article from the point of view of to the theory of functional systems addresses the relationship in the system of «cardiovascular system – the system environment» is considered. The article reflects the relationships existing between elements of the system, between the elements and the system and as well as the system and the environment. A description and a fragment of the mathematical content of these relationships are provided.*

*Keywords:* cardiovascular system, the body, the environment, result.

Создание науки, занимающейся решением проблем онтогенеза, требует развития теории. Выработка теоретических концепций, отражающих процессы развития, способствует пониманию фундаментальных законов, лежащих в основе этих процессов [1,7]. Теоретические концепции развития целого организма и его функциональных систем в той или иной мере нашли свое отражение в работах многих отечественных авторов. Однако до настоящего времени многие проблемы в области построения теории онтогенеза остаются малоразработанными. Главной из этих проблем является определение и описание соотношения организма и среды в развитии [2]. В связи с этим разработка теоретического аспекта отражения роли сердечно-сосудистых функций растущего человека в системе «организм – среда» является важным звеном в решении данной проблемы.

Физиологический смысл существования и функционирования системы кровообращения в растущем организме заключается в обеспечении оптимального уровня кровоснабжения растущих структур, соответствующего потребностям организма, адекватно приспособляющегося к существованию в определенных условиях среды в определенные системокванты жизнедеятельности [8,3]. «В полноценном организме кровоснабжение всегда ведет к получению какого-то приспособительного результата (уровня кровяного давления, скорости кровотока и т.д.)» [1]. Ни один из этих результатов не получается исключительно за счет функциональной активности кровообращения, но обязан своим появлением многим другим системам, компоненты которых избирательно по принципу взаимосодействия вовлекаются в функциональную систему, организованную для получения определенного приспособительного результата в рамках целого организма. Среди других динамически мобилизуемых систем в гетерогенную

функциональную систему целого организма компоненты сердечно-сосудистой системы «мобилизуются и вовлекаются... только в меру их содействия получению запрограммированного результата». [8]. Однако, учитывая, что результат, достигаемый активацией сердечно-сосудистых функций, всегда является одним из необходимых в иерархии результатов гетерогенной функциональной системы целого организма, а также то, что для достижения этого сердечно-сосудистого результата организуется функциональная система определенного уровня иерархии и «все функциональные системы, независимо от уровня составляющих их компонентов, имеют принципиально одну и ту же функциональную архитектуру, в которой результат является доминирующим фактором», есть все основания рассматривать функциональную систему кровообращения в иерархии систем как подсистему и определить ее как функциональную систему кровоснабжения [1].

Сердечно-сосудистая система представляет собой функционирующий элемент в системе растущего организма, а организм в свою очередь представляет собой функционирующий элемент в системе окружающей среды. Между этими системными элементами в системе «сердечно-сосудистая система – организм – окружающая среда» существуют причинные зависимости, обусловленные механизмами обратной связи, устанавливающей соответствие, т.е. «обратное воздействие конечного эффекта, результата процесса на исходный пункт, начало». [5] Все эти взаимодействия осуществляются благодаря взаимообусловленной функциональной активности как отдельных структур организма, так и функциональной активности организма в целом в окружающей среде. Современные представления о функции как физиологической деятельности различных органов и систем позволяют утверждать, что



функции сердечно-сосудистой системы выражают не только ее деятельность, но и целесообразный характер этой деятельности, которая не существует вне общей жизнедеятельности организма. В связи с этим функции сердечно-сосудистой системы определяются как ее деятельность в целостной деятельности организма, имеющей приспособительное значение при его взаимодействии с факторами внешней среды.

При изучении развития сердечно-сосудистых функций в возрастном аспекте целесообразно ввести понятия системы и системного окружения. Дихотомическое деление на систему и системное окружение помогает понять сущность взаимоотношений сердечно-сосудистой системы как структурной единицы растущего организма с окружающей ее средой. Эти отношения многоплановые и сложные в связи с тем, что сердечно-сосудистая система, наряду с другими вегетативными функциями, выполняет роль своеобразного барьера между внешней средой и «метаболическим котлом» организма. Это обуславливает, с одной стороны, то, что сердечно-сосудистая система растущего человека характеризуется множеством внутренних связей, что позволяет рассматривать ее как внутреннюю автономную структуру. С другой стороны, для сердечно-сосудистой системы характерно множество внешних связей, т.к. ее функциональная активация всегда является необходимым компонентом мультипараметрической реакции организма, направленной на получение результата, удовлетворяющего либо организменную (внутреннюю), либо социальную (внешнюю) потребность, что связано с взаимодействием организма и среды.

Сердечно-сосудистая система растущего организма в каждый временной квант характеризуется множеством внешних связей как со структурами различных иерархических уровней самого организма, так и с факторами внешней среды, что позволяет ее рассматривать в данном случае внешней структурой, характеризующейся совокупностью внешних по отношению к ней самой функциональных отношений.

Схематизация взаимоотношений в системе «сердечно-сосудистая система – системное окружение» представлена на рисунке 1.

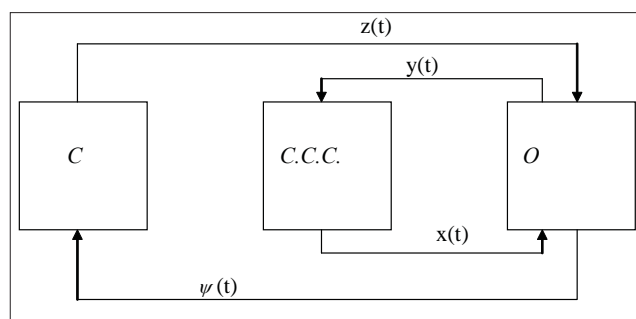


Рис. 1. Схема взаимоотношений в функциональной системе «внешняя среда – сердечно-сосудистая система – организм».

C – внешняя среда; C.C.C. – сердечно-сосудистая система; O – организм (внутренняя среда);  $z(t)$  – процессы воздействия среды на организм;  $y(t)$  – процессы воздействия организма на C.C.C.;  $x(t)$  – процессы воздействия C.C.C. на организм;  $\psi(t)$  – процессы воздей-

ствия организма на внешнюю среду.

Анализируя схему (рис.1), нетрудно сделать ряд формализованных заключений о взаимоотношениях процессов в функциональной системе в условиях определенной согласованности ее обратных связей.

$$S_z^{(\omega)} = |W_c^{(i\omega)}|^2 S_\psi^{(\omega)}$$

$$S_x^{(\omega)} = |W_{c.c.c.}^{(i\omega)}|^2 S_o^{(\omega)}$$

$$S_o^{(\omega)} = |W_o^{(i\omega)}|^2 (S_z^{(\omega)} + S_x^{(\omega)})$$

$$S_\psi^{(\omega)} = |W_o^{(i\omega)}|^2 (S_z^{(\omega)} + S_x^{(\omega)})$$

Данная система уравнений отражает взаимоотношения среды, сердечно-сосудистой системы и организма. Решение этой системы уравнений относительно спектральной плотности процесса воздействия организма на сердечно-сосудистую систему имеет следующий вид.

$$S_o^{(\omega)} = \frac{|W_o^{(i\omega)}|^4 |W_c^{(i\omega)}|^2 (S_z^{(\omega)} + S_x^{(\omega)})}{1 - |W_o^{(i\omega)}|^2 |W_{c.c.c.}^{(i\omega)}|^2};$$

где  $|W_o^{(i\omega)}|^4$  – биквадрат модуля частотной характеристики организма;  
 $|W_o^{(i\omega)}|^2$  – квадрат модуля частотной характеристики организма;  
 $|W_c^{(i\omega)}|^2$  – квадрат модуля частотной характеристики внешней среды;  
 $|W_{c.c.c.}^{(i\omega)}|^2$  – квадрат модуля частотной характеристики сердечно-сосудистой системы  
 $S_z^{(\omega)}$  – спектральная плотность процесса воздействия внешней среды на организм;  
 $S_x^{(\omega)}$  – спектральная плотность процесса воздействия сердечно-сосудистой системы на организм;  
 $S_o^{(\omega)}$  – спектральная плотность процесса воздействия организма на C.C.C.

Данное выражение в условиях неполноты информации отражает спектральную плотность одного из процессов в контуре системы «организм – сердечно-сосудистая система» [ $y(t)$ ] и является примером одной из ряда возможных формализаций. Этот подход может явиться одним из аспектов при изучении сущности взаимоотношений в системе «внешняя среда – сердечно-сосудистые функции – организм».

Управление физиологическими процессами в рамках такой системы подчиняется двум принципам: автономности и централизации. При этом сердечно-сосудистая система выступает в качестве своеобразной микроавтономности по отношению к макроавтономности, которую представляет организм в целом. Взаимоотношения этих двух принципов управления складываются так, что микроавтономные системы управления подчиняются центральному управлению, обеспечивающему организменную автономию. С.Н. Брайнес и В.Б. Свечинский предложили представлять управление в организме в виде

иерархической системы, состоящей из трех уровней. [4]

«Микроавтономный, или низший уровень управления обеспечивает постоянство основных физиологических параметров локальных систем. Второй уровень регулирования делает возможным приспособление первого, низшего, к изменению внутренней среды организма, решает задачу отыскания оптимального режима внутренней среды в соответствии с внешними условиями и общим состоянием среды». [3] Между центральным и автономным уровнем существует промежуточный, который согласовывает работу двух первых уровней. В этой системе второй уровень «решает задачу отыскания оптимального режима внутренней среды в соответствии с критерием, задаваемым из третьего, высшего уровня. Результатом деятельности второго уровня являются требуемые значения физиологических параметров, которые служат исходными, заданными значениями для работы систем гомеостаза. [4]

Таким образом, в системах управления выделяют управляющее, согласующее и управляемое звено. Управляющее звено представляют центральная и вегетативная нервная система, а также гуморально-гормональные подсистемы. Управляемое звено представлено двигательным аппаратом, осуществляющим все виды двигательной активности при взаимоотношениях организма и среды. Согласовывающим звеном, обеспечивающим оптимальные взаимоотношения управляющих и управляемых звеньев, является система кровообращения. [3]

Оптимальное соотношение в соподчиненности автономного и центрального уровня регулирования определяется в условиях взаимодействия со средой, тем полезным результатом, на получение которого направлена деятельность этих уровней. Конечным результатом деятельности системы кровообращения является адекватное потребностям растущего организма в каждый временной квант кровоснабжение его органов и систем. «Именно достаточность или недостаточность результата определяет поведение системы...». [1] «Достижение конкретного результата, оптимального в данной ситуации, является целью совместной работы автономного и центрального контура управления». [3]

При изучении системной организации сердечно-сосудистых функций в процессе онтогенеза с позиций теории функциональных систем следует учитывать, что функциональная система кровоснабжения выступает, с одной стороны, как система элементов, а с другой – как элемент системы высшего порядка организации, т.е. как подсистема, результаты функционирования которой являются необходимыми компонентами результата суперсистемы. При этом результаты деятельности функциональной системы кровоснабжения растущего

организма рассматриваются с позиций включенности их в системные процессы высшего порядка. В таком случае мы всегда имеем дело со сложными отношениями, складывающимися между элементами самой системы, между элементами и системой, а также системой и средой. Видимо, именно этот факт позволил Б.А. Астаурову заявить, что установление соотношений организма и среды в развитии является главной проблемой в области построения теории онтогенеза. [2]

Функционирование системы кровоснабжения, «ее двусторонняя связь со средой определяется специфическими системными процессами, имеющими известную «операциональную архитектуру», и именно через эти процессы, включающие опережающее отражение действительности, внешняя среда детерминирует поведение системы». [6]

Развитие учения об онтогенезе всегда базировалось на исследованиях, нацеленных на выявление «связей и взаимодействий между структурами развивающейся живой системы и системы с внешней средой. Тем самым проблема онтогенеза методологически включалась в рассмотрение ее с позиций детерминизма. [5] Процессы, происходящие в растущем организме, детерминированы не только внешней средой, но и внутренними структурами. В связи с этим сердечно-сосудистая система представляет собой неразрывное единство зависимости и обусловленности. Ей присуща зависимость и независимость от факторов внешней среды. Этим взаимоотношениям наиболее точное определение дано И.И. Шмальгаузен: «...внешние факторы... оказываются лишь в роли освобождающих причин, определяющих время и иногда место наступления известной реакции, и в лучшем случае служат для включения «стрелочного» механизма, направляющего развитие по одному или другому из существующих уже, т.е. полностью детерминированных (в пределах нормы реакции генотипа...) путей («каналов») развития». [9]

В результате рассмотрения взаимоотношений сердечно-сосудистой системы и системного окружения можно заключить, что функционирование сердечно-сосудистой системы в процессе развития имеет целенаправленный характер, т.е. подчиняется целевой причине, имеющей своей основой «наследственную структуру генотип. Но реализация возможностей генотипа определяется характером функционирования системы и зависит от ряда внутренних и внешних для данной системы условий». [5] В связи с вышеизложенным при системном исследовании сердечно-сосудистых функций в процессе онтогенеза следует учитывать причинные зависимости между системными элементами в системе «организм – сердечно-сосудистая система – среда».

#### Библиографический список

1. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. // Принципы системной организации функций. М., 1973. С.36.
2. Астауров Б.Л. Генетика и проблемы индивидуального развития. // Онтогенез. М., 1978. Т.3. №6. С.547.
3. Баевский Р.М. Некоторые подходы к анализу ритма и силы сердечных сокращений с точки зрения кибернетики. // Функциональные особенности сердца при физических нагрузках в возрастном аспекте. Ставрополь, 1975. С.27.
4. Брайнес С.Н., Свечинский В.Б. Прогресс биологической и медицинской кибернетики. М.: Наука, 1968. С.122.

5. *Карак П.С.* Философские аспекты индивидуального развития организма. Минск, 1974. 160с.
6. *Ломов Б.Ф., Швырков В.Б., Шевченко В.Г., Шулейкина К.В.* Теория функциональных систем в физиологии и психологии. М.: Наука, 1978. С.3
7. *Светлов П.Г.* Физиология (механика) развития. Л.: Наука, 1978. 262с.
8. *Судаков К.Л.* Системное квантование жизнедеятельности.// Системокванты физиологических процессов. М., 1977. С.9.
9. *Шмальгаузен И.И.* Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968. 224с.

#### References

1. *Anohin P. K.* Fundamental issues of the General theory of functional systems.// Principles of functions system organization. М., 1973. P. 36
  2. *Astaurov B. L.* Genetics and the problems of individual development. // Ontogenesis. М., 1978. V. 3. № 6. P. 547
  3. *Baevsky P.M.* Some approaches to the analysis of heart rhythm and force from the point of view of cybernetics. //Age-related functional characteristics of the heart during exercise. Stavropol, 1975. P. 27.
  4. *Braynes S. N., Socinski B. V.* The progress of biological and medical cybernetics. М.: Nauka, 1968. P. 122.
  5. *Karako P. S.* Philosophical aspects of body individual development. Minsk, 1974. 160p.
  6. *Lomov B. F., Shvyrkov, V. B., Shevchenko V. G., Shuleikin K. V.* Functional systems theory in physiology and psychology. М.: Nauka, 1978. P. 3
  7. *Svetlov P. G.* Developmental physiology (mechanics). Л.: Nauka, 1978. 262p.
  8. *Sudakov K. L.* System life quantization.// The systemic quantum of physiological processes. М., 1977. P. 9.
  9. *Schmalhausen I. I.* Cybernetic issues of biology. Novosibirsk, 1968. 224p.
-

УДК 581

UDC 581

**Н.В. ВЫШЕГОРОДСКИХ**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зоологии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: vnataliv@yandex.ru

**N.V. VYSHEGORODSKIKH**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of  
Zoology, Orel State University  
E-mail: vnataliv@yandex.ru

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РУКОКРЫЛЫХ (*CHIROPTERA*) СЕВЕРО-ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

### VARIETY SPECIES OF BATS (*CHIROPTERA*) NORTH-EAST VORONEZH REGION

Впервые на территории Воронежской области были проведены исследования фауны рукокрылых (*Chiroptera*) методом ультразвукового акустического мониторинга. Были выявлены 12 видов летучих мышей, принадлежащих к 1 семейству Гладконосые летучие мыши (*Vespertilionidae*) и 6 родам. 2 вида: нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) и кожанок северный (*Eptesicus nilssoni*) – ранее не отмечались для территории Воронежской области. Также был выявлен один из наиболее редких видов фауны России – вечерница гигантская (*Nyctalus lasiopterus*).

Ключевые слова: рукокрылые (*Chiroptera*), Воронежская область, ультразвуковой акустический мониторинг.

For the first time, a research on bats (*Chiroptera*) was conducted in Voronezh region using the technique of ultrasonic acoustic monitoring. 12 species of bats were identified, all of them belonging to one family of vesper bats (*Vespertilionidae*) and 6 genera. Two types, the soprano pipistrelle (*Pipistrellus pygmaeus*) and the northern bat (*Eptesicus nilssoni*), have not been registered in Voronezh region before. Also, one of the rarest species of Russian fauna, the greater noctule bat (*Nyctalus lasiopterus*), was registered during the research.

Keywords: bats (*Chiroptera*), Voronezh region, ultrasonic acoustic monitoring.

Рукокрылые (*Chiroptera*) являются составной частью многих биогеоценозов, и сегодня они рассматриваются как один из важных биоиндикаторов состояния экосистем. Распространение в значительной части биотопов, нахождение в верхних уровнях пищевой пирамиды и низкий репродуктивный потенциал делают рукокрылых чувствительными к нарушениям в экосистемах.

Целенаправленных исследований рукокрылых Воронежской области крайне мало. Летучие мыши являются одними из наименее изученных млекопитающих на территории области.

С 2010 года на территории области впервые проведены исследования методом ультразвукового акустического мониторинга в рамках глобальной исследовательской программы по изучению распространения и экологии летучих мышей – iBats [4], в которой с 2009 года принимает участие и Россия.

#### Методика исследования

Более 80 % видов рукокрылых используют ультразвуковые сигналы и эхолокацию для охоты и для ориентирования в пространстве, на этих особенностях рукокрылых и основан метод акустического мониторинга [5, 6, 7, 9].

При проведении исследований мы придерживались методики, разработанной специалистами Великобритании в ходе международной программы iBats учета рукокрылых на трансектах [4] в рамках программы глобального мониторинга летучих мышей при поддержке фондов – Bat Conservation Trust и фонда Дарвина. Оборудование, при помощи которого были проведены исследования, предоставлено фондом Bat Conservation Trust. Для изучения фауны рукокрылых севера-востока Воронежской области использовался бесконтактный метод ультразвукового акустического

мониторинга, основанный на фиксировании ультразвуковых сигналов, издаваемых летучими мышами при помощи Bat-детектора. Использование детекторов позволяет изучать видовое разнообразие рукокрылых, вести долгосрочные мониторинговые исследования, получать данные по численности и распределению видов по биотопам. При этом нет необходимости в отловах животных, при которых необходимо устанавливать громоздкое оборудование – ловчие сети.

Для проведения исследований прокладывается маршрут (трансекта) длиной 40 км. Маршрут должен отвечать следующим условиям: он может быть как прямолинейным, так и зигзагообразным или даже круговым, недопустимы повторения участков одного маршрута. Маршрут может проходить по дорогам с твердым покрытием и по грунтовым, по естественным биотопам или по населенным пунктам. Начало маршрута – спустя 30 минут после захода солнца. Bat – детектор крепится на переднее окно автомобиля, к нему подсоединяются: наушники для фиксирования звуков наблюдателем и записывающее устройство, gps-навигатор пишет трек. Скорость движения по трансекте должна быть по возможности постоянной (20 км/ч), не допускаются остановки более чем на 10 мин [4].

Мониторинговые трансекты (маршруты № 1 «Чигорак», № 2, «Чибизовка») были включены в международную программу iBats и повторялись ежегодно по два раза в июле и августе с 2010 по 2011 г. При движении по маршруту производилась запись всех услышанных звуков. При каждом фиксировании звука, исходящего от летучей мыши, записывалось: время по записывающему устройству, координата, километр маршрута, давалось краткое описание биотопа, где был зафиксирован звук.



### Методика проведения анализа

Видовая принадлежность рукокрылых определялась по методике Института зоологии Лондона на основе характеристик звуковых сигналов европейских видов летучих мышей [7; 10]. Для определения видовой принадлежности летучей мыши, главным образом, используются звуки, издаваемые во время охоты. Записанные звуки заносятся в программу. Физические параметры звука – амплитуда и частота преобразуются в сонограммы. Далее происходит идентификация вида летучей мыши по пикам максимума и минимума и графической форме звука.

В 2011 году была разработана новая методика акустического определения видов рукокрылых (программа SonoBat). В её основе изучение 24 параметров звука. Это позволило создать новый определитель рукокрылых Европы. В данном определителе используются ансамбли искусственных нейронных сетей (EANN) для классификации расширенной по времени записи звуков летучих мышей 34 европейских видов [11].

Обработка полученных нами данных проводилась в программе SonoBat на базе Брянского государственного университета Александром Александровичем Горбачевым (аспирантом естественно-географического факультета).

### Маршруты исследования

Исследования проводились в Борисоглебском, Новохопёрском, Поворинском районах в 2010-2011 годах. За этот период было проведено 11 часов 03 минуты фиксирования звуковых сигналов рукокрылых, общая протяженность маршрутов составила 280 км.

### Описание маршрутов

**Маршрут № 1 «Чигорак»** – маршрут проходил в 2010 году 30.07. и 15.08., в 2011 году 26.07. и 16.08.

Маршрут проходил по территории Борисоглебского района Воронежской области. Начинался от с. Чигорак от дамбы через р. Чигорак, далее проходил по селу, где еще раз пересекал реку. Далее шел по дачам в окрестностях села, по опушке посаженного соснового леса. В окрестностях с. Богана пересекал заболоченные плесы р. Богана, проходил по селу. Участок от с. Богана до с. Миролюбие проходил по с\х полям. Вдоль дороги, по которой пролегал маршрут, идут посадки лиственных пород деревьев (преобладающие породы: береза повислая, клен американский, из кустарников преобладает акация желтая). Окраина с. Миролюбие граничит с пойменной дубравой р. Богана. Участок от с. Миролюбие

до с. Махровка также проходит по с\х полям, вдоль дороги лиственные посадки. У с. Махровка маршрут пересекает реку Росстань левый приток р. Богана. Заканчивается маршрут не доходя 2 км до с. Губари, последний участок проходит по с\х полям.

**Маршрут № 2 «Чибизовка»** – маршрут проходил в 2010 году 31.07. и 17.08., в 2011 году 28.07. и 17.08. Данные, полученные 17.08.2010 года, обработать не удалось из-за ошибки программы. Маршрут проходил по автомобильной дороге Поворино-Новохопёрск по территории двух районов Поворинского и Новохопёрского. Начинался в 4-х км западнее д. Чибизовка. До с. Октябрьское проходил по с\х полям, вдоль дороги – посадки лиственных пород деревьев (основная порода береза повислая, из кустарников преобладает акация желтая), на этом же участке находится степное озеро Мокрое. Далее маршрут проходит по с. Октябрьское, здесь же маршрут пересекает р. Калмык с пойменными дубравами, которые относятся к прихопёрскому лесному массиву – территория Хопёрского государственного заповедника (основной образующей породой этого комплекса является дуб черешчатый). От с. Октябрьское до г. Новохопёрска маршрут идет, главным образом, по с\х полям, на этом участке встречаются степные озера: Позерское, Лебяжье и заболоченные места, покрытые кустарником и деревьями. На всем участке маршрут идет в непосредственной близости от границ заповедника (прихопёрские дубравы с пойменными водоемами). Перед Новохопёрском маршрут проходит по высокоствольным и молодым соснякам. Затем пересекает р. Хопёр и проходит по г. Новохопёрску, заканчиваясь на его северо-западной окраине.

По результатам исследований был составлен список видов рукокрылых, встреченных в Новохопёрском, Поворинском, Борисоглебском районах Воронежской области. В списке статус вида дается по Кадастру позвоночных животных Воронежской области [3].

### Отряд Рукокрылые *Chiroptera*

### Семейство Гладконосые летучие мыши *Vespertilionidae*

### Род Ночницы (*Myotis*)

### Ночница прудовая — *Myotis dasycneme* Boie, 1825

**Статус.** Обычный, немногочисленный вид.

**Распространение.** Лесная и лесостепная зона от северной и средней Европы, на восток до Западной Сибири и Казахстана. Встречается по поймам равнинных рек [2].

**Нами вид был зафиксирован в следующих местах.** Данные о встречах представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Места встреч ночницы прудовой на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 2 Чибизовка	Новохопёрский	Высокоствольный сосняк к северо-востоку от г. Новохопёрск	17.08.2011	3 (группы ( <i>Myotis</i> ) не определено до вида)
		Пойменная дубрава р. Хопер в окрестностях Новохопёрска	31.07.2010.	1
		Всего:		1



**Род ушаны (*Plecotus* Gray, 1821)**

**Ушан бурый — *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758)**

**Статус.** Обычный, немногочисленный вид.

**Распространение.** Обитает на большей части Евразии, от Испании до Японии, в Северной Америке и в Северной Африке. В Воронежской области распространен широко, но везде встречается нечасто [3].

**Нами вид был зафиксирован в следующих местах.** Маршрут № 2 «Чибизовка» – Новохоперский р-н окрестности пос. Земляничный на опушке высокоствольного сосняка 28.07.2011 г. были зафиксированы звуковые сигналы 2-х особей. Того же числа вдоль оз. Лебяжье в окрестностях пос. Озерный зафиксированы звуковые сигналы 1-й особи.

**Род Вечерницы (*Nyctalus*)**

**3. Вечерница малая – *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817)**

**Статус.** Обычный, немногочисленный вид.

**Распространение.** Населяет широколиственные леса Европы от Англии до Среднего Поволжья. В Воронежской области обычна в северной лесостепной части и реже встречается в южных районах. Возможно, здесь проходит восточная граница ареала этого вида [3].

**Нами вид был зафиксирован в следующих местах.** Маршрут № 1 «Чигорак» – (30.07.2010 г.) Борисоглебский р-н восточная окраина с. Богана. Этот же маршрут в 2011 году дал следующие результаты: (26.07.2011 г.) Борисоглебский р-н – на участке от с. Губари до с. Махровка, биотоп: с\х поля вдоль дороги лиственная посадка из акации желтой, зафиксирован

звуковой сигнал 1-й особи (при повторе этого маршрута 16.08.2011 г. примерно в том же месте были зафиксированы звуковые сигналы 3-х особей); участок между селами Миролубие и Богана, биотоп тот же в посадках (преобладающая порода береза повислая), зафиксирован звуковой сигнал 1-й особи; над заболоченными плесами р. Богана у с. Богана (Боганской заказник) зафиксирован звуковой сигнал 1-й особи.

Маршрут № 2 «Чибизовка» (31.07.2010 г.) – Поворинский р-н в с. Октябрьское у разрушенной церкви зафиксирован звуковой сигнал 1-й особи, немного дальше по селу – еще одной. При прохождении этого маршрута 28.07.2011 г. здесь же были зафиксированы звуковые сигналы этого вида, также этот вид зафиксирован в Новохоперском р-не: пойменная дубрава р. Хопёр у северо-восточной окраины г. Новохопёрска; у оз. Ильмень-Голова; на заболоченном участке с высокоствольными тополями у поворота на Варварино; над озерами юго-западнее пос. Озерный; юго-западнее п. Октябрьский.

**4. Вечерница рыжая – *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774)**

**Статус.** Обычный, немногочисленный вид.

**Распространение.** Встречается от Северной Америки до Алтая и Китая. Широко распространена в Воронежской области [3].

**Нами вид был зафиксирован в следующих местах.** Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Места встреч вечерницы рыжей на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 1 Чигорак	Борисоглебский	пойма р. Чигорак у восточной окраины с. Чигорак	30.07.2010	10
		с. Чигорак	30.07.2010	2
		дачные участки севернее с. Чигорак, здесь же опушка соснового леса	26.07.2011	6
		Боганской заказник (заболоченные плесы р. Богана у с. Богана)	30.07.2010	1
		участок между селами Богана и Миролубие (биотоп: с\х поля вдоль дороги лиственная посадка, преобладающая порода – береза повислая)	30.07.2010	6
		окраина с. Миролубие (поля, березовая лесопосадка)	26.07.2011	2
			16.08.2011	1
		участок с. Миролубие – с. Махровка, биотоп – с\х поля, вдоль дороги березовая посадка в 600 м к северо-западу пойменная дубрава р. Богана	15.08.2010	1
			16.08.2011	1
		окраина с. Махровка в пойме р. Росстань	30.07.2010	2
		участок Махровка – Губари биотоп: с\х поля вдоль дороги лиственная посадка из акации желтой.	30.07.2010	7
			16.08.2011	2
			26.07.2011	1
		Всего:		42

№ 2 Чибизовка	Поворинский	Оз. Мокрое (степное озеро)	31.07.2010	1
		Участок между оз. Мокрое и с. Октябрьское (с/х поля, лиственные лесопосадки)	31.07.2010	3
		Восточная окраина с. Октябрьское (с/х поля, березовая лесопосадка)	17.08.2011	1
			31.07.2010	3
		С. Октябрьское (у разрушенной церкви)	31.07.2010	1
			28.07.2011	3
		Р. Калмык в окрестностях с. Октябрьское (пойменная дубрава)	17.08.2011	1
		Участок юго-западнее с. Октябрьское (с/х поля, вдоль дороги лиственные посадки (тополь), в 1 км к северо-западу Хопёрский заповедник)	31.07.2010	2
			17.08.2011	1
		Степное озеро Позерское	17.08.2011	1
	Новохоперский	Окраина п. Озерный (с обеих сторон дороги небольшие степные озера в т. ч. оз. Лебяжье и заболоченные участки)	31.07.2010	1
			28.07.2011	3
			17.08.2011	1
		П. Озерный	31.07.2010	1
			28.07.2011	1
		Поворот на д. Варварино (с обеих сторон дороги высокоствольные лиственные посадки (тополь), заболоченные участки, в 500 м к северо-западу Хопёрский заповедник)	31.07.2010	2
		Оз. Ильмень Голова (степное озеро)	31.07.2010	1
		Участок поворот на Варварино – п. Земляничный (с/х поля, лиственная посадка)	28.07.2011	1
		Пойменная дубрава р. Хопёр у северо-восточной окраины г. Новохопёрска	31.07.2010	2
		Всего:		30
Всего:				72

#### 5. Вечерница гигантская — *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780)

**Статус.** Редкий, спорадически встречающийся вид, внесённый в Красную книгу РФ (2000) [3] и Красную книгу Воронежской области [1].

**Распространение.** Населяет леса Центральной Европы, Северного Кавказа и Западного Закавказья.

В Воронежской области отмечалась в Хреновском и Усманском лесах [3]. **Нами вид был зафиксирован в следующих местах:** данные о местах встреч представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Места встреч вечерницы гигантской на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 2 Чибизовка	Поворинский	Р. Калмык в окрестностях с. Октябрьское (пойменная дубрава)	31.07.2010	3
	Новохопёрский	Поворот на п. Варварино (с обеих сторон дороги высокоствольные лиственные посадки (тополь), заболоченные участки, в 500 м к северо-западу Хопёрский заповедник)	28.07.2011	3
		Всего:		6

#### Род Нетопыри (*Pipistrellus*)

#### 6. Нетопырь-карлик — *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774)

**Статус.** Обычный вид.

**Распространение.** В России населяет центральные

и южные области Европейской части, Сев. Кавказ. Предпочитает антропогенные ландшафты, часто живет в поселениях человека [2]. **Нами вид был зафиксирован в следующих местах:** данные представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Места встреч нетопыря-карлика на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 1 Чигорак	Борисоглебский	пойма р. Чигорак в с. Чигорак	16.08.2011.	1
		участок между селами Богана и Миролубие (биотоп: с\х поля вдоль дороги лиственная посадка, из клена американского и березы повислой)	15.08.2010	2
		окраина с. Миролубие (поля, березовая лесопосадка) граничит с пойменной дубравой р. Богана	15.08.2010	2
		Всего:		5
№ 2 Чибизовка	Новохопёрский	г. Новохопёрск	31.07.2010.	1
		Всего:		1
Всего:				6

**7. Нетопырь лесной — *Pipistrellus nathusii* Keyserling (Blasius, 1839)**

**Статус.** Обычный, широко распространенный вид.

**Распространение.** Встречаются от Европы до Азии.

В Воронежской области один из наиболее широко распространенных видов [3]. **Нами вид был зафиксирован в следующих местах:** данные представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Места встреч нетопыря лесного на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 1 Чигорак	Борисоглебский	с. Чигорак, пойма р. Чигорак	16.08.2011	1
		Окрестности с. Богана (биотоп: с\х поля вдоль дороги лиственная посадка, преобладающая порода – береза повислая)	15.08.2010	6
		участок между селами Богана и Миролубие (биотоп: с\х поля вдоль дороги лиственная посадка, преобладающая порода – береза повислая)	30.07.2010	1
		с. Миролубие	30.07.2010	1
		окраина с. Миролубие (поля, березовая лесопосадка) граничит с пойменной дубравой р. Богана	15.08.2010	6
		участок с. Миролубие – с. Махровка, биотоп – с\х поля, вдоль дороги березовая посадка, в 600 м к северо-западу – пойменная дубрава р. Богана	30.07.2010	1
		окраина с. Махровка в пойме р. Росстань	16.08.2011	1
		участок Махровка–Губари биотоп: с\х поля вдоль дороги лиственная посадка из акации желтой	30.07.2010	3
			26.07.2011	1
		Всего:		20
№ 2 Чибизовка	Поворинский	С. Октябрьское (у разрушенной церкви)	31.07.2010	3
		Участок юго-западнее с. Октябрьское (с\х поля, вдоль дороги лиственные посадки (тополь), в 1 км к северо-западу Хопёрский заповедник)	28.07.2011	1
	Новохопёрский	Г. Новохопёрск	31.07.2010	2
		Всего:		6
Всего:				26

**8. Нетопырь малый — *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825)**

**Статус.** Ранее вид не отмечался на территории

области.

**Нами вид был зафиксирован в следующих местах:** данные представлены в таблице 6.

Таблица 6.

Места встреч нетопыря малого на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 1 Чигорак	Борисоглебский	с. Миролюбие, граничит с пойменной дубравой р. Богана	30.07.2010.	4
		участок маршрута с. Миролюбие – с. Махровка, биотоп – с/х поля, вдоль дороги березовая посадка, в 600 м к северо-западу пойменная дубрава р. Богана	30.07.2010.	1
		участок Махровка–Губари биотоп: с/х поля вдоль дороги лиственная посадка из акации желтой.	30.07.2010.	4
		Всего:		9
№ 2 Чибизовка	Поворинский	Окрестности д. Чибизовка (с/х поля, лиственные лесопосадки из желтой акации)	28.07.2011	1
		Восточная окраина с. Октябрьское (с/х поля, березовая лесопосадка)	28.07.2011	3
		Участок юго-западнее с. Октябрьское (с/х поля, вдоль дороги лиственные посадки (тополь), в 1 км к северо-западу Хопёрский заповедник)	28.07.2011	2
		Оз. Лебяжье, в 1 км к юго-востоку группа степных озер Позерское	31.07.2010.	1
	Новохопёрский	Оз. Ильмень Голова (степное озеро)	31.07.2010.	1
		Г. Новохопёрск (около старой церкви)	31.07.2010.	1
		Г. Новохопёрск	31.07.2010.	1
		Всего:		10
Всего:				19

Данный вид был впервые зарегистрирован на территории Воронежской области в 2010 году.

**9. Нетопырь средиземный – *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1817)**

**Статус.** Этот вид не указан в Кадастре позвоночных животных Воронежской области [3], но внесен в Красную книгу Воронежской области, где имеет 4 ста-

тус редкости [1].

**Распространение.** Обитает в пустынных и степных регионах. В России – на Сев. Кавказе, в Предкавказье и Волго-Донском междуречье. Обычен в агроландшафтах и населенных пунктах [2]. **Нами вид был зафиксирован в следующих местах:** данные представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Места встреч нетопыря средиземного на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 1 Чигорак	Борисоглебский	с. Чигорак	30.07.2010.	4
		участок между селами Богана и Миролюбие (биотоп: с/х поля вдоль дороги лиственная посадка, преобладающая порода – береза повислая)	30.07.2010.	6
		окраина с. Махровка в пойме р. Росстань (остепненная балка)	30.07.2010.	5
		Всего:		15
№ 2 Чибизовка	Новохопёрский	с/х поля юго-западнее п. Озерный	28.07.2011	3
		Всего:		3
Всего:				18

**Род Кожаны (*Eptesicus*)**

**10. Кожанок северный — *Eptesicus nilssonii* (Keyserling, Blasius, 1839)** **Статус.** Этот вид не указан в Кадастре позвоночных животных Воронежской области [3].

**Распространение.** Распространен в лесной части Северной Евразии на юг до Кавказа, Гималаев, Тибета, Монголии и Приморья; на север проникает почти до

границы лесов [2]. **Нами вид был зафиксирован в следующих местах.** Звуковой сигнал этого вида был зафиксирован только однажды 15.08.2010 г. в Борисоглебском районе в остепненной пойме р. Чигорак у восточной окраины с. Чигорак. Маршрут № 1 «Чигорак».

**11. Кожан поздний – *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774)**

**Статус.** Редкий вид. [3]. Вид внесен в Красную книгу

Воронежской области, где имеет 4 статус редкости [1].

**Распространение.** Обитает от Испании и Северной Африки до Китая. На территории Воронежской области был замечен лишь однажды в 1935 году на чердаке дома

в Каменной степи [3].

**Нами вид был зафиксирован в следующих местах:** данные представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Места встреч кожана позднего на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 1 Чигорак	Борисоглебский	пойма р. Чигорак у с. Чигорак	30.07.2010	1
		с. Чигорак	26.07.2011.	2
		дачные участки севернее с. Чигорак, здесь же опушка соснового леса	26.07.2011.	1
		Боганской заказник (заболоченные плесы р. Богана у с. Богана)	30.07.2010.	3
		с. Богана	26.07.2011.	2
			16.08.2011	2
		Восточная окраина с. Богана,	16.08.2011	2
		участок между селами Богана и Миролубие (биотоп: с/х поля вдоль дороги лиственная посадка, преобладающая порода – береза повислая)	26.07.2011.	2
			16.08.2011	3
		участок Махровка - Губари биотоп: с/х поля вдоль дороги лиственная посадка из акации желтой	30.07.2010.	1
		Всего:		19
№ 2 Чибизовка	Поворинский	Оз. Мокрое (степное озеро)	28.07.2011.	2
		Участок между оз. Мокрое и с. Октябрьское (с/х поля, лиственные лесопосадки)	31.07.2010.	3
		Восточная окраина с. Октябрьское (с/х поля, березовая лесопосадка)	17.08.2011	3
		Р. Калмык в окрестностях с. Октябрьское (пойменная дубрава)	17.08.2011	1
		Участок юго-западнее с. Октябрьское (с/х поля, вдоль дороги лиственные посадки (тополь), в 1 км к северо-западу Хопёрский заповедник)	17.08.2011	1
				1
		Степное озеро Лебяжье, расположено к западу от группы озер Позерское	28.07.2011.	8
	Новохопёрский	Юго-западнее п. Озерный (с обеих сторон дороги небольшие степные озера и заболоченные участки)	17.08.2011	1
		П. Озерный	31.07.2010.	1
			28.07.2011	1
		Поворот на п. Варварино (с обеих сторон дороги высокоствольные лиственные посадки (тополь), заболоченные участки, в 500 м к северо-западу Хопёрский заповедник)	28.07.2011.	5
		В окрестностях оз. Ильмень- Голова с/х поля, лиственная посадка	17.08.2011	2
			28.07.2011.	1
		сосновая посадка в окрестностях п. Земляничный	17.08.2011	2
		Всего:		32
Всего:				51

**12. Кожан двухцветный – *Vespertilio murinus* (Linnaeus, 1758).**

**Статус.** Обычный, широко встречающийся вид.  
**Распространение.** Обитает от Англии и Франции до

побережья Тихого океана. В Воронежской области распространен повсеместно [3]. **Нами вид был зафиксирован в следующих местах:** данные представлены в таблице 9.



Таблица 9.

Места встреч кожана двухцветного на северо-востоке Воронежской области

Маршрут	Район	Участок маршрута	Дата наблюдений	Кол-во особей
№ 1 Чигорак	Борисоглебский	Боганской заказник (заболоченные плесы р. Богана у с. Богана)	16.08.2011	1
		участок между селами Богана и Миролюбие (биотоп: с/х поля вдоль дороги лиственная посадка, преобладающая порода – береза повислая)	30.07.2010.	1
		Всего:		2
№ 2 Чибизовка	Поворинский	Оз. Мокрое (степное озеро)	28.07.2011.	2
		Степное озеро Лебяжье, в 1 км к юго-востоку от группы озер Позерское	28.07.2011.	1
	Новохопёрский	Юго-западнее п. Озерный (с/х поля, лиственная посадка и заболоченные участки)	17.08.2011	1
		Поворот на п. Варварино (с обеих сторон дороги высокоствольные лиственные посадки (тополь), заболоченные участки, в 500 м к северо-западу Хопёрский заповедник)	31.07.2010.	1
		Всего:		5
Всего:				7

Таким образом, в ходе исследований на территории Новохопёрского, Поворинского, Борисоглебского районов Воронежской области было зарегистрировано 12 видов летучих мышей, принадлежащих к 1 семейству Гладконосые летучие мыши (*Vespertilionidae*) и 6 родам. 2 вида: нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) и кожанок северный (*Eptesicus nilssonii*) – ранее не указывались для территории Воронежской области. В Кадастре позвоночных животных Воронежской области [3] указывается 12 видов рукокрылых, из них нашими исследованиями было подтверждено нахождение 9 видов. Исследованиями не было обнаружено 3 вида

из рода Ночницы (*Myotis*): ночница усатая (*Myotis mystacinus*), ночница водяная (*Myotis daubentonii*), ночница Наттерера (*Myotis nattereri*). То, что перечисленные выше виды не были обнаружены, не говорит об их действительном отсутствии на территории. Только полный охват территории области может дать точные данные. Но помимо этого следует учитывать, что возникают сложности при определении видов рода Ночницы (*Myotis*) программой SonoBat – точность определения составляет около 73-75 %, в то время как по другим родам от 100 до 90 %.

#### Библиографический список (References)

1. Red data book of the Voronezh region: 2 vol. Government of Voronezh. region; Ex. for Ecol. and environmental management Voronezh. region; Voronezh. state Univ; [ Ed. P. O. Negrobov]. Voronezh: MODAK, 2011. Vol. 2. Animals. 424 p.
2. Pavlinov I. Ya. Terrestrial animals of Russia. A reference book. I. Pavlinov, C. Krusko, A. Varshavsky, A. Borisenko. M.: publishing house of KMK, 2002. 289 p.
3. Natural resources of the Voronezh region. Vertebrate animals. The cadastre. Voronezh: Bionic, 1996. 225 p.
4. <http://www.ibats.org.uk>
5. Jones G. Acoustic signalling and speciation: the roles of natural and sexual selection in the evolution of cryptic species / G. Jones // Advances in the Study of Behaviour. 1997. № 26. Pp. 317–354.
6. Jones G. Acoustic identification of bats from directly sampled and time expanded recordings of vocalizations / G. Jones, N. Vaughan, S. Parsons // Acta Chiropterologica. 2000. № 2. Pp. 155–170.
7. Russo D. Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls / D. Russo, G. Jones // Journal of Zoology, № 258. London, 2002. Pp. 91–103.
8. Brooks R.T. Declines in summer bat activity in central New England 4 years following the initial detection of white-nose syndrome / R.T. Brooks // Biodivers Conserv. 2011. № 20. Pp. 2537–2541.
9. Jones K.E. Indicator Bats Program: A System for the Global Acoustic Monitoring of Bats / K. E. Jones, J. A. Russ, A.-T. Bashta, Z. Bilhari, C. Catto, I. Csösz, A. Gorbachev, P. Györfi, A. Hughes, I. Ivashkiv, N. Koryagina, A. Kurali, S. Langton, A. Collen, G. Margiean, I. Pandourski, S. Parsons, I. Prokofev, I. A. Szodoray-Paradi, F. Szodoray-Paradi, E. Tilova, C. L. Walters, A. Weatherill, O. Zavarzin // Biodiversity Monitoring and Conservation: Bridging the Gap between Global Commitment and Local Action. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. Pp. 213–247.
10. Parsons S. Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks / S. Parsons, G. Jones // Journal of Experimental Biology. 2000. Vol 203. Pp. 2641 – 2656.
11. Walters C. L. A continental-scale tool for acoustic identification of European bats / C. L. Walters, R. Freeman, A. Collen, C. Dietz, M. Brock Fenton, G. Jones, M. K. Obrist, S. J. Puechmaille, T. Sattler, B. M. Siemers, S. Parsons, K. E. Jones // Journal of Applied Ecology. 2012. № 49. Pp. 1064–1074.

УДК 574.23:581.52

UDC 574.23:581.52

**Н.М. ДЕРЖАВИНА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет

E-mail: d-nm@mail.ru

**З.М. ИВАЩЕНКО**

аспирант, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет

E-mail: poyasokkaspari@mail.ru

**N.M. DERZHAVINA**

Doctor of Biology, Professor, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University

E-mail: d-nm@mail.ru

**Z.M. IVASCHENKO**

Graduate student, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University

E-mail: poyasokkaspari@mail.ru

## ЭКОЛОГО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ ГАМЕТОФИТОВ *ASPLENIUM TRICHOMANES* L. В АБХАЗИИ

### ECOLOGICAL AND DEMOGRAPHIC ANALYSIS OF NATURAL SETTLEMENTS OF GAMETOPHYTES *ASPLENIUM TRICHOMANES* L. IN ABKHAZIA

*Исследованы особенности местообитаний и демографическая структура 2 ценопопуляций гаметофитов *Asplenium trichomanes* L. в республике Абхазия. Однолетние гаметофиты этого папоротника приспособлены к недолговечным микросайтам на эродированной лесной почве, осыпях, тропинках и обочинах дорог и т.п. Возрастной состав и агрегированность гаметофитов в популяции свидетельствует о межгаметофитных взаимодействиях за счет антеридиогена.*

Ключевые слова: гаметофиты, антеридиоген, возрастной состав, антеридий, архегоний, аутбридинг.

*The features of the habitat and demographic structure of two coenopopulations of gametophytes *Asplenium trichomanes* L. in the Republic of Abkhazia are analyzed. Annual gametophytes of the fern are adapted to ephemeral microsites on eroded forest soil, scree, paths and roadsides, etc. Age composition and aggregation of gametophytes in the population indicates interactions among them at the expense of antheridiogen.*

Keywords: gametophytes, antheridiogen, age composition, antheridium, arhegonium, outbreeding.

Известно, что гаметофиты папоротников, в отличие от спорофитов, представляют собой, как правило, небольшие автотрофные пойкилогидричные недолговечные растения, требующие для осуществления полового процесса капельно-жидкой воды. Развиваясь из спор, они во многом зависят от биотических и абиотических факторов среды и играют незначительную фитоценотическую роль.

Значимость исследования биологии гаметофитов определяется не только тем, что они обеспечивают половое воспроизведение папоротников и тем самым поддерживают генетическое разнообразие видов, но и тем, что именно они определяют будущие местообитания спорофитов.

Детальные полевые исследования естественных популяций гаметофитов начались в 70-е годы прошлого столетия (Lloyd, 1974; Farrar and Gooch, 1975; Cousens, 1988; Peck et al., 1990 и др.). Эти исследования значительно продвинули их комплексное экологическое изучение. Был предпринят анализ их приживаемости, сохранности и смертности во времени; обсуждена природа безопасных мест "safe sites", которые могут обеспечить пополнение популяций новыми спорофитами; проведена оценка их взаимодействий за счет генетической вариативности, системы размножения и плотности, контролирующей миграционную способность видов.

Причины недостатка полевых исследований гаметофитов папоротников лежат в сложности их обнаружения в природе и, часто, невозможности идентификации вследствие дальнего разброса спор разных видов.

В этой связи целью работы явилось изучение структуры двух природных поселений гаметофитов *Asplenium trichomanes* L. в республике Абхазия.

В ходе исследования решались следующие задачи: 1) дать оценку экологических условий местообитания гаметофитов; 2) провести анализ пространственной и возрастно-половой структуры их поселений.

#### Методы и места исследования

Исследование поселений гаметофитов *Asplenium trichomanes* проходило в республике Абхазия в конце августа 2013 г. Дальнейшие наблюдения за гаметофитами проведены в лабораторных условиях.

Предварительно для правильной идентификации гаметофитов этого вида в смешанных поселениях они были выращены из спорового материала в культуре.

Для решения поставленных задач использованы следующие методы:

- маршрутно-экспедиционный, который позволил обнаружить гаметофиты скальных папоротников;

- заложения площадок. Пробные площадки закладывали в пределах естественных границ популяций гаметофитов, поскольку размеры гаметофитов, по сравнению с размерами спорофитов, невелики. Для точного подсчета исследуемых объектов и оценки характера их распределения пробные площадки разбивали на учетные, площадью в 1 см<sup>2</sup>;

- картирования особей на площадках с учётом их плотности – для оценки горизонтальной структуры ценопопуляции.

В качестве счетной единицы выступала особь спорового происхождения – гаметофит, которую принимали как физически обособленное, морфологически целостное и физиологически независимое образование.

Использованы принципы периодизации онтогенеза растений, уточненные применительно к гаметофитам папоротников Н.И. Шориной (1994, 2001), И.И. Гуревой (2001) и Н.С. Барабаншиковой (2002, 2007). На их основе выделены следующие периоды полного онтогенеза гаметофитов: I. первичный покой (*sp*); II. виргинильный (предефинитивный) (*v*); III. дефинитивный (*d*); IV. сенильный (старческий) (*s*) и 6 онтогенетических состояний. Для выделения возрастных состояний гаметофитов использовали следующие признаки:

*проросток (p)* – отличается появлением первой клетки хлоронемы и первого ризоида;

*ювенильные (j)* растения формируют однорядную хлоронему;

*имматурные (im)* переходят к двумерному плоскостному росту;

*виргинильные (v)* отличаются переходом к трехмерному плоскостному росту;

*дефинитивные (d)*, как правило, сердцевидной (бабочковидной) формы, несут архегонии или антеридии и архегонии (гермафродитные). Вслед за Н.И. Шориной (2001) признаком дефинитивности гаметофитов считали появление на них архегониев;

*сенильные (s)* утрачивают сердцевидную форму, у них разрастаются «крылья», которые становятся гофрированными (гаметофиты часто пролиферируют за счет краевых клеток).

Пол гаметофита обозначали: *m* (masculum) – мужской, *f* (femineum) – женский и *h* (hermafroditum) – гермафродитный, обоеполый.

С помощью световой микроскопии изучены возрастнo-половые состояния и размеры гаметофитов. Зарисовки проводили непосредственно на живом материале без предварительной фиксации с помощью микроскопа, рисовального аппарата (РА-4, Россия) и бинокля увеличением 14х2. Измерения делали с помощью окуляра-микрометра и линейки. Снимки выполнены фотоаппаратом SONY DFC - S730.

#### Места исследования

#### Зона низовых и предгорных колхидских лесов (Иверская гора)

Обрывистый склон северной экспозиции Иверской горы (150 м над ур. м.; Республика Абхазия, Гудаутский р-н, окрестности г. Новый Афон). Координаты: 43°06'00" с.ш.; 40°48'00" в.д.)

Гаметофиты *Asplenium trichomanes* растут в основании склона на расстоянии 2 м от его подножия в микроуглублениях размером от 1 до 4 см на влажной перегнойно-карбонатной почве с примесью известняковых камней и мелких камешков. Вместе с гаметофитами на почве встречается мох *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. Выше на склоне обнаружены спорофиты *Asplenium trichomanes* и *Asplenium adiantum-nigrum* L.

Местообитание гаметофитов затенено высокими деревьями (сомкнутость крон 0,9): ясенем обыкновенным (*Fraxinus excelsior* L.) и буком восточным (*Fagus orientalis* Lipsky), подлесок образует самшит колхидский (*Buxus colchica* Pojark.), среди кустарников – бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.) и иглица колючая (*Ruscus ponticus* Woronow), а среди растений нижнего травянистого яруса – камнеломка кимвальная (*Saxifraga cymbalaria* L.).

Высокую влажность воздуха и почвы здесь обеспечивает близость Черного моря и, соответственно, морской субтропический климат со среднегодовой температурой от +14,1°C до +15,1°C. Количество осадков колеблется от 1390 до 1460 мм в год, атмосферное давление – 750 мм (Гулиа и др., 2014).

Второе не менее существенное условие — обилие стекающих со склонов в ущелья и долины атмосферных и грунтовых вод, испарение которых значительно усиливает влажность воздуха, в особенности в нижней части этих долин.

Зима в Абхазии самая теплая на всей территории Кавказа.

#### Зона растительности низменной полосы (спуск к р. Гумиста)

Разрушившаяся кладка старой стены южной экспозиции с обратной стороны от мемориала, посвященного памяти солдат, погибших в войне 90-х гг. (30 м над ур. м.; Республика Абхазия, Сухумский р-н, спуск к р. Гумиста). Координаты: 43°01' 30.16" с.ш.; 40°57' 37.98" в.

Гаметофиты *Asplenium trichomanes* обнаружены на влажном мелкоземе с глиной у самого основания стены на расстоянии 2 см от поверхности почвы в микроуглублениях размером от 1 до 2 см. Выше растут спорофиты нескольких видов папоротников: на верхней кромке стены – *Polypodium vulgare* L., а в средней и нижней части стены в трещинах – *Asplenium trichomanes* и *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm., т.е. поселения спорофитов и гаметофитов исследуемого вида пространственно разобщены и во время дисперсии споры легко попадают на обнаженный участок почвы в основании стены.

Местообитание гаметофитов затенено высокими деревьями (сомкнутость крон – 0,6-0,7): липой сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), а также сассапарилем высоким (*Smilax excelsa* L.), из лиан на вертикальном склоне произрастает плющ кавказский (*Hedera caucasicola* Pojark.), среди растений нижнего травянистого яруса – бузина травянистая (*Sambucus ebulus* L.) и крапива двудомная (*Urtica dioica* L.).

Как и в предыдущем случае, влажность воздуха и почвы объясняется особенностями влажного субтропического климата, а также близостью реки Гумисты. Среднегодовое количество осадков – 1390 мм (Гулиа и др., 2014).

#### Результаты исследования

**Возрастно-половая структура поселения гаметофитов *Asplenium trichomanes* в микроместообитании на склоне Иверской горы**



Поселение гаметофитов на склоне Иверской горы небольшое по площади: пробная площадка составила 90 см<sup>2</sup>. В силу того, что на склоне произрастают два вида скальных папоротников, поселение гаметофитов *Asplenium trichomanes* является смешанным с гаметофитами *Asplenium adiantum-nigrum*. Однако различить гаметофиты этих видов не составляет труда: таксономическим признаком гаметофитов *Asplenium adiantum-nigrum* является наличие волосков по краям таллома (Державина, Покровская, 2012), а у гаметофитов *Asplenium trichomanes* они отсутствуют.

В поселении были обнаружены старые, отмирающие гаметофиты, поврежденные и с отверстиями, по-видимому, они перенесли перезимовку. Для анализа возрастного-половой и размерной структур они не были учтены. Общее число гаметофитов, обнаруженных на площадке, составило 93.

Число учетных площадок с гаметофитами *Asplenium trichomanes* – 15, число гаметофитов – 53 (рис.1). Плотность гаметофитов на 1 см<sup>2</sup> – 1,7.

Среди гаметангиев преобладали антеридии, их максимальное число на одном гаметофите составило 120, минимальное – 2. Максимальное число архегониев – 20, минимальное – 1.

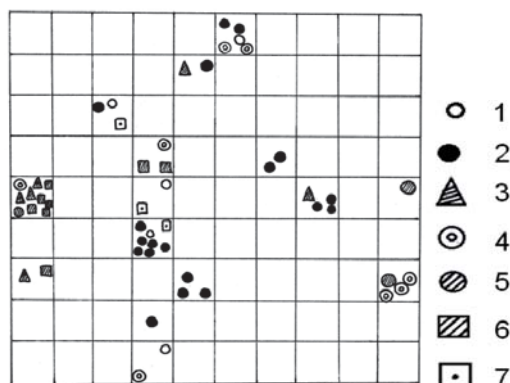


Рис. 1. Картирование гаметофитов разных возрастно-половых состояний *Asplenium trichomanes* на учетных площадках (склон Иверской горы): 1 – имматурный стерильный; 2 – имматурный мужской; 3 – виргинильный мужской; 4 – дефинитивный обоеполюй; 5 – дефинитивный с зародышем спорофита; 6 – сенильный с зародышем спорофита; 7 – сенильный мужской.

Максимальный размер гаметофитов (измерялся ширина) составил 7 мм, минимальный – 0,03 мм. Размерные показатели гаметофитов показаны на рис. 2.

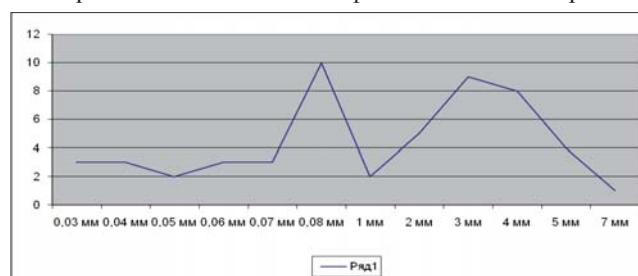


Рис. 2. Размеры гаметофитов *Asplenium trichomanes* в поперечнике (склон Иверской горы). На оси абсцисс – число гаметофитов.

Одновременно в популяции присутствовали: *im(st)*, *im(m)*, *v(m)*, *d(h)*, *s(h)* и *s(m)* гаметофиты (рис. 3).

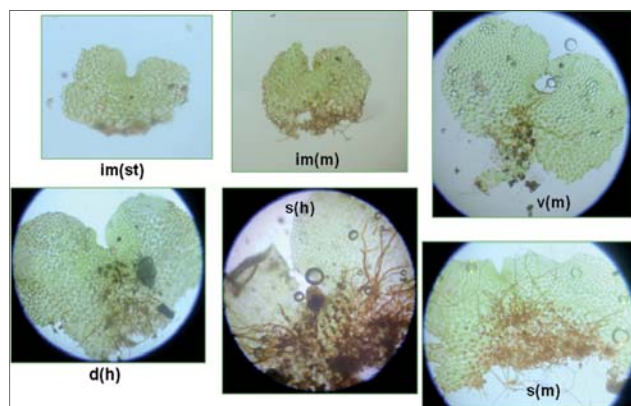


Рис. 3. Возрастно-половые состояния гаметофитов *Asplenium trichomanes* (склон Иверской горы).

Демографический анализ показал, что доминирующий процент в поселении принадлежал имматурным мужским *im(m)* гаметофитам – 36%, дефинитивных гермафродитных *d(h)* – 21%, сенильных гермафродитных *s(h)* – 17%, виргинильных мужских *v(m)* – 11%, имматурных стерильных *im(st)* – 9%, и наименьший процент составили сенильные мужские гаметофиты *s(m)* – 6% (рис. 4).

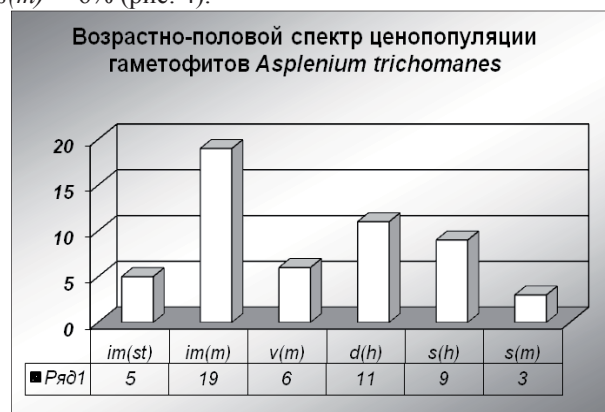


Рис. 4. Возрастной спектр поселения *Asplenium trichomanes* (склон Иверской горы).

Поскольку для прорастания и морфогенеза гаметофитов исследованного вида требуется как в лабораторных, так и в естественных условиях от 2 до нескольких месяцев (Pangua at.al., 1994; Державина, Покровская, 2012), анализируемые поселения возникли, скорее всего, из спор, созревших и рассеявшихся в предыдущий год и лишь несколько гаметофитов смогли перезимовать, не оплодотворившись, и находятся в стадии отмирания.

#### Возрастно-половая структура поселений гаметофитов в микроместообитании на спуске к р. Гумиста

Пробная площадка составила 70 см<sup>2</sup>. В данном поселении также обнаружено несколько гаметофитов с железистыми волосками, что свидетельствует об их принадлежности к виду *Phyllitis scolopendrium*, который рос на стене рядом с *Asplenium trichomanes*. Здесь же росли несколько поврежденных и отмирающих гаметофитов, которые для анализа возрастного-половой и размерной структур не были учтены.

Общее число гаметофитов, обнаруженных на площадке, составило 61.

Число учетных площадок с гаметофитами *Asplenium trichomanes*: 12, число гаметофитов – 54 (рис. 5). Плотность гаметофитов на 1 см<sup>2</sup> – 1,3.

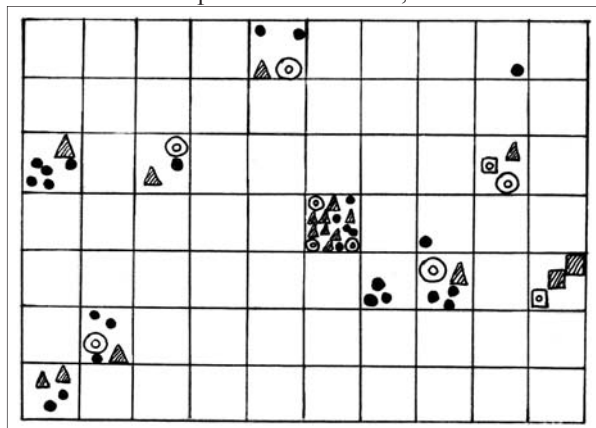


Рис. 5. Картирование гаметофитов разных возрастно-половых состояний *Asplenium trichomanes* на учетных площадках (спуск к р. Гумиста) (обозначения как на рис. 1).

Максимальное число антеридиев на одном гаметофите составляло 180, минимальное – 4. Максимальное число архегониев – 11, минимальное – 1.

Максимальный размер гаметофитов составил 5 мм, минимальный – 0,03 мм. Размерные показатели гаметофитов отражены на рис. 6.

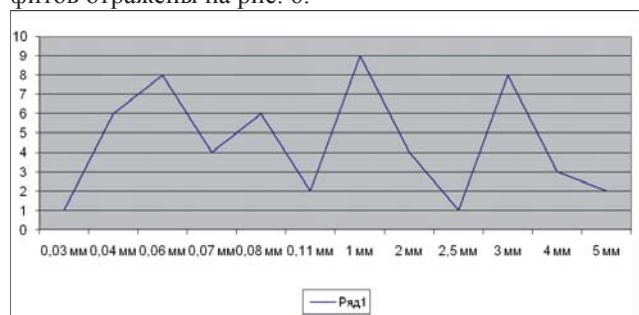


Рис. 6. Размеры гаметофитов *Asplenium trichomanes* в поперечнике (спуск к р. Гумиста) (обозначения как на рис. 2).

Число проанализированных площадок с гаметофитами: 12, число гаметофитов – 54. Одновременно в популяции присутствовали: *im(m)*, *v(m)*, *d(h)* и *s(h)* гаметофиты (рис. 7).

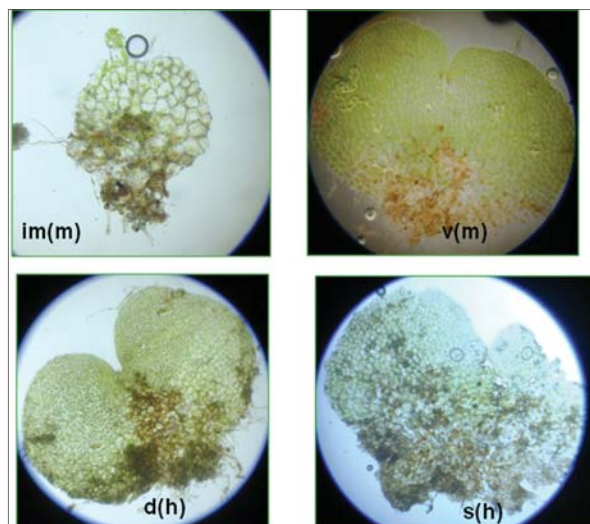


Рис. 7. Возрастно-половые состояния гаметофитов *Asplenium trichomanes* (спуск к р. Гумиста).

Как и в предыдущем поселении, доминирующий процент составили имматурные мужские гаметофиты *im(m)* – 48%, в остальном же демографический состав существенно отличался: виргинильных мужских гаметофитов *v(m)* было – 30%, дефинитивных гермафродитных *d(h)* – 15%, и наименьший процент составили сенильные гермафродитные гаметофиты *s(h)* – 7% (рис. 8).

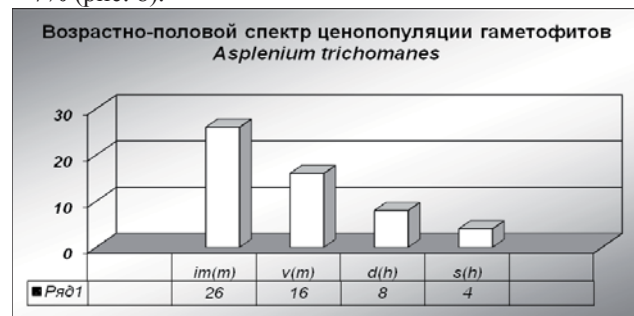


Рис. 8. Возрастной спектр поселения *Asplenium trichomanes* (спуск к р. Гумиста).

### Обсуждение результатов

В пределах пробных площадок нами выявлены разные уровни агрегированности гаметофитов (рис. 1, рис. 5). На площадках они размещаются неравномерно. Их способность к самоподдержанию и устойчивость определяется несколькими факторами, помимо затенения и повышенной влажности местообитания: 1) местоположением группировок спорофитов; 2) плотностью и дальностью разноса спор; 3) смывом во время дождя как части спор, так и самих гаметофитов; 4) возможностью части спор быть съеденной почвенными животными.

Известно, что на экспрессию пола в популяциях гаметофитов равноспоровых папоротников влияет особое вещество, называемое в литературе разными терминами: «А-вещество», «антеридиоген», «феромон», «гормон». Но наиболее предпочтительным является термин – «антеридиоген». Как известно, он контролирует образование антеридиев, ингибирует вегетативный рост и способствует прорастанию спор в темноте. При добавлении старых бисексуальных проталлиев в популяции молодых гаметофитов (выросших из недавно посеянных спор) включается система антеридиогена и начинается маскулинизация гаметофитов. Исследованиями ряда авторов (Näf, 1956; Döpp, 1962; Scheldbauer and Klekowski, 1972; Emigh and Farrar, 1977; Schneller and Hess, 1995 и др.) было показано, что разные виды папоротников продуцируют разные типы антеридиогена, различающиеся по своей химической структуре.

Наличие в обоих поселениях *Asplenium trichomanes* наряду с гермафродитными гаметофитами большого процента имматурных мужских свидетельствует о наличии в них системы антеридиогена.

G.K. Greer and B.C. McCarthy (1997), исследовавшие действие антеридиогена на гаметофиты *Polystichum acrostichoides*, растущие на почве, обработанной паром, показали, что он был обнаружен на расстоянии 7,5 см от источника. Удивительно, что это составляет лишь



треть от расстояния, которое было установлено в лабораторной культуре (Voeller and Weinberg, 1969).

Поскольку размеры исследованных поселений гаметофитов невелики: 10х9 см – Иверская гора) и 10х7см (спуск к р. Гумиста), то вполне возможно, что действие антеридиогена способно охватывать всю их площадь. Когда же источник антеридиогена исчерпан, и прорастают новые порции спор, хранящихся в почвенных банках, рядом со старыми гаметофитами появляются стерильные имматурные (рис.1, рис. 5).

Таким образом, исследование показало, что быстро растущие однолетние сердцевидные гаметофиты хорошо приспособлены к недолговечным микросайтам на эродированной лесной почве, осыпях, тропинках и обочинах дорог и т.п. Определенное время эти гаметофиты свободны от конкуренции в тени под пологом леса, кро-

ме того, они более толерантны к засухе и заморозкам, чем спорофиты. Им необходимо произвести спорофиты до появления лесной подстилки, иначе конкурирующие растения займут местообитания, подходящие для их дальнейшего роста.

Гаметофиты *Asplenium trichomanes* имеют тенденцию расти небольшими скоплениями, обеспечивающими межгаметофитные взаимодействия, включая ответы, индуцированные антеридиогеном. Причем, как пишет М.Ф. Willson (1981), обеспечение аутбридинга – не единственная функция антеридиогена. В частности, задержка развития мужских гаметофитов увеличивает доступность ресурсов среды для женских и гермафродитных гаметофитов. В этом смысле можно говорить о проявлении эффекта аллелопатии, обеспечиваемой антеридиогеном.

#### Библиографический список

1. Барабаничкова Н.С. Биология спорового размножения некоторых папоротников Подмосковья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2002. 18 с.
2. Барабаничкова Н.С. Онтогенез гаметофитов папоротников и его поливариантность на примере некоторых представителей рода *Dryopteris* в природных условиях // Труды 1 Росс. птеридол. конф. и школы-семинара по птеридологии (Томск – Барнаул, 2007). Томск: Изд-во Том. ун-та. С. 12-25.
3. Гулия В.О., Орловская Т.В., Адзинба З.И., Читанова С.М. Физико-географическая характеристика Абхазии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11 С. 35-38.
4. Гуреева И.И. Равноспоровые папоротники Южной Сибири (систематика, происхождение, биоморфология, популяционная биология). Томск, 2001. 158 с.
5. Державина Н.М., Покровская З.М. Биоморфология спорофита и онтогенез гаметофита *Asplenium adiantum-nigrum* L. (Aspleniaceae) // Ученые записки ОГУ, Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2012. № 6. С.114-122.
6. Шорина Н.И. Популяционная биология гаметофитов равноспоровых Polypodiophyta // Экология, 2001. № 3. С. 182-187.
7. Шорина Н.И. Экологическая морфология и популяционная биология представителей подкласса Polypodiidae: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1994. 34 с.
8. Cousens M.I. Reproductive strategies of pteridophytes. In: Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies. Ed. J. Lovett-Doust and L. Lovett-Doust. Oxford: Oxford University press, 1988. Pp. 307-328.
9. Döpp W. Weitere Untersuchungen ber die Physiologie der Anteridienbildung bei *Pteridium aquilinum* // Planta. 1962. V. 58. S. 483-508.
10. Emigh V.D. and Farrar D.R. Gemmae: a role in sexual reproduction in the fern genus *Vittaria* // Science. 1977. V.198. Pp. 297-298.
11. Farrar D.R. and Gooch R.D. Fern reproduction in Woodman Hollow, central Iowa: preliminary observations and a consideration of the feasibility of conducting studies on fern reproductive biology in nature // Proceedings of the Iowa Academy of Science. 1975. V. 82. Pp. 119-122.
12. Greer G.K. and McCarthy B.C. The antheridiogen neighborhood of *Polystichum acrostichoides* (Dryopteridaceae) on a native substrate // International Journal of Plant Science. 1997. V.158. Pp. 764-768.
13. Lloyd R.M. Mating system and genetic load in pioneer and non-pioneer Hawaiian Pteridophyta // Bot. J. of the Linn. Soc. 1974. V. 69. Pp. 23-35.
14. Näf U. The demonstration of a factor concerned with the initiation of anteridia in polypodiaceous ferns // Growth. 1956. V. 20. Pp. 91-105.
15. Pangua E., Lindsay S., Dyer A. Spore Germination and Gametophyte Development in Three Species of *Asplenium* // Annals of Botany. 1994. V. 73. Pp. 587-593.
16. Peck J.H. et al. Comparative life history studies and the distribution of pteridophyte populations // Am. Fern J. 1990. V.80. Pp. 126-142.
17. Scheldbauer M. D. and Klekowski E. J. Antheridiogen activity in the fern *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brogn. // Bot. J. of the Linn. Soc. 1972. V. 65. Pp. 399-413.
18. Schneller J. J. and Hess A. Antheridiogen system in the fern *Asplenium ruta-muraria* (Aspleniaceae; Pteridophyta) // Fern Gazette. – 1995. V.15. Pp. 64-70.
19. Voeller B.R. and Weinberg E.S. Evolutionary and physiological aspects of antheridium induction in ferns. In: Current Topics in Plant Science, ed. J.E. Gunckel. – New York: Academic Press, 1969. Pp. 77-93.
20. Willson M.F. Sex expression in fern gametophytes: Some evolutionary possibilities // J. of Theoretical Biology. 1981. V. 93. Pp. 403-409.

#### References

1. Barabanshikova N. S. Biology of spore reproduction of some ferns in Moscow area: Author's abstract, candidate disser. in Biology. Moscow, 2002. 18 p. [in Russian].
2. Barabanshikova N. S. The Ontogeny of the gametophytes of ferns and its polyvariante for example, some members of the genus *Dryopteris* in natural conditions // Proceedings of the 1<sup>st</sup> Russian pteridol. Conf. and school-seminar on pteridology (Tomsk, Barnaul, 2007). Tomsk: Publishing house. Tomsk Univ. Pp. 12-25. [in Russian].
3. Cousens M.I. Reproductive strategies of pteridophytes. In: Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies. Ed. J. Lovett-Doust and L. Lovett-Doust. Oxford: Oxford University press, 1988. Pp. 307-328.
4. Derzhavina N.M., Pokrovskaya Z.M. Biomorphology of sporophytes and ontogenesis of gametophytes of *Asplenium adiantum-nigrum* L. (Aspleniaceae) // Scientific notes Orel State University. Series: natural, technical and medical science. 2012. № 6. Pp. 114-122.
5. Döpp W. Weitere Untersuchungen ber die Physiologie der Anteridienbildung bei *Pteridium aquilinum* // Planta. 1962. V. 58. S. 483-508.
6. Emigh V.D. and Farrar D.R. Gemmae: a role in sexual reproduction in the fern genus *Vittaria* // Science. 1977. V.198. Pp. 297-298.
7. Farrar D.R. and Gooch R.D. Fern reproduction in Woodman Hollow, central Iowa: preliminary observations and a consideration of the feasibility of conducting studies on fern reproductive biology in nature // Proceedings of the Iowa Academy of Science. 1975. V. 82. Pp. 119-122.
8. Greer G.K. and McCarthy B.C. The antheridiogen neighborhood of *Polystichum acrostichoides* (Dryopteridaceae) on a native substrate // International Journal of Plant Science. 1997. V.158. Pp. 764-768.

9. Gulia V. O., Orlovskaya T. V., Adzinba Z. I., Tchitanava S. M. Physico-geographical features of Abkhazia // International journal of applied and fundamental researches. 2014. No. 11. Pp. 35-38. [in Russian].
  10. Gureeva I.I. Homosporous ferns of South Siberia: taxonomy, origin, biomorphology, population biology. Tomsk: Tomsk University Publishers, 2001. 158 p. [in Russian].
  11. Lloyd R.M. Mating system and genetic load in pioneer and non-pioneer Hawaiian Pteridophyta // Bot. J. of the Linn. Soc. 1974. V. 69. Pp. 23-35.
  12. Näf U. The demonstration of a factor concerned with the initiation of anteridia in polypodiaceous ferns // Growth. 1956. V. 20. Pp. 91-105.
  13. Pangua E., Lindsay S., Dyer A. Spore Germination and Gametophyte Development in Three Species of *Asplenium* // Annals of Botany. 1994. V. 73. Pp. 587-593.
  14. Peck J.H. et al. Comparative life history studies and the distribution of pteridophyte populations // Am. Fern J. 1990. V.80. Pp. 126-142.
  15. Scheldbauer M. D. and Klekowski E. J. Antheridiogen activity in the fern *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brogn. // Bot. J. of the Linn. Soc. 1972. V. 65. Pp. 399-413.
  16. Schneller J. J. and Hess A. Antheridiogen system in the fern *Asplenium ruta-muraria* (Aspleniaceae; Pteridophyta) // Fern Gazette. 1995. V. 15. Pp. 64-70.
  17. Shorina N.I. Population biology of gametophytes homosporous Polypodiophyta // Ecology. 2001. No. 3. Pp. 182-187. [in Russian].
  18. Shorina N.I. Ecological morphology and population biology of the members of the subclass Polypodiidae: Summary of Ph D thesis. Moscow, 1994. 34 p. [in Russian].
  19. Voeller B.R. and Weinberg E.S. Evolutionary and physiological aspects of antheridium induction in ferns. In: Current Topics in Plant Science, ed. J.E. Gunkel. New York: Academic Press, 1969. Pp. 77-93.
  20. Willson M.F. Sex expression in fern gametophytes: Some evolutionary possibilities // J. of Theoretical Biology. 1981. V. 93. Pp. 403-409.
-

УДК 595.768.1

UDC 595.768.1

**А.А. ЕЛАНЦЕВА**

аспирант, кафедра зоологии, экологии и общей биологии, Волгоградский государственный социально-педагогический университет

E-mail: a.a.elanceva@mail.ru

**Ю.С. ЕЛЬНИКОВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зоологии, экологии и общей биологии, Волгоградский государственный социально-педагогический университет

E-mail: ElnikovaJulia@yandex.ru

**A.A. ELANCEVA**

Graduate student, Department of Zoology, Ecology and General Biology, Volgograd State Teacher Training University

E-mail: a.a.elanceva@mail.ru

**Y. S. ELNICOVA**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Zoology, Ecology and General Biology, Volgograd State Teacher Training University

E-mail: ElnikovaJulia@yandex.ru

## ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ГЕРПЕТОБИОНТОВ НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

### THE HERPETOBIONT'S EVALUATION FROM THE URBANIZED TERRITORY

*В статье представлено исследование эколого-фаунистической структуры населения почвенных насекомых на урбанизированной территории г. Волгограда. В фауне герпетобионтов насчитывается 207 видов из 133 родов и 28 семейств. Исследовано 5 типов городских насаждений, в каждом из которых установлено видовое разнообразие и численное обилие герпетобионтов. В распределении Carabidae различных биотопических групп и жизненных форм в урбосеннозах выявлено, что типичными являются виды открытых пространств, в трофической структуре преобладают зоофаги. Оценка разнообразия при помощи экологических индексов показала, что уровень видового разнообразия по всем показателям максимален в насаждениях Зеленого кольца и резко снижается в придорожных посадках.*

*Ключевые слова:* городские насаждения, почвенные насекомые, жуужелицы, жизненные формы, урбанизированная территория, биоразнообразие, энтомокомплекс, видовое разнообразие.

*In our article you can find the representation of the research of the ecological and faunistic structure of the soil insects' population, which belongs to the urbanized territory of the Volgograd-city. There are 207 species from 133 races and 28 stirpes in the herpetobiont's fauna. We have scanned 5 types of the urban plantations. In every type we have set species diversity and numerical abundance of the herpetobiont. It's also detected that it is typical for the Carabidae's distribution of different biotopical groups and the life forms in urbocenosis to include the forms of open spaces; the zoophages prevail in the trophic structure. The evaluation of diversity with the help of indexes shows us that the level of the species diversity in the Green Ring's plantings is maximal by all odds and declines sharply in the territory of roadside plantations.*

*Keywords:* Urban plantings, the ground layer insects, ground beetles, life forms, the urbanized territory, biodiversity, entomocomplexes, specific variety

Прогрессирующая урбанизация приводит к трансформации природной среды. При этом городские экосистемы близки к естественным и часто богаты видами, поскольку в этих местообитаниях сохраняются первоначальные природные условия. В то же время изменение условий существования видов в городских экосистемах приводит к формированию специфических энтомокомплексов. Городские биоценозы неблагоприятны для существования одних видов, и, наоборот, способствуют размножению и активной жизнедеятельности других.

Изучение закономерностей формирования сообществ организмов на урбанизированных территориях приобретает все большую актуальность. Особо важное значение имеет экологическая оценка и прогнозирование развития городов и зон их влияния.

Известным биоиндикатором антропогенного воздействия являются жуки-герпетобионты. Они встречаются во всех ландшафтных зонах и территориях различной степени нарушенности, ведут преимущественно оседлый образ жизни, отличаются большим видовым разнообразием, обладают высокой и довольно стабильной численностью, включают группы с широкими экологическими требованиями и характеризуются широкими трофическими связями [2, 4, 5].

Изучению специфики фауны наземных жуков в ландшафтах, подверженных антропогенному воздействию, посвящено немало научных работ [11, 1, 12, 6, 9, 10, 8], но сведения об этой группе насекомых в условиях Волгограда фрагментарные и скудные. Полученные нами данные могут послужить основой для прогнозирования изменений энтомокомплексов в городской среде и использоваться для оценки состояния городских экосистем.

Целью настоящей работы явилась оценка видового разнообразия жуков-герпетобионтов в насаждениях Волгограда для выявления закономерностей изменения структуры сообществ на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки.

**Методика проведения исследований.** В пределах города Волгограда нами выделены пять биотопов, отличающихся экологическими условиями и уровнем антропогенной нагрузки. Исследования проводились в 2011-2014 гг. в городских насаждениях разных типов: лесопарк, парки, приканальные насаждения, придорожные, насаждения Зеленого кольца [3]. Сборы жесткокрылых осуществляли регулярно с применением почвенных ловушек. Выемка насекомых производилась один раз в 10 дней. В качестве ловушек использовали

пластиковые стаканы емкостью 500 мл, заполненные этиленгликолем или тосолом, по 5-10 штук в биотопе. Для защиты от дождевой воды, засорения и быстрого испарения фиксирующей жидкости над ловушками на высоте 4-5 см устанавливали крышки из пластмассы размером 15×15 см.

Видовое богатство населения – один из основных компонентов биоразнообразия, характеризующих состояние экосистем. Оценка разнообразия только простым подсчетом видов малоинформативна. Изучение видового разнообразия герпетобионтов осуществляли с использованием индексов.

Для изучения видового разнообразия внутри одного сообщества использовали следующие индексы (**α-разнообразия**):

– индекс **Пиелу** (отражает выравненность распределения особей между видами):

$$E = H / \ln S,$$

где  $H$  – значение показателя разнообразия Шеннона для данного сообщества,  $S$  – количество видов в биотопе;

– индекс **Маргалефа** –  $Dmg$  (отражает видовое богатство):

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N},$$

где  $S$  – число выявленных видов,  $N$  – общее число особей всех видов;

– индекс **Симпсона** (отражает степень доминирования наиболее обильного вида по отношению к остальным):

$$C = \sum (n_i / N)^2,$$

где  $n_i$  – численность особей каждого из видов,  $N$  – суммарная численность особей всех анализируемых видов.

**Оценка общности населения насекомых (β-разнообразие)** между энтомокомплексами разных городских насаждений выполнялась с использованием коэффициента фаунистического сходства. Большая величина данного показателя соответствует широкому видовому разнообразию энтомокомплекса насаждения по **коэффициенту Жаккара**:

$$J = \frac{j}{(a + b) - j},$$

$j$  – число общих видов для двух биотопов,  $a$  – число видов, имеющих только в первом,  $b$  – число видов, имеющих только во втором биотопе.

Городские насаждения объединены в пять категорий биотопов, различающихся по следующим параметрам: удаленности от автомобильных дорог, уровню рекреационной нагрузки, загрязнению воздуха, видовому составу растений, продолжительности существования, площади отдельных биотопов и т.д. [3].

**Результаты исследований.** При сборе материала отработано более 190 000 ловушко-суток, отловлено более 14 тыс. экземпляров насекомых из 28 семейств, 133 родов и 207 видов (табл. 1), 5000 экземпляров приходится на представителей семейства жуужелиц. Средняя динамическая плотность жесткокрылых в урбоценозах города составляет 7,3 экз./100 лов.-сут. Замечено, что насекомые выбирают экологические ниши, в ко-

торых сохраняются или формируются условия для жизнедеятельности.

Наиболее многочисленным в герпетобии города является семейство Carabidae – 38,3% от общей численности жесткокрылых (табл. 1). Жуужелицы – это наиболее разнообразная в видовом отношении группа герпетобионтов (62 вида, 30,0% от общего видового разнообразия). Видовое и численное обилие представителей семейства Curculionidae значительно ниже и составляет соответственно 15,5% и 3,96%. Менее обильны семейства Scarabaeidae (16 видов – 7,7%), Tenebrionidae (15 видов – 7,3%), Chrysomelidae (12 видов – 5,8%), Cerambycidae и Elateridae по 11 видов – 5,2%. Остальные семейства представлены единично.

Примечательно, что на втором месте по числу особей находится семейство Tenebrionidae 37,46%. Это говорит о том, что представители данного семейства хорошо приспособлены к обитанию в условиях города.

Таблица 1.

Обилие семейств насекомых в городских насаждениях Волгограда

№ п/п	Семейство	Количество видов	Обилие %	
			Видовое	Численное
1	Carabidae	62	30,0	38,26
2	Histeridae	5	2,4	1,88
3	Silphidae	4	1,9	2,30
4	Staphylinidae	4	1,9	0,23
5	Dascillidae	1	0,5	0,17
6	Lucanidae	1	0,5	0,65
7	Scarabaeidae	16	7,7	0,76
8	Melyridae	2	1,0	0,06
9	Buprestidae	6	2,9	0,11
10	Elateridae	11	5,2	1,07
11	Dermestidae	3	1,4	11,42
12	Ptinidae	1	0,5	0,01
13	Cleridae	1	0,5	0,01
14	Cryptophagidae	1	0,5	0,01
15	Alleculidae	4	1,9	0,27
16	Tenebrionidae	15	7,3	37,46
17	Oedemeridae	2	1,0	0,01
18	Meloeidae	6	2,9	0,05
19	Cerambycidae	11	5,2	0,46
20	Chrysomelidae	12	5,8	0,74
21	Curculionidae	32	15,5	3,96
22	Ostomatidae	1	0,5	0,01
23	Anthicidae	1	0,5	0,01
24	Ochodoeus	1	0,5	0,01
25	Eucinetidae	1	0,5	0,03
26	Cholevidae	1	0,5	0,01
27	Erotylidae	1	0,5	0,01
28	Lagriidae	1	0,5	0,03
	Всего	207	100	100

Так как жуужелицы составляют основу энтомокомплексов напочвенных насекомых в насаждениях г. Волгограда, для них приводится анализ жизненных форм и экологических групп.

По типу трофических связей жуужелицы города Волгограда относятся к классами зоофагов (56,5%) и миксофагов (43,5%) (табл. 2). В классе зоофагов в го-



родских насаждениях встречены представители 8 подклассов, из которых наиболее многочисленны зоофаги стратобионты зарывающиеся подстильно-почвенные, несколько менее представлены зоофаги стратобионты-скважники поверхностно-подстилочные и эпигеобионты ходячие. Миксофаги подразделяются на четыре подкласса: стратохортобионты, геохортобионты гарпалоидные, геохортобионты заброидные, геохортобионты дитомовые. Преобладание зоофагов над миксофагами является типичным для лесных территорий.

В формировании населения жуžелиц городских насаждений принимают участие виды 8-ми экологиче-

ских групп: мезофиллы, ксерофилы, мезоксеробионты, мезогигрофилы, псамофилы, галлофилы, гигрофилы, дендрофилы. Большинство отмеченных видов входят в группу мезофиллов (43 вида; 69,4%).

Зарегистрированные виды Carabidae по биотопическому преферендуму объединяли в следующие экологические группы: лесные, луговые, лугово-степные, пойменно-прибрежные, эвритопные. Выделение групп производилось на основании анализа карабидофауны региона. Анализировался спектр жизненных форм, согласно классификации И.Х. Шаровой [13].

На исследованных участках наибольшую груп-

Таблица 2.

Экологические характеристики жуžелиц г. Волгограда

№ п/п	Виды	Жизненная форма	Экологическая группа	Биотопический преферендум
1	<i>Cicindela soluta</i> Latreille et Dejean 1822	Зэл	мезофилл, псамофил	ЛГС
2	<i>Cicindela campestris</i> Linnaeus 1758	Зэл	мезофилл	ЛГС
3	<i>Cicindela hybrida</i> Linnaeus 1758	Зэл	мезоксеробионт, псамофил	СТ
4	<i>Notiophilus laticollis</i> Chaudoir 1850	Зсп-п	мезофилл	ЛГС
5	<i>Calosoma maderae</i> (dungaricum) Fabricius 1775	Зэх	мезофилл	ЛС
6	<i>Calosoma auropunctatum</i> Herbst 1784	Зэх	мезофилл	ЛГС
7	<i>Calosoma inquisitor</i> Linnaeus 1758	Зэх	мезофилл	ЛС
8	<i>Calosoma sycophanta</i> Linnaeus 1758	Зэх	мезофилл, дендрофил	ЛС
9	<i>Carabus (Pachystus) hungaricus</i> Fabricius 1792	Зэх	мезофилл, ботробионт	СТ
10	<i>Carabus bessarabicus</i> Fischer von Waldheim 1823	Зэх	мезофилл, ботробионт	СТ
11	<i>Broscus semistriatus</i> Dejean 1828	Згб	мезофилл	ПБ
12	<i>Bembidion</i> sp.	З		ЛГС
13	<i>Poecilus versicolor</i> Sturm 1824	Зсп-пч	мезофилл	ЛГ
14	<i>Poecilus crenuliger</i> Chaudoir 1876	Зсп-пч	мезофилл, галлофил	ЛГС
15	<i>Poecilus anodon</i> Chaudoir 1868	Зсп-пч	мезоксеробионт	СТ
16	<i>Poecilus sericeus</i> Fischer von Waldheim, 1824	Зсп-пч	мезофилл	СТ
17	<i>Poecilus puncticollis</i> Dejean 1828	Зсп-пч	мезофилл, галлофил	ЛГС
18	<i>Pterostichus (Morphnosoma) melanarius</i> Illiger 1798	Зсп-пч	мезогигрофил	ПБ
19	<i>Pterothichus antracinus</i> Illiger 1798	Зсп-пч	гигрофил	ПБ
20	<i>Calathus distinguendus</i> Chaudoir 1846	Зсп	мезофилл	Э
21	<i>Calathus (Dolichus) halensis</i> Schaller 1783	Зсп	мезофилл	ЛГС
22	<i>Calathus ambiguus</i> Paykull 1790	Зсп	мезоксеробионт	Э
23	<i>Calathus cinctus</i> Motschulsky 1850	Зсп		ЛС
24	<i>Amara eurynota</i> Panzer 1796	Мгх	мезофилл	ЛГС
25	<i>Amara aenea</i> De Geer 1774	Мгх	мезофилл	ПБ
26	<i>Amara similata</i> Gyllenhal 1810	Мгх	мезофилл	ЛС
27	<i>Amara pastica</i> Dejean 1831	Мгх	мезофилл	ЛГС
28	<i>Amara equestris</i> Duftschmid 1812	Мгх	мезофилл	Э
29	<i>Amara littorea</i> C.G. Thomson 1857	Мгх	мезофилл, псамофил	ЛГС
30	<i>Amara (Curtonotus) Curtonotus convexiusculus</i> Marsham 1802	Мгх	мезогигрофил, галофил	ПБ
31	<i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze 1777	Мгх-з	мезофилл	ЛГС
32	<i>Anisodaetylus signatus</i> Panzer 1797	Мгх	езде кроме ксерофитных мест	Э
33	<i>Harpalus distinguendus</i> Duftschmid 1812	Мгх	мезофилл	Э
34	<i>Harpalus rubripes</i> Duftschmid 1812	Мгх	мезофилл	ЛГС
35	<i>Harpalus smaragdinus</i> Duftschmid 1812	Мгх	мезоксеробионт, псамофил	Э
36	<i>Harpalus rufipes</i> De Geer 1774	Мсх	мезофилл	Э
37	<i>Harpalus hirtipes</i> Panzer 1796	Мгх	мезоксеробионт, псамофил	ЛГС
38	<i>Harpalus froelichi</i> Sturm. 1818	Мгх	мезоксеробионт, псамофил	ЛГС
39	<i>Harpalus serripes</i> Quensel in Schonherr 1806	Мгх	мезофилл	ЛГС
40	<i>Harpalus griseus</i> Panzer 1796	Мсх	мезофилл	Э
41	<i>Harpalus subcylindricus</i> Dejean 1929	Мгх	мезофилл	ЛГС
42	<i>Harpalus anxius</i> Duftschmid 1812	Мгх	мезофилл	ЛГС



43	Harpalus albaricus Reitter 1900	Мгх	мезофилл	ЛГС
44	Harpalus zabroides Dejean 1829	Мгх-з	мезофилл	СТ
45	Harpalus fuscicornis Menetries 1832	Мгх	мезоксеробионт	СТ
46	Acinopus striolatus Zoubkov 1833	Мгх-з	мезоксеробионт	СТ
47	Acinopus laevigatus Menetries 1832	Мгх-з	мезофилл	СТ
48	Ophonus azureus Fabricius 1775)	Мсх	мезофилл	Э
49	Chlaenius vestitus Paykull 1790	Зсп-п	гигрофил	ПБ
50	Licinus cassideus Fabricius 1792	Зсп-п	мезофилл	Э
51	Licinus depressus Paykull 1790	Зсп-п	мезофилл	ЛС
52	Badister bullatus Schrank 1798	Зсп-п	мезофилл	ЛС
53	Lebia scapularis Fourcroy 1785	Здх-л	мезофилл, дендробионт	ПБ
54	Lebia cyanocephala Linnaeus 1758	Здх-л	мезофилл, фитофил	ПБ
55	Syntomus truncatellus Linnaeus 1761	Зсп	мезофилл	ЛГ
56	Cymindis miliaris Fabricius 1801	Зсп-т		ЛС
57	Cymindis lateralis Fischer von Walddheim 1821	Зсп-т	мезофилл	СТ
58	Cymindis picta Pallas 1771	Зсп-т	мезофилл	СТ
59	Cymindis angularis Gyllenhal 1810	Зсп-п		СТ
60	Cymindis violacea Chaudoir, 1873	Зсп-т	мезоксеробионт	СТ
61	Dixus obscurus Dejean 1825	Мгх-д	ксерофил	ПБ
62	Ditomus (Dixus) eremita Dejean 1825	Мгх-д	мезофил	ЛГС

Примечание. Жизненная форма: З – зоофаги (эх – эпигеобионты ходячие, гб – геобионты бегающие, эл – эпигеобионты летающие, сп-п – стратобионты-скважники поверхностно-подстилочные, сп – стратобионты-скважники подстилочные, сп-т – стратобионты-скважники подстилочно-трещинные, сп-пч – стратобионты зарывающиеся подстилочно-почвенные, дх-л – дендро-хортобионты листовые); М – миксофитофаги (сх – стратохортобионты, гх – геохортобионты гарпалоидные, гх-з – геохортобионты забродные, гх-д – геохортобионты дитомовые). Биотопическая группа: СТ – степные, ЛГС – лугово-степные, ЛГ – луговые, ЛС – лесные, ПБ – пойменно-прибрежные, Э – эвритопные.

пу образуют лугово-степные виды (20 видов; 32,3%). Степных видов выявлено 13 (21,0%), эвритопов 10 (16,1%). Несколько меньше видов является пойменно-прибрежными 9 (14,5%) и лесными 8 (12,9%). К луговым видам относится 2 (3,2%).

В изученных сообществах лучшей мерой видовой разнообразия является количество видов. Однако обычно имеются данные только по отдельным выборкам, причем по мере увеличения объема выборки увеличивается и количество видов. Поэтому при оценке биоразнообразия приходится опираться на экологические индексы, которые различным образом связывают объем выборки и количество видов.

В таблице 3 представлены индексы разнообразия и выровненности локальных сообществ насекомых.

Таблица 3.

Структурные характеристики сообществ герпетобионтов

№ п/п	Городские насаждения	Значение индексов		
		Dmg	C	E
1	Лесопарк	12,715	0,279	0,175
2	Парки	12,440	0,203	0,211
3	Приканальные насаждения	15,523	0,192	0,200
4	Придорожные насаждения	7,883	0,430	0,154
5	Зеленое кольцо	25,090	0,152	0,200

Примечание: Dmg – индекс Маргалефа, E – индекс Пиелу, C – индекс Симпсона.

Как видно из представленных данных, индекс Маргалефа наиболее высокое значение (25,090) имеет в насаждениях Зеленого кольца, находящихся на значительном отдалении от города и характеризующихся низкой рекреационной нагрузкой. Значительно ниже этот показатель в лесопарке и в парках, отличающихся более высокой рекреационной нагрузкой. Минимальна

величина данного индекса в придорожных насаждениях. Индекс Пиелу на исследованных участках колеблется в пределах 0,154-0,211. В придорожных насаждениях этот показатель самый низкий, что связано с неравномерным распределением обилия отдельных видов насекомых.

Колебания значений экологических индексов между биотопами более высоки по индексу Маргалефа, что свидетельствует о высоком разнообразии насекомых в насаждениях Зеленого кольца благодаря «вкладу» малочисленных видов. Это связано, главным образом, с высоким видовым богатством Carabidae и Curculionidae, среди которых много единичных и малочисленных видов. Индекс Симпсона наиболее низок 0,152 в насаждениях Зеленого кольца вследствие отсутствия здесь супердоминирования какого-либо одного вида и указывает на высокую устойчивость сообщества, его способность к саморегуляции. Высокое значение данного индекса в придорожных насаждениях объясняется интенсивным движением автотранспорта, высокой рекреационной нагрузкой, играющими важную роль в снижении разнообразия сообществ герпетобионтов. Несколько ниже данный индекс в лесопарке, что объясняется значительной рекреационной нагрузкой, частой стрижкой травостоя, что приводит к нарушению местообитаний и заселению видами адаптированными к созданным человеком условиям. К тому же лесопарк находится между двумя крупными автомагистралями города, которые ухудшают санитарное состояние биотопа.

В исследованных биотопах оценка фаунистического сходства сообществ герпетобионтов городских насаждений проводилась с использованием коэффициента Жаккара (табл. 4).

Таблица 4.  
Сходство видового состава герпетофауны  
в городских насаждениях

Городские насаждения	Лесопарк	Парки	Приканальные насаждения	Придорожные насаждения	Насаждения Зеленого кольца
Лесопарк	-	0,31	0,33	0,22	0,28
Парки	-	-	0,47	0,28	0,32
Приканальные насаждения	-	-	-	0,26	0,35
Придорожные насаждения	-	-	-	-	0,21
Насаждения Зеленого кольца	-	-	-	-	-

Судя по представленным данным, сходство энтомокомплексов в различных городских экосистемах колеблется от 0,21 до 0,47 (среднее значение 0,33). Наиболее схожими оказались сообщества, располагающиеся в аналогичных экологических условиях. В целом сходство сообществ герпетобионтов из разных городских насаждений невелико.

Используя коэффициент Жаккара, рассчитали величину  $\beta$ -разнообразия (табл. 5).

Таблица 5.  
 $\beta$ -разнообразие энтомофауны городских насаждений г. Волгограда

Городские насаждения	Лесопарк	Парки	Приканальные насаждения	Придорожные насаждения	Насаждения Зеленого кольца
Лесопарк	-	92,65	109,99	89,31	162,88
Парки	-	-	82,13	76,63	147,98
Приканальные насаждения	-	-	-	98,60	159,49
Придорожные насаждения	-	-	-	-	156,95
Насаждения Зеленого кольца	-	-	-	-	-

Как известно, величина  $\beta$ -разнообразия возрастает по мере увеличения числа видов в двух биотопах и снижения сходства между ними [7]. Следовательно, это более информативный критерий, чем коэффициент Жаккара. Максимальные и минимальные значения  $\beta$ -разнообразия и коэффициент Жаккара для отдельных экосистем не совпадают именно ввиду различий в информационной нагрузке. Полученные данные подтверждают эти закономерности. Средняя величина  $\beta$ -разнообразия составляет 109,99. Наименьшее значение ее (76,63) отмечено для пары парки и придорожные насаждения. Для пар парки – приканальные насаждения, лесопарк – придорожные насаждения эти значения также невелики (82,1 и 89,3 соответственно), что свидетельствует о небольшом количестве видов и достаточно большой степени сходства видового состава

на насекомых. Это может быть обеспечено близостью крупных промышленных предприятий и магистралей с интенсивным движением автотранспорта, разным уровнем рекреационной нагрузки. Наибольшим сходством по видовому составу сообществ обладает пара парки – придорожные насаждения. Для данной пары сравниваемых насаждений отмечено наименьшее значение  $\beta$ -разнообразия (76,6).

Сравнение видового разнообразия насекомых городских насаждений осуществлялось методом кластеризации, сущность которого состоит в том, что подобные объекты группируются в один класс – кластер, объекты различающимися свойствами при этом разносились в разные классы. После проведения классификации для получения классов построена графическая дендрограмма (рис. 1).

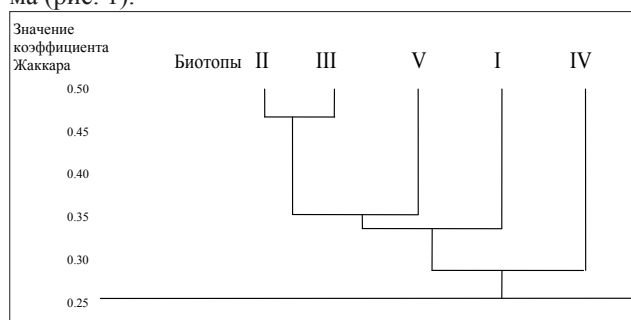


Рис. 1. Дендрограмма результата кластерного анализа видового сходства энтомофауны городских насаждений г. Волгограда.  
Примечание: I – лесопарк, II – парки, III – приканальные насаждения, IV – придорожные насаждения, V – насаждения Зеленого кольца.

Структура дендрограммы показывает, что наиболее близки по количеству видов между собой объекты: парки и приканальные насаждения. На уровне 0,35 к образовавшемуся кластеру присоединяется объект насаждения Зеленого кольца. Далее наблюдается присоединение объекта «лесопарк» (на уровне 0,33).

Группировка объектов завершается присоединением объекта «придорожные насаждения» при уровне 0,28.

Сходство количественных характеристик видового состава энтомофауны тех или иных городских насаждений связано со сходством экологических условий и степенью антропогенного воздействия.

**Выводы.** В пределах г. Волгограда изучено пять типов городских насаждений, различающихся экологическими условиями. В городских насаждениях выявлено 207 видов герпетобионтов из 133 родов и 28 семейств. Основу населения герпетобия городских экосистем составляют виды семейства Carabidae – 30% видового и 38,3% численного обилия. В формировании населения карабидокомплекса городских насаждений основную роль играют виды, относящиеся к классам зоофагов (36,3%) и миксофагов (43,5%). По биотопическому предпочтению наибольшее число видов являются лугово-степными (20 видов; 32,3% видового богатства жуслиц). Значительная часть видов относится к экологической группе мезофиллов.

Оценка биоразнообразия при помощи индексов показала, что уровень видового разнообразия по всем показателям максимален в насаждениях Зеленого кольца и

резко снижается в придорожных насаждениях. Это говорит о том, что видовое богатство зависит от степени антропогенной нагрузки, а также значительное влияние на видовую структуру сообществ герпетобионтов оказывает рекреация. Выявлено, что сверхдоминирование характерно для нестабильных сообществ с нарушен-

ным равновесием.

Анализ фаунистического сходства сообществ герпетобионтов городских насаждений показал, что наиболее схожи сообщества, располагающиеся в аналогичных экологических условиях и в целом сходство сообществ отличающихся городских насаждений невелико.

#### Библиографический список

1. Бабенко А.С., Еремеева Н.И. Особенности населения жуужелиц урбанизированных территорий в условиях сибирских городов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2007. № 1. С. 5-17.
2. Белицкая М.Н., Иванцова Е.А. Фауна энтомофагов в лесоаграрных ландшафтах аридной зоны // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2012. № 2. С. 50-55.
3. Еланцева А.А., Ельникова Ю.С. Разнообразие комплекса герпетобионтных жесткокрылых городских насаждений (на примере Волгограда) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 207. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С. 108-120.
4. Иванцова Е.А. Влияние лесных полос на численность и распределение энтомофауны // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2006. № 4. С. 46-50.
5. Иванцова Е.А., Вострикова Ю.В. Видовой состав и структура полезной энтомофауны защитных лесных насаждений Нижнего Поволжья // Наука и образование XXI в: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции: в 17 частях. 2014. С. 77-79.
6. Коровина Н.А. К фауне жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) города Кемерово // Труды Кемеровского отделения Русского энтомологического общества. Кемерово: изд-во КемГУ, 2005. Вып. 3. С. 77-80.
7. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. Пер. с англ. яз. Н.В. Матвеевой. М.: Мир, 1992. 184 с.
8. Русаков А.В., Черкасова О.Н. Динамика населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) пойменного леса в условиях высокой антропогенной нагрузки // Известия СПбГЛТА. Вып. 187. 2009. С. 265-269.
9. Савосин Н.И. Доминантные виды жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) в структуре герпетобионтных карабидокомплексов города Кемерово // Труды Кемеровского отделения Русского энтомологического общества. – Кемерово: изд-во КемГУ, 2008. Вып. 6. С. 105-110.
10. Хабибуллина Н.Р. Структура сообщества жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) города Казани // Труды Всероссийской научной конференции с международным участием "Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований", том 3. Казань: Бриг, 2009. С. 312-316.
11. Холин С.К. Число видов и видовая структура сообществ жуужелиц фрагментированных участков леса в агроландшафте Приморья // Экология. № 3. 1995. С. 208-212.
12. Шарова И.Х., Попова А.А., Романкина М.Ю. Экологическая дифференциация массовых видов жуужелиц в агроценозах // Зоологический журнал. Т. 77. № 12. 1998. С. 1377-1382.
13. Шарова И.Х. Жизненные формы почвообитающих насекомых (Coleoptera, Carabidae) / И.Х. Шарова. М.: Изд-во «Наука», 1981. 360 с.

#### References

1. Babenko A.S., Eremeeva N.I. The coleoptera's characteristics of the population of urbanized territories under the conditions of Siberian cities. Bulletin of The Tomsk State University. Biology, 2007, №1. Pp 5-17.
2. Belitskaya M.N., Ivantsova E.A. The fauna of entomophages in forest-agrarian landscapes of the arid zone. Bulletin of Volgograd state university. Issue 11: Natural sciences, 2012, № 2. Pp. 50-55.
3. Elanceva A.A., Elnicova Yu.S. Diversity of herpetobiontcoleoptera of urban standing woods (by the example of Volgograd city). Proceedings of Saint-Petersburg Forest Engineering Academy. Issue 207. SPb.:Saint-Petersburg State Forest Engineering Academy, 2014. Pp. 108-120.
4. Ivantsova E.A. The influence of forest strips on the abundance and distribution of entomofauna. Proceedings of Nizhnevolszhskiy Agro University. Complex: Science and Vocational Training, 2006, № 4. Pp. 46-50.
5. Ivantsova E.A., Vostricova Yu.V. Species composition and structure of the useful entomofauna of protective forest plantations in the Lower Volga region. Science and Vocational Training of XXI century: collection of scientific papers on the materials of international scientific-practical conference: in 17 parts, 2014. Pp. 77-79.
6. Korovina N.A. To the fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Kemerovo city. Proceedings of the Kemerovo department of the Russian entomological society, 2005, Vol. 3. Pp. 77-80.
7. Magarran E. Ecological diversity and its dimension. Translation from the English of Matveeva N.V. M:Mir, 1992. 184 p.
8. Rusakov A.V., Cherkasova O.N. The settlement dynamics of the coleoptera (Coleoptera, Carabidae) of the flood plain forest in condition of the high anthropogen strain. Proceedings of Saint-Petersburg Forest Engineering Academy. Vol. 187, 2009. Pp. 265-269.
9. Savosin N.I. The dominant types of the coleoptera (Coleoptera, Carabidae) in the structure of the herpetobiontkarabido-complex of Kemerovo-city. Proceedings of the Kemerovo branch of the Russian Entomological Society. Kemerovo: publishing office of Kemerov State university, 2008, Vol. 6. Pp. 105-110.
10. Habibullina N.R. The community strusture of the coleotrevra (Coleoptera, Carabidae) of the Kazan-city. Proceedings of the Scientific Conference with international participation "Environment and sustainable development of the regions: new methods and technology research", part 3, Kazan-city: Brig, 2009. Pp. 312-316.
11. Cholin S.K. The number of species and species composition of coleoptera's society in fragmented forest parts in the seaside agro landscape. Ecology №3, 1995. Pp. 208-212.
12. Sharova I.Kh., Popova A.A., Romankina M.Yu. Ecological differentiation of the coleoptera's abundant species in agrophytocenosis. Zoological journal, vol.77, № 12, 1998. Pp. 1377-1382.
13. Sharova I.Kh. Life forms of ground beetles (Coleoptera, Carabidae). M: Nauka, 1981. 360 p.

УДК 581.84

**А.Н. ЕРМОЛОВ**

аспирант, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: al-ermolov@yandex.ru

**Т.А. ЦУЦУПА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: tsutsupa@mail.ru

UDC 581.84

**A.N. ERMOLOV**

Graduate student, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University  
E-mail: al-ermolov@yandex.ru

**T.A. TSUTSUPA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University  
E-mail: tsutsupa@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЗНОЯРУСНЫХ ЛИСТЬЕВ АСТРАГАЛА ПЕСЧАНОГО (*ASTRAGALUS ARENARIUS* L.)

### PECULIARITIES OF THE ANATOMICAL STRUCTURE OF DIFFERENT LEAVES OF *ASTRAGALUS ARENARIUS* L.

*В результате исследований структуры разноярусных листьев *Astragalus arenarius* L. выявлены особенности их анатомического строения, что коррелирует с выполняемыми функциями и адаптивными приспособлениями растения.*

*Ключевые слова:* гетерофиллия, листья нижней, срединной и верховой формации, эпидерма, мезофилл.

*As a result of the research of the structure of different leaves of *Astragalus arenarius* L. the peculiarities of anatomy structure were reveal. It is connected with the functions of leaves and with adaptation of plant to environment.*

*Keywords:* heterophylly, leaves at the bottom, middle and upper formation, epidermis, mesophyll.

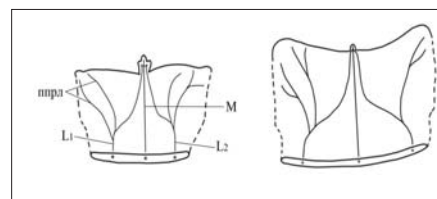
Анализ внутренней структуры отдельных органов растений позволяет получить более полную картину их индивидуального развития, особенностей становления биоморф, адаптивных способностей, а также проследить пути эволюции внутри конкретных таксонов.

Нами изучено анатомическое строение разноярусных листьев астрагала песчаного, произрастающего на территории Орловской области по сосновым лесам на песчаных почвах. Моноциклические побеги *Astragalus arenarius* характеризуются разнолистностью. Гетерофиллия часто связана с различиями в функциях листьев на сформировавшихся генеративных побегах (от листьев низовой формации до прицветников), что проявляется в особенности не только их внешнего строения, но и внутренней структуры.

Анатомическое исследование выполнено по общепринятой методике (Ростовцев, 1941; Джапаридзе, 1953; Барыкина и др., 2000). Срезы делали с помощью опасной бритвы от руки. После соответствующей гистохимической обработки готовили временные препараты, которые заключали в глицерин и исследовали под микроскопом Биолам (Ломо).

На корневище генеративных растений закладываются почки возобновления, из которых формируются моноциклические побеги. Их базальные метамеры (4-6 шт.) расположены под землей (зона возобновления). На узлах формируются чешуевидные листья – стеблеобъемлющие с редуцированными листовыми пластинками и рахисом, но с хорошо развитыми прилистниками. Основная их функция – защита почек возобновления (Цуцупа, Ермолов, 2014)

В основании листа формируется трехпучковый листовый след, представленный медианным (М) и двумя латеральными пучками ( $L_1$ ,  $L_2$ ), вбирающими в себя жилки прилистников (Рис. 1).



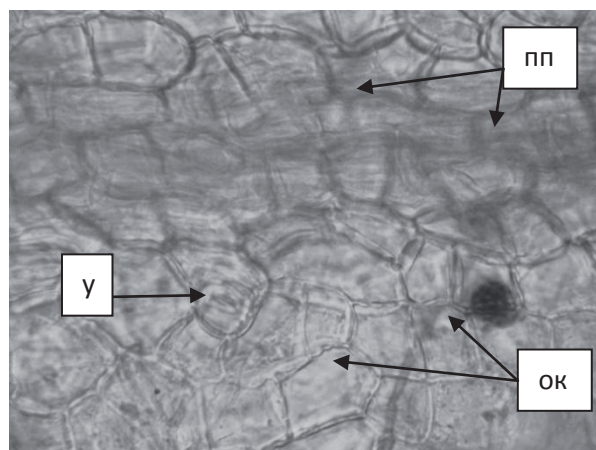
**Рис. 1.** Чешуевидные листья низовой формации:  
ппрл – пучки прилистников,  $L_1, L_2$  – латеральные пучки  
листового следа, М – медианный пучок листового следа.

Верхняя эпидерма представлена мелкими таблитчатыми основными клетками с прямыми антиклинальными оболочками (Рис.2, А). Устьица редкорассеянные, сосредоточенные вдоль жилок. Устьичный аппарат аномоцитный. Опушения нет. Покровные клетки нижней эпидермы со слегка извилистыми оболочками (Рис. 2, Б). Устьица единичные.

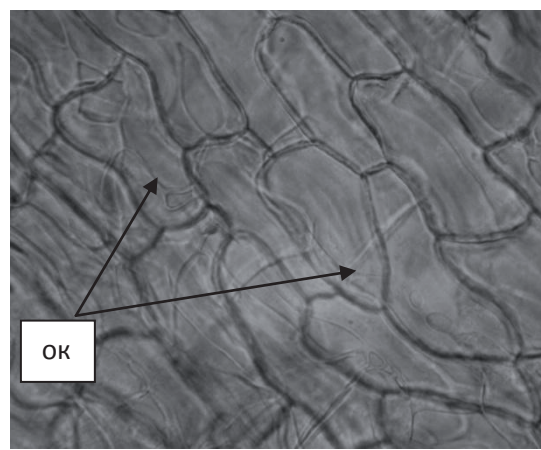
Мезофилл составлен одним-двумя слоями паренхимных клеток, лишенных хлоропластов (Рис. 3). В области жилок, под нижней эпидермой, число слоев клеток увеличивается до 4-5. Со стороны верхней эпидермы – 1-2 слоя. Проводящие пучки открытые, включают ксилему и флоэму, камбий сохраняется в срединной жилке.

Ассимилирующие листья срединной формации (Рис.4) и кроющие листья парциальных соцветий мало отличаются по анатомической структуре. Связано это с разреженным расположением листьев вдоль стебля. В связи с чем верхние листья не закрывают нижерасположенные и степень освещения в равной степени приходится как на верхние, так и на нижние листья.





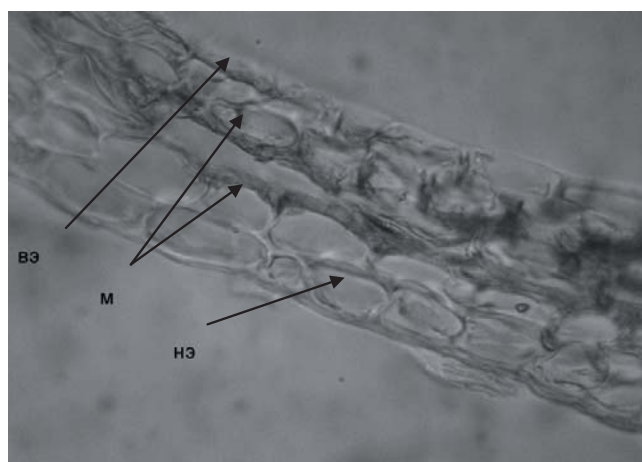
А



Б

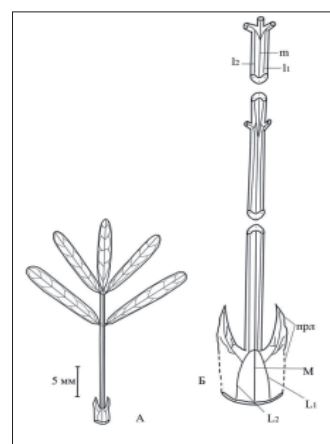
**Рис. 2.** Эпидерма листьев низовой формации.

А – верхняя эпидерма, Б – нижняя эпидерма: ок – основные клетки эпидермы, пп – проводящий пучок, у – устьице.



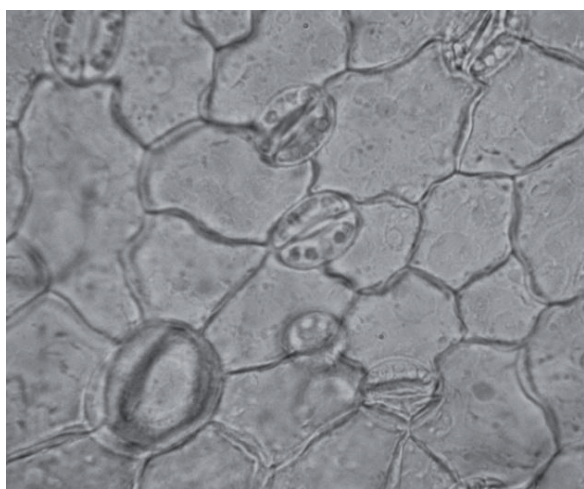
**Рис. 3.** Мезофилл листа нижней формации.

вэ – верхняя эпидерма, м – мезофилл, нэ – нижняя эпидерма.

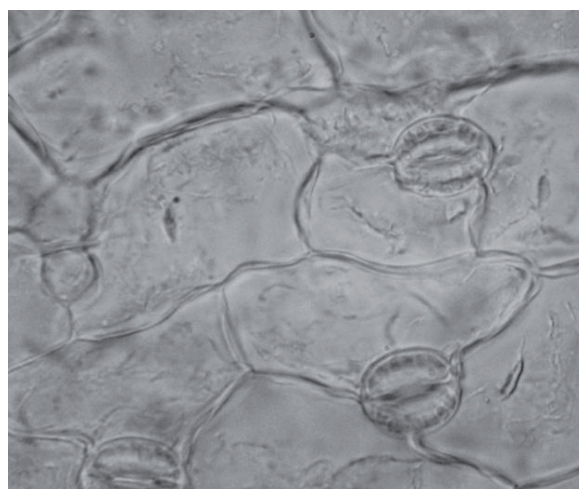


**Рис.4.** Морфология ассимилирующего листа срединной формации.

А – внешнее строение, Б - схема васкуляризации осевой части листа: прл – прилистники,  $L_1, L_2$  – латеральные пучки листового следа,  $L_1, L_2$  – латеральные пучки рахиса, М – медианный пучок листового следа, m- медианный пучок рахиса.



А



Б

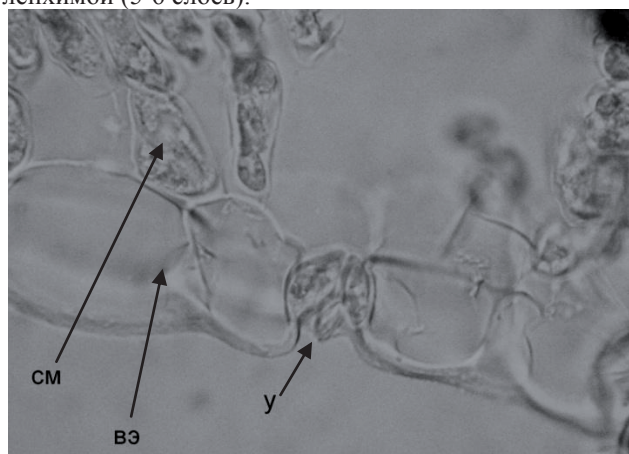
**Рис. 5.** Эпидерма листьев срединной формации.

А – верхняя эпидерма, Б – нижняя эпидерма.



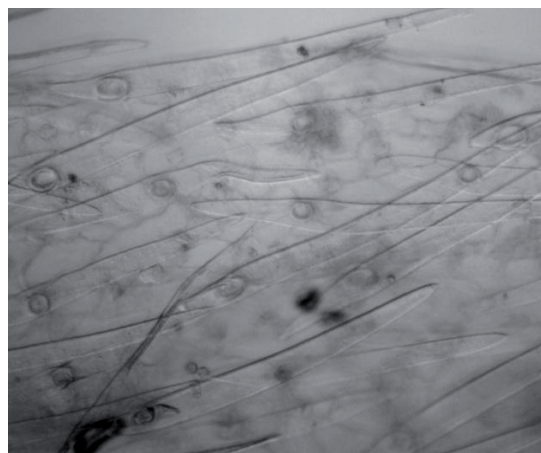
Верхняя эпидерма представлена небольшими таблитчатыми основными клетками со слегка извилистыми антиклинальными оболочками (Рис. 5, А). Эпидермальные клетки на абаксиальной стороне листа сравнительно крупнее. Их антиклинальные оболочки извилистые (Рис.5, Б). Листовые пластинки амфистоматические. Устьица на верхней и нижней стороне листа слегка погруженные (Рис. 6), многочисленные. Устьичный аппарат аномоцитный. Опушение обильное из двураздельных кроющих волосков (Рис. 7,А), приподнимающихся над эпидермой на одноклеточной подставке (Рис. 7, Б).

Мезофилл дифференцирован на столбчатый и губчатый (Рис. 8, А,Б). Палисадная ткань составлена 2-3 слоями вытянутых плотно прилегающих друг к другу клеток. Губчатый мезофилл представлен разрыхленными некрупными паренхимными клетками, сложенными в 4-6 слоев. Жилки имеют паренхимную обкладку. Сосудисто-волокнистые пучки открытые, содержат ксилему и флоэму. Деятельный камбий отмечен в крупных жилках. Флоэма срединной жилки обрамлена колленхимой (5-6 слоев).



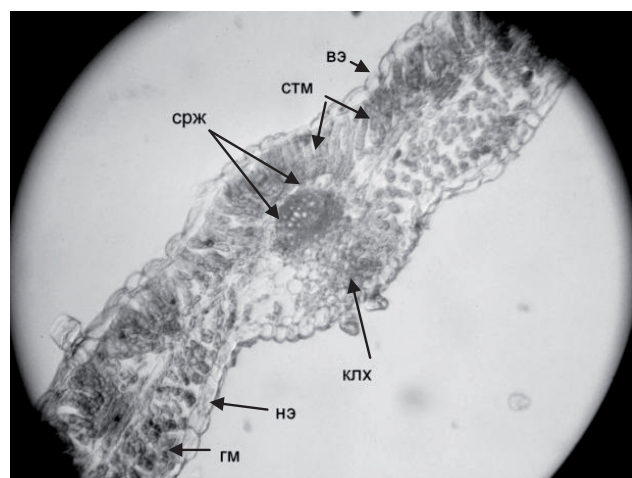
**Рис. 6.** Устьице в верхней эпидерме листа срединной формации. вэ – верхняя эпидерма, см – столбчатый мезофилл, у – устьице.

Анатомическое строение ассимилирующих листьев (полупогруженные устьица, обильное опушение, сравнительно небольшой объем мезофилла, крупные паренхимные клетки обкладки) свидетельствует о при-

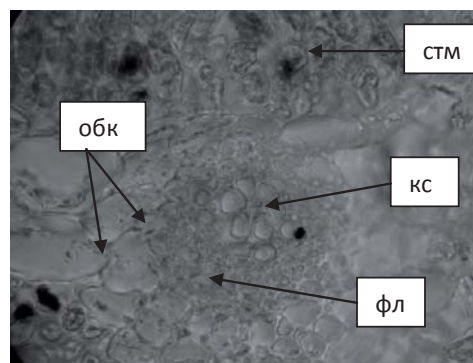


А

способности астрагала песчаного к жизни на хорошо дренированных песчаных почвах, где растение, в течение вегетационного периода, неоднократно попадает в условия дефицита влаги.



А

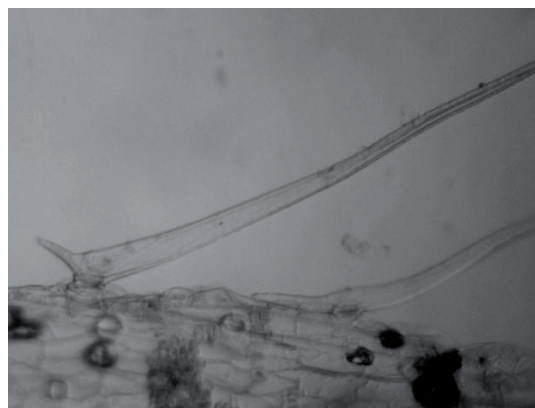


Б

**Рис. 8.** Лист срединной формации.

А – поперечный срез листовой пластинки, Б – жилка листа. вэ – верхняя эпидерма, гм – губчатый мезофилл, клх – колленхима, кс – ксилема, нэ – нижняя эпидерма, обк – обкладка пучка, стм – столбчатый мезофилл, срж – срединная жилка листа, фл – флоэма.

Листья верховой формации – прицветники – чешуевидные, бесцветные (Рис. 9), их основное назначение – защита развивающихся в их пазухах цветков (Цуцупа, Ермолов, 2014). Основные клетки верхней и нижней



Б

**Рис. 7.** Опушение листьев срединной формации.

А – многочисленные кроющие двураздельные волоски на листовой пластинке, Б – двураздельный волосок на одноклеточной подставке.

эпидермы вытянутые со слегка извилистыми оболочками. Устьица единичные, большей частью расположены на абаксиальной стороне листа, сосредоточены вдоль срединной жилки (Рис. 10, А,Б). По краю листовидной пластинки расположены простые кроющие и головчатые железистые волоски (Рис. 10, В,Г).

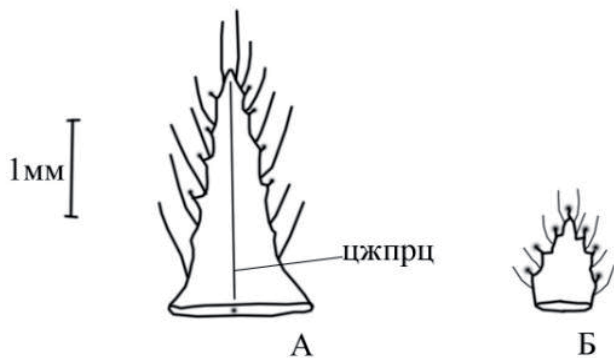
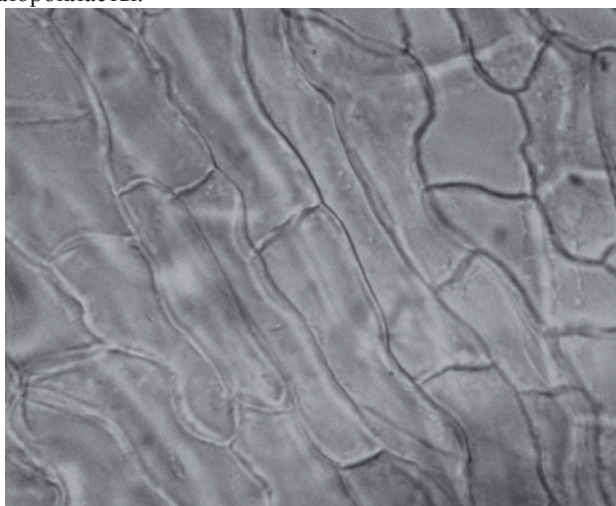
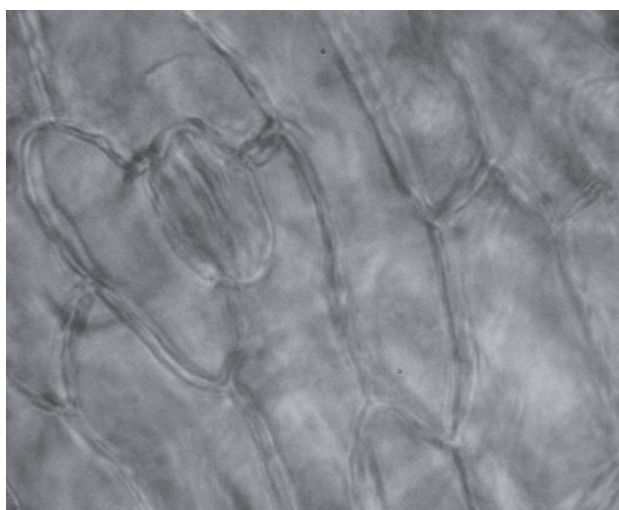


Рис. 9. Листья низовой формации: цжпрц – центральная жилка прицветника.

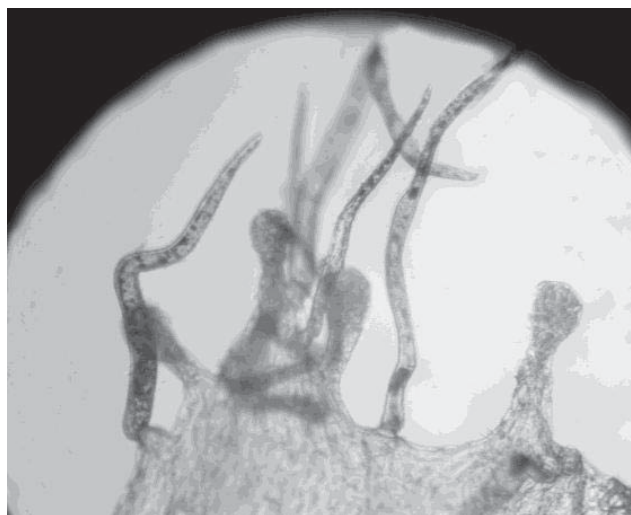
Мезофилл выражен лишь вокруг жилки и состоит из 1-2 слоев паренхимных клеток, содержащих хлоропласты.



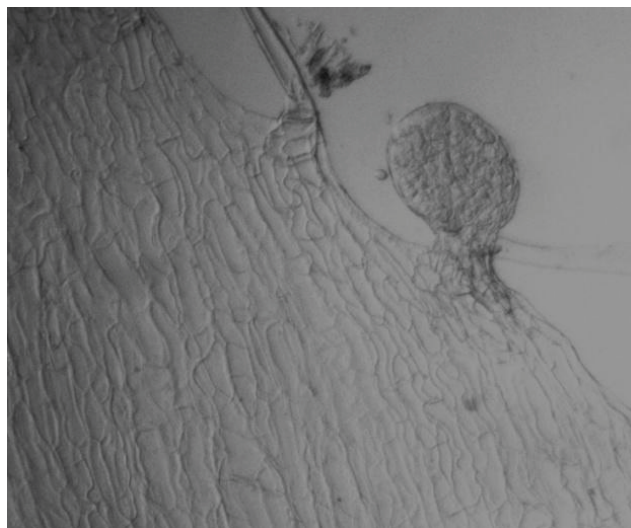
А



Б



В



Г

Рис. 10. Лист верховой формации (прицветник).

А – верхняя эпидерма, Б – нижняя эпидерма, В – волоски по краю пластинки, Г – головчатый железистый волосок.

Таким образом, анатомическая структура листьев подтверждает наши предположения о ее корреляции с выполняемыми функциями и адаптивными способностями растения к условиям среды и позволяет отнести данный вид к экологической группе – ксеромезофиты.

**Библиографический список**

1. Барыкина Р.П. Основы микротехнических исследований в ботанике / Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г., Джапилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. М., 2000. 127 с.
2. Джапаридзе Л.И. Практикум по микроскопической химии растений. М. «Советская наука», 1953. 152 с.
3. Ростовцев С.И. Практикум по анатомии растений. М., 1941. 232 с.
4. Цуцуна Т.А., Ермолов А.Н. Характер проявления гетерофиллии на моноциклических побегках *Astragalus arenarius* L. (Leguminosae) // Актуальность идей В.Н. Хитрово в исследовании биоразнообразия России. Продукционный процесс растений и его регуляция: материалы научной конференции с международным участием. Орел, 2014. С. 42-44.

**References**

1. Barykina R.P. Bases of microtechnical researches in Botany / Barykin R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G., Dzhililova H.Kh., Ilyina G.M., Chubatova N.V. M., 2000. 127 p.
  2. Dzhaparidze L.I. Manual in microscopic chemistry of plants. M. "The Soviet science", 1953. 152 p.
  3. Rostovtsev S. I. Manual on anatomy of plants. M, 1941. 232 p.
  4. Tsutsupa T.A., Yermolov A.N. Character of manifestation of heterofillia on monocyclic escapes of *Astragalus arenarius* L. (Leguminosae)/Relevance of ideas of V. N. Hitrovo in research of the biodiversity of Russia. Productional process of plants and its regulation: materials of scientific conference with the international participation. Orel, 2014. Pp. 42-44.
-



УДК 574.23:581.52

UDC 574.23:581.52

**З.М. ИВАЩЕНКО**

аспирант, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: poyasokkaspari@mail.ru

**Н.М. ДЕРЖАВИНА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: d-nm@mail-ru

**Z.M. IVASCHENKO**

Graduate student, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University  
E-mail: poyasokkaspari@mail.ru

**N.M. DERZHAVINA**

Doctor of Biology, Professor, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University  
E-mail: d-nm@mail-ru

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ПРОТАЛЛИЯ У НЕКОТОРЫХ ОРАНЖЕРЕЙНЫХ ПАПОРОТНИКОВ

### CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF PROTHALLI IN SOME GREENHOUSE FERNS

Исследованы особенности развития проталлия у двух оранжерейных папоротников *Adiantum capillus-veneris* и *Nephrolepis exaltata*. Прорастание спор обоих видов соответствовало *Vittaria*-типу. У *Adiantum capillus-veneris* развитие пластинки гаметофита проходило по *Adiantum*-типу, а у *Nephrolepis exaltata* – по *Aspidium*-типу. Антеридии на пластинке гаметофита занимали ламинальное и аксиальное положение.

Ключевые слова: гаметофиты, типы прорастания, архегониальная подушка, антеридий, архегоний, пролиферация.

The features of the development of prothalli in two greenhouse ferns *Adiantum capillus-veneris* and *Nephrolepis exaltata* are analyzed. Germination of spores of both species corresponded to the *Vittaria*-type. The *Adiantum capillus-veneris* development gametophyte passed on *Adiantum*-type, and *Nephrolepis exaltata* – *Aspidium*-type. Antheridia on the plate gametophyte took luminale and axial position.

Keywords: gametophytes, types of germination, archegonial pillow, antheridium, archegonia, proliferation.

В литературе бытует представление о гаметофитах папоротников как небольших талломных растениях сердцевидной формы, несущих на нижней стороне гаметангии и ризоиды. На самом деле гаметофиты папоротников отличаются значительным разнообразием. Они могут быть нитевидными, лентовидными, цилиндрическими, могут вести как подземный, так и наземный образ жизни, быть многолетними либо эфемерными (Farrar, Dassler, Watkins, Skelton, 2008). Существует большое разнообразие и типов морфогенеза гаметофитов, зависящего не только от таксономической принадлежности папоротников, но и от условий внешней среды (Nayar & Kaur, 1971; Арнаутова, 2008).

Эффективным способом размножения высоко декоративных папоротников является их размножение спорами, которые прорастают в гаметофиты. На них после оплодотворения формируются молоденькие спорофиты, которые вскоре вырастают во взрослые растения. При этом важно понимать, как идет развитие гаметофитов и какие условия влияют на их успешную репродукцию.

В этой связи целью исследования явилось изучения особенностей развития проталлия у двух видов оранжерейных папоротников: *Adiantum capillus-veneris* L. (Adiantaceae) и *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott (Davalliaceae).

*Adiantum capillus-veneris* – это небольшой (размером 10-30 см) изящный декоративный папоротник хазмофит, живущий в тенистых влажных местах преимущественно на известковых скалах (в щелях, трещинах), редко – на почве. Он предпочитает места с повышенной влажностью, прежде всего, воздуха, а затем и субстра-

та (каменистые берега лесных ручьев, борта водопадов, трещины скал с сочащейся водой).

Вайи *A. capillus-veneris* обладают стимулирующим, противохорадным, отхаркивающим, слабительным, успокаивающим, смягчительным, тонизирующим, укрепляющим волосы, противораковым, сахароснижающим, возбуждающим, антисептическим, противогрибковым, антивирусным, ранозаживляющим, антиимплантантным действием. Вайи содержат следующие химические вещества: танины, кемпферол, кверцетин, астрагалин, лютеолол, рутин, тритерпеноиды, изикверцитрин, никотифлорин, кверцитрон, флавоноид нарингенин, гесперидин, сульфуретин и генистин (Singh, 2003).

*Nephrolepis exaltata* также декоративный вид. Хорошо растет в комнатах и оранжереях. В культуре имеется много форм и сортов, которые получили наибольшее распространение.

Около ста лет назад в Бостоне (США) была выведена форма с красиво поникающими листьями, названная *N. exaltata f. bostoniensis*. Эта форма быстро приобрела популярность по обе стороны Атлантики, так что в наши дни имеются десятки сортов бостонского папоротника – с волнистыми листочками, с закрученными краями листочков, с трижды и четырежды перисторасчеченными листьями, так что все растение выглядит кружевным. Обладает выраженными фитонцидными свойствами. Уменьшает содержание в воздухе бензола и трихлорэтилена.

### Материал и методика

Споровый материал *Adiantum capillus-veneris* был

взят с живых растений, собранных на тенистых скалах вблизи водопадов в Западном Закавказье (Лазаревский, Адлерский районы Большого Сочи,) и выращенных в комнатных условиях; *Nephrolepis exaltata* – с растений, растущих в закрытых помещениях.

Споры, емкости и грунт для выращивания гаметофитов стерилизовали. Споры в – в 5 % растворе марганцевокислого калия, чашки Петри и грунт – в духовом шкафу.

Для фиксации первых этапов онтогенеза гаметофитов споры проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге в смеси Кнопа. Параллельно споры высевали на питательный цветочный грунт. При этом фиксировали день, месяц, год и время посева. Чашки и грунт размещали на подоконнике северной экспозиции.

Наблюдения и зарисовки проводили непосредственно на живом материале без предварительной фиксации. Рисунки выполняли с помощью микроскопа, бинокля (увеличением 14x2) и рисовального аппарата (РА-4, Россия). Измерения проводили, пользуясь окуляром-микрометром и линейкой.

Тип прорастания спор и тип развития пластинки гаметофита определяли по В.К. Nayag & S. Kaur (1971).

Споры характеризовали согласно литературным данным (Бобров, Куприянова, Литвинцева, Тарасевич, 1983).

#### Результаты исследования

##### *Adiantum capillus-veneris*

Споры трехлучевые, тетраэдрические, слегка сплюснутые; в очертании с полюса округло-треугольные, с экватора – лопастные; п.о. 36.0 – 38.0 мкм, э.д. 39.6 – 64.6 мкм. Лезура с тонкими, слабо волнистыми утолщенными лучами 17.0 – 24.0 мкм длины, далеко не достигающими до экватора; спородерма двуслойная, тонкая, 3.4 – 4.0 мкм; периспорий, растрескивающийся и сползающий при ацетоллизе; скульптура мелкобугорчатая или зернистая. Цвет спор бледно-желтый (Бобров, Куприянова, Литвинцева, Тарасевич, 1983).

Первые признаки прорастания спор *Adiantum capillus-veneris* были обнаружены через 18 дней после посева (Державина, Покровская, Силаева, 2009). Гаметофиты быстро проходили стадию проростка и ювенильного растения. К концу лета большинство особей оставались стерильными. В сентябре началась их сексуализация: на молодых гаметофитах без архегонияльных подушек сформировались антеридии, некоторые из заростков стали образовывать архегонии, становясь дефинитивными обоеполами. Часть гаметофитов в начале-середине октября образовала проростки спорофитов. В ноябре-декабре развитие заростков замедлилось. Особи пролиферировали с образованием новых молодых заростков, на которых сформировались антеридии. Эти гаметофиты имели сокращенный онтогенез и впоследствии отмирали.

Прорастание спор происходило, согласно классификации В.К. Nayag & S. Kaur (1969), по одному из самых распространенных среди лептоспорангиатных папоротников типу *Vittaria*: хлороцит, появившийся из споры, поделился перпендикулярно ее оси на 2 равные

дочерние клетки, судьба которых оказалась различной. Базальная клетка осталась пассивной и продуцировала только ризоиды. Вторая, путем деления перпендикулярно оси протонемы, образовала однорядную нить – хлоронему, состоящую из 5 бочонковидных клеток (рис. 1). Таким образом первичный ризоид удлинился параллельно полярной оси споры, в то время как хлоронема – перпендикулярно (в экваториальной плоскости).

Развитие пластинки гаметофита у изученного папоротника шло по *Adiantum*-типу (Nayag, Kaur, 1971): терминальная или субтерминальная клетка протонемы делилась тангентальными перегородками с одной и другой стороны, в результате образовалась средняя клетка, которая стала материнской клеткой меристемы (рис. 1). Так сформировалась лопатчатой формы проталлиальная пластинка, толщиной в одну клетку. У исследуемого папоротника на данном этапе развития было велико морфологическое разнообразие форм гаметофитов. Проталлий продолжал расти, принял неправильную сердцевидную форму, стал слегка вытянутым. Затем меристематическая клетка поделилась поперечной перегородкой, а клетка, лежащая под ней – 2 или 3-мя перегородками, параллельными друг другу. В результате этих делений возникла многоклеточная меристема, которая затем сформировала архегонияльную подушку и симметричный сердцевидный гаметофит (рис. 1).

Мужская сексуализация оказалась более ранней, чем женская: образовались антеридии, располагавшиеся немного ниже выемки в средней и нижней части таллома среди ризоидов. Это так называемый аксиальный тип расположения антеридиев (Mamoso, 1958). Число антеридиев у разных заростков колебалось в пределах от 30 до 90.

Нами отмечена пролиферация гаметофитов, сопровождающаяся появлением многочисленных дополнительных талломов, на которых развивались антеридии.

У дефинитивных синхронно обоеполых гаметофитов многоклеточная меристема заполняла дно выемки. Обоеполые гаметофиты имели сердцевидную форму, широкие однослойные «крылья» и центрально расположенную архегонияльную подушку толщиной в несколько слоев клеток, на нижней стороне которой развивались архегонии.

Архегонии были малочисленны, в числе от 15 до 20-25. Антеридии располагались в базальной части подушки среди ризоидов и на «крыльях». Их число достигало 100. Следует отметить, что практически на каждом обоеполом гаметофите образовались проростки спорофита, т.е. здесь успешно произошло внутризаростковое самооплодотворение.

У сенильных гаметофитов произошло разрастание «крыльев», которые стали волнистыми. По мере старения гаметофиты постепенно утратили сердцевидную форму, началась пролиферация краевых клеток (в большинстве случаев в области выемки) в боковые ответвления, на них развились гаметангии. Мужские гаметофиты пролиферировали с образованием новых нитей, на которых сразу же развивались новые антеридии. У пролиферирующих гаметофитов число антеридиев в сумме достигало 130-150.



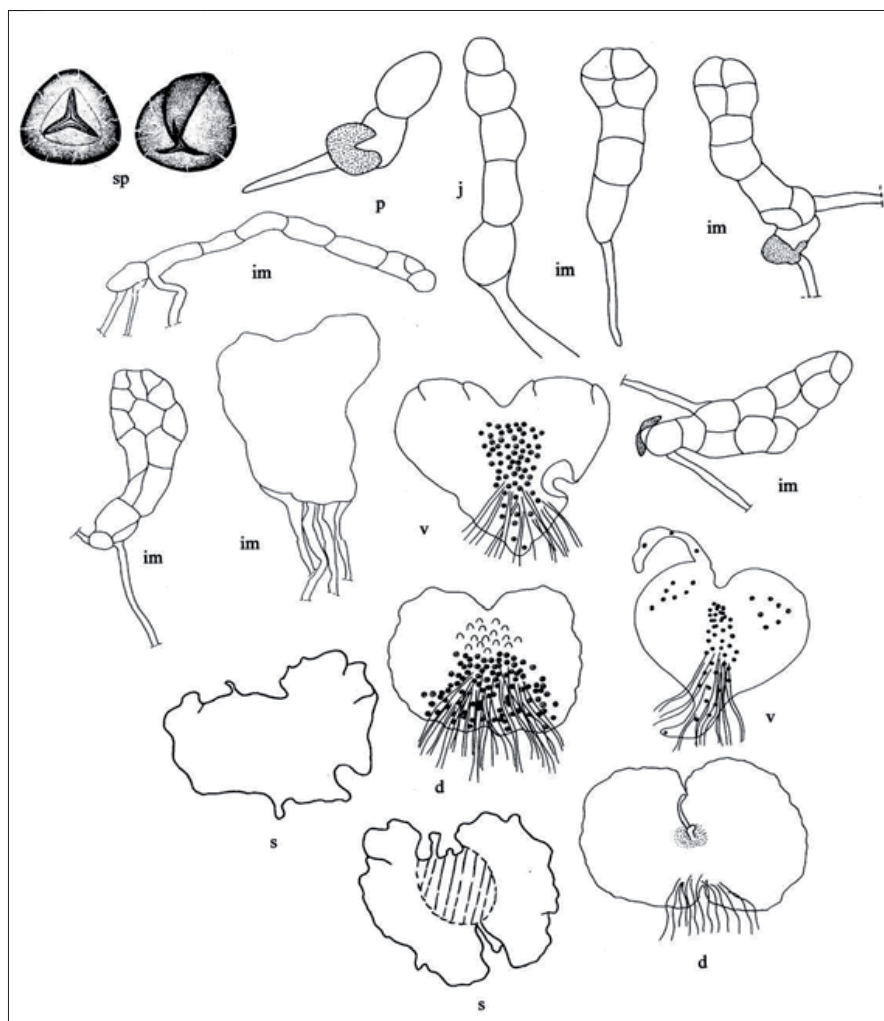


Рис. 1. Возрастно-половые состояния онтогенеза гаметофит *Adiantum capillus-veneris*: *p* – проросток; *j* – ювенильный пролиферирующий; *j(m)* – ювенильный мужской пролиферирующий; *im* – имматурный пролиферирующий; *im(m)* – имматурный мужской пролиферирующий; *v(m)* – виргинильный мужской пролиферирующий; *d* – дефинитивный; *s* – сенильный пролиферирующий.

### *Nephrolepis exaltata*

Споры после посева в августе проросли через 2 недели избирательно, как и у *Adiantum capillus-veneris* по типу *Vittaria* (Покровская, 2010).

Гаметофиты проходили стадию проростка, оставаясь долгое время на ранних этапах развития. В ноябре началась сексуализация гаметофитов: на молодых заростках сформировались антеридии, часть гаметофитов оставались стерильными. Антеридии обнаружили приблизительно через 78 дней после посева или через 62 дня после прорастания спор. В декабре развитие заростков замедлилось. Весной следующего года многие заростки перешли к формированию архегониальной подушки.

Развитие пластинки гаметофита у изученного папоротника шло, в отличие от *Adiantum capillus-veneris* по *Aspidium*-типу (Nayar, Kaur, 1971) (рис. 2). Путем деления апикальной клетки перпендикулярно оси протонемы образовалась однорядная нить – хлоронема, состоящая из 11 бочонковидных вытянутых в длину клеток (рис. 2).

С момента вычленения меристематической клетки, постепенно шло формирование выемки, и гаметофит приобретал лопатчатую, лентовидную или почти серд-

цевидную форму (рис. 2). По краям таллома у некоторых гаметофитов располагались железистые волоски. Эти волоски оканчивались колпачком, иногда последний отсутствовал. Из-за наличия железистых волосков края гаметофитов выглядели неровными. На этом этапе развития, кроме стерильных, обнаружены и мужские особи. Число антеридиев у отдельных заростков составляло от 1 до 40. Располагались антеридии в средней и нижней части таллома среди ризоидов (аксиальный тип расположения антеридиев по S. Mamoso (1958). Меристематическая клетка заменилась многоклеточной меристемой, которая начала формирование многоклеточной архегониальной подушки.

Мужская сексуализация у этого вида тоже оказалась более ранней. На клетках протонемы образовались антеридии. На этом этапе развития началась пролиферация гаметофитов. Общее число антеридиев на одном гаметофите достигало 100.

У дефинитивных гаметофитов с развитой архегониальной подушкой число архегониев достигало 40. Антеридии располагались в базальной части подушки среди ризоидов и на «крыльях». Их число тоже достигало 40.

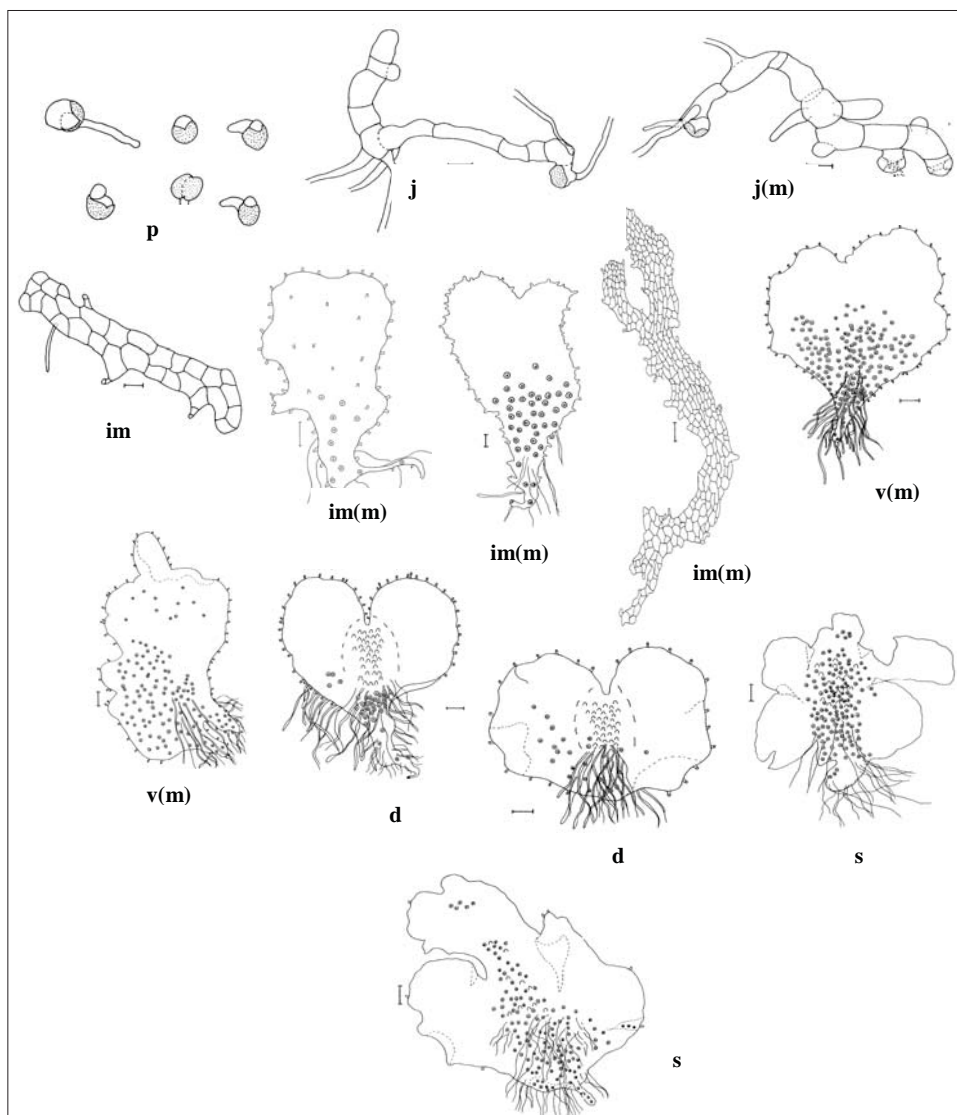


Рис. 2. Возрастно-половые состояния онтогенеза гаметофита *Nephrolepis exaltata*: *p* – проросток; *j* – ювенильный пролиферирующий; *j(m)* – ювенильный мужской пролиферирующий; *im* – имматурный пролиферирующий; *im(m)* – имматурный мужской пролиферирующий; *v(m)* – виргинильный мужской пролиферирующий; *d* – дефинитивный; *s* – сенильный пролиферирующий.

У сенильных обоеполых гаметофитов отмечено интересное расположение гаметангиев: 1) архегонии располагались немного ниже выемки в центре архегонияльной подушки, а многочисленные антеридии окружали их, располагаясь на архегонияльной подушке в центре гаметофита, среди ризоидов и на «крыльях» Это так называемый ламинальный тип расположения антеридиев по S. Momose (1958) 2) в центре архегонияльной подушки располагались архегонии, антеридии также располагались в центре подушки, среди ризоидов, а на «крыльях» отсутствовали (аксиальный тип расположения антеридиев).

У пролиферирующих гаметофитов число архегониев колебалось в пределах от 10-15 до 25, в редких случаях их число было меньше этих цифр или равнялось числу антеридиев, в сумме достигавших более 100.

### Выводы

Проведенное исследование показало, что прорастание спор обоих видов папоротников проходило сходным образом и соответствовало *Vittaria*-типу. *Nephrolepis exaltata* по скорости прорастания на одну неделю опережал *Adiantum capillus-veneris*.

Развитие пластинок гаметофитов существенно различалось. У *Adiantum capillus-veneris* оно проходило по *Adiantum*-типу, а у *Nephrolepis exaltata* – по *Aspidium*-типу.

У исследованных видов отмечены два типа расположения антеридиев по поверхности гаметофита: ламинальный и аксиальный.

Пополнение популяций гаметофитов обоих видов новыми проталлиями, несущими гаметангии, осуществлялось за счет пролиферации не только сенильных, но и молодых гаметофитов.

Библиографический список

1. Арнаутова Е.М. Гаметофиты равноспоровых папоротников: [монография] // Под ред. Н.Н. Цвелева. Российская акад. Наук, Ботанический ин-т им. В.Л. Комарова. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2008. 386 с.
2. Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1983. С. 21-22.
3. Державина Н.М., Покровская З.М., Силаева Ж.Г. Онтогенез гаметофита *Adiantum capillus-veneris* L. // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: «Естественные, технические и медицинские науки». 2009. №2. С.92-101.
4. Покровская З.М. Онтогенез гаметофита *Nephrolepis exaltata* Schott. // Проблемы сохранения биологического разнообразия Волжского бассейна и сопредельных территорий. Новое время, 2010. С. 26-27.
5. Nayar B.K. & Kaur S. Gametophytes of homosporous ferns // Bot. Rew. 1971. V. 37. № 3. Pp. 295-396.
6. Momose S. The anteridial area of the foliate type prothallium in ferns // Journ. Jap. Bot. 1958. Vol. 33. № 2. Pp. 33-37.
7. Singh H.B. Economically viable *Pteridophytes* of India // Pterydology in the new Millenium. Kluwer Academic Publishers: Printed in the Netherlands, 2003. Pp. 421-446.

References

1. Arnautova E. M. Gametophytes of homosporous ferns: [monograph] // Ed. N. N. Tsvelev. Russian Acad. Sciences, Botanical inst. V. L. Komarov. St. Petersburg: Publishing house of St. Petersburg Univ. press, 2008. 386 p.
  2. Bobrov, A. E., Kupriyanova L. A., Litvintseva M. V., Tarasevich V. F. Spores of pteridophytes and pollen of gymnosperms and monocotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR. Leningrad: Nauka, 1983. Pp. 21-22.
  3. Derzhavina, N. M. Pokrovskaya Z. M., Silaeva J. G. The Ontogeny of the gametophyte *Adiantum capillus-veneris* L. // Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2009. № 2. Pp. 92-101.
  4. Pokrovskaya Z. M. Ontogeny of the gametophyte *Nephrolepis exaltata* Schott. // Problems of biological diversity conservation in the Volga basin and adjacent territories. New times, 2010. Pp. 26-27.
  5. Nayar B.K. & Kaur S. Gametophytes of homosporous ferns // Bot. Rew. 1971. V. 37. № 3. Pp. 295-396.
  6. Momose S. The anteridial area of the foliate type prothallium in ferns // Journ. Jap. Bot. 1958. Vol. 33. № 2. Pp. 33-37.
  7. Singh H.B. Economically viable *Pteridophytes* of India // Pterydology in the new Millenium. – Kluwer Academic Publishers: Printed in the Netherlands, 2003. Pp. 421-446.
-

УДК 581.6

UDC 581.6

**Л.Л. КИСЕЛЕВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: LKiseleva@yandex.ru

**L.L. KISELEVA**

Candidate of Biology, Associate professor, Department of Botany, Physiology and Biochemistry of plants, Orel State University  
E-mail: LKiseleva@yandex.ru

# ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ГОЛОЦЕНЕ ПО АРХЕОЛОГИЧЕСКИМ И ИСТОРИЧЕСКИМ ДАННЫМ\*

## THE CHANGE OF VEGETATION OF OREL REGION IN THE HOLOCENE ON ARCHAEOLOGICAL AND HISTORICAL DATA

*В статье рассмотрено изменение растительного покрова Орловской области в голоцене по археологическим и историческим данным. Приведены картосхемы расположения на территории региона археологических памятников в различные эпохи голоцена, представляющие собой результат выборки из созданного тематического слоя «Археологические памятники Орловской области» ГИС MapInfo «Природные ресурсы Орловской области».*

*Ключевые слова:* археологические памятники, Орловская область, геоинформационная система.

*The article considers the change of vegetation of Orel region in the Holocene on archaeological and historical data. The schematic maps of location of archaeological sites in different periods of the Holocene, which are the result of the samples of the created thematic layer “Archaeological sites Orel region” GIS MapInfo “Natural resources Orel region” are given.*

*Keywords:* archaeological remains, Orel region, geo-information system.

В голоцене выделяют несколько археологических эпох (табл. 1). Для анализа динамики распространения археологических памятников на территории Орловской области в голоцене данные из различных литературных источников [2,13,14] были внесены в созданный тематический слой ГИС MapInfo «Природные ресурсы Орловской области» [20]. Картосхемы расположения археологических памятников в различные эпохи голо-

цена, представляющие собой результат выборки из созданного тематического слоя ГИС «Археологические памятники Орловской области», представлены в данной статье на рис. 1-5.

Для населения эпохи позднего палеолита и мезолита был характерен сезонно-подвижный образ жизни, который определялся экологией основных объектов охоты [24]. На территории Орловской области известны не-

Таблица 1.

Сопоставление геохронологических и археологической периодизаций голоцена (по Восточноевропейские леса ..., 2004)

Геохронологические шкалы					Археологическая шкала (Бадер, 1974)
Схема подразделения голо- цена (Нейштадт, 1957)		Модернизированная схема Блитта-Сернандера (Хотинский, 1983)			
период		период		нижняя граница, лет назад	
поздний голоцен (HL-4)	0-2500	субатлантический	SA-3	800	эпоха железа
			SA-2	1800	
			SA-1	2500	
средний голо- цен (HL-3)	2500-7700	суббореальный	SB-3	3200	эпоха бронзы  неолит
			SB-2	4200	
			SB-1	4600	
		атлантический	AT-3	6000	
			AT-2	7000	
			AT-1	8000	
ранний голо- цен (HL-2)	7700-9800	бореальный	BO-3	8300	мезолит
			BO-2	8900	
			BO-1	9300	
		пребореальный	PB-2	10000	
			PB-1	10300	
древний голо- цен (HL-1)	9800-12000	дриас аллеред	Dr	11000	поздний палеолит
			Al	12000	
плейстоцен				40000	

\* Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ № 15-04-04475 «Анализ пространственной дифференциации флоры Орловской области и разработка стратегии сохранения и восстановления потенциального биоразнообразия на основе модельной реконструкции потенциальной флоры и растительности».



многочисленные памятники этих периодов (рис. 1): два позднелолитических археологических памятника (в Болховском р-не у д. Пальчиково и д. Курасово) и два мезолитических (в Мценском р-не у д. Буравленки и в Урицком р-не у д. Борщевка) [2,14].

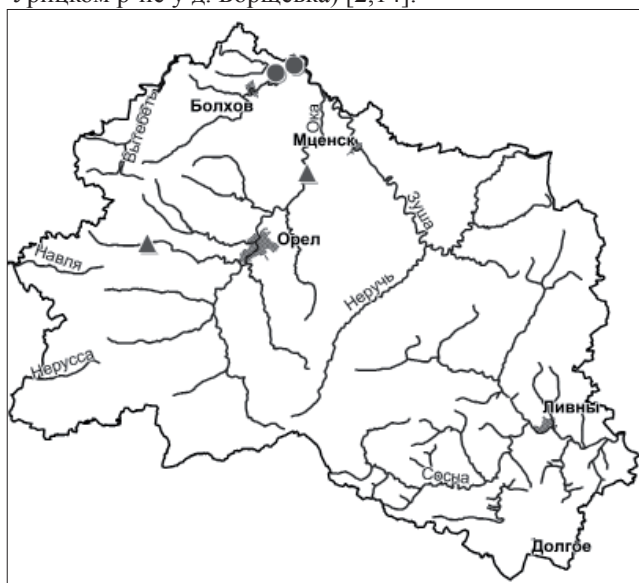


Рис. 1. Картограмма местонахождений палеолитических (обозначены кружками) и мезолитических (обозначены треугольниками) поселений человека в Орловской области.

Заметное воздействие хозяйственной деятельности человека на структуру растительного покрова Орловской и сопредельных областей проявилось в среднем голоцене при переходе от присваивающей экономики (охота, рыболовство, сбор плодов, корней и др.) к производящему хозяйству (скотоводство, земледелие, выплавка металлов и пр.) [8,12,16,25]. Этот переход получил название неолитической революции и для территории Восточной Европы датируется временем 5500-6000 лет назад [4]. По данным П.М. Долуханова [10], в лесостепной зоне по сравнению с другими природными зонами отмечается самая высокая средняя плотность мезо- и неолитического населения (табл. 2).

Таблица 2.

Средняя плотность мезо- и неолитического населения в различных природных зонах (по Долуханову, 1984).

Географическая зона	Плотность населения	
	кв.км/1 чел.	чел./100 кв.км
Тундра	51	1,7
Тайга европейская	32	3
Хвойно-широколиственные леса	14	7,4
Лесостепь (дубравы)	5,8	17,3
Сухие степи	12	8

Так, неолит Орловской области значительно богаче представлен археологическими памятниками, чем предыдущие эпохи [2,14]. Сосредоточены памятники в основном по берегам рек Навли, Оки и Сосны (рис. 2). По изученным памятникам и находкам эпохи бронзы можно выделить две зоны обитания по территории современной Орловщины племен разных культур: лесное левобережье Оки и лесостепное поречье Сосны [14] (рис. 3).

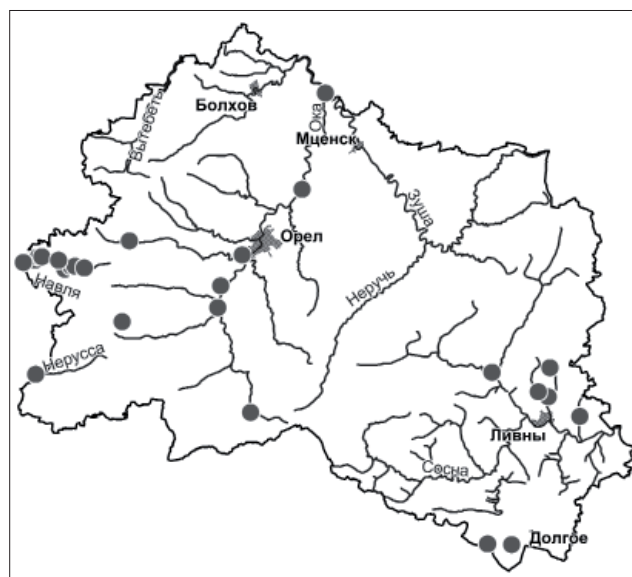


Рис. 2. Картограмма местонахождений неолитических поселений человека в Орловской области.

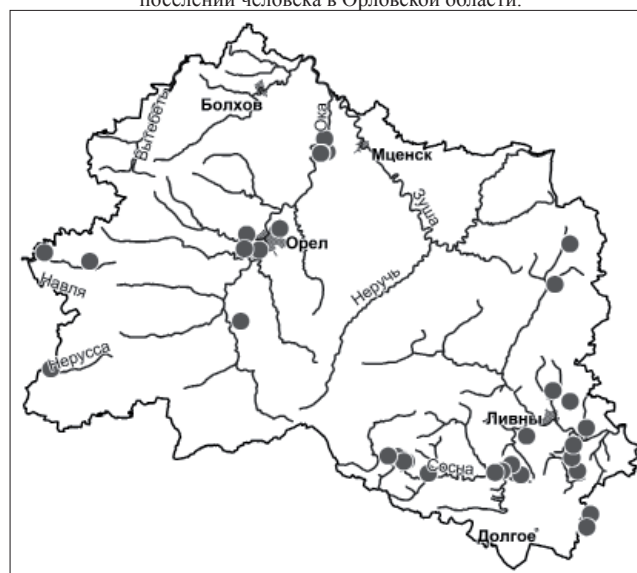


Рис. 3. Картограмма местонахождений поселений человека бронзового века в Орловской области.

В неолите и последующим за ним бронзовом веке в качестве основного инструмента воздействия человека на природу выступал огонь. По данным В.А. Городцова [7], отличительным признаком всех неолитических стоянок является пепелисто- или углистотемный культурный слой, распространенный на десятки верст. Палы совершались много раз и через небольшие промежутки времени.

В.А. Городцов [8] делит бронзовый век Восточной Европы на три поры, каждой из которой соответствует своя культура, находящая отражение в способе захоронения покойников:

1 – ранняя пора (продолжалась до 3 тыс. до н.э.), ей соответствует трипольская и ямная культуры;

2 – средняя пора (3-е тыс. до н.э.): в степной зоне катакомбная культура, севернее фатьяновская культура. Фатьяновская культура возникает в Волжско-Окском междуречье и смыкается с катакомбной в пределах быв-



шей Орловской губернии.

3 – поздняя пора (2-е тыс. до н.э.): срубная культура.

Поселения бронзового века в основном располагались в поймах рек, где строили жилища, выпасали скот, рубили леса, возделывали сельскохозяйственные культуры и т. д. [25]. Основной формой хозяйства было земледелие и скотоводство. Почву обрабатывали ручными орудиями: мотыгообразными, лопатообразными и т.п. [12]. Обрабатывались в основном почвы поймы, террас и, возможно, примыкающие к ним участки пологих водораздельных склонов.

Начиная с 4600-4500 л.н. (начало эпохи бронзы) происходит быстрое угасание трипольской земледельческой культуры [10]. На большей части степной и лесостепной зон распространяются пастушеские племена древнеямной культуры. Уровень развития производящего хозяйства у племен древнеямной культуры был несколько ниже, чем у племен трипольской культуры. У них преобладали каменные и костяные орудия, бронзовых было мало. Они занимались рыболовством и кочевым скотоводством [8].

У племен катакомбной (3 тыс. до н.э.), а затем и срубной (2 тыс. до н.э.) культур, сменивших племена древнеямной культуры, уровень развития производящего хозяйства был уже достаточно высок. Этому времени соответствует конец суббореального и начало субатлантического периодов (табл. 1), климатические условия которых были достаточно благоприятными для развития лесной растительности [23]. Основой экономической жизни катакомбной и срубной культур было достигшее высокого развития скотоводство [16], домашними животными были лошади, крупный рогатый скот, овцы. Население было оседлым и занималось, кроме земледелия и скотоводства, обработкой металлов, камня, кости, изготовлением материалов, подобных тканям [8]. Поселения располагались по берегам рек, дома представляли собой полуземлянки с надземным бревенчатым срубом и двускатной крышей. При захоронении возводились сооружения из дерева, имитирующие по конструкции сложные дома [16]. Судя по расположению курганов с захоронениями этих племен, леса на территории срубной культуры (от р. Урал на востоке и до р. Днепр на западе и от правых притоков р. Оки на севере до р. Кубани на юге) еще не были сильно уничтожены [6-8], хотя область их сплошного распространения, видимо, начала расчленяться антропогенно сформированными степными участками. Древние племена, зародившиеся в Волжско-Уральском междуречье, активно (с помощью палов) и пассивно (путем истребления подроста в лесах, разреживанием лесов) способствовали уничтожению лесов.

Постепенное проникновение земледельцев и скотоводов из южных в центральные районы Восточной Европы и частичная ассимиляция племен с присваивающей формой хозяйства [12,16] привело к развитию земледелия не только в поймах, но и на водоразделах. Если пойменное земледелие может стабильно существовать за счет обогащения почв элементами минерального питания во время разлива рек, то при выхо-

де на водоразделы было изобретено подсечно-огневое земледелие, когда в качестве удобрения выступала зола, в цикле: поле (от 1-3 до 5-7 лет), сенокос и пастбище (необязательная фаза – до 10-12 лет) – лес (0-60 лет). Древний способ подсечно-огневого земледелия – сжигание высушенных на корню деревьев без срубания (а только сдираания – подрубания коры до камбия) удлинит описанный цикл на 10-15 лет [12]. Подсечное земледелие отмечено во время бронзового века у племен фатьяновской культуры. Фатьяновские памятники располагаются в самых различных топографических условиях, часто вдали от речных долин, на самых разнообразных почвах (от легких до тяжелых).

К началу железного века (около 3000 лет назад, поздний голоцен) в центральной лесостепи в результате экстенсивных систем скотоводства, земледелия, использования большого количества леса на выплавку металлов существенно преобразовался растительный покров. Именно в это время сформировался «зональный» облик растительности Восточной Европы [4]. Около 4000 лет назад, в суббореальный период, земледелие и животноводство прослеживаются уже на большей части территории современных широколиственных лесов (включая и лесостепь) [12]; в течение железного века (2500-800 лет назад в субатлантический период) земледелие получило распространение и в южнотаежных лесах на территории обитания финно-угорских, балтских и отчасти славянских племен [3,12]. Исследования рецентных биогеоценозов, проведенные Л.Г. Динесманом [9], показали, что позднеголоценовая ксерофитизация травяного покрова луговых степей обусловлена не изменениями климата, а пастбищной дигрессией. О большем влиянии на растительный покров в железном веке свидетельствует и значительное увеличение археологических памятников, так, например, в Орловской области, в отличие от предыдущих эпох их количество выросло более чем в 2 раза, обнаружены они и в подзоне хвойно-широколиственных лесов – в бассейне р. Вытебеть (рис. 4).

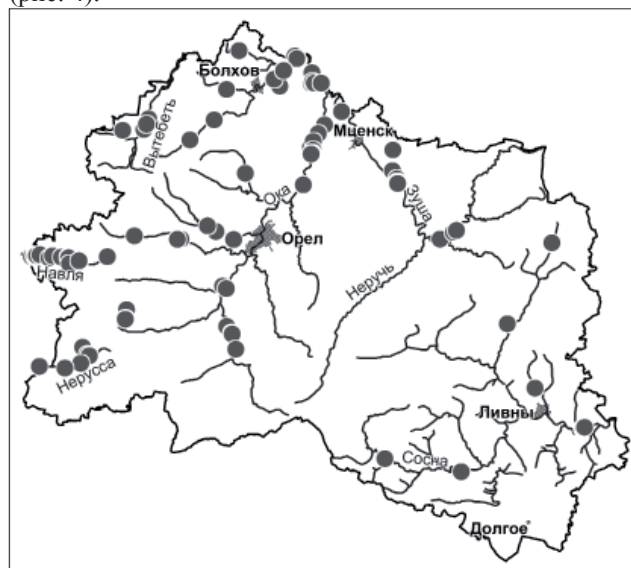


Рис. 4. Картограмма местонахождений поселений человека железного века в Орловской области.

К концу 1-го тыс. н.э. окончательно сформировалось первое Феодальное славянское государство – Киевская Русь. Исследуемая нами территория, включающая Орловскую и сопредельные области, находилась в западной части Киевской Руси. По археологическим данным и летописным материалам, культура земледелия Киевской Руси была очень высокой: переложная система земледелия сменилась сначала двупольной, а затем и трехпольной. Основная часть полей в Киевской Руси располагалась на участках, которые освобождали из-под леса [21,22]. Помимо земледелия уничтожению лесов способствовало в это время также развитие рудных ремесел, в особенности металлообрабатывающих [11].

Постоянная угроза со стороны кочевников, обитавших в южнорусских степях, а также целый ряд экономических причин заставили в XII веке значительную часть населения южных княжеств Киевской Руси переселиться на север: бассейн р. Оки, верховья Дона и дальше на Верхнюю Волгу. Об этом свидетельствует увеличение археологических памятников на территории современной Орловской области (рис. 5).

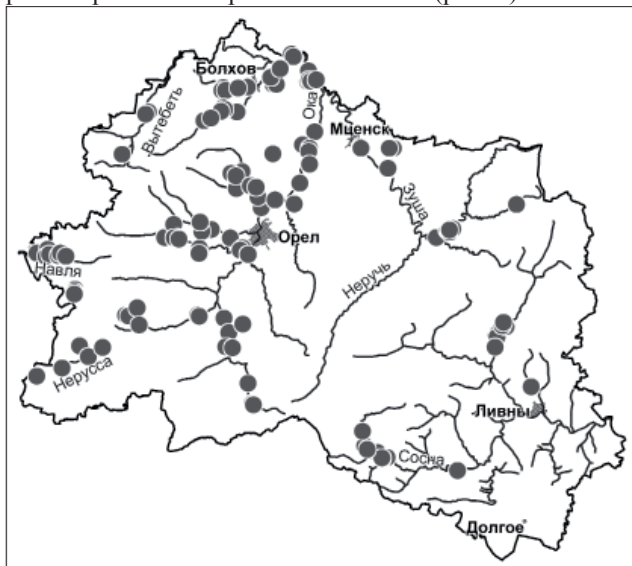


Рис. 5. Картограмма местонахождений поселений человека средних веков в Орловской области.

Монгольское нашествие в XIII в. (1223-1240 гг.) привело к окончательному и почти полному разорению всей Киевской Руси. Пашни и окультуренные земли, брошенные после разгрома на произвол судьбы, превращались в “дикое поле”. Граница земледелия отодвинулась далеко на север, особенно в центральных областях Среднерусской возвышенности. Экономическое и политическое возрождение этих районов и восстановление сельского хозяйства отодвинулось почти на 5 столетий и стало возможным лишь после окончательного восстановления Московской Руси от монгольского ига, разгрома в XVII в. Крымского ханства и присоединения Крыма к России.

Постепенное вторичное заселение районов Среднерусской возвышенности с конца XVI в. носило характер “военной колонизации” и сопровождалось совершенно противоположным отношением татар и русских к лесной и степной растительности. Для русских леса служили местом укрытия и играли большую оборонительную роль, поэтому они всячески оберегали лесные массивы в пограничных районах. Татары, проложившие дороги по Среднерусской возвышенности на Москву, наоборот выжигали леса и кустарники, чтобы подорвать оборону русских и расширить участки с травяной растительностью для корма скота. Русские в то же время в целях уничтожения корма для татарской конницы поджигали травянистую растительность (пущали палы), чтобы преградить путь татарам и пресечь их продвижение. Когда же русские отряды продвигались далеко на юг, татары делали то же самое, чтобы препятствовать их продвижению [21]. Таким образом, в результате прямо противоположного отношения русских и татар к лесной и травянистой растительности, леса и остепненные луга в лесостепи неоднократно сменяли друг друга.

С начала XVIII века произошли наиболее глубокие, коренные изменения в природе лесостепи [17]. С этого времени особенно быстрыми темпами идет заселение северной полосы лесостепной зоны. Так, например, в Елецком уезде Орловской губернии в конце XVIII в. пашня уже занимала 65,4% [11]. Но еще во второй половине XVIII в. оставалось довольно много степных пространств. Об этом свидетельствует тот факт, что обычными в то время в Елецком, Мценском, Мелоархангельском уездах Орловской губернии были стрепеты, а из растений – ковыль [11].

Позднее большинство степных участков центральной лесостепи на плакорных землях были распаханы. Так в 1931-1932 гг. исчезла, будучи распаханной, последняя плакорная степь в Липецкой области – Лотаревская [1]. В 60-ые годы XX в. распаханы описанные А.И. Куренцовым [15] семь довольно крупных участков степной растительности в 20 км южнее г. Орла – Черкасская степь (980 га), Фоминская – (257 га), Лавровская – (до 240 га), Бобринская (195 га), Ключевская – (до 352 га), Драгунская и Стрелецкая (по 20 га). Леса также во многих районах оказались почти полностью сведенными. Так, уже в конце XVIII в. в Тимском уезде Курской губернии их оставалось не более 6,3%, в Елецком уезде Орловской губернии 15%, в Липецком уезде 25,6%, в Лебединском – 24%, в Задонском – 24,2%, в Усманском уезде Воронежской губернии 52,6% [11].

В настоящее время большая часть территории Орловской области занята сельскохозяйственными землями, лесистость ее составляет всего лишь 9,3% [19].

#### Библиографический список

1. Алехин В.В. Центральные-Черноземные степи. Воронеж, 1934. 96 с.
2. Археологическая карта России: Орловская область. Г.К. Патрик (ред.). М.: Авто, 1992. 96 с.
3. Бадер О.Н. Проблема смещения ландшафтных зон в голоцене и археология // Первобытный человек, его материальная культура и природная среда в плейстоцене и голоцене. М., 1974. С. 225-230.

4. Восточноевропейские широколиственные леса. О.В. Смирнова (ред.). М.: Наука, 1994. 364 с.
5. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. О.В. Смирнова (ред.). М.: Наука, 2004. 479 с.
6. Гожев А.Д. Типы песков области среднего Дона // Тр. по лесн. опыт. делу центр. лесн. опыт. станции. 1929. Вып. 3. 170 с.
7. Городец В.А. Археология. Каменный период. М.-Л., 1925. Т.1. 396 с.
8. Городец В.А. Бронзовый век на территории СССР // Советская энциклопедия. 1-е изд. М., 1927. Т. 7. С. 610-626.
9. Динесман Л.Г. Реконструкция истории рецентных биогеоценозов по долговременным убежищам млекопитающих и птиц // Вековая динамика биогеоценозов. М.: Наука, 1992. С.5-17.
10. Долуханов П.М. Развитие природной среды и хозяйства первобытного населения Восточной Европы и Передней Азии в позднем плейстоцене и голоцене: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 1984. 54 с.
11. Кириков С.В. Человек и природа восточноевропейской лесостепи в X - начале XIX в. в. М.: Наука, 1979. 181 с.
12. Краснов Ю.А. Раннее земледелие и животноводство в лесной полосе Восточной Европы. М.: Наука, 1971. 168 с.
13. Краснощекова С.Д., Булатников О.Д. По дорогам минувших столетий. Ливны, 1995. 122 с.
14. Краснощекова С.Д., Краснитский Л.Н. Археология Орловской области. Орел: Вешние воды, 2006. 320 с.
15. Куренцов А.И. Степи в бассейне верхней Оки в бывшей Орловской губернии // Изв. Сев.-Черноземной обл. с.-х. опытной станции. Орел, 1929. Т. 3, вып. 2. С. 157-172.
16. Мерперт Н.Я. Древнейшие скотоводы Волжско-Уральского междуречья. М.: Наука, 1974. 152 с.
17. Мильков Ф.Н. Природа центрально-черноземных областей и ее преобразование // Вопросы географии, 1953. Сб. 32. С. 15-21.
18. Нейштадт М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 256 с.
19. Огуреева Г.Н., Киселева Л.Л., Пригоряну О.М. Долговременная динамика лесов центра Русской равнины // Сборник статей региональной конференции «Вторые чтения, посвященные памяти Ефремова Степана Ивановича». Пузина Т.И. (ред.). Орел, ОГУ: «Картуш», 2006. С. 170-175.
20. Пригоряну О.М., Киселева Л.Л. Структура и содержание географической информационной системы «Природные ресурсы Орловской области» // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». Орел, 2010. Вып. № 2. С. 127-133.
21. Саушкин Ю.Г. Географические очерки. М.: Сельхозгиз, 1947. 199 с.
22. Семенова-Тян-Шанская А.М. Динамика степной растительности. М.-Л.: Наука, 1966. 217 с.
23. Серебрянная Т.А. Развитие растительности Среднерусской возвышенности в голоцене: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1978. 19 с.
24. Сорокин А.Н. Мезолит Оки. Проблема культурных различий. Монография // Труды отдела охранных раскопок института археологии РАН. М., 2006. Т. 5. 308 с.
25. Сычева С.А., Узанов А.А. История антропогенного влияния на природу Курского посемья // Антропогенная эволюция геосистем и их компонентов. М., 1987. С. 105-120.
26. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 198 с.

#### References

1. Alekhin V.V. Central-Chernozem steppe. Voronezh, 1934. 96 p.
2. Archaeological Map of Russia: Oryol region / G.K. Patrick (ed.). M.: Auto, 1992. 96 p.
3. Bader O.N. The problem of displacement in Holocene landscape areas and archeology // Primitive man, its material culture and the natural environment in the Pleistocene and Holocene. M., 1974. Pp. 225-230.
4. Eastern European broadleaf forests / O.V. Smirnova (ed.). M.: Nauka, 1994. 364 p.
5. Eastern European forests: history and modernity in the Holocene. Book 1 / O.V. Smirnova (ed.). M.: Nauka, 2004. 479 p.
6. Gozhev A.D. Types sands region Middle Don // Works on Forest Experiment cause central Forest Experimental Station. 1929. Vol. 3. 170 p.
7. Gorodtsov V.A. Archaeology. Stone period. M.-L., 1925. Vol.1. 396 p.
8. The Bronze Age on the territory of the USSR // Soviet Encyclopedia. 1 edition. M., 1927. T. 7. Pp. 610-626.
9. Dinesman L.G. Reconstruction history recent biogeocoenoses on long-term shelters of mammals and birds // Century biogeocoenoses dynamics. M.: Nauka, 1992. Pp. 5-17.
10. Dolukhanov P.M. The development of the environment and the economy of the primitive population of Eastern Europe and Western Asia in the late Pleistocene and Holocene: author's abstract, Doctor of Geographical Sciences. M., 1984. 54 p.
11. Kirikov S.V. Man and nature in the Eastern European forest-steppe X- the beginning of the XIX centuries. M.: Nauka, 1979. 181 p.
12. Krasnov Yu.A. Early agriculture and animal husbandry in the forest belt of Eastern Europe. M.: Nauka, 1971. 168 p.
13. Krasnoshchekova S.D., Bulatnikov O.D. On the roads of the past centuries. Livny, 1995. 122 p.
14. Krasnoshchekova S.D., Krasnitskogo L.N. Archaeology of the Orel region. Orel.: "Spring Water", 2006. 320 p.
15. Kurentsov A.I. Steppes in the upper basin of the Oka in the former province of Orel // Bulletin of Northeast Black Soil Regional Agricultural Research Station. Orel, 1929. Vol. 3. Issue 2. Pp. 157-172.
16. Merpert N.Ya. The earliest pastoralists between the Volga and the Ural. M.: Nauka, 1974. 152 p.
17. Milkov F.N. Nature of Central Black Earth region and its transformation // Questions of Geography, 1953. Coll. 32. Pp. 15-21.
18. Neistadt M.I. History of forests and paleogeography of the USSR in the Holocene. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. 256 p.
19. Ogureeva G.N, Kiseleva L.L., Prigoryanu O.M. Long-term dynamics of forest center of the Russian Plain // Collected papers of a regional conference of the "Second readings in memory of Ephremov Stepan Ivanovich" / Puzina Vol.I. (ed.). Orel, OSU: "Cartouche", 2006. Pp. 170-175.
20. Prigoryanu O.M., Kiseleva L.L. The structure and content of a geographic information system "Natural resources Orel region" // Scientific notes of Orel State University. A series of "natural, engineering and medical sciences." Orel, 2010. Vol. № 2. Pp. 127-133.
21. Saushkin Ju.G. Geographical essays. M.: Selkhozgiz, 1947. 199 p.
22. Semenova-Tyan-Shanskaya A.M. Dynamics of steppe vegetation. - M.-L.: Nauka, 1966. 217 p.
23. Serebrjannaja T.A. Development of Central Russian Upland vegetation in the Holocene: author's abstract, candidate dissertation in Geographical Sciences. M., 1978. 19 p.
24. Sorokin A.N. Mesolithic Oka. The problem of cultural differences. Monograph // Works of the excavation security of Institute of Archaeology of RAS. Moscow, 2006. Vol. 5. 308 p.
25. Sycheva S.A., Uzanov A.A. The history of human influence on the nature of the Kursk Posem // Anthropogenic evolution of geosystems and their components. M., 1987. Pp. 105-120.
26. Khotinski N.A. Holocene Northern Eurasia. M.: Nauka, 1977. 198 p.



УДК 502.75:582

UDC 502.75:582

**Л.Л. КИСЕЛЕВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет

E-mail: LLKiseleva@yandex.ru

**Е.А. ПАРАХИНА**

кандидат биологических наук, ведущий специалист, Федеральная антимонопольная служба

E-mail: eparachina@yandex.ru

**Н.И. ЗОЛОТУХИН**

старший научный сотрудник, Центральное-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. профессора В.В. Алехина

E-mail: zolotukhin@zapoved-kursk.ru

**L.L. KISELEVA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of botany, Orel State University

E-mail: LLKiseleva@yandex.ru

**E.A. PARAKHINA**

Candidate of Biology, Leading Expert, Federal Antimonopoly Service

E-mail: eparachina@yandex.ru

**N.I. ZOLOTUKHIN**

Senior Researcher, Central Chernozem National Natural Biospheric Park named after professor V.V. Alyokhin

E-mail: zolotukhin@zapoved-kursk.ru

## НОВЫЕ ВИДЫ И НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2014 ГОДУ\*

### NEW SPECIES AND NEW SITES OF RARE AND PROTECTED PLANTS OF THE OREL AREA IN 2014

В результате исследований флоры Орловской области в 2014 г. были выявлены: 4 новых вида для региона (*Crataegus azarella*, *Rosa sherardii*, *R. tomentosa*, *R. uncinella*); 45 новых видов редких и охраняемых растений для 8 административных районов.

Ключевые слова: новые виды сосудистых растений, Орловская область, охраняемые растения.

As a result of the studies of flora Orel region in 2014 a new species for region (*Crataegus azarella*, *Rosa sherardii*, *R. tomentosa*, *R. uncinella*), 45 new species of rare and protected plants for 8 administrative districts have been identified.

Keywords: new species of vascular plants, the Orel province, protected plants.

В 2014 г. были проведены исследования флоры сосудистых растений на территории 9 административных районов Орловской области: Болховского, Должанского, Колпнянского, Ливенского, Малоархангельского, Мценского, Новодеревеньковского, Орловского, Хотынецкого. Гербарные образцы сосудистых растений хранятся в гербариях Орловского гос. университета (ОНИИ), Московского гос. университета им. М.В. Ломоносова (МВ), Центрально-Черноземного гос. заповедника им. проф. В.В. Алехина (ЦЧЗ). Приводим список флористических находок (научные названия видов, даны по П.Ф. Маевскому [6]). Виды, занесенные в Красную книгу Орловской области [5], помечены – \*.

***Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco s. l. – Псевдотсуга Мензиса.** Мценский р-н, с. Спасское-Лутовиново, музей-заповедник «Усадьба И.С. Тургенева», западнее Большого пруда, аллеиные посадки, возраст более 20 лет, 21 IX 2014, Золотухин Н.И. (ЦЧЗ). Новый вид для Мценского р-на.

***Avenella flexuosa* (L.) Drejer (*Lerchenfeldia flexuosa* (L.) Schur) – Овсик извилистый, или Лерхенфельдия извилистая.** Хотынецкий р-н, национальный парк «Орловское полесье», Тургеневское л-во, окр. д. Радовище, ур. «Кудеярова гора», сосняк на песке, на площади около 300 кв. м, 20 IX 2014, Золотухин Н.И., Щербаков А.В. (ЦЧЗ).

***Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv. – Коротконожка лесная.** 1) Должанский р-н, 1 км южнее д. Кудиново, 52°07' с.ш., 37°23' в.д., липово-кленово-дубовый лес разнотравный, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) Орловский р-н, 1,4 км юго-восточнее д. Клейменово, 53°08' с.ш., 36°13' в.д., березовый лес на склоне балки северо-восточной экспозиции, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ).

***Helictotrichon schellianum* (Hack.) Kitag. – Овсец Шелля.** Новодеревеньковский р-н, 0,9 км юго-западнее д. Юрьев Лес, 53°04' с.ш., 37°47' в.д., ур. Заклятье, поляна в широколиственном лесу, 13 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Melica altissima* L. – Перловник высокий.** Новодеревеньковский р-н, юго-вост. часть д. Елагино, 52°50' с.ш., 37°34' в.д., у дороги, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Stipa capillata* L. – Ковыль волосовидный.** 1) Новодеревеньковский р-н, 1 км северо-восточнее с. Моховое, 53°03' с.ш., 37°22' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 1 V 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) 0,7 км северо-восточнее с. Вахново, 52°17' с.ш., 37°28' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***\*Stipa pennata* L. var. *okensis* (P. Smirnov) Tzvel. –**

\* Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ Орловскому государственному университету. Проект № 1506 «Эволюция экосистем Среднерусской возвышенности в ближайшем геологическом прошлом, настоящем и прогноз их развития в условиях климатических изменений».

**Ковыль перистый.** *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

*Carex humilis* Leyss. – **Осока низкая.** *Новодеревеньковский р-н*, 1 км северо-восточнее с. Моховое, 53°03' с.ш., 37°22' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 1 V 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ).

*Carex obtusata* Liljebl. – **Осока притуплённая.** Вид был известен из единственного местонахождения (Кромской р-н, болотистая притеррасная пойма р. Кнубрь около Бобринской степи, 7 VI 1926, Рыбакова Т., MW). Нами собран в *Новодеревеньковском р-не*: 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 1 V 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

*Scirpus radicans* Schkuhr – **Камыш укореняющийся.** *Хотынецкий р-н*, национальный парк «Орловское полесье», у с. Старое, озеро-пруд Старое, юго-западная часть, сыроватый песчаный берег, 20 IX 2014, Золотухин Н.И. (ЦЧЗ).

*Allium podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib. – **Лук подольский.** *Новодеревеньковский р-н*, 1 км северо-восточнее с. Моховое, 53°03' с.ш., 37°22' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

*\*Iris aphylla* L. – **Касатик безлистный.** 1) *Должанский р-н*, 1,3 км севернее д. Русановка 1-я, 52°04' с.ш., 37°24' в.д., дубрава, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). 2) *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 1 V 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ).

*Epipactis helleborine* (L.) Crantz – **Дремлик широколистный.** 1) *Новодеревеньковский р-н*, 0,8 км юго-западнее д. Юрьев Лес, 53°04' с.ш., 37°47' в.д., ур. Заклятье, широколиственный лес, 13 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); *Должанский р-н*: 2) 1,3 км сев. д. Русановка 1-я, 52°04' с.ш., 37°24' в.д., дубрава, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 3) 1 км южнее д. Кудиново, 52°07' с.ш., 37°23' в.д., широколиственный лес, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского и Должанского р-нов.

*Polygonum neglectum* Bess. – **Спорыш незамеченный.** *Хотынецкий р-н*, национальный парк «Орловское полесье», бассейн р. Радовище, восточнее оз. Старое, сосняк на песке, на тропах к святому источнику, 20 IX 2014, Золотухин Н.И. (ЦЧЗ). Новый вид для Хотынецкого р-на.

*Reynoutria × bohemica* Chrték et Chrtkova – **Рейнутрия богемская.** *Болховский р-н*, д. Топкий Ржавец, 53°15' с.ш., 36°06' в.д., на месте бывшей усадьбы, 17 VIII 2014, Киселева Л.Л., Вышегородских Н.В., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ).

*Dianthus fischeri* Spreng. – **Гвоздика Фишера.** *Орловский р-н*, 0,8 км юго-восточнее д. Плаутино, 53°08'

с.ш., 36°15' в.д., склон балки южной экспозиции, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ).

*Aconitum lasiostomum* Reichenb. ex Bess. – **Борец шерстистоустый.** *Новодеревеньковский р-н*, 1 км юго-западнее д. Юрьев Лес, 53°04' с.ш., 37°47' в.д., ур. Заклятье, широколиственный лес, 13 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

*\*Adonis vernalis* L. – **Адонис весенний.** *Новодеревеньковский р-н*, 0,2 км юго-западнее д. Юрьев Лес, 53°04' с.ш., 37°47' в.д., склон балки южной экспозиции, 13 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

*\*Delphinium cuneatum* Stev. ex DC. – **Живокость клиновидная.** *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, 12 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

*Ficaria verna* P. Smirnov – **Чистяк степной.** *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., дно балки, 1 V 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

*Alyssum calycinum* L. – **Бурачок чашечный.** *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

*Agrimonía procera* Wallr. – **Репешок высокий.** *Мценский р-н*: 1) 1,5 км юго-восточнее д. Клейменово, 53°08' с.ш., 36°13' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ); 2) 0,7 км южнее д. Азарово, 53°09' с.ш., 36°29' в.д., склон балки северо-восточной экспозиции, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Мценского р-на.

*Alchemilla congesta* H. Lindb. – **Манжетка шаровидно-скупенная.** *Должанский р-н*, между с. Тим и д. Лебёдки, Середнинский верх, 1 км выше п. Красное (Середний), склон южной экспозиции, суходольный луг, sol, 19 V 2005, собр. Н.И. Золотухин, переопр. А. Czkalov, 11 III 2015, ранее был опр. как *A. propinqua* H. Lindb. ex Juz. (ЦЧЗ). Новый вид для Должанского р-на.

*Alchemilla subcrenata* Buser – **Манжетка городковатая.** *Должанский р-н*, между д. Слободка и д. Лебёдки, левая сторона Середнинского лога ниже п. Красное (Середний), сыроватый луг, sp gr, 19 V 2005, собр. Н.И. Золотухин, опр. Н.И. Золотухин, подтвердил А. Czkalov 11 III 2015 (ЦЧЗ).

*\*Amygdalus nana* L. – **Степной миндаль, Бобовник низкий.** *Ливенский р-н*, 1,5 км севернее д. Викторовка, 52°25' с.ш., 37°50' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

*\*Cotoneaster alauicus* Golits. – **Кизильник алаунский.** *Новодеревеньковский р-н*, 1) 0,1 км юго-восточнее с. Елагино, 52°50' с.ш., 37°34' в.д., склон северо-западной экспозиции левого берега р. Любовша, 10 VII 2014, Киселева Л.Л., Лепешкина Л.А. (ОНИИ); 2) 0,1 км



южнее д. Кадушечки, 52°49' с.ш., 37°25' в.д., основание закустаренного склона балки северо-восточной экспозиции, 11 VII 2014, Лепешкина Л.А., Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Crataegus azarella* Griseb. – Боярышник азерелла.** Новодеревеньковский р-н, 0,1 км южнее д. Кадушечки, 52°49' с.ш., 37°25' в.д., остепненный склон балки юго-западной экспозиции, 11 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Орловской области.

***Crataegus chlorocarpa* Lenne et C. Koch – Боярышник зеленоплодный.** Ранее указывался только для Залегощенского р-на (древесный питомник близ ст. Залегощь, Срединский, 1889, LE) [7]. Мценский р-н, 1,5 км юго-восточнее д. Клейменово, 53°08' с.ш., 36°13' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Мценского р-на.

***Malus niedzwetzkyana* Dieck – Яблоня Недзвецкого.** Ранее вид отмечался только в Орловском р-не (дендрарий ВНИИСПК) [7]. Новодеревеньковский р-н, 0,8 км юго-восточнее с. Моховое, склон балки восточной экспозиции, 12 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Парахина Е.А. (ОНИИ).

***Rosa corymbifera* Borkh. – Роза щитконосная.** 1) Мценский р-н, 1,5 км юго-вост. д. Клейменово, 53°08' с.ш., 36°13' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ); 2) 1,3 км юго-восточнее д. Волково, 53°13' с.ш., 36°33' в.д., опушка березового леса, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Мценского р-на.

***Rosa dumalis* Bechst. – Шиповник рощевого.** Ранее отмечался в Ливенском р-не [4], собирался также в Орловском р-не (г. Орел, п. Лужки, ж.д. станция, склон оврага, 10 VI 2008, Радыгина В.И., Булгаков И.Л., ОНИИ). Мценский р-н, 0,8 км юго-западнее д. Сычи, 53°03' с.ш., 36°31' в.д., опушка дубовой посадки, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Мценского р-на.

***Rosa podolica* Tratt. – Роза подольская.** 1) Ливенский р-н, 1,5 км севернее д. Викторówka, 52°25' с.ш., 37°50' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 10 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ); 2) Малоархангельский р-н, 2,5 км западнее д. Хмелевое, 52°21' с.ш., 36°52' в.д., ур. Светлая дача, березовый лес, 15 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ); Новодеревеньковский р-н: 3) 0,1 км юго-восточнее с. Елагино, 52°50' с.ш., 37°34' в.д., склон северо-западной экспозиции левого берега р. Любовша, 10 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ); 4) 0,8 км юго-восточнее с. Моховое, склон балки восточной экспозиции, 12 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Ливенского, Малоархангельского и Новодеревеньковского р-нов.

***Rosa sherardii* Davies – Шиповник Жерарда.** Должанский р-н, 0,3 км севернее д. Русановка 1-я, 52°04' с.ш., 37°24' в.д., березовая лесополоса у автомобильной дороги, 14 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И.

(ОНИИ). Новый вид для Орловской области.

***Rosa tomentosa* Smith – Шиповник войлочный.** Мценский р-н, д. Сычи, 53°04' с.ш., 36°32' в.д., склон балки северо-западной экспозиции, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Орловской области.

***Rosa uncinella* Bess. – Шиповник крючковатый.** Мценский р-н, 0,3 км восточнее д. Гаврилец, 53°10' с.ш., 36°34' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Орловской области.

***Rosa villosa* L. (*R. pomifera* Herzm.) – Шиповник мохнатый.** Мценский р-н: 1) 1,5 км юго-вост. д. Клейменово, 53°08' с.ш., 36°13' в.д., склон балки юго-вост. экспозиции, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ); 2) 1,3 км юго-восточнее д. Волково, 53°13' с.ш., 36°33' в.д., опушка березового леса, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ); 3) 1,7 км восточнее д. Азарово, 53°10' с.ш., 36°32' в.д., опушка березового леса, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 4) Новодеревеньковский р-н, 0,2 км юго-западнее д. Юрьев Лес, 53°04' с.ш., 37°47' в.д., обочина грунтовой дороги, 13 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 5) Орловский р-н, 0,6 км юго-западнее д. Высокое, 53°06' с.ш., 36°18' в.д., березовый лес, 11 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Spiraea litvinovii* Dobrocz. – Спирея Литвинова.** Новодеревеньковский р-н, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 1 V 2014, 11 VI 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Astragalus austriacus* Jacq. – Астрагал австрийский.** Новодеревеньковский р-н, 1 км северо-восточнее с. Моховое, 53°03' с.ш., 37°22' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Ononis repens* L. – Стальник ползучий.** Орловский р-н, 0,1 км юго-восточнее с. Шепино, 53°06' с.ш., 37°03' в.д., левый берег р. Оки, пойменный луг, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ).

***Vicia pisiformis* L. – Горошек гороховидный.** Новодеревеньковский р-н, 1,2 км северо-восточнее д. Курдяевка, 53°01' с.ш., 37°20' в.д., ур. Колок, опушка лесопитомника, 12 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Euphorbia subtilis* Prokh. – Молочай тонкий.** Новодеревеньковский р-н, 0,6 км юго-восточнее д. Кадушечки, 52°49' с.ш., 37°25' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 11 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Hypericum elegans* Stephan ex Willd. – Зверобой изящный.** Орловский р-н, 0,8 км юго-восточнее д. Плаутино, 53°08' с.ш., 36°15' в.д., склон балки южной экспозиции, 15 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ).

***Viola suavis* Bieb. – Фиалка приятная.** Должанский р-н, 1,2 км южнее д. Кудиново, 52°07' с.ш., 37°23' в.д.,

липово-кленово-дубовый лес лещиновы, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Должанского р-на.

**\**Circaea lutetiana* L. – Двулепестник парижский.**

1) *Новодеревеньковский р-н*, 0,3 км юго-восточнее с. Моховое, 53°02' с.ш., 37°21' в.д., ур. Колок, широколиственный лес, 12 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) *Должанский р-н*, 1,2 км южнее д. Кудиново, 52°07' с.ш., 37°23' в.д., липово-кленово-дубовый лес, берег ручья, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского и Должанского р-нов.

***Sium sisarum* L. – Поручейник сахарный.** *Должанский р-н*, 0,8 км южнее д. Шолохово, 52°06' с.ш., 37°21' в.д., берег ручья, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Chaerophyllum aromaticum* L. – Бутень ароматный.** *Мценский р-н*: 1) 1 км северо-восточнее д. Шеино, 53°12' с.ш., 36°31' в.д., дубовая лесопосадка, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) 0,7 км южнее д. Азарово, 53°09' с.ш., 36°29' в.д., склон балки северо-восточной экспозиции, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 3) 0,2 км восточнее д. Гаврилец, 53°10' с.ш., 36°34' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 4) д. Сычи, 53°04' с.ш., 36°32' в.д., склон балки северо-западной экспозиции, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 5) 2,2 км юго-западнее д. Сычи, 53°03' с.ш., 36°30' в.д., опушка дубового леса, 20 VIII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Xanthoselinum alsaticum* (L.) Schur – Златогоричник эльзасский.** 1) *Новодеревеньковский р-н*, 0,6 км юго-восточнее д. Кадушечки, 52°49' с.ш., 37°25' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 11 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

**\**Gentiana cruciata* L. – Горечавка крестовидная, или Соколий перелёт.** 1) *Ливенский р-н*, 3,7 км северо-восточнее с. Вахново, 52°18' с.ш., 37°30' в.д., вершина склона балки юго-восточной экспозиции, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) *Новодеревеньковский р-н*, 0,2 км юго-западнее д. Юрьев Лес, 53°04' с.ш., 37°47' в.д., склон балки южной экспозиции, 13 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Cuscuta approximata* Bab. – Повилика сближенная.** *Ливенский р-н*, 5 км юго-восточнее с. Навесное, 52°15' с.ш., 38°02' в.д., левый берег р. Олым, урочище Кузилинка, склон юго-восточной экспозиции, луговая степь, 9 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Более 50-ти лет назад вид собирался в этом же местонахождении: левый берег Олыма против с. Галичье (Кузилиха), каменистая степь, 10 VIII 1949, Митрофанова Н., Голицын С.В., Виноградов Н.П. (VU) [2].

***Mentha longifolia* (L.) Huds. – Мята длиннолистная.** 1) *Должанский р-н*, 0,8 км южнее д. Шолохово, 52°06' с.ш., 37°21' в.д., берег ручья, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) *Новодеревеньковский р-н*, 0,1 км юго-восточнее с. Елагино, 52°50' с.ш., 37°34' в.д., левый берег р. Любовша, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Scrophularia umbrosa* Dumort. – Норичник крыла-**

**тый.** *Новодеревеньковский р-н*: 1) 0,4 км юго-западнее с. Моховое, 53°02' с.ш., 37°19' в.д., правый берег р. Раковки, 28 VIII 2013, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) юго-восточная часть с. Елагино, 52°50' с.ш., 37°34' в.д., левый берег р. Любовша, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Veronica austriaca* L. (*V. jacquinii* Baumg.) – Вероника австрийская.** *Новодеревеньковский р-н*, 0,6 км юго-восточнее д. Кадушечки, 52°49' с.ш., 37°25' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 11 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Veronica persica* Poir. – Вероника персидская.** Адвентивный вид, известный ранее из Знаменского, Новодеревеньковского и Орловского р-нов (ОНИИ). Нами встречен еще в двух местонахождениях в *Новодеревеньковском р-не*: 1) 0,4 км юго-западнее с. Моховое, 53°02' с.ш., 37°19' в.д., правый берег р. Раковки, 28 VIII 2013, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) 0,3 км юго-восточнее с. Моховое, 53°02' с.ш., 37°21' в.д., ур. Колок, обочина дороги в широколиственном лесу, 12 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Orobanche alba* Steph. – Заразиха белая.** *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Orobanche bartlingii* Griseb. – Заразиха Бартлинга.** Вид не собирался в Орловской области более 100 лет [2]. Нами вид встречен в *Новодеревеньковском р-не*: 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 12 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Orobanche elatior* Sutt. – Заразиха высокая.** С территории Орловской области вид известен был из Орловского уезда (1887, Артари, MW). Нами вид встречен в двух местонахождениях в *Новодеревеньковском р-не*: 1) 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 12 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (MW, ОНИИ); 2) 0,5 км юго-восточнее д. Кадушечки, 52°49' с.ш., 37°25' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 12 VII 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (MW, ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Plantago uliginosa* F.W. Schmidt – Подорожник топяной.** *Хотынецкий р-н*, национальный парк «Орловское полесье», бассейн р. Радовище, восточнее оз. Старое, сосняк на песке, на тропах к святому источнику, 20 IX 2014, Золотухин Н.И. (ЦЧЗ). Новый вид для Хотынецкого р-на.

***Galium intermedium* Schult. – Подмаренник промежуточный.** *Новодеревеньковский р-н*, 1 км юго-западнее д. Юрьев Лес, 53°04' с.ш., 37°46' в.д., ур. Заклятье, широколиственный лес, 13 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Galium octonarium* (Klok.) Soó – Подмаренник восьмилистный.** *Новодеревеньковский р-н*, 1 км северо-восточнее с. Моховое, 53°03' с.ш., 37°22' в.д., склон

балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Campanula altaica* Ledeb. – Колокольчик алтайский.** 1) *Ливенский р-н*, 1,5 км севернее д. Викторовка, 52°25' с.ш., 37°50' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). 2) *Новодеревеньковский р-н*, 0,1 км юго-восточнее с. Елагино, 52°50' с.ш., 37°34' в.д., склон северо-западной экспозиции левого берега р. Любовша, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 3) *Должанский р-н*, 0,8 км южнее д. Шолохово, 52°06' с.ш., 37°21' в.д., склон балки северной экспозиции, 14 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Centaurea apiculata* Ledeb. – Василек шипиконосный.** *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л., опр. Золотухин Н.И. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Jurinea arachnoidea* Bunge – Наголоватка паутинистая.** *Новодеревеньковский р-н*, 1,7 км северо-восточнее с. Моховое, 53°04' с.ш., 37°21' в.д., вершина склона балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). В окр. с. Моховое этот вид отмечался в 1850 г. Н.И. Анненковым [1].

***Mycelis muralis* (L.) Dumort. – Мицелис стеной.** 1) *Орловский р-н*, 0,6 км западнее д. Высокое, 53°07' с.ш., 36°19' в.д., опушка дубового леса, 11 VIII 2014, Киселева Л.Л., Парахина Е.А. (ОНИИ); 2) *Колпнянский р-н*, 0,2 км южнее д. Яковка, 52°17' с.ш., 37°28' в.д., Яковский лес, у лесной дороги, 15 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Колпнянского р-на.

***Hypochoeris radicata* L. – Пазник стержнекорневой.** *Хотынецкий р-н*, 1,5 км северо-восточнее

п. Жудерский, 53°16' с.ш., 35°18' в.д., сосновый лес, 5 IX 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***\*Scorzonera purpurea* L. – Козелец пурпурный.** 1) *Орловский р-н*, близ с. Гать, известняковый склон в месте впадения р. Цон в Оку, 25 V 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) 0,7 км северо-восточнее с. Вахново, 52°17' с.ш., 37°28' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 10 VII 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Scorzonera stricta* Hornem. – Козелец торчащий.** *Новодеревеньковский р-н*, 1 км северо-восточнее с. Моховое, 53°03' с.ш., 37°22' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Scorzonera taurica* Bieb. – Козелец крымский.** *Новодеревеньковский р-н*, 1 км северо-восточнее с. Моховое, 53°03' с.ш., 37°22' в.д., склон балки юго-западной экспозиции, 11 VI 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ). Новый вид для Новодеревеньковского р-на.

***Senecio integrifolius* (L.) Clairv. – Крестовник цельнолистный.** *Орловский р-н*, 0,5 км зап. с. Гать, 52°53' с.ш., 36°00' в.д., склон южной экспозиции лев. берега р. Оки в месте впадения р. Цон, разнотравно-ковыльная степь, 24 V 2014, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

Таким образом, в результате исследований флоры Орловской обл. в 2014 г. были получены следующие данные: 4 новых вида для флоры региона (*Crataegus azarella*, *Rosa sherardii*, *R. tomentosa*, *R. uncinella*). Кроме того, для восьми административных районов отмечены новые виды: 26 – для Новодеревеньковского, 7 – для Мценского, 6 – для Должанского, 2 – для Хотынецкого, по 1 – для Болховского, Малоархангельского, Ливенского и Колпнянского р-нов. Местонахождения этих видов занесены в тематический слой геоинформационной системы MapInfo [3, 8] «Редкие и охраняемые растения Орловской области».

#### Библиографический список

1. Анненков Н.И. Поездка в село Моховое, заведомое г. Майером (Тульск. губ., Новосил. у.) // Журн. сел. хоз-ва и овцеводства. 1850. № 10. С. 3-80.
2. Атлас редких и охраняемых растений Орловской области: Монография / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну, А.В. Щербakov, Н.И. Золотухин / Под ред. М.В. Казаковой. Орел, Издатель Александр Владимирович Воробьев, 2012. 468 с.
3. Киселева Л.Л. ГИС-анализ редкой флоры Орловской области // Проблемы региональной экологии. 2012. № 5. С. 139-143.
4. Киселева Л.Л., Золотухин Н.И., Фандеева О.И. Новые виды и новые местонахождения редких и охраняемых растений Орловской области в 2012 году // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». 2012. № 6 (50). С. 130-137.
5. Киселева Л.Л., Пригоряну О.М. Отдел Покрытосеменные // Красная книга Орловской области. Грибы. Растения. Животные / отв. ред. О.М. Пригоряну. Орел, 2007. С. 22-105.
6. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд., испр. и доп. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2014. 635 с.
7. Парахина Е.А. Список древесных растений Орловской области. М., 2009. 104 с.
8. Пригоряну О.М., Киселева Л.Л. Структура и содержание географической информационной системы «Природные ресурсы Орловской области» // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». 2010. № 2. С. 127-133.

#### References

1. Annenkov N.I. The trip to the village Mokhovoe, headed by Mayer (the Tula province Novosilsky County) // Journal of Agriculture and sheep breeding. 1850. № 10. Pp. 3-80.
2. Atlas of rare and protected plants of Orel Region: Monograph / L.L. Kiseleva, O.M. Prigoryanu, A.V. Shcherbakov, N.I. Zolotukhin / Ed. M.V. Kazakova. Orel, Publisher Alexander Vladimirovich Vorobyov, 2012. 468 p.
3. Kiseleva L.L. GIS-analysis of the rarity fraction of flora of Orel Region // Problems of regional ecology. 2012. № 5. Pp. 139-143.
4. Kiseleva L.L., Zolotukhin N.I., Fandeeva O.I. New species and new location of rare and protected plants of Orel region in 2012 // Scientific Notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical sciences". 2012. № 6 (50). Pp. 130-137.
5. Kiseleva L.L., Prigoryanu O.M. Group of Angiosperms // Red Book of Orel Region. Mushrooms. Plants. Animals / Ed. O.M. Prigoryanu. Orel, 2007. Pp. 22-105.

6. *Maevsky P.F.* Flora of the middle belt of the European part of Russia / P.F. Majewski. 11th ed., Rev. and add. Moscow: Association of scientific publications KMK. 2014. 635 p.
  7. *Parakhina E.A.* List of woody plants Orel. M., 2009. 104 p.
  8. *Prigoryanu O.M., Kiseleva L.L.* The structure and content of a geographic information system “Natural resources of Orel region” // Scientific Notes of Orel State University. Series: “Natural, technical and medical sciences”. 2010. № 2. Pp. 127-133.
-



УДК 632.5:581.175:633

UDC 632.5:581.175:633

**М.Н. КОНДРАТЬЕВ**

доктор биологических наук, профессор, кафедра физиологии растений, Российский государственный аграрный университет, Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева

E-mail: tel06ck@rambler.ru

**Ю.С. ЛАРИКОВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра физиологии растений, Российский государственный аграрный университет, Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева

E-mail: yulialarikova@rambler.ru

**С.Н. БУДАРИН**

аспирант, кафедра физиологии растений, Российский государственный аграрный университет, Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева

E-mail: snegin20000@yandex.ru

**M.N. KONDRATIEV**

Doctor of Biology, Professor, Department of plant physiology, Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

E-mail: tel06ck@rambler.ru

**YU.S. LARIKOVA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of plant physiology, Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

E-mail: yulialarikova@rambler.ru

**S.N. BUDARIN**

Graduate student, Department of plant physiology, Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

E-mail: snegin20000@yandex.ru

**ДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ СОКА ЛИСТЬЕВ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN) НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И РОСТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

**THE EFFECT OF THE COMPONENTS OF THE JUICE OF THE LEAVES OF HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN ON THE GERMINATION AND GROWTH OF THE AGRICULTURAL AND MEDICINAL PLANTS**

*Подтверждены аллелопатические свойства компонентов клеточного сока из листьев борщевика Сосновского (Heracleum sosnowskyi Manden). Эффект на прорастание семян и рост проростков и молодых растений зависит от концентрации клеточного сока, вида растения и величины семян.*

*Ключевые слова:* борщевик Сосновского, клеточный сок, культурные растения, лекарственные растения, аллелопатия.

*Allelopathic properties of the components of the cell sap from the leaves Sosnowski hogweed (Heracleum sosnowskyi Manden) are confirmed. The effect on seed germination and seedling and young plants growth depended on the concentration of the cell sap, plant species and seed size.*

*Keywords:* hogweed Sosnoskyi, cell sap, cultivated plants, medicinal plants, allelopathy.

Одним из главных признаков сложившегося фитоценоза (агрофитоценоза) является наличие системы взаимоотношений между растениями [2]. Их изучение, в силу видового разнообразия естественных фитоценозов и сильного влияния абиотических факторов, представляет собой трудную задачу и может быть реализовано либо в виде эксперимента, в ходе которого изучаются взаимоотношения двух конкретных видов, либо вычленением таких отношений из комплекса других с применением методов математического анализа. В комплексном действии среды значение отдельных факторов неравноценно. Факторы могут быть ведущими (главными) и второстепенными. Ведущие факторы различаются для разных растительных видов, даже если они живут в одном месте, а также и для одного организма в разные периоды его жизни.

Вымирание видов и сокращение биоразнообразия, прежде всего, связано с влиянием деятельности человека. Однако определённое количество растительных видов вымирает вследствие естественного отбора, включая механизмы взаимодействия растений, такие как конкуренция и аллелопатия. В ходе эволюции как конкуренция, так и аллелопатия играют более важную роль в регулировании видового разнообразия расти-

тельных сообществ [9]. Все растения выделяют различные вещества, которые могут повлиять на рост других растений. Активные соединения могут выделяться живыми корнями растений, вымываться из листьев и побегов в почву осадками или высвобождаться в почву вследствие разложения органических остатков. Некоторые из этих соединений оказывают негативное действие на всхожесть семян, замедляют рост проростков, оказывают повреждающее действие на корни и побеги, обуславливая даже их гибель [5]. Так как каждый вид растений выделяет уникальное сочетание потенциальных аллелопатических веществ, то сама по себе чувствительность к одним аллелохимикалиям и терпимость к другим может зависеть от вида воспринимающего аллелохимикалии растения.

Из сотен тысяч видов растений относительно немногие имеют возможность вторгнуться в новые места обитания. Как показали наши исследования [3], борщевик Сосновского, не являясь экзотическим видом для большинства районов Российской Федерации, тем не менее, обладает хорошо выраженными чертами инвазивности [4]. Скорее всего, аллелопатия не является доминирующим механизмом взаимодействия растений, но можно утверждать, что она должна рассматриваться в качестве



потенциального механизма для объяснения успешного внедрения в растительные сообщества эргазиофитофита борщевика Сосновского.

Вторичные соединения, с которыми связаны аллелопатические свойства растений, в значительных количествах содержатся и в лекарственных растениях [7], причём их компонентный состав находится под генетическим контролем [8], а концентрация в клеточном соке в значительной степени определяется экологическими условиями произрастания [10]. В этой связи возникает необходимость изучить действие компонентов сока его листьев на морфофизиологические характеристики как сельскохозяйственных, так и лекарственных растений.

Следует считать актуальным, на сколько виды, сами содержащие вторичные соединения, обладают толерантностью к компонентам клеточного сока борщевика Сосновского.

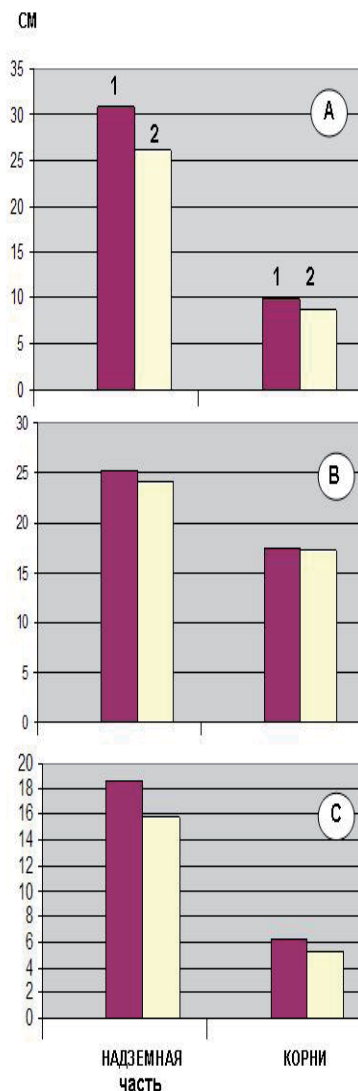
Исследования проводились в лаборатории искусственного климата кафедры физиологии растений на растениях редиса (*Raphanus sativus* L.), листового салата (*Lactuca sativa* L.) и кресс-салата (*Lepidium sativum* L.), используемых в качестве тест-растений. Выделение сока из листьев борщевика и приготовление его водных растворов было описано нами ранее [3]. В качестве эффектора на названные объекты применялся раствор сока борщевика, разбавленный в два раза (сок борщевика:вода = 1:1). Опрыскивание растений растворами осуществляли, начиная с двухнедельного возраста опытных растений, каждые вторые сутки (всего 7 обработок). Анализировались 30-дневные растения (Рис. 1), выращенные в почвенной культуре в сосудах объёмом 1,5 литра, по пять растений на сосуд. В качестве субстрата использовался нейтральный верховой торф «Агробалт-С» с полным набором питательных элементов. Эксперимент повторялся во времени дважды, повторность вариантов четырёхкратная. Статистическую обработку полученных данных проводили методом Фишера-Стьюдента [1].



**Рис. 1.** Действие водного раствора сока борщевика Сосновского (1:1) на 30-дневные растения редиса, листового салата и кресс-салата (семикратное опрыскивание, начиная с 14-дневного возраста растений).

Многokратное опрыскивание 18-дневных тест-растений к 30-ому дню выращивания существенно отразилось как на внешнем облике опытных растений

(рис. 1), так и на их основных морфофизиологических характеристиках (рис. 2, табл. 1).



**Рис. 2.** Действие водного раствора сока борщевика Сосновского на линейные параметры органов культурных растений А – редис, В – салат, С – кресс-салат; 1 – контроль (опрыскивание водой), 2 – опрыскивание водным раствором сока борщевика.

Ингибирование (отношение показателей опытных вариантов к контролю) роста надземных органов варьировало от 15,6 до 4,5%, тогда как длины корней – от 14,3 до 2,2%. Более устойчивым к обработке экстрактом борщевика оказались растения листового салата. Рост надземных частей растений ингибировался сильнее, чем корней (рис. 2).

Тем не менее, сухая масса корней растений редиса, обработанных соком борщевика, уменьшалась в большей степени (на 25%), по сравнению с надземной частью (на 17%). У кресс-салата эти цифры составляли соответственно 43 и 34%, у листового салата – 27 и 9%. При опрыскивании соком борщевика существенно нарушалась морфология листьев растений (табл. 1). При сравнении силы негативного эффекта между опытными растениями площадь листьев уменьшалась в ряду (от большего к меньшему эффекту): кресс-салат – редис – салат. Изменялись и морфофизиологические свойства листьев опытных растений.

Таблица 1.

Морфофизиологические характеристики 30-дневных культурных растений после воздействия на них водным раствором сока борщевика Сосновского

М о р ф о - физиологические характеристики	Органы растений	Культуры					
		Редис		Листовой салат		Кресс-салат	
		К	Б	К	Б	К	Б
Сырая масса (г)	листья	29,11±1,78	24,16±1,75	44,19±2,32	37,00±5,73	3,09±0,19	1,66±0,39
	корни	53,28±4,81	40,72±6,26	12,93±2,60	10,75±0,95	0,41±0,07	0,26±0,07
Сухая масса (г)	листья	2,51±0,11	2,07±0,27	3,56±0,21	3,24±0,78	0,29±0,02	0,19±0,03
	корни	2,46±0,27	1,84±0,24	2,09±0,39	1,52±0,21	0,061±0,01	0,035±0,01
S (мм <sup>2</sup> )	листья	638,5±24,4	488,2±31,4	1258,9±89,6	985,4±96,4	91,6±5,1	55,1±14,9
* УПЛ (м <sup>2</sup> /кг)	листья	21,93	20,21	28,47	26,63	29,60	31,20
** ППЛ (мг/см <sup>2</sup> )	листья	0,13	0,13	0,045	0,048	0,05	0,04
*** π (кПа)	листья	142,05±11,08	239,80±11,11	110,40±2,51	74,45±12,67	126,13±15,22	239,82±12,81

\* УПЛ – удельная площадь листьев, \*\* ППЛ – поверхностная плотность листьев,

\*\*\* π – осмотическое давление клеточного сока.

Так, УПЛ тесно связана с интенсивностью фотосинтеза единицы площади листа: чем меньше значения УПЛ, тем ниже интенсивность фотосинтеза. В естественных условиях значения УПЛ являются косвенным показателем освещенности в точке компенсации на световой кривой фотосинтеза листа, при этом небольшие значения УПЛ свидетельствуют о том, что растение способно удовлетворять свои потребности невысоким фотосинтезом. При смешанном освещении (дневной свет + досвечивание узкополосными светодиодами) растения обоих видов салата имели большие значения УПЛ, чем растения редиса (табл. 1). Однако после опрыскивания растений раствором сока борщевика ответная реакция у них была различной. У редиса и листового салата она уменьшалась соответственно на 8 и 6%, тогда как УПЛ листьев кресс-салата увеличилась на 5%. ППЛ листьев практически не изменялась после опрыскивания растений водным раствором борщевика.

Обработка растений редиса, салата и кресс-салата соком борщевика оказывала действие на содержание в их листьях осмотически активных соединений, что выражалось в изменении потенциального осмотического давления клеточного сока. И в данном случае прояви-

лась видовая специфичность в ответных реакциях тест-растений. Опрыскивание раствором клеточного сока борщевика приводило к увеличению осмотического давления в соке листьев редиса и кресс-салата соответственно в 1,7 и 1,9 раза, тогда как в листьях листового салата осмотическое давление снижалось на 33%.

В качестве тест-растений были использованы зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla* L.), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.). Клеточный сок получали из верхних листьев и корней борщевика по методу, описанному нами ранее [4], после чего делали разбавления (сок:вода) 1:1, 1:4, 1:16. Контролем служил вариант с использованием водопроводной воды. Семена лекарственных растений проращивались в опытных растворах клеточного сока борщевика. Определялись энергия прорастания, всхожесть семян, а также морфофизиологические характеристики 7-дневных проростков (таблица 2).

Семена и проростки лекарственных растений оказались более чувствительными к обработке водными растворами сока борщевика, чем семена редиса, листового салата и кресс-салата. Скорее всего, это объясняется

Таблица 2.

Морфофизиологические характеристики опытных лекарственных растений при действии водных растворов клеточного сока борщевика

Виды	Соотношение (клеточный сок : вода)	Морфофизиологические характеристики			
		Семена		7-дневные проростки	
		Энергия прорастания (%)	Всхожесть (%)	Длина побега (см)	Длина корня (см)
<i>Hypericum perforatum</i>	Контроль (вода)	56,0 ± 3,1	62,5 ± 2,9	2,2 ± 0,3	-
	1:16	60,0 ± 6,6	66,0 ± 2,4	2,2 ± 0,2	-
	1:4	38,0 ± 11,2	41,5 ± 9,4	1,7 ± 0,3	-
	1:1	0	0	0	-
<i>Matricaria chamomilla</i>	Контроль (вода)	66,6 ± 1,8	67,0 ± 1,4	1,8 ± 0,2	0,5 ± 0,1
	1:16	27,0 ± 3,4	27,0 ± 1,8	1,9 ± 0,1	0,4 ± 0,1
	1:4	4,0 ± 1,6	7,3 ± 0,8	1,2 ± 0,2	0
	1:1	0	0	0	0
<i>Origanum vulgare</i>	Контроль (вода)	59,0 ± 0,2	64,0 ± 3,8	0,6 ± 0,1	0,3±0,05
	1:16	51,0 ± 3,0	62,0 ± 3,0	0,7 ± 0,1	0,2±0,03
	1:4	34,0 ± 2,8	53,0 ± 4,0	0,4 ± 0,1	0
	1:1	0	0	0	0

весьма небольшими размерами семян, быстрым расхождением запасных веществ и истощением проростков к 7-ому дню прорастания. Например, проростки зверобоя прораставшего практически не образовывали корней даже при проращивании на воде (табл. 2). Семена всех видов лекарственных растений погибали при проращивании на вдвое разбавленном клеточном соке борщевика. Отмечается четкий отрицательный эффект клеточного сока борщевика на энергию прорастания, всхожесть семян и линейные параметры проростков лекарственных растений с уменьшением его разбавления водой. Наибольшей устойчивостью обладали семена и проростки зверобоя и душицы, тогда как процент ингибирования всхожести семян ромашки аптечной, при проращивании на растворе клеточного сока борщевика (1:4), составлял около 60. Для сравнения: процент ингибирования при проращивании семян на аналогичном растворе составил у зверобоя – 37,2, душицы обыкновенной – 14,6. То есть наблюдается видовая специфичность в ответных реакциях лекарственных растений на

обработку семян растворами борщевика Сосновского.

### Заключение

Подтверждено выдвинутое ранее положение об аллелопатических свойствах компонентов клеточного сока из листьев борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden). Негативный эффект водных растворов борщевика на прорастание семян и рост проростков проявляется, преимущественно, при разбавлениях клеточного сока 1:1 и 1:4. Независимо от способа воздействия водными растворами сока борщевика на тест-растения, существенно угнетается как рост надземных органов, так и корней. Негативный эффект зависит от вида растения-мишени и возраста растений. Проростки, выросшие из мелких семян, угнетаются сильнее, в связи с чем проростки исследованных сельскохозяйственных культур (редиса, салата листового, кресс-салата) оказались более толерантными, чем проростки лекарственных растений (зверобоя прораставшего, ромашки аптечной, душицы обыкновенной).

### Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Издание 5-ое. Москва.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С. Экофизиология семян. Формирование фитоценозов. Москва.: РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2011. 278 с.
3. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С., Бударин С.Н. и др. Роль инвазивности растительных видов при внедрении в естественные и агрофитоценозы // Тезисы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Тобольск научный – 2013». Тобольск. 2013. 25-26.10.2013. С. 128-132.
4. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С., Бударин С.Н., и др. Аллелопатический эффект *Heracleum sosnowskyi* Manden, сорных и лекарственных растений на культурные виды // Материалы годичного собрания Общества физиологов растений России «Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитотехнологий. Калининград. 2014. ч. II. С. 234.
5. Ларикова Ю.С., Бахитова А.Р., Кондратьев М.Н. Эффект корневых выделений козлятника восточного (*Galega orientalis* L.) на проростки культурных растений // Тезисы докладов VII съезда физиологов растений России. («Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий»). Н.-Новгород. 2011. Ч. 1. С. 413-414.
6. Callaway R.M., Ridenour W.M., Laboski T. et al. Natural selection for resistance to the allelopathic effects of invasive plants // Journal of ecology. 2005. 93. Pp. 576-583.
7. Donno D., Beccaro G.L., Mellano M.G. et al. Medicinal plants, chemical composition and quality: may blackcurrent buds and blackberry sprouts be a new polyphenol source for herbal preparations? // Journal of applied botany and food quality. 2013. 86. P. 79-89.
8. Kakati B., Baruah A. Allelopathic effect of aqueous extract of some medicinal plants on seed germination and seedling length of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) // Indian journal of plant sciences. 2013. 2 (3). Pp. 8-11.
9. Macias F.A., Marin D., Oliveros-Bastidas A. et al. Allelopathy as a new strategy for sustainable ecosystems development // Biological sciences in Space. 2003. 17. №1. Pp. 18-23.
10. Namkeleja H.S., Tarimo M.N.C., Ndakidemi P.A. Allelopathic effects of *Argemone mexicana* to growth of native plant species // American journal of plant sciences. 2014. 5. Pp. 1336-1344.

### References

1. Dospechov B.A. The technique of field experience (with the basics of statistical processing of the results of research). 5th edition. Moscow.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
2. Kondratiev M.N., Laricova Yu.S. The ecophysiology of seed. Formation phytocenoses. Moscow: RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 2011. 278 p.
3. Kondratiev M.N., Laricova Yu.S., Budarin S.N. et al. The role of invasive plant species in the implementation of a natural and agrophytocenoses // Abstracts of the Russians scientific-practical conference with international participation “Tobolsk Research – 2013”. Tobolsk. 2013. 25-26.10.2013. Pp. 128-132.
4. Kondratiev M.N., Laricova Yu.S., Budarin S.N. et al. Allelopathic effect *Heracleum sosnowskyi* Manden, weed and medicinal plants cultivated species // Proceedings of the annual meeting of the Society of Plant Physiologists Russia “Plant physiology – the theoretical basis of innovative agro- and phytotechnologies. Kaliningrad. 2014. Part. II. P. 234.
5. Laricova Yu.S., Kondratiev M.N. The effect of root exudates *Galega orientalis* L. seedlings on cultivated plants // Abstracts of the VII Congress of Plant Physiologists Russia. (“Plant physiology – fundamentals of ecology and innovative biotechnology”). N.- Novgorod. 2011. Part 1. Pp. 413-414.
6. Callaway R.M., Ridenour W.M., Laboski T. et al. Natural selection for resistance to the allelopathic effects of invasive plants // Journal of ecology. 2005. 93. Pp. 576-583.
7. Donno D., Beccaro G.L., Mellano M.G. et al. Medicinal plants, chemical composition and quality: may blackcurrent buds and blackberry sprouts be a new polyphenol source for herbal preparations? // Journal of applied botany and food quality. 2013. 86. Pp. 79-89.
8. Kakati B., Baruah A. Allelopathic effect of aqueous extract of some medicinal plants on seed germination and seedling length of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) // Indian journal of plant sciences. 2013. 2 (3). Pp. 8-11.
9. Macias F.A., Marin D., Oliveros-Bastidas A. et al. Allelopathy as a new strategy for sustainable ecosystems development // Biological sciences in Space. 2003. 17. №1. Pp. 18-23.
10. Namkeleja H.S., Tarimo M.N.C., Ndakidemi P.A. Allelopathic effects of *Argemone mexicana* to growth of native plant species // American journal of plant sciences. 2014. 5. Pp. 1336-1344.

УДК 574.633

UDC 574.633

**Д.В. КРАСНИКОВ**

аспирант, кафедра экологии и общей биологии, Орловский государственный университет  
E-mail: irbis1990.ygr@yandex.ru

**И.Н. КОНДРАШОВА**

доцент, кафедра экологии и общей биологии, Орловский государственный университет  
E-mail: eco-kondrashova@yandex.ru

**D.V. KRASNIKOV**

Graduate student, Department of ecology and biology, Orel State University  
E-mail: irbis1990.ygr@yandex.ru

**I.N. KONDRASHOVA**

Associate Professor, Department of ecology and biology, Orel State University  
E-mail: eco-kondrashova@yandex.ru

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ХОТЫНЕЦКОГО РАЙОНА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

### THE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE CONTENT OF HEAVY AND RADIOACTIVE METALS IN SOILS OF THE KHOTYNETSKY DISTRICT OF THE OREL REGION

*В статье рассматривается загрязнение почв Хотынецкого района тяжёлыми и радиоактивными металлами и даётся экологическая оценка земель по содержанию цинка, меди, свинца и цезия-137.*

*Ключевые слова:* антропогенная нагрузка, экологическое состояние, загрязнение почв, тяжёлые металлы, радионуклиды, экологический мониторинг.

*The article considers the pollution of soils of the Khotynetsky district by heavy and radioactive metals and given the ecological evaluation of land for its content of zinc, copper, lead and cesium.*

*Keywords:* anthropogenic impact, environmental assessment, pollution of soils, heavy metals, radionuclides, environmental monitoring.

Хотынецкий район расположен в северо-западной части Орловской области. На севере граничит с Калужской областью, на востоке – со Знаменским и Урицким районами, на юге – с Шаблыкинским районом и на западе – с Брянской областью [2].

Хотынецкий район принадлежит к западной почвенной зоне Орловской области. Почвенный покров данной зоны характеризуется преобладанием светло-серых, серых и темно-серых лесных почв [3].

Территория района занимает площадь 0,8 тыс. км<sup>2</sup>, площадь сельхозугодий во всех категориях составляет 62586 га, в том числе пашни 40947 га [2].

Значительная часть земель подвержена водной эрозии, которая образуется как из-за поперечного рельефа (многие поля расположены на склонах), так и вследствие малой стойкости почв и подстилающих их грунтов к размыву.

Хотя Хотынецкий район не является регионом интенсивного ведения сельскохозяйственного производства, особую важность приобретают агрономические свойства почв, которые в целом оцениваются как благоприятные для произрастания и выращивания основных видов сельскохозяйственных культур.

Содержание гумуса в светло-серых лесных и дерново-подзолистых почвах не превышает 2,5%, гумусовый горизонт не более 0,2 м. Данные почвы требуют применения различных видов удобрений и известкования в больших объемах [2].

Ещё один тип почвы, мало востребованный в сельском хозяйстве как наименее плодородный, расположен в северо-западной части района, в частности на территории, прилегающей к национальному парку «Орловское Полесье». К нему относятся почвы легко-

го механического состава (пески, супеси). Они крайне бедны питательными веществами: содержание гумуса в них менее 1%, и характеризуются повышенной кислотностью, поэтому их использование в растениеводческих целях возможно только при условии проведения широкого комплекса различных агрохимических и агротехнических мероприятий.

Одним из определяющих признаков уровня плодородия почвы и степени ее окультуренности является содержание в почвах подвижного фосфора. На пахотных землях хозяйств Хотынецкого района преобладают почвы с содержанием подвижного фосфора от 26 до 100 мг на кг почвы. Для его пополнения необходимо внесение подвижного фосфора в дозе 300 кг на 1 га [2].

Антропогенная нагрузка на почву, одностороннее внесение азотных удобрений при недостаточном внесении сложных минеральных удобрений и органики в течение длительного времени привели к тому, что образовалось значительное количество кислых почв. Агрохимическое состояние почв района характеризуется наибольшим количеством сильнокислых и среднекислых почв.

Учитывая особую важность состояния почв как основы стабильного и успешного социально-экономического развития региона и дальнейшего поступательного развития сельского хозяйства района, в последнее время проблемам загрязнения почв уделяется особое внимание.

Загрязнение почв сельскохозяйственных угодий тяжёлыми металлами в Хотынецком районе происходит вследствие постоянного внесения высоких доз органических и минеральных удобрений, пестицидов, содержащих тяжелые металлы, а также близкого рас-



положения к автомобильным и железным дорогам. Попадающие на поверхность почв тяжелые металлы накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, вследствие эрозии [3].

Мониторинг загрязнения почв Хотынецкого района тяжелыми металлами (*Zn*, *Cu*, *Pb*), а также цезием-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) на постоянной основе осуществляется федеральным государственным бюджетным учреждением «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский».

Учитывая, что данный район входит в число территорий, пострадавших во время трагедии на Чернобыльской АЭС, сразу после аварии, начиная с 1986 года, сотрудники федерального государственного бюджетного учреждения «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский» активно включились в программу мониторинга радиационного загрязнения территорий, включая состояние почв. В настоящее время мониторинг осуществляется ФГБУ «Орёл-агрохимрадиология» с использованием новейшего оборудования, соответствующего всем мировым стандартам. Кроме мониторинга загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами, ФГБУ «Орёл-агрохимрадиология» проводит агрохимическое обследование почв с использованием ГИС-технологий [2].

Активная и планомерная работа по выявлению уровня загрязнения почв региона ведется федеральным государственным бюджетным учреждением «Орловский референтный центр Россельхознадзора». Работа ведется учреждением по нескольким направлениям, включая исследования в области агрохимии и плодородия почв, на базе исследовательской лаборатории [2, 3].

В 2012 году были проведены исследования почв района по содержанию тяжёлых металлов, таких как цинк (*Zn*), медь (*Cu*), свинец (*Pb*). При проведении анализов исследуемых образцов почвы в данной районе было выявлено следующее: по содержанию меди максимальное количество составило 1,84 мг/кг (2,5 км северо-восточнее с. Студёновка) [4], минимальное – 0,61 мг/кг, (близ д. Образцово) при норме 3,0 мг/кг; по содержанию цинка – максимальная концентрация 5,1 мг/кг, (западная часть Хотынецкого района, близ д. Аболмасово), минимальная – 0,0025 мг/кг, (южнее д. Ильинское) [4]; по содержанию свинца – максимальное количество 17,18 мг/кг, (близ д. Ильинское), минимальное – 0,22 мг/кг, (5 км южнее д. Красные Рябинки) [4].

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что концентрации исследуемых тяжёлых металлов в почвах Хотынецкого района не превышают предельно допустимый уровень.

Основным радионуклидом, представляющим опасность для человека, является цезий-137. Из почвы радиоцезий поступает в продукцию растениеводства, далее переходит в животноводческую продукцию, а затем в организм человека [1]. Вместе с тем, поля с содержанием радиоцезия до 5,0 Ки/км<sup>2</sup> пригодны для получения чистой продукции при условии проведения необходи-

мых организационных, агротехнических и агрохимических мероприятий, снижающих поступление цезия в продукцию растениеводства и животноводства.

По последним имеющимся данным, площадей с уровнем загрязнением почв цезием-137 свыше 5,0 Ки/км<sup>2</sup> в Хотынецком районе не выявлено. Максимальное количество цезия-137 в районе установлено в южной части: 5 км восточнее с. Богородицкое, оно составило 0,7 Ки/км<sup>2</sup>. Минимальное количество обнаружено в центральной части района, близ пгт. Хотынец: 0,11 Ки/км<sup>2</sup> [4]. По результатам исследования можно сделать вывод, что данное количество изотопов цезия-137 безопасно для дальнейшей работы с почвами.

Таким образом, экологическое состояние почв Хотынецкого района по содержанию в них тяжелых металлов и цезия-137 является допустимым.

Проблемой первостепенной важности в природопользовании района является защита почв от загрязнения тяжёлыми и радиоактивными металлами. Для Хотынецкого района, как и Орловской области в целом, значимость почвозащитных мероприятий ежегодно возрастает. Отличительной чертой региональной государственной политики данного района, проводимой Правительством нашего региона, является приоритет инвестиций в природный капитал (охрана окружающей среды, рациональное природопользование) [5].

Успешность решения задачи охраны почв зависит от эффективного социально-экономического развития региона, от совокупности определяющих факторов. Поступательное и последовательное освоение адаптивно-ландшафтных научно обоснованных систем ведения хозяйства, применение почвозащитных методов обработки земель являются основой для дальнейшего сохранения почвенного плодородия Хотынецкого района.

Вопросы защиты почвы от загрязнения тяжёлыми металлами не могут решаться без учета воспроизводства плодородия почв, вне систем земледелия, без связи с проблемами биологизации земледелия [5].

В рамках реализации на территории Орловской области федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2008–2012 годы и на период с 2013 по 2020 гг.» перед органами государственной власти Хотынецкого района была поставлена задача полностью пересмотреть существующие системы севооборотов в хозяйствах с учетом оптимальной, экономически и экологически обоснованной структуры посевных площадей [5].

Для обеспечения эффективной защиты земель осуществляется планомерный перевод земледелия на почвозащитную основу с внедрением минимальной и нулевой обработки почв, установлением оптимального уровня внесения различных минеральных удобрений [2].

В целом по району в последние годы наблюдается положительная тенденция увеличения посевных площадей, занимаемых зернобобовыми культурами и соей, улучшающими плодородие почвы, накапливающими атмосферный азот [2].

Для повышения эффективности применения удобрений и других элементов систем земледелия важную роль играет оказываемая областю ежегодная финансо-

вая поддержка сельхозтоваропроизводителей региона в проведении агрохимического обследования почв [5].

#### Библиографический список

1. Белозерский Г.Н. Радиационная экология. СПб.: 2006.
2. Вышегородских Н.В., Рыжиков В.В., Григорьев В.К. и др. Доклад об экологической ситуации в Орловской области в 2011 году. Правительство Орловской области. Управление по охране и использованию объектов животного мира, водных биоресурсов и экологической безопасности Орловской области (Орелоблэконадзор). Орел: Издательский Дом «Орловская литература и книгоиздательство» («Орлик»); 2012.
3. Муниципальная программа «Устойчивое развитие сельских территорий Хотынецкого района Орловской области до 2020 года». Орёл: 2010.
4. Отчёт: о состоянии земель Хотынецкого района Орловской области в 2012 году. // Отчёт федерального государственного бюджетного учреждения «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский». Орёл: 2013.
5. Паспорт муниципальной программы «Устойчивое развитие сельских территорий Хотынецкого района Орловской области до 2020 года» // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.orelsau.ru/> – (Дата обращения: 22.04.2015).

#### References

1. Belozersky G. N. Radiation ecology. SPb.: 2006.
2. Vyshgorodskih N. V., Ryzhikov V. V., Grigoriev V. K. et al. Report on the environmental situation in the Orel region in 2011. The government of the Orel region. The office for the protection and use of objects of fauna and water biological resources and environmental security of the Orel region. Orel: Publishing House «Orel literature and publishing» («Orlik»); 2012.
3. Municipal programme for Sustainable development of rural territories Khotynetsky district of the Orel region till 2020. Orel: 2010.
4. Report: status of land Khotynetsky district of the Orel region in 2012. // Report of the Federal state budgetary institution «Centre chemicals and agricultural radiology «Orel». Orel: 2013.
5. Passport of the municipal programme «Sustainable development of rural territories Khotynetsky district of the Orel region until 2020» // [Electronic resource]. URL: <http://orelsau.ru/> // (Date of access: 22.04.2015).

УДК 504.75

UDC 504.75

**Г.Г. ЛАДНОВА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра экологии и  
общей биологии, Орловский государственный университет  
E-mail:gladnova@yandex.ru

**G.G. LADNOVA**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of ecology  
and general biology, Orel State University  
E-mail:gladnova@yandex.ru

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛЕТОК  
БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ У ДЕТЕЙ ОБЛАСТНОГО ЦЕНТРА И ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CYTOGENETIC CELLS OF  
BUCCAL EPITHELIUM IN CHILDREN IN THE REGIONAL CENTER OF URBAN SETTLEMENT**

*Проведен сравнительный анализ цитогенетических показателей клеток буккального эпителия у 87 детей 11-13 лет, проживающих в областном центре и поселке городского типа. Показано, что в клетках буккального эпителия у детей, проживающих в областном центре, достоверно чаще отмечаются цитогенетические нарушения клетки с микроядрами, протрузии ядра разных форм; уровни пролиферации – двуядерные клетки, клетки со сдвоенным ядром; деструкции ядра – кариокинез, кариолизис, апоптотные тела и другие кариологические аномалии. Отмечена тенденция к повышению уровня цитогенетических нарушений и деструкции ядра в группах девочек по сравнению с мальчиками.*

*Ключевые слова:* дети, буккальный эпителий, микроядра, цитогенетический показатель, деструкция ядра, пролиферация.

*A comparative analysis of cytogenetic buccal epithelium cells from 87 children 11-13 years old, living in the regional center and the urban settlement has been conducted. It is shown that in buccal cells in children living in the regional center cytogenetic violations cells c micronuclei, protrusions of the nucleus of different forms were significantly more marked; levels of proliferation – binuclear cells, the dual-core; destruction of the nucleus – mitosis, kariolizis, apoptotic bodies and other karyological anomaly. The tendency to increase the level of cytogenetic damage and destruction of the nucleus in the group of girls than boys has been revealed.*

*Keywords:* children, buccal epithelium, micronuclei, cytogenetic indicator, destruction of the nucleus, proliferation.

Одним из критериев адаптационной возможности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды является мутагенная чувствительность генетического аппарата клеток и способность его к репарации после повреждения [5,6]. Образование микроядер в клетках буккального эпителия может служить показателем нестабильности генома, отражением протекающих в клетках мутаций [2,4,7]. В настоящее время для определения степени стабильности генома и оценки генотоксичности среды, кроме микроядер, используют и другие виды клеточных аномалий, такие как индуцированный апоптоз, двуядерность, различные типы протрузии ядра [3,6].

Целью исследования было изучение уровня встречаемости аномальных ядер клеток буккального эпителия у детей, проживающих в областном центре и поселке городского типа.

Объектом исследования служили образцы буккального эпителия детей 11-13 лет. Для формирования групп были взяты дети, семьи которых равны по социальному статусу, постоянно проживающие в районах школьного обучения не менее 5 лет, ведущие здоровый образ жизни (не курящие и занимающиеся спортом) и не имеющие хронических заболеваний. Проведено цитогенетическое обследование 43 детей областного центра (1 группа: 21 девочка, 22 мальчика) и 44 школьника, проживающих в поселке городского типа (2-я группа: 20 девочек и 24 мальчика). Всего обследовано 87 школьников. От каждого обследованного было проанализировано не менее 1000 нормальных эпителиоцитов.

Подготовку мазков буккального эпителия готовили и анализировали в соответствии с методическими реко-

мендациями «Оценка цитологического и цитогенетического статуса слизистых оболочек полости носа и рта у человека [1], кариологические показатели анализировали и классифицировали по Л.Н. Сычевой [6]. На препаратах учитывали цитогенетические показатели (клетки с микроядрами и протрузиями разных форм), показатели пролиферации (двумя и более ядрами, сдвоенным ядром), показатели ранней и поздней деструкции ядра, апоптотные тела.

Математическая обработка проведена методом вариационной статистики с расчетом среднего значения (М), ошибки средней (м) и определением достоверности различий по t-критерию Стьюдента. Достоверным считали отличия при  $p < 0,05$ . Статистический анализ полученных результатов выполняли с использованием программы Microsoft Excel и пакета прикладных программ Statistika версия 6.0.

Результаты цитогенетических и кариологических исследований буккальных эпителиоцитов в сравниваемых группах детей показали, что у детей, проживающих в областном центре по сравнению с детьми, проживающими в поселке, достоверно чаще встречаются клетки с микроядрами. Так, этот показатель у мальчиков в 1-ой группе составляет  $1,87 \pm 0,33$ , во 2-ой группе -  $0,42 \pm 0,08$  ( $p < 0,05$ ), у девочек -  $1,96 \pm 0,38$ , и  $0,52 \pm 0,12$  соответственно ( $p < 0,05$ ).

Такая же тенденция наблюдалась и в показателях протрузии ядра разных форм: у мальчиков первой группы этот показатель составил  $0,77 \pm 0,15$ , второй –  $0,36 \pm 0,6$  ( $p < 0,05$ ), у девочек -  $1,18 \pm 0,21$  и  $0,45 \pm 0,07$  соответственно ( $p < 0,05$ ), из них «ядерная почка» (1-й тип протрузии) – составляла 48,2% у мальчиков и 24,9% у

девочек, «разбитое яйцо» (2-й тип) – 14,3% и 20,1%, «язык» (3-й тип) – 19,5% и 21,6%, «хвостатое ядро» (4-й тип) – 7,8% и 5,5% и ядро атипичной формы – 10,2% и 27,9% соответственно.

Клетки с двумя ядрами у мальчиков первой группы составили  $2,14 \pm 0,35$ , второй –  $0,74 \pm 0,14$  ( $p < 0,001$ ), у девочек –  $2,22 \pm 0,41$  и  $0,93 \pm 0,15$  соответственно ( $p < 0,01$ ), со сдвоенным ядром у мальчиков –  $0,46 \pm 0,08$  и  $0,14 \pm 0,03$  ( $p < 0,001$ ), у девочек –  $0,34 \pm 0,07$  и  $0,11 \pm 0,02$  соответственно ( $p < 0,01$ ).

В уровне ранней деструкции ядра между обследуемыми группами достоверных различий мы не наблюдали, но отмечается тенденция к повышению уровня конденсации хроматина у мальчиков, проживающих в поселке.

У детей областного центра по сравнению с детьми, проживающими в поселке, достоверно выше были показатели поздней деструкции ядра – кариокинез в обеих группах: у мальчиков 1 группы –  $0,15 \pm 1,85$ , 2-ой группы –  $4,18 \pm 0,96$  ( $p < 0,001$ ), у девочек –  $12,42 \pm 2,51$  и  $4,98 \pm 1,01$  соответственно ( $p < 0,05$ ). Достоверные показатели кариолизиса отмечались только между двумя группами девочек ( $p < 0,01$ ). В эпителиоцитах школьников обеих групп, проживающих в областном центре, достоверно увеличено количество апоптозных тел ( $p < 0,05$ ), по сравнению со школьниками, проживающими в поселке.

Проведенные исследования показали, что у детей,

проживающих в областном центре, достоверно чаще отмечаются цитогенетические нарушения, уровни пролиферации и другие кариологические аномалии в клетках буккального эпителия, что, по мнению ряда ученых [2,3,5], может говорить не только о генетической нестабильности, сдвиге клеточной кинетики, но и о степени генотоксичности окружающей среды.

Отмечена тенденция в различиях между мальчиками и девочками по показателям цитогенетических нарушений, т.е. девочки более чувствительны к негативным факторам среды, что согласуется с описанными в литературе гендерными различиями в уровне цитогенетических аномалий [3,7].

Таким образом, наиболее выраженные цитогенетические нарушения в буккальном эпителии у детей, проживающих в областном центре, по сравнению с детьми, проживающими в поселке городского типа, могут говорить о снижении защитных свойств организма в ответ на воздействие факторов окружающей среды. Поэтому изучение и выявление связи цитогенетических показателей в соматических клетках с факторами окружающей среды может способствовать не только более раннему выявлению ухудшения экологической ситуации, но и проведению профилактических мероприятий, направленных на повышение качества жизни и сохранение здоровья населения и, прежде всего, подрастающего поколения.

#### Библиографический список

1. Беляева Н.Н., Сычева Л.П., Шамарин А.А., Коваленко М.А., Гасимова З.М., Нейман-заде И.К., Чуприна О.В., Шереметьева С.М., Александровский С.Б., Александрова В.П. Оценка цитологического и цитогенетического статуса слизистых оболочек полости носа и рта у человека. Методические рекомендации. Утверждены председателем научного совета РАМН и МзиСР России по экологии человека и гигиене окружающей среды академиком РАМН Рахманиным Ю.А. 27 апреля 2005г. М., 2005. 37с.
2. Беляева Н.Н., Пономарева О.Ю., Александрова В.П., Олесинов А.А., Бударина О.В., Гасимова З.М. Использование неинвазивной оценки цитологического статуса слизистой оболочки носа и рта в социально-гигиеническом мониторинге // Гигиена и санитария. 2009. № 6. С.74-78.
3. Волкова А.Т., Викторова Т.В. Сравнительный анализ цитогенетической нестабильности клеток буккального эпителия у городских и сельских жителей республики Башкортостан. // Гигиена и санитария. 2011. № 5. С.40-42.
4. Ладнова Г.Г., Силютин В.В., Гладских М.Н. Использование неинвазивных методов исследования популяционного здоровья как показателя степени генотоксичности окружающей среды. // Ученые записки Орловского государственного университета. 2014. №3 (59). С.118-121
5. Рахманин Ю.А. Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях. М.: Гениус, 2007. 312 с.
6. Сычева Л.П. Биологическое значение, критерии определения и пределы варьирования полного спектра кариологических показателей при оценке цитогенетического статуса человека // Медицинская генетика. 2007. №11(6). С.3-11.
7. Сычева Л.П., Рахманин Ю.А., Журков В.С., Ревазова Ю.А. Роль генетических исследований при оценке влияния факторов окружающей среды на здоровье человека. // Гигиена и санитария. 2005. №6. С. 59-62.

#### References

1. Belyaeva N.N., Sycheva L.P., Shamarin A.A., Kovalenko M.A., Gasimova Z.M., Neyman-zade I.K., Chuprina O.V., Sheremet'eva S.M., Aleksandrovskiy S.B., Aleksandrova V.P. Evaluation of cytological and cytogenetic status of the mucous membranes of the nose and mouth in humans. Guidelines. Approved by the Chairman of the Scientific Council of Russian Academy of Medical Sciences and MziSR Human Ecology and Environmental Hygiene Academician RAMN Rakhmaninym Yu.A. 27 April 2005. M., 2005., 37 p.
2. Belyaeva N.N., Ponomareva O.Yu., Aleksandrova V.P., Olesinov A.A., Budarina O.V., Gasimova Z.M. Using non-invasive assessment of cytological status of the mucous membrane of the nose and mouth in public health monitoring // Hygiene and sanitation. 2009. № 6. Pp.74-78.
3. Volkova A.T., Viktorova T.V. Comparative analysis of cytogenetic instability buccal epithelium cells in both urban and rural residents of the republic Bashkortostan. // Hygiene and sanitation. 2011. №5. Pp. 40-42.
4. Ladnova G.G., Siljutina V.V., Gladskih M.N. Using noninvasive studies of population health as an indicator of the degree of environmental genotoxicity. // Scientific notes Orel State University. 2014. №3 (59). Pp.118-121.
5. Rakhmanin Yu.A. Multiorgan micronucleus test in ecological and hygienic studies. M.: Genius. 2007. P.312.
6. Sycheva L.P. Biological significance, the criteria for determining the limits of variation and the full range of indicators in assessing karyological cytogenetic status. Medical genetics. 2007. № 11(6). Pp. 3-11.
7. Sycheva L.P., Rahmanin Yu.A., Zhurkov V.S., Revazova Ju.A. The role of genetic research in assessing the impact of environmental factors on human health. // Hygiene and sanitation. 2005. №6. Pp. 59-62.



ДК 581.1

UDC 581.1

**В.Л. ЛАНЦЕВ**

аспирант, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: vic\_lan@mail.ru

**Т.И. ПУЗИНА**

доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: TlPuzina@gmail.com

**V.L. LANTSEV**

Graduate student, Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry, Orel State University  
E-mail: vic\_lan@mail.ru

**T.I. PUZINA**

Doctor of Biological Sciences, Head of Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry, Orel State University.  
E-mail: TlPuzina@gmail.com

## ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *SOLANUM TUBEROSUM* В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКЦИИ АКТИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА

## THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF *SOLANUM TUBEROSUM* IN THE DESTRUCTION OF ACTIN CYTOSKELETON CONDITIONS

*Исследовали действие деструктора микрофиламентов цитохалазина Б на фотосинтетическую активность и продуктивность Solanum tuberosum. Показано снижение ассимиляции углекислого газа при неизменном количестве хлорофилла и накоплении свободного магния. Выявлено нарушение оттока глюкозы из листьев и снижение продуктивности.*

*Ключевые слова:* актиновый цитоскелет, цитохалазин Б, интенсивность фотосинтеза, пигменты, магний, отток ассимилятов, продуктивность.

*The effect of cytochalasin B – destructor microfilaments – on photosynthetic activity and productivity of Solanum tuberosum was studied. The reduce of assimilation of carbon dioxide at a constant amount of chlorophyll and the accumulation of free magnesium was shown. The interruption of the outflow of glucose from the leaves and reduced productivity was found.*

*Keywords:* actin cytoskeleton, cytochalasin B, intensity of photosynthesis, pigments, magnesium, outflow of assimilates, productivity.

Физиолого-биохимическая роль элементов цитоскелета в растительном организме до сих пор остается малоисследованной. Прежде всего это связано с методическими трудностями. Поэтому чаще всего при его исследовании используют фармацевтический подход, заключающийся в применении специфических ингибиторов и стабилизаторов структуры элементов цитоскелета. Известно, что цитоскелет играет ключевую роль в субклеточной организации, делении, полярности, участвует во внутри- и межклеточном транспорте [4]. Оказывает существенное влияние на водный обмен растений и рост [8,9]; выполняет сигнальную функцию [7]; участвует в адаптации растений [6]. Однако в литературе не найдено сведений об участии элементов цитоскелета в фотосинтетической деятельности растений. Вместе с тем, известно, что актиновые филаменты и микротрубочки через ассоциированные белки взаимодействуют с мембранами, в том числе с мембранами хлоропластов.

Целью исследования было изучение влияния цитохалазина Б – ингибитора полимеризации актинового цитоскелета на фотосинтетическую деятельность и продуктивность растений картофеля.

Объектом исследования служили растения картофеля сорта Удача, выращенные в почвенной культуре в условиях агробиостанции Орловского государственного университета.

Обработку растений проводили путем опрыскивания 0,01 мМ раствором цитохалазина Б («Sigma», США) через 15 суток после появления всходов. Контрольные растения опрыскивали водой.

Содержание пигментов определяли фотометрически в 80%-ной ацетоновой вытяжке из листьев. Содержание суммы хлорофиллов (a + b) и каротиноидов рассчитывали по формуле Арнона [1]. Интенсивность фотосинтеза определяли по количеству поглощенного углекислого газа с использованием прибора для изучения фотосинтетической активности Li-6400 (LiCOR, США). Содержание свободного магния в листьях определяли на полуавтоматическом мультикюветном спектрофотометре Clima MC-15 (Испания, Барселона). Количество магния в листьях оценивали с использованием реактивов фирмы BioSystems (Испания, Барселона) по реакции с кальмагитом в щелочной среде при  $\lambda$  520 нм (реагент: кальмагит 80 ммоль/л, EGTA 60 ммоль/л, диэтиламин 0.2 моль/л). О количестве глюкозы судили по цветной реакции с реагентом содержащим: фосфат 70 ммоль/л, фенол 5 ммоль/л, глюкозооксидаза > 10 Ед/мл, пероксидаза > 1 Ед/мл, 4-аминоантипирин 0.4 ммоль/л, pH 7.5 (при  $\lambda$  500 нм). Массу клубней учитывали с использованием электронных весов (ВСТ – 600/10, Россия).

На рисунках представлены средние арифметические из 5 биологических повторностей и их стандартные ошибки. Аналитическая повторность – трехкратная. Достоверность результатов опытов оценивали с помощью критерия Стьюдента [3].

Фотосинтез – это основа продукционного процесса и важнейший компонент в метаболизме растений.

Содержание пигментов является одним из факторов, определяющих фотосинтетическую активность растений. Проведенное исследование показало, что наруше-

ние структуры микрофиламентов цитохалазином Б не оказывает действия на содержание хлорофилла (рис. 1а). Аналогичные данные были получены при деструкции тубулинового цитоскелета с помощью колхицина [5]. Следует заметить, что при неизменном содержании хлорофилла цитохалазин значительно увеличивает количество свободного магния, что может косвенно указывать на неэффективное включение данного элемента в состав порфиринового ядра хлорофилла (рис. 2). Что касается каротиноидов, то их количество было чувствительно к структурному состоянию цитоскелета, и оно повысилось

почти на 40% (рис. 1б). Возможно, это явилось ответом на химический стресс, индуцированный цитохалазином.

Интенсивность фотосинтеза в условиях деструкции актинового цитоскелета снизилась почти на 20% (рис. 3). Возможно, этот эффект связан с изменением гормонального баланса. Наши предварительные исследования показали, что в данных условиях возрастает уровень абсцизовой кислоты, но уменьшается количество цитокининов. Известно, что соотношение этих фитогормонов регулирует интенсивность фотосинтетических реакций [2].

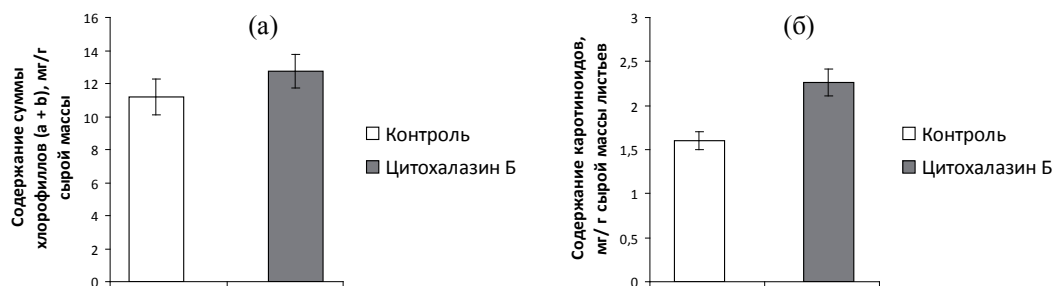


Рис. 1. Влияние деструкции актинового цитоскелета на содержание пигментов. а) содержание хлорофилла (a + b); б) содержание каротиноидов.

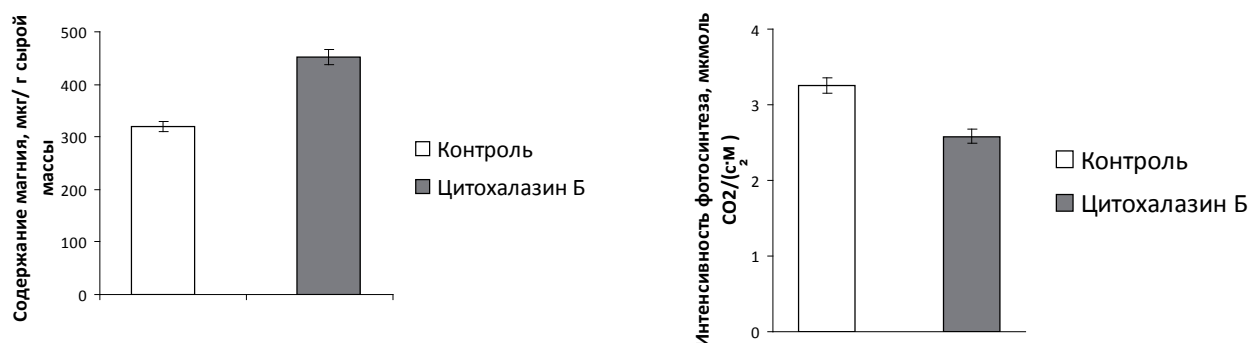


Рис. 2. Содержание свободного магния в листьях в зависимости от структурного состояния микрофиламентов.

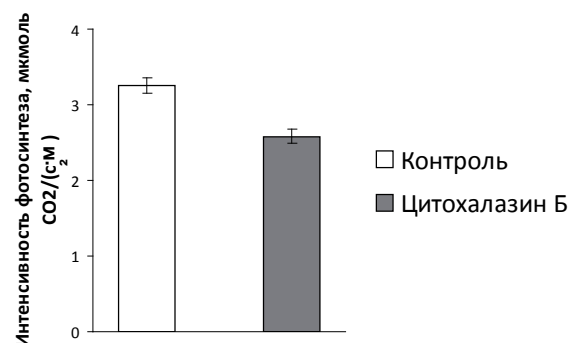


Рис. 3. Интенсивность фотосинтеза в зависимости от целостности актинового цитоскелета.

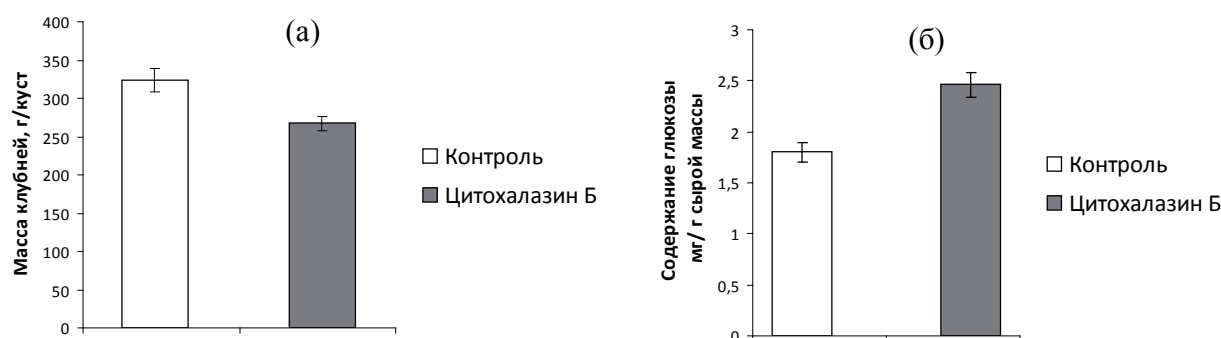


Рис. 4. Влияние цитохалазина Б на продуктивность растений и отток ассимилятов. а) продуктивность; б) содержание глюкозы в листьях.

Результатом продукционного процесса у картофеля является формирование клубней. В варианте с нарушенными актиновыми филаментами масса клубней уменьшилась почти на 20% против варианта с целостным цитоскелетом (рис. 4а). Полученный результат является следствием подавления интенсивности процесса фотосинтеза, а также нарушения оттока ассимилятов, что следует из накопления глюкозы в листьях (рис. 4б)

В заключение можно сказать, что структурное со-

стояние актинового цитоскелета влияет на фотосинтетическую активность и продуктивность растений. Ингибитор полимеризации микрофиламентов цитохалазин Б способствует накоплению свободного магния, что может свидетельствовать о нарушении включения его в молекулы хлорофилла, снижает ассимиляцию углерода при фотосинтезе, подавляет отток глюкозы из листьев, что, в конечном итоге, приводит к уменьшению продуктивности растений.

Библиографический список

1. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М.: Академия, 2003. 256 с.
2. Кулаева О.Н. Физиологическая роль абсцизовой кислоты. Введение к публикации материалов Международного симпозиума (Пушино, 1993) // Физиология растений. 1994. Т. 41. №5. С. 645-646.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 239 с.
4. Медведев С.С., Маркова И.В. Цитоскелет и полярность растений // Физиология растений. 1998. Т. 45, №2. С. 185-197.
5. Пузина Т.И., Власова Н.С., Манюхин Я.С. Влияние деструктивного агента микротрубочек колхицина на фотосинтетическую активность *Solanum tuberosum* // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, медицинские, технические науки. 2010. №4 (38). С. 118-122.
6. Хохлова Л.П., Макарова М.В. Реорганизация цитоскелета при действии на растения низких температур // Ученые записки Казанского университета. Серия: естественные науки. 2006. Т. 148, кн. 3. С. 65 - 88.
7. Хохлова Л.П., Невмержицкая Ю.Ю. Роль цитоскелета в сигнальных системах растений // Ученые записки Казанского университета. Серия: естественные науки. 2011. Т. 153. кн. 2. С. 147-179.
8. Хохлова Л.П., Олиневич О.В., Панкратова О.В. Изменение водоудерживающей способности тканей озимой пшеницы под влиянием структурных модификаторов цитоскелета // Физиология растений. 1997. Т. 44. №3. С. 379-384.
9. Barlow W.P., Baluska F. Cytoskeletal perspectives on root growth and morphogenesis // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 2000. V. 51. Pp. 289-322.

References

1. Gavrylenko V.F., Zhigalova T.V. Large practical work in photosynthesis. M.: The Academy, 2003. 256 p.
  2. Kulaeva O.N. The physiological role of abscisic acid. Introduction to the publishing of the International Symposium (Pushchino, 1993) // Plant Physiology. 1994. V. 41. №5. Pp. 645-646.
  3. Lakin G.F. Biometrics. M.: High School, 1980. 239 p.
  4. Medvedev S.S., Markova I.V. Cytoskeleton and the polarity of plants // Plant Physiology. 1998. V. 45, №2. Pp. 185-197.
  5. Puzina T.I., Vlasova N.S., Manyukhin J.S. Destructive influence microtubule agent colchicine on the photosynthetic activity of *Solanum tuberosum* // Scientific notes of Orel State University. Series: natural, medical, engineering sciences. 2010. №4 (38). Pp. 118-122.
  6. Khokhlova L.P., Makarova M.V. The reorganization of the cytoskeleton during the action of low temperatures on plants // Scientific notes of the Kazan University. A series of natural sciences. 2006. V. 148, B. 3. Pp. 65-88.
  7. Khokhlova L.P., Nevmerzitskaya Y.Y. The role of the cytoskeleton in plant signaling systems // Scientific notes of the Kazan University. A series of natural sciences. 2011. V. 153. B. 2, Pp. 147-179.
  8. Khokhlova L.P., Olinevich O.V., Pankratova O.V. Changing the water-holding capacity of tissues of winter wheat under the influence of structural cytoskeletal modifiers // Plant Physiology. 1997. V. 44. №3. Pp. 379-384.
  9. Barlow W.P., Baluska F. Cytoskeletal perspectives on root growth and morphogenesis // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 2000. V. 51. Pp. 289-322.
-

УДК 569.599.902

UDC 569.599.902

**А.Н. НАУМОВ**

кандидат исторических наук, зам. директора по науке,  
Государственный военно-исторический и природный  
музей-заповедник «Куликово поле»  
E-mail: naumov@kulpole.tula.net

**А.В. АРАЛОВ**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра  
биологии и экологии, Тульский государственный педагогический  
университет им. Л.Н. Толстого  
E-mail: physiology@tspu.tula.ru

**С.А. ТАТАРИНЦЕВА**

магистр, кафедра биоэкологии и туризма, Тульский  
государственный педагогический университет им.  
Л.Н. Толстого  
E-mail: Kassandra\_7\_13@mail.ru

**A.N. NAUMOV**

Candidate of History, Deputy Director for Science, State Military  
Historical and Natural Museum-Reserve «Kulikovo Pole»  
E-mail: naumov@kulpole.tula.net

**A.V. ARALOV**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of  
biology and ecology, Tula State Pedagogical University named  
after L.N. Tolstoy  
E-mail: physiology@tspu.tula.ru

**S.A. TATARINTSEVA**

Master, Department of bio-ecology and tourism, Tula State  
Pedagogical University named after L.N. Tolstoy  
E-mail: Kassandra\_7\_13@mail.ru

**О ФАУНЕ СЕЛИЩА КОЛЕСОВКА-1 НА КУЛИКОВОМ ПОЛЕ**

**ABOUT FAUNA OF THE SETTLEMENT KOLESOVKA-1 ON THE KULIKOVO FIELD**

*Статья посвящена изучению остеологических материалов животных, живших в поселении Колесовка-1 в 12-14 века (Тульский регион). По результатам анализа костей животных из раскопок была выявлена видовая структура. Это исследование позволяет получить более точное представление о природе и о хозяйственной деятельности древнего населения центральной России.*

Ключевые слова: археологические находки, остеологический материал, костные останки, Тульская область, поселение Колесовка-1.

*The article is devoted to the study of the osteological materials of animals living in the settlement Kolesovka in 12-14 centuries (Tula region). According to the results of the analysis of the animals' bones from the excavations the species structure was identified. This research provides a understanding of the nature and economy of ancient population in central Russia.*

Keywords: archaeological finds, osteological material, bone remains, Tula region, settlement Kolesovka-1.

Изучение археологических памятников материальной культуры Центральной России позволяет показать наличие в этом регионе разнообразной фауны и более правильно оценить роль охоты, скотоводства и земледелия в хозяйстве древнерусских поселений. Останки животных древних селищ Русской равнины привлекали внимание археозоологов [1; 4; 7-9]. Начиная с 1998 г. и по настоящее время, археологами проводится комплексное изучение памятника селище Колесовка-1 в Тульской области, что позволило накопить и исследовать более 17 тысяч единиц остеологического материала. Раскопки проводились Тульской археологической экспедицией Государственного военно-исторического и природного музея-заповедника «Куликово поле». За 14 лет работ был изучен культурный слой на площади более 5,5 тыс. кв. м, что ставит селище Колесовка-1 в один ряд с наиболее изученными памятниками региона верховьев Дона. Совместно с зоологами Тульского государственного педагогического университета была проделана большая работа по первичной обработке костей, поступивших с раскопок, что позволило провести сортировку коллекции остеологического материала и уточнить состав фауны с данного поселения.

**Материалы и методы исследований**

Поселение Колесовка-1 находится в 300 м к западу-юго-западу от южной окраины д. Колесовки Кимовского

района Тульской области. Памятник занимает при-бровочный участок пологого склона 1-ой надпойменной террасы правого берега р. Мокрая Тавора (левый приток верховий р. Дон) в ее нижнем течении. С юга памятник ограничен безымянной балкой, с востока – неширокой поймой р. Мокрая Тавора. Основная часть территории памятника распахируется. Задернованной остается лишь полоса шириной 30-40 м вдоль склона надпойменной речной террасы и левого борта балки (распахивалась в XVIII-XX в). На распаханной части селища подъемный материал распространяется на площади около 7 га. Памятник был обнаружен в ходе комплексных разведок Верхнедонской археологической экспедиции ГИМ под руководством М.И. Гоняного в 1987 г., а в 1998-2012 гг. здесь производились раскопки отрядом Тульской археологической экспедиции Государственного музея-заповедника «Куликово поле» под руководством А.Н. Наумова [3; 5]. Памятник представляет собой обособленную ремесленную зону Устьинского археологического комплекса XII-XIV вв., включающего городище, грунтовый могильник и 9 селищ общей площадью более 30 га. Вероятно, данный комплекс являлся центром одной из пограничных юго-западных волостей Рязанского княжества. В результате раскопок определено, что во второй половине XIII в. здесь располагались гончарные мастерские, которые в конце XIII – третьей четверти XIV вв. сменяются ма-



стерскими по производству и обработке сыродутного железа [5].

Определение и исследование найденных костей на территории вышеуказанного поселения проводились непосредственно в полевых условиях, а также на кафедре биологии и экологии ТГПУ им. Л.Н. Толстого. Установление видовой принадлежности костных останков, промеры костей осуществлялись согласно методикам Р. Popesco, J. Boessneck et al., D. Haak, Н.А. Бобринского и др., Z. Schramm, В. Г. Гептнера и др., А.И. Акаевского, Б.А. Кузнецова, Е.А. Веселова, В.Е. Соколова, Н. Г. Дмитриева, D. Grayson, T. Martin, В.И. Громовой [6], S. Sisson [10], Е. Е. Антипиной [2]. В целях установления причин и характера повреждений, степени разрушения костного материала использовали сравнительное изучение исследуемых образцов с натуральными костями разных видов животных, согласно методикам Т. Martin, S. Sisson [10]. В настоящей статье приводятся данные результатов обработки материалов за 1998-2007 гг., затрагивающие слои, которые относятся к домонгольскому (конец XII – первая треть XIII вв.) и к золотоордынскому (вторая половина XIII – третья четверть XIV вв.) периодам.

#### Результаты и их обсуждение

За время разработки памятника было собрано и обработано 17992 экземпляра остеологического материала. В этой статье представлен перечень всех остеологических материалов, найденных на селище Колесовка-1, и освещены некоторые особенности животноводства и

охоты его населения.

Необходимо подчеркнуть, что остеологические материалы с поселения являются в основном типичными кухонными останками. На это указывает значительная раздробленность костей и наличие на них порезов, насечек, сделанных во время разделки туш. Идентификация костей, их фрагментов и зубов показала, что останки принадлежат как взрослым, так и молодым особям. Однако значительное количество найденного материала – 17076 экз. (94,91% от общего числа всех находок) принадлежит взрослым животным. Основную часть коллекции составляют кости и их фрагменты, принадлежащие представителям класса Млекопитающие – 3059 экз. (17% от общего числа всех находок).

Видовой состав животных, обнаруженных на селище, довольно разнообразен. Преимущественно встречаются находки костей домашних хозяйственных животных (табл. 1; рис. 4-5). Представленные данные позволяют сделать вывод о том, что в хозяйстве селища Колесовка-1 домонгольского и золотоордынского периодов было значительно развито скотоводство.

Также были найдены костные останки диких животных (табл. 2, рис. 1-3). Количество остеоматериала диких животных и птиц значительно меньше, чем у домашних. Останки отдельных видов встречаются редко. Среди остеологического материала также обнаружено 2 экз. костей, относящихся к человеку (0,01% от общего числа всех находок).

Таблица 1.

Распределение костных останков домашних хозяйственных животных по видовой принадлежности и по отделам скелета

Вид	Число находок, % от общего	Соотношение по возрасту, % от числа находок вида		Число элементов скелета, экз.						
		кости взрослых животных	кости молодых животных	Общее	Кости конечностей	Пояс конечностей	Череп	Позвонки	Зубы и зубочел. сегм.	Ребра и грудина
Корова (Bos taurus Linnaeus, 1758)	5,76	71,24	28,76	1036	444	77	223	65	116	111
Свинья (Sus scrofa Linnaeus, 1758)	5,11	57,88	42,12	919	311	63	229	47	133	136
Овца (Ovis aries Linnaeus, 1758)	2,59	78,80	21,20	467	224	32	50	10	94	57
Лошадь (Equus caballus Linnaeus, 1758)	2,33	87,12	12,88	419	188	40	83	44	43	21
Коза (Capra hircus Linnaeus, 1758)	0,28	98	2	51	22	2	6	2	18	1
Собака (Canis lupus Linnaeus, 1758)	0,22	100	0	40	15	2	3	6	3	15
Курица (Gallus gallus domesticus Linnaeus, 1758)	1,18	77	23	213	49	18	38	59	0	49
Гусь (Anser anser Linnaeus, 1758)	0,07	92	8	12	12	0	0	0	0	0
Утка (Anas platyrhynchos Linnaeus, 1758)	0,02	100	0	4	1	3	0	0	0	0

Таблица 2.

Распределение костных останков диких, а также не используемых в хозяйстве  
животных по видовой принадлежности и по отделам скелета

Вид	Число находок, % от общего	Число элементов скелета, экз.						
		Общее	Кости конечностей	Пояс конечностей	Череп	Позвонки	Зубы и зубочел. сегм.	Ребра и грудина
Лось ( <i>Alces alces</i> Linnaeus, 1758)	0,18	33	5	1	7	1	16	3
Хомяк ( <i>Cricetus cricetus</i> Linnaeus, 1758)	0,12	21	11	0	10	0	0	0
Заяц ( <i>Lepus europaeus</i> Pallas, 1778)	0,07	17	11	2	1	1	0	2
Косуля ( <i>Capreolus capreolus</i> Linnaeus, 1758)	0,07	13	6	0	2	1	0	4
Олень ( <i>Cervus elaphus</i> Linnaeus, 1758)	0,06	10	4	2	2	0	2	0
Куница ( <i>Martes martes</i> Linnaeus, 1758)	0,03	5	5	0	0	0	0	0
Волк ( <i>Canis lupus</i> Linnaeus, 1758)	0,02	4	4	0	0	0	0	0
Лисица ( <i>Vulpes vulpes</i> Linnaeus, 1758)	0,02	4	1	0	3	0	0	0
Мышь ( <i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758)	0,02	4	1	2	1	0	0	0
Бобр ( <i>Castor fiber</i> Linnaeus, 1758)	0,02	4	3	1	0	0	0	0
Хорек ( <i>Mustela eversmanni</i> Lesson, 1827)	0,017	3	1	0	1	1	0	0
Сурок ( <i>Marmota bobak</i> Muller, 1776)	0,01	2	2	0	0	0	0	0
Крыса ( <i>Rattus norvegicus</i> Berkentheut, 1769)	0,01	2	0	0	2	0	0	0
Медведь ( <i>Ursus arctos</i> Linnaeus, 1758)	0,006	1	1	0	0	0	0	0
Полевка ( <i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1779)	0,006	1	0	0	1	0	0	0
Пищуха ( <i>Ochotona pusilla</i> Pallas, 1768)	0,006	1	0	0	1	0	0	0
Тетерев ( <i>Lyrurus tetrix</i> Linnaeus, 1758)	0,27	49	25	11	1	1	0	11
Голубь ( <i>Columba livia</i> Gmelin, 1789)	0,12	22	14	8	0	0	0	0
Бекас ( <i>Gallinago gallinago</i> Linnaeus, 1758)	0,04	8	6	2	0	0	0	0
Ворона ( <i>Corvus corone cornix</i> Linnaeus, 1758)	0,04	8	6	2	0	0	0	0
Ястреб ( <i>Accipiter gentilis</i> Linnaeus, 1758)	0,01	2	2	0	0	0	0	0
Грач ( <i>Corvus frugilegus</i> Linnaeus, 1758)	0,01	2	2	0	0	0	0	0
Орел-беркут ( <i>Aquila chrysaetus</i> Linnaeus, 1758)	0,006	1	1	0	0	0	0	0
Галка ( <i>Corvus monedula</i> Linnaeus, 1758)	0,006	1	1	0	0	0	0	0
Куропатка ( <i>Perdix perdix</i> Linnaeus, 1758)	0,006	1	0	1	0	0	0	0
Перепел ( <i>Coturnix coturnix</i> Linnaeus, 1758)	0,006	1	1	0	0	0	0	0

За время разработки памятника было собрано и обработано 14552 экз. костей рыб, и из них 14314 – чешуя рыб (табл. 3, рис. 1-3). Доля костного материала рыб составляет 80,88% от общего числа всех находок. Этот материал является кухонными останками и может служить для оценки особенностей рыболовства того периода. Надо отметить, что в пищу употребляли в основном крупные экземпляры рыб. Практически полностью отсутствуют останки мелких рыб. Указанные находки свидетельствуют о том, что местное древнерусское население, вероятно, употребляло в пищу большое количество рыбы.

Определено присутствие в культурных слоях моллюсков – 9 экз. (0,05% от общего числа всех находок), из них перловица речная – 5 экз. (0,03%), беззубка обыкновенная – 3 экз. (0,017%), битиния – 1 экз. (0,006%). Находки столь небольшого количества раковин пресноводных моллюсков могут быть случайными и, вероятно, указывают на их ограниченное использование.

Среди остеоматериала имеется 48 обломков костей с неопределенной видовой принадлежностью (0,27% от общего числа находок). Ввиду плохого состояния данных останков не удалось пока еще идентифицировать их видовую принадлежность. Однако все они относятся к млекопитающим и предположительно принадлежат следующим взрослым животным: корова – 28 фрагментов, свинья – 15, лошадь – 5.

Очевидно, что хозяйство древнерусского населения носит оседлый характер с доминированием животноводства, а роль охоты выступает здесь лишь в качестве

дополнительного источника питания. Значительная часть имеющихся в коллекции костных останков принадлежит домашним животным – 3154 экз. (17,53% от общего числа всех находок) (табл. 1; рис. 4-5), включая и неопределенные. Из домашних животных основное количество останков принадлежит копытным – 2885 экз. (91,48% от числа домашних животных). Главными разводимыми видами являлись крупный рогатый скот, свинья, овца, лошадь, значительно меньше коза. Крупный рогатый скот преобладает на памятнике в целом и практически во всех периодах существования поселения. Поскольку в кухонных останках преобладают кости взрослых и полувзрослых животных, можно говорить о хорошей кормовой базе животноводства, позволяющей оставлять на зиму не только основное поголовье стада, но и подраставший молодняк. Для этого поселения такое было возможно только при развитом земледелии (поставщика части кормов, в частности грубых и концентрированных кормов) и стойловом содержании животных в холодное время года. Наличие большинства частей скелета животных самого разного возраста указывает на разведение, содержание и забой животных на самом поселении или рядом с ним. Промеры элементов скелета свидетельствуют о развитии молочного направления в разведении крупного рогатого скота на данной территории в этот период. Наличие довольно большого количества костей домашней свиньи всех возрастных групп также констатирует, что население вело постоянный оседлый образ жизни. Изучение останков дикого кабана из поселения этого периода показало, что

Таблица 3.

Распределение костных останков промысловых рыб по видовой принадлежности и по отделам скелета

Вид	Число находок, % от общего	Число элементов скелета, экз.							
		Общее	Кости конечностей	Пояс конечностей	Череп	Позвонки	Зубы и зубочел. сегм.	Ребра и грудина	Чешуя
Карп ( <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758)	61,58	11079	0	6	18	10	0	48	10997
Окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758)	17,23	3101	0	1	19	6	0	44	3031
Плотва ( <i>Rutilus rutilus typicus</i> Linnaeus, 1758)	1,37	247	0	0	3	4	0	0	240
Лещ ( <i>Abramis brama</i> Linnaeus, 1758)	0,36	65	0	4	4	3	0	12	42
Щука ( <i>Esox Lucius</i> Linnaeus, 1758)	0,15	27	0	5	5	3	0	14	0
Красноперка ( <i>Scardinius erythrophthalmus</i> Linnaeus, 1758)	0,1	18	0	0	0	1	0	13	4
Судак ( <i>Stizostedion lucioperca</i> Smitt, 1893)	0,02	4	0	0	3	1	0	0	0
Сом ( <i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758)	0,02	4	0	0	0	3	0	1	0
Голавль ( <i>Leuciscus cephalus</i> Linnaeus, 1758)	0,02	4	0	0	3	1	0	0	0
Язь ( <i>Leuciscus idus</i> Linnaeus, 1758)	0,017	3	0	0	2	1	0	0	0

он был представлен крупными взрослыми особями. Обращает внимание и существенная доля остеологических материалов мелкого рогатого скота – овцы и козы (среди них лидирующее положение занимает овца). Как и у предыдущих домашних видов копытных, у мелкого рогатого скота найдены практически все кости скелета. Видимо, овец и коз также разводили, содержали и забивали на поселении и/или рядом с ним. Преобладание костей взрослых, полувзрослых особей подтверждает предположение о наличии окрестностях поселения хорошей кормовой базы животноводства. Кости лошади также многочисленны среди остеологических материалов. Как и у всех домашних копытных, у лошади преобладают кости конечностей и фрагменты черепа, позвонки, зубы и ребра. Большинство костей лошади принадлежат взрослым особям. В указанные периоды времени в мясном рационе жителей данного поселения не исключалось употребление мяса лошадей. Находки костей собак среди остеоматериалов поселения немногочисленны. Данный вид представлен в основном целыми костями конечностей и ребрами, позвонками, а также фрагментами черепа и зубами. Вероятно, собаки использовались для охраны жилищ и выпаса стад домашних животных. Среди костных останков домашних птиц особо выделяется курица и немногочисленны останки гуся и утки.

Обнаруженные в памятнике материальной культуры кости диких животных принадлежат довольно широкому кругу видов. Из копытных чаще всего встречаются останки кабана и лоса. Гораздо реже встречаются косуля и олень. В целом эти виды копытных составляют 61,67% от общего количества диких млекопитающих. Из хищных обычно: куница, лисица, волк, хорек и лишь в одном случае костный фрагмент автоподии медведя. Отряд Грызуны представлен 6 видами, в том числе двумя синантропными – серой крысой и домовою мышью, а также видами, которые к человеку, видимо, не имели отношения: хомяк, обыкновенная полевка. Лишь немногие из них – бобр, сурок специально добывались человеком. Найдены костные останки представителей отряда Зайцеобразных – это заяц-русак. Особо хотелось отметить находку останков пищухи. До получения дополнительных результатов изучения остеоматериалов не считаем возможным говорить о присутствии в указанный исторический период этого вида на данной территории и включаем здесь пищуху в фауну эпохи плейстоцена. Пищуха, обнаруженная в местонахождении Колесовка-1, – типичное степное млекопитающее. В настоящее время это животное обитает в степях Заволжья, Южного Урала, Северного Казахстана. Этот вид, как и копытный лемминг (*Dicrostonyx guilielmi*), входил в состав смешанных (дисгармоничных) фаун, не имеющих аналогов в настоящее время и расширял свой ареал к северу и западу в период оледенения и проникал на территорию современной лесной зоны. Обнаружены кости различных диких видов птиц: тетерева, голубя, бекаса, вороны, ястреба, грача, орла, галки, куропатки, перепела. Однако кости диких птиц среди пищевых останков этого периода малочисленны.

Для костных останков выявлено следующее распределение по слоям в соответствии с тремя историческими периодами: домонгольским (конец XII – первая треть XIII вв.) и золотоордынским (2-я половина XIII в. и конец XIII – третья четверть XIV вв. (табл. 4, рис. 1-3). При этом был учтен лишь тот остеологический материал, который удалось точно отнести к конкретному историческому периоду. Были учтены соотношения домашних животных, диких животных и рыбы (рис. 1-3). Учитывая, что в датированных материалах доля диких животных крайне мала, каких-либо определенных выводов по охоте на диких животных на настоящий момент сделать невозможно. Осложняет интерпретацию результатов и наличие почти полного скелета курицы и части скелета поросенка в ямах, относящихся ко второй половине XIII в. и первой половине – середине XIV в.

Таблица 4.

Распределение костных останков по отношению к трем историческим периодам

Вид	Число находок, относящихся к определенному временному периоду, экз.		
	Домонгольский период	Вторая половина XIII в	Первая половина – середина XIV в
1. Домашние хозяйственные животные			
Корова	73	123	21
Свинья	50	66	28
Овца	40	44	8
Лошадь	15	50	1
Коза	1	4	0
Собака	4	3	0
Курица	3	174	1
Утка	0	4	0
Гусь	1	1	0
2. Дикие, а также не используемые в хозяйстве млекопитающие и птицы			
Заяц	3	2	1
Косуля	0	1	4
Лось	1	0	0
Олень	0	1	0
Лисица	1	0	0
Хомяк	4	1	0
Сурок	0	2	0
Бобр	0	2	0
Мышь	0	4	0
Пищуха	0	1	0
Голубь	0	16	0
Тетерев	6	5	2
Бекас	0	8	0
Куропатка	0	1	0
Ворона	2	5	0
Ястреб	2	0	0
Орел	0	1	0
3. Промысловая рыба, находки раковин моллюсков			
Карп	20	84	13
Плотва	0	7	0
Лещ	3	62	0
Щука	1	17	1
Окунь	1	55	0



Судак	0	34	0
Сом	2	0	1
Перловица	2	1	0
Беззубка	0	1	0
4. Соотношение домашних, диких животных и рыбы	187/19/29	469/49/261	59/7/15

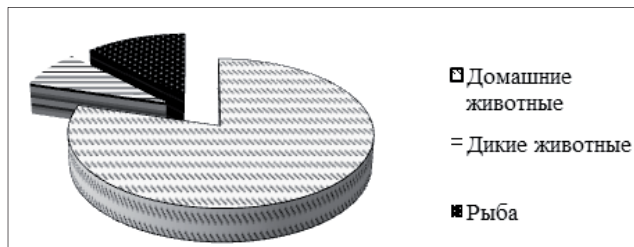


Рис. 1. Распределение костных останков диких, домашних животных и рыб в домонгольский период (конец XII – первая треть XIII вв.).

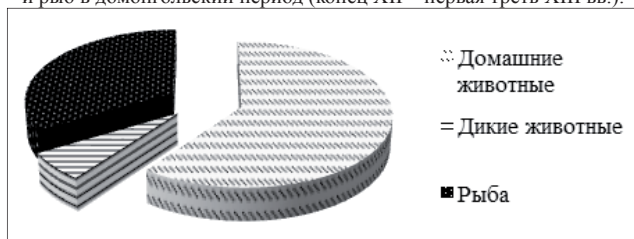


Рис. 2. Распределение костных останков диких, домашних животных и рыб в золотоординский период (середина XIII – вторая половина XIII вв.).

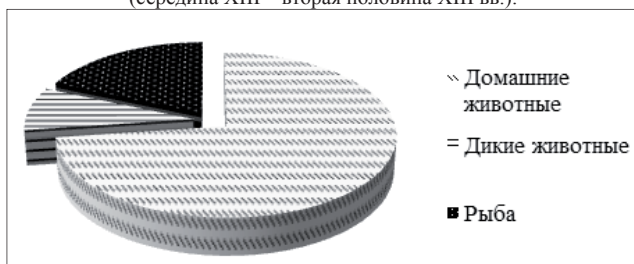


Рис. 3. Распределение костных останков диких, домашних животных и рыб в золотоординский период (начало – третья четверть XIV вв.).

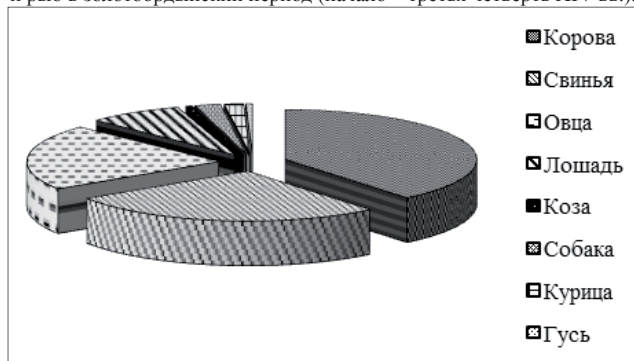


Рис. 4. Костные останки домашних хозяйственных животных в домонгольский период.

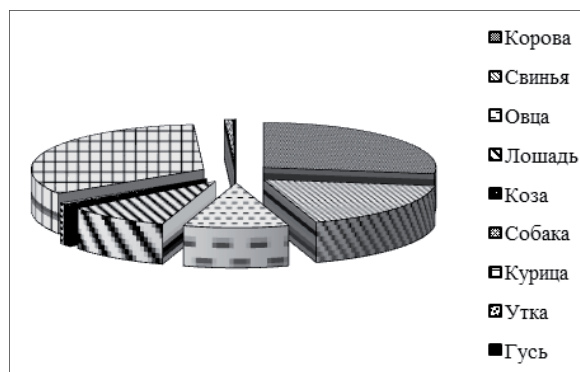


Рис. 5. Костные останки домашних хозяйственных животных в золотоординский период.

Остеологический материал с полной сохранностью – это элементы скелета – 176 экз. (0,98% от общего числа всех находок), а также 14117 экз. (78,46%) – чешуя рыб. Значительная часть остеоматериала – 3699 экз. (20,55% от общего числа всех находок) повреждены вследствие внешнего воздействия острыми и тупыми твердыми предметами, а также естественного разрушения. В коллекции присутствуют в значительной степени обломки всех элементов скелета. Вероятно, туши животных подвергались полной разделке. Кости свиньи, коровы, овцы, лошади больше всего несут на себе многочисленные следы такого расчленения. Можно отметить, что черепа животных разломаны абсолютно бессистемно. Кроме этого, извлекался костный мозг из трубчатых костей передних и задних конечностей. Выявлены кости, которые были подвержены стационарному воздействию огня, то есть обугливаю. Возможно, кости добавляли в шихту при варке сыродутного железа как флюс, содержащий кальций и углерод, при металлургических процессах прямого восстановления металла из руды. Практически ни одного полного скелета животного в раскопе ям не обнаружено (только скелет курицы). Все это характеризует высокую степень утилизации животных.

Особый интерес среди находок представляет остеологический материал, подвергнутый модификации: бедренная кость гуся, из которой изготавливали охотничьи манки для птиц; обработанные таранные кости свиньи, овцы – вероятно, использовались как насадки; таранная кость коровы с нацарапанным рисунком в виде решетки – возможно, предмет служил для расчетов или игры в кости; обработанные метаподии овцы, свиньи – для рукояти. У большинства образцов имеются следы искусственного воздействия на поверхность костей (срезы и повреждения костей глубокие, некоторые надрезаны острым предметом восходящими движениями под углом); отмечен распил, просверливание костей. Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что эти останки являются не только кухонными отходами, но и служат свидетельством использования их в качестве косторезного материала.

Проанализировав результаты исследования остеологического материала, найденного и собранного в 1998 и 2004-2007 гг. на раскопках поселения Колесовка-1, резюмируем:

Исследуемый материал принадлежит представителям пяти классов (млекопитающие, птицы, рыбы, двусторчатые и брюхоногие моллюски), относящимся к 19 отрядам, 27 семействам, 45 родам и 48 видам. Анализ остеологических материалов, полученных в ходе археозоологических исследований поселения Колесовка-1, показал, что основу животноводства древнерусского населения в период конец XII – первой половине XIII вв. и второй половине XIII – третьей четверти XIV вв. составляло разведение крупного рогатого скота, свиней, овец, лошадей. Значительные изменения в долях домашних животных из культурных горизонтов отсутствуют, поэтому можно утверждать о стабильности животноводства в указанный период. Охота у населения Колесовка-1 в этот период практического значения не имела. Незначительная роль охоты может объясняться достаточным количеством продукции, получаемой от животноводства и земледелия. Вероятно, охота в это время была скорее развлечением, чем необходимым промыслом. На это указывает и состав охотничьей добычи, где преобладают крупные копытные. Обитатели Колесовка-1 занимались и рыбной ловлей. Живой мир в окрестностях поселения был достаточно разнообра-

зен. Об этом свидетельствуют костные останки разных видов животных.

В настоящей работе костные останки рассматриваются как результат человеческой деятельности, отображающий специфику хозяйствования и охотничьих пристрастий населения Колесовка-1 в периоды его существования. Учет этого факта трансформирует остеологические данные в более естественные для понимания и тем самым повышается вероятность более точной их интерпретации. Результаты изучения костных останков дают явное представление о роли животноводства, рыболовства и охоты в экономике древнерусского населения на исследуемой территории.

Автор выражает глубокую благодарность заместителю директора по науке Государственного музея-заповедника «Куликово поле» А.Н. Наумову за организацию и оказание всесторонней помощи при проведении данных исследований, а также заведующему отделом антропологии Центра исследований и коллекций Государственного музея штата Иллинойс профессору Т.Дж. Мартину за консультации по вопросам таксономической идентификации остеологического материала.

#### Библиографический список

1. Алексеева Л.И. Териофауна раннего антропогена Восточной Европы. М.: Наука, 1977. (Тр. ГИН; вып. 300).
2. Антипина Е.Е. Археозоологические исследования: задачи, потенциальные возможности и реальные результаты. Новейшие археозоологические исследования в России. М., 2003. С. 112-118.
3. Аралов А.В. Фауна поселения Колесовка-1. Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны. Сб. науч. статей. Тула, 2011. С. 148-154.
4. Верецагин Н.К. Хозяйство и экология свайного поселения Наумово в Псковской области. Известия Всесоюзного географического общества 1979. 111. С. 363-368.
5. Гоняный М.И. Археологические памятники района Куликово поле (конец XII – третья четверть XIV в.) Куликово Поле и Донское побоище 1380 г. Труды ГИМ. Выпуск 150. М., 2005. С. 101-124.
6. Громова В.И. Определитель млекопитающих СССР по крупным трубчатым костям. Труды Комиссии по изучению четвертичного периода. М., 1950. Т. 9.
7. Цалкин В.И. Материалы для истории скотоводства и охоты в Древней Руси. Материалы исследования по археологии СССР. 1956. №51. С. 125-139.
8. Цалкин В.И. Древнее животноводство племен Восточной Европы и Средней Азии. МИА. 1966. №135. С. 10-38.
9. Яворская Л.В. Специфика потребления жителей городища Самосделка в VIII-XIV вв. (по археозоологическим данным). Доклады к IV международной науч. конф. посвященной памяти профессора МГУ Г. А. Федорова-Давыдова. Азов, 2009. С. 96-98.
10. Sisson S. Porcine osteology. Toronto, 1989. Ch. 37. Pp. 1216-1272.

#### References

1. Alekseeva L.I. Theriofauna of the early Quaternary of Eastern Europe. M.: Nauka, 1977. (Tr. GIN; ed. 300).
2. Antipina E.E. Archaeozoological research: objectives, potential and real results. Archaeozoological latest research in Russia. M., 2003. Pp. 112-118.
3. Aralov A.V. Fauna of the settlement Kolesovka-1. Problems of studying and terrain recovery of forest-steppe zone. Collected Scientific Papers. Tula, 2011. Pp. 148-154.
4. Vereshhagin N.K. Agriculture and Ecology of the pile settlement Naumovo in the Pskov region. Proceedings of the All-Union Geographical Society 1979. 111. Pp. 363-368.
5. Gonyanyj M.I. Archaeological monuments of the Kulikovo Field (the end of the XII - XIV in the third quarter). Kulikovo Field and Don Battle 1380. Proceedings of GIM. Edition 150. M., 2005. Pp. 101-124.
6. Gromova V.I. Field guide of mammals USSR on major long bones. Proceedings of the Commission for the Study of the Quaternary period. M., 1950. V. 9.
7. Tsalkin V.I. Materials for the history of ranching and hunting in ancient Russia. Materials of Research on the Archaeology of the USSR. 1956. №51. Pp. 125-139.
8. Tsalkin V.I. The ancient cattle breeding of tribes in Eastern Europe and Central Asia. MIA. 1966. №135. Pp. 10-38.
9. Yavorskaya L.V. Specificity of consumption at population of the settlement Samosdelka in VIII-XIV centuries (at Archaeozoological data). Reports to the IV international scientific conference dedicated to the memory of Professor of Moscow State University, G.A. Fedorov-Davydov. Azov, 2009. Pp. 96-98.
10. Sisson S. Porcine osteology. Toronto, 1989. Ch. 37. Pp. 1216-1272.

УДК 581.1

UDC 581.1

**Т.И. ПУЗИНА**

доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: TIPuzina@gmail.com

**И.Ю. МАКЕЕВА**

аспирант, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: Makmus57@yandex.ru

**М.В. ЧВАНОВА**

магистрант, факультет естественных наук, Орловский государственный университет

**И.А. БЫЧКОВ**

студент, факультет естественных наук, Орловский государственный университет

**Т.И. PUZINA**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry, Orel State University  
E-mail: TIPuzina@gmail.com

**I.Y. MAKEEVA**

Graduate student, Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry, Orel State University  
E-mail: Makmus57@yandex.ru

**M.V. CHVANOVA**

Master, Faculty of Natural Sciences, Orel State University

**I.A. BICHKOV**

Student, Faculty of Natural Sciences, Orel State University

### ВЛИЯНИЕ КОФЕЙНОЙ КИСЛОТЫ НА ДЫХАНИЕ И АКТИВНОСТЬ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ *SOLANUM TUBEROSUM* ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИПОТЕРМИИ\*

#### THE INFLUENCE OF CAFFEIC ACID ON THE RESPIRATION AND ACTIVITY OF SUPEROXIDE DISMUTASE IN *SOLANUM TUBEROSUM* UNDER THE ACTION OF HYPOTHERMIA

*Исследовали действие кофейной кислоты на физиолого-биохимические процессы Solanum tuberosum в условиях 2-часовой гипотермии (-2°C) и последующей адаптации. Показано неоднозначное действие кофейной кислоты на интенсивность дыхания: стимулирование в оптимальных температурных условиях и в первые сутки адаптации, сдерживание возрастания процесса в условиях гипотермии. Выявлена более значительная стимуляция активности фермента супероксиддисмутазы под влиянием кофейной кислоты в условиях стресса и его последствий. Кофейная кислота проявила наибольший эффект на рост побегов в условиях адаптации к гипотермии.*

*Ключевые слова:* кофейная кислота, гипотермия, дыхание, супероксиддисмутаза.

*The effect of caffeic acid on physiological and biochemical processes of Solanum tuberosum in a 2-hour hypothermia (-2°C) and subsequent adaptation was investigated. The ambiguous effect of caffeic acid on respiration rate: promoting optimal temperature conditions of the first day of adaptation, the process of increasing containment of hypothermic was shown. A significant stimulation of the enzyme activity of SOD under the influence of caffeic acid in stress conditions and its aftereffects was revealed. Caffeic acid showed the greatest effect on the growth of shoots under stress.*

*Keywords:* caffeic acid, hypothermia, respiration, superoxide dismutase.

Антиоксидантная функция фенольных соединений в растительном организме в настоящее время активно изучается. Прежде всего это касается полифенолов, а именно, флавоноидов [1,4]. Вместе с тем большая группа фенолов – фенилпропаноиды в данном аспекте остаются малоизученными, особенно в стрессовых условиях среды [3]. Следует отметить, что наряду с антиоксидантной системой практически не изучено участие фенилпропаноидов в регуляции энергетического обмена и, прежде всего, процесса дыхания. Среди фенилпропаноидов в последнее время уделяют внимание гидроксикоричным кислотам. На их основе создан отечественный препарат Циркон («НЭСТ-М», Россия), усиливающий рост растений и повышающий их устойчивость к факторам среды. Однако для изучения механизма действия гидроксикоричных кислот необходимо исследование влияния не смеси этих веществ, а их отдельных представителей. Кофейная кислота, в отличие от других гидроксикоричных кислот, в растительном организме может находиться в свободном состоянии [2] и, тем самым, участвовать в регуляции физиолого-биохимических процессов.

Цель данной работы состояла в выявлении участия кофейной кислоты в регуляции активности супероксиддисмутазы и интенсивности процесса дыхания *Solanum tuberosum* в условиях гипотермии и последующей адаптации.

Исследования проводили на 20-дневных побегах возобновления растений картофеля сорта Жуковский ранний в лабораторных условиях. Для этого клубни, находящиеся в состоянии вынужденного покоя, проращивали в увлажненных опилках вначале в темноте до появления всходов, а затем – при комнатном освещении. Гипотермию создавали, помещая ящики с 20-дневными побегами возобновления в низкотемпературный шкаф («Т25/01», Россия) на 2 часа при температуре -2°C. Для растений картофеля губительными являются весенние заморозки (-2°C). Варианты опытов включали опрыскивание 10-дневных побегов 0.1 мМ раствором кофейной кислоты («Sigma», США), контрольные растения обрабатывали водой. Для определения интенсивности дыхания отбирали средние пробы побегов возобновления, а активности СОД – листья 7-го яруса.

Интенсивность дыхания определяли методом титро-

вания по количеству выделяющегося  $\text{CO}_2$  в сосудах для газообмена («Физприбор», Россия). Об активности супероксиддисмутазы (СОД) судили по реакции восстановления нитросинего тетразолия, запускаемую рибофлавином [11]. Массу органов определяли на весах («ВСТ 600/10-0», Россия).

Опыты проводили в 5-кратной биологической и 3-кратных аналитических повторностях. На рисунках представлены средние арифметические и их стандартные ошибки. Достоверность результатов оценивали с помощью критерия Стьюдента.

Дыхание является основным процессом, поставляющим энергию в растение. Известно, что усиление дыхания относится к первичным неспецифичным процессам при действии стрессоров [5].

Результаты исследования показали (рис. 1), что действительно, в условиях 2-часовой гипотермии ( $-2^\circ\text{C}$ ) интенсивность выделения  $\text{CO}_2$  несколько увеличилась (на 10%). Кофейная кислота в оптимальных температурных условиях активизировала процесс дыхания (на 17% против контроля). Такой результат может быть связан с большим содержанием ауксинов в листьях картофеля. Такие данные были получены нами ранее [7]. Известно, что ауксины усиливают процесс дыхания [9]. В условиях гипотермии кофейная кислота сдерживала интенсификацию дыхания в 1,6 раза. По-видимому, это обусловлено антиоксидантными свойствами кофейной кислоты. В наших предыдущих исследованиях кофейная кислота усиливала работу ферментов каталазы и пероксидазы, в результате чего снизилась реакция

перекисного окисления липидов [8]. Через 24 часа последствия 2-часовой гипотермии интенсивность дыхания в контрольном варианте существенно снизилась (в 1,5 раза), тогда как в варианте с кофейной кислотой – повысилась на 38%. При этом надо отметить, что в первые сутки адаптации к действию отрицательной температуры ( $-2^\circ\text{C}$ ) дыхание в контрольном варианте уменьшилось по сравнению с оптимальными температурными условиями. Дыхание побегов, обогащенных кофейной кислотой, не достигло уровня предстрессового состояния.

Процесс дыхания является источником активных форм кислорода. Поэтому представляло интерес изучить активность фермента супероксиддисмутазы, который, взаимодействуя с супероксидным радикалом, являющимся активной формой кислорода, восстанавливает его до пероксида водорода [6]. Из рис. 2 следует, что обогащение побегов возобновления кофейной кислотой, вне зависимости от действия температурного фактора, активизировало работу СОД. В большей степени это проявилось в условиях 2-часовой гипотермии и в последующие 24 часа адаптации. Так, в оптимальных температурных условиях активизация фермента составила 22% против контроля, в условиях гипотермии – 31%, а через сутки – 39%. Повышенная активность СОД при действии стрессора в варианте с кофейной кислотой, по-видимому, связана не только с процессом дыхания (его электрон-транспортной цепью), но и с окислительно-восстановительными реакциями фенолов, к которым относится кофейная кислота [10].

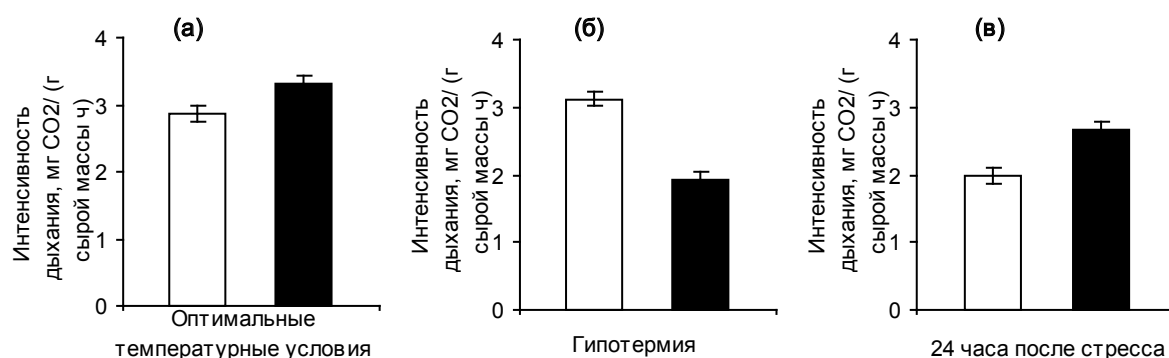


Рис. 1. Влияние кофейной кислоты на интенсивность дыхания побегов возобновления. □ – контроль, ■ – кофейная кислота.

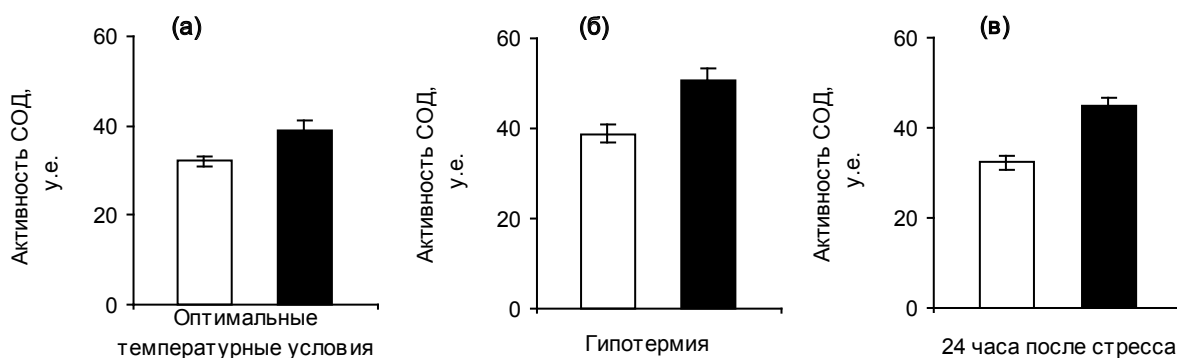


Рис. 2. Активность СОД в условиях гипотермии в зависимости от обработки кофейной кислотой. □ – контроль, ■ – кофейная кислота.



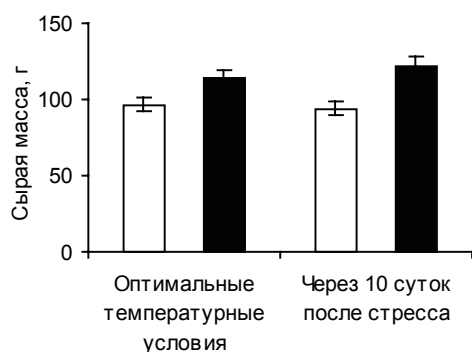


Рис. 3. Влияние последствий гипотермии на массу побегов возобновления в зависимости от обработки кофейной кислотой.  
□ – контроль, ■ – кофейная кислота.

Кофейная кислота стимулировала ростовую активность побегов возобновления как в оптимальных

температурных условиях, так и через 10 суток после действия гипотермии (рис.3). Однако, положительный эффект кофейной кислоты был значительно в условиях гипотермии (29% против 17% в оптимальных условиях).

Таким образом, полученные результаты показывают, что кофейная кислота в условиях гипотермии сдерживала повышение дыхания, тогда как в оптимальных условиях и в первые 24 часа адаптации интенсифицировала данный процесс. Кофейная кислота в условиях действия стрессоров и в первые сутки адаптации значительно активизировала процесс утилизации супероксидного анион-радикала с помощью усиления работы СОД по сравнению с оптимальными условиями. Стимулирующий эффект кофейной кислоты на рост побегов в большей степени проявился в условиях адаптации к стрессору.

#### Библиографический список

1. Антонюк Т.М., Косян А.М., Таран Н.Ю. Флавоноиды как биомаркеры абиотического стресса // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. Под ред. Н.В.Загоскиной, Е.Б.Бурлаковой. М.: Научный мир, 2010. С. 249-256.
2. Бахтенко Е.Ю., Курапов П.Б. Многообразие вторичных метаболитов высших растений. Вологда: Изд. ВГПУ, 2008. 263 с.
3. Волкова Л.А., Урманцева В.В., Бургутин А.Б. Стесс-протекторное действие комплекса фенилпропаноидов на растения картофеля *in vitro*. Физиология растений. 2014. Т.61. №2. С. 275-282.
4. Кузнецова В.А., Остронков В.С., Лапшин С.А., Иваченко Л.Е. Роль дигидрокверцетина в адаптации проростков сои к воздействию ацетата свинца // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. Под. ред. Н.В. Загоскиной. М.: ИФР РАН, 2015. С. 324-329.
5. Полевой В.В. Физиология растений. М.: Наука, 2011. 464 с.
6. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: Академия, 2007. 140 с.
7. Пузина Т.И., Макеева И.Ю. Участие кофейной кислоты в регуляции продукционного процесса картофеля *Solanum tuberosum* // Агрохимия. 2015. №6. С. 63-68.
8. Пузина Т.И., Макеева И.Ю., Бычков И.А., Ануфриев А.Г. Действие кофейной кислоты на уровень перекисного окисления липидов мембран в условиях гипотермии у *Solanum tuberosum*. Ученые записки Орловский государственный университет. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2014. №6 (62). С.80-82.
9. Саламатова Т.С. Дыхание и аксинзависимый рост // Рост и устойчивость растений. Под. ред. Р.К. Салаяева, В.И. Кефели. Новосибирск: Наука. Новосибирское отделение, 1988. С.45-65.
10. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. С.-Пб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. 241 с.
11. Beauchamp Ch., Fridovici I. Superoxide Dismutase improve Assays and Assay Applicable to Acryl amide Gels // Anal.Biochem. 1971.V.44. Pp. 276-287.

#### References

1. Antoniuc T.M., Kosyan A.M., Taran N.Y. Flavonoids as biomarkers of abiotic stress // Phenolic compounds: fundamental and applied aspects / ed. N.V.Zagoskinoy, E.B.Burlakovoy. M.: Scientific World, 2010. Pp. 249-256.
2. Bahtenko E.Y., Kurapov P.B. The variety of secondary metabolites of higher plants. Vologda Univ., 2008. 263 p.
3. Volkova L.A., Urmantseva V.V., Burgutin A.B. Stess-protective effect of complex phenylpropanoids on potato plants *in vitro*. Plant Physiology. 2014. Vol.61. №2. Pp. 275-282.
4. Kuznetsova V.A., Ostronkov V.S., Lapshin S.A., Ivachenko L.E. Dihydroquercetin role in adaptation to the effects of soybean lead acetate // Phenolic compounds: fundamental and applied aspects / Ed. NV Zagoskina M.: IPF Academy of Sciences, 2015. Pp. 324-329.
5. Polevoy V.V. Plant Physiology // M.: Nauka, 2011. 464 p.
6. Polesskaya O.G. Plant cells and reactive oxygen species. M.: KDU. 2007. 140 p.
7. Puzina T.I., Makeev I.Y. Participation of caffeic acid in the regulation of the production process of *Solanum tuberosum* // Agrochemistry. 2015. №6. Pp. 63-68.
8. Puzina T.I., Makeeva I.Y., Bychkov I.A., Anoufrieve A.G. Action caffeic acid on the level of lipid peroxidation of membranes under conditions of hypothermia in *Solanum tuberosum*. Scientific notes of Orel State University. Series: natural, technical and medical sciences. 2014. №6 (62). Pp.80-82.
9. Salamatova T.S. Respiration and Auxin dependent growth // Growth and Stability of plants / RK Salyaeva, VI Kefeli. Novosibirsk: Nauka, 1988. Pp.45-65.
10. Chirkova T.V. Physiological basis of plant resistance. Saint-Petersburg.: Publishing House, St. Petersburg. University Press, 2002. 241 p.
11. Beauchamp Ch., Fridovici I. Superoxide Dismutase improve Assays and Assay Applicable to Acryl amide Gels // Anal.Biochem. 1971.V.44. Pp.276-287.

УДК 581.1

UDC 581.1

**В.И. РАДЫГИНА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: Kaf\_botany@univ-orel.ru

**V.I. RADYGINA**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University  
E-mail: Kaf\_botany@univ-orel.ru

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ, СОСТАВ, ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ФЛОРОГЕНЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ СТЕПЕЙ И ПЕТРОФИТНО-КАРБОНАТНОГО ФЛОРОЦЕНОТИЧЕСКОГО  
КОМПЛЕКСА**

**THE ORIGIN, COMPOSITION, GEOGRAPHICAL RELATIONS OF PHLOROGENETIC ELEMENTS OF THE EASTERN  
EUROPEAN PRAIRIES AND THE PETROPHYTE CARBONATE PHLOROGENETIC COMPLEX**

*В результате флорогенетического анализа кальцефитов восточно-европейских степей и петрофитно-карбонатного комплекса были определены его генетические элементы. Большинство проанализированных растений-кальцефитов обнаруживают связи с древнесредиземноморскими горными ксерофильными центрами: кавказским, кавказско-переднеазиатским, западно- и восточно-древнесредиземноморским; выявлены миграционные элементы, рассмотрены некоторые таксономические ситуации.*

*Ключевые слова:* флорогенетический анализ, кальцефиты, генетические и миграционные элементы, история флоры.

*As a result of phlorogenetic analysis of calciphytes of the Eastern European prairies and petrophyte carbonate complex its genetic elements were determined. The majority of the analysed plants – calciphytes – exhibit the relations with the ancient Mediterranean mountain xerophilous centers: Caucasian, Caucasian frontal Asian, western and eastern ancient Mediterranean. Migratory elements were revealed; some taxonomic situations were considered.*

*Keywords:* phlorogenetic analysis, calciphytes, genetic and migratory elements, the history of flora.

Флорогенетический анализ степного и петрофитно-карбонатного флороценотического комплекса позволил выявить некоторые закономерности в их происхождении. Мы в основном разделяем концепцию М.Г. Попова (1936:98) о происхождении и составе флорогенетических элементов восточноевропейских степей, объединяемых автором (1949: 151) в 4 группы.

Однако роль этих групп в степях разных широт существенно различается. Ранее проведенный нами анализ луговой степи Орловской области (Радыгина, 1980) выявил степные виды лесного родства, степные виды древнесредиземноморского родства, при почти полном отсутствии древнесредиземноморских видов.

Во флоре южных степей, как и следовало ожидать, хорошо представлены степные виды древнесредиземноморского родства, резко сокращается группа степных видов лесного родства, однако начинают появляться виды древнесредиземноморской флоры: *Teucrium polium*, *Dianthus rigidus*.

Анализ петрофитно-мелового флороценотического комплекса выявил несколько иную картину генезиса по сравнению со степной флорой. Эта группа крайне разнообразна в историческом и географическом аспектах. Отчетливо выделяются 2 группы: (см. таблица 1).

1 – немногочисленная, но сравнительно древняя (плиоцен-плейстоценовая) группа древнесредиземноморских видов, сформировавшихся на территории Древнего Средиземья, но своими северными частями, ареалов или фрагментами, заходящими на юг лесостепной подзоны. Таковы *Rindera tetraspis*, *Dianthus rigidus*, *Teucrium polium*, *Cephalaria gigantea* (C. litwinowii).

2 – основная группа видов, имеющая родственные

связи с древнесредиземноморской флорой. Их ареалы не выходят или почти не выходят за пределы евразийской степной провинции, а формирование их шло, главным образом, аллопатрически в результате распада на географические расы материнского вида при достаточно длительной изоляции.

Таксономическая ситуация в обсуждаемом нами комплексе в принципе различна. Например, в группах *Linum flavum*, *Androsace villosa*, *Alyssum gmelinii* наблюдаются подвидовые ситуации. Предковые формы их были довольно древними (миоцен-плиоценовыми) и занимали обширные ареалы. Однако формирование современных географических рас шло по пути симили аллопатризации ареалов материнских таксонов. Отсутствие длительных изолирующих механизмов ведет к перекombинации признаков и образованию таксонов подвидовых рангов. Они более молодые и их формирование шло в плейстоцене-голоцене.

Некоторые виды, особенно из облигатных меловиков, формировались автохтонно в результате возникновения изолирующих факторов (длительной трансгрессии, горообразования, ледников и др.), многие из них локальные или сублокальные эндемики. Примеры эндемизма: волжско-донского – *Silene hellmannii* Claus, волжско-уральского – *Scabiosa isetensis*, Южного Урала – *Silene baschkirorum* Janisch.

Таксономический ранг некоторых форм остается неясным, как, например, описанный С. В. Юзепчуком (1949 : 149), *Scutellaria chitrovoi* Juz., выделенный им из полиморфной *S. supina* L., имеющей черты сходства с *S. altaica* Fisch. ex Sweet, между последней и *S. chitrovoi* признаки значительно перекрываются.

Таблица 1.

Родственные связи видов петрофитно-карбонатного флороценокомплекса\*

Растения, связанные родством с видами лесной зоны	Виды древнесредиземноморского родства	Древнесредиземноморские виды по происхождению
<i>Carex humilis</i> Leyss. <i>Filipendula vulgaris</i> Moench <i>Ranunculus illyricus</i> L. <i>Phlomis tuberosa</i> L. <i>Thalictrum minus</i> L.	<i>Alyssum gimnopodium</i> P. Smirn. <i>Alyssum gmelinii</i> Jord. <i>Alyssum tortuosum</i> Waldst. et Kir. ex Willd. <i>Androsace villosa</i> subsp. <i>taurica</i> (Ovcz.) Fed. <i>Cephalaria uralensis</i> (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. <i>Daphne Sophia</i> Kalen. <i>Galium glaucum</i> L. <i>Gypsophila altissima</i> L. <i>Hedysarum grandiflorum</i> Pall. <i>Hyssopus cretaceus</i> Dubjan. <i>Linum flavum</i> L. <i>Linum hirsutum</i> L. <i>Matthiola fragrans</i> Bunge <i>Onosma simplicissimum</i> L. <i>Scabiosa isetensis</i> L. <i>Schivereckia podolica</i> Andr. <i>Silene sibirica</i> (L.) Haf. <i>Stachys recta</i> L. <i>Teucrium chamaedrys</i> L.	<i>Cephalaria gigantea</i> (Ledeb.) Borb. (L. litwinovii Borb.) <i>Dianthus rigidus</i> Bieb. <i>Globularia elongata</i> Hegetschw. <i>Phlomis pungens</i> Willd. <i>Potentilla recta</i> L. <i>Rindera tetraspis</i> Pall. <i>Teucrium polium</i> L. <i>Trachomitum sarmatiense</i> Woodson

\*В таблицу включены также виды, проанализированные ранее (Носова, 1973, Радыгина, 1980, 2001, 2001(a), 2003, Решетникова, 1995).

Таблица 2.

Связи видов петрофитно-карбонатного комплекса с горными ксерофильными центрами

Кавказский и кавказско-переднеазиатский	Западно-древнесредиземноморский	Восточно-древнесредиземноморский	Малоазиатский	Южно-уральский
<i>Alyssum gmelinii</i> <i>Alyssum tortuosum</i> <i>Cephalaria gigantea</i> <i>Daphne sophia</i> <i>Globularia elongata</i> <i>Gypsophila altissima</i> <i>Hedysarum grandiflorum</i> <i>Linum flavum</i> <i>Matthiola fragrans</i> <i>Onosma simplicissimum</i> <i>Phlomis pungens</i> <i>Psephellus marschallia</i> – <i>nus</i> (Spreng.) C. Koch <i>Silene hellmannii</i> Claus <i>Teucrium chamaedrys</i>	<i>Teucrium polium</i> <i>Linum hirsutum</i> <i>Astragalus albicaulis</i> DC.	<i>Scrophularia cretacea</i> Fisch. ex Spreng. <i>Dianthus rigidus</i> <i>Silene sibirica</i> <i>Rindera tetraspis</i> <i>Scabiosa isetensis</i>	<i>Schivereckia podolica</i> <i>Linaria cretacea</i>	<i>Silene wolgensis</i> (Willd.) Bess.

Весьма разнообразны и географические связи комплекса. Хотя по истории формирования флоры восточно-европейских степей и существует обширная литература, связи кальцефитов освещены явно недостаточно. Анализ некоторых кальцефитов приводится в работах М.Г. Попова (1947, 1949, 1963), Е.М. Лавренко (1942), Д. И. Литвинова (1902), Т.И. Попова (1938), Б.М. Козо-Полянского (1927, 1931), М.И. Алексеенко (1950), С.В. Голицына (1948, 1950 и др.) Н.П. Виноградова и С.В. Голицына (1950, 1954) и др., а во многих работах лишь голословно указываются связи с Сибирью, Средиземноморьем, Азией, Крымом, Кавказом и т.п. (Васильев, 1934 и др.).

Несомненно, что большинство видов комплекса обнаруживают связи с древнесредиземноморскими горными ксерофильными центрами. Явно преобладает группа, имеющая связи с кавказским и кавказско-

переднеазиатским центрами, что не удивительно, поскольку они наиболее близки территориально к нашему региону. (см.таблица 2).

Сюда относятся, например, следующие виды: *Onosma simplicissimum* (через *O. polyphyllum*), ее предковая форма, по-видимому, отделилась от каких-то малоазиатских видов; *Centaurea sumensis*; *Gypsophila altissima*; *Silene hellmannii*; *Alyssum tortuosum*; *Cephalaria gigantea* (C. litwinovii); *Daphne sophia*; *Teucrium chamaedrys* (через *T. nuchense*); *Cephalaria uralensis* (через *C. coriacea*); *Hedysarum grandiflorum* (через *H. biebersteinii* и *H. elegans*); *Phlomis pungens* (через *P. pseudopungens* и *P. kopetdaghensis* Knorr.); *Linum flavum* (через *L. orientale*); *Globularia elongata* (через *G. trichosantha* и *G. bellidifolia*); *Matthiola fragrans* (через *M. odoratissima*, *M. caspica*, *M. tatarica*); *Alyssum gmelinii* (через *A. trichostachyum*).

Более малочисленная группа, имеющая связи с Западно-Средиземноморским флористическим центром: *Teucrium polium* (Пиренеи); *Linum hirsutum* (через *L. viscosum* и *L. spatulatum*); *Astragalus albicaulis* (через *A. albidus* Waldst. et Kit. (*A. vesicarius* auct.)).

Кавказско-средиземноморские связи выражены у *Stachys recta* L., малоазиатские – у *Schiverckia podolica* (через *S. dorfleri*).

С Восточным древнесредиземноморьем связаны: *Scrophularia cretacea* (через *S. canescens*); *Dianthus rigidus* (через *D. kirghizicum* и *D. ramosissimus* связана с Казахстаном и Тянь-Шанем – по-видимому, последние два вида более древние); *Silene sibirica* (связи с Джунгарией, Средней Азией, Гималаями); *Rindera tetraspis* (связь с Гималаями и Тянь-Шанем); *Scabiosa isetensis* (через *S. austroaltaica* и *S. ulugbekii*).

Таким образом, в результате анализа петрофитно-карбонатного флороценотического комплекса нами были определены, во-первых, генетические элементы его. Большинство проанализированных видов обнаруживают в конечном счете связи с древнесредиземноморскими горными ксерофильными центрами: кавказским и кавказско-переднеазиатским, западно-древнесредиземноморским и восточно-древнесредиземноморским.

Несколько особняком стоят следующие виды: *Silene wolgensis*, которое через *S. baschkirorum* Janisch связана с южно-уральским центром; происхождение же *Linaria cretacea* и ее распространение на Среднерусскую возвышенность остается загадкой, так как близкородственные связи проследить не удастся; в дальнем родстве с ней находятся древнесредиземноморские виды.

Совершенно особняком, как отмечает Т.Б. Решетникова (1995), “стоят *Hyssopus cretaceus* и *Trachomitum sarmatiense*. Первый, возможно, альпигенный или карпатогенный вид, а *Trachomitum sarmatiense* единственный не “монтанный” во всей нашей выборке вид, связанный в своем происхождении с комплексом солонцеватых групп, осваивавших местообитания по берегам регрессирующего Тетиса. Несомненна связь рода *Trachomitum* с *Poacynum*”.

*Daphne sophia* связана с кавказской флорой через комплекс *D. axilliflora* – *D. caucasica*; однако, в противоположность другим видам, имеющим кавказские связи, ее можно рассматривать как “осколок” арктотретичной мезофильной флоры.

При анализе соответственно выявлялись и миграционные элементы. Большая часть видов, сформированная в восточно-древнесредиземноморском центре, осваивая соответствующие экотопы, мигрировала в Восточную Европу по северной кромке Тетиса, через Среднюю Азию, Казахстан и Южный Урал; другие пути – крымско-кавказский и балкано-карпатский. Здесь в основном идет речь, конечно, о предковых формах, формировавших в дальнейшем аллопатрически более молодые виды.

Однако миграционные пути и время проникновения некоторых видов остаются неясными (*Anchusa leptophylla* R. et Sch., *Globularia elongata*); скорее всего здесь имела место дисперсия на дальнее расстояние (*long distans dispertion*).

Формирование видового состава комплекса асинхронно выделяются плиоценовые, плиоцен-плейстоценовые, плейстоценовые и голоценовые таксоны.

#### Библиографический список

1. Алексеев М.И. О некоторых эндемиках известковой флоры европейской части СССР // Тр. Научно-исслед. инст. биол. Харьк. ун-та. 1950. 13. С. 95-103.
2. Васильев В.Н. Особенности флоры и растительности меловых возвышенностей. Тезисы дис. Л. 1939. 3с.
3. Виноградов Н.П., Голицын С.В. Реликты северного Дона // Бот. журн. 1950. Т. 35. № 1. С. 70-71.
4. Виноградов Н.П., Голицын С.В. «Сниженные альпы» и тимьянники Среднерусской возвышенности // Бот. журн. 1954. Т. 39. № 3. С. 423-430.
5. Голицын С.В. *Hedysarum grandiflorum* на Жостовых горах в Курской области // Вопросы географии. М.: 1950, вып. 23. С. 286-295.
6. Голицын С.В. «Сниженные Альпы» и меловые ископники Среднерусской возвышенности // Докл. по опублик. работам. Воронеж. 1956. 16 с.
7. Козо-Полянский Б.М. К флоре верховьев р. Оскол // Тр. НИИ при Воронеж. ун-те. 1927. № 1. С. 97-110.
8. Козо-Полянский Б.М. В стране живых ископаемых. Очерк из истории горных боров на степной равнине Центр.- Черноз. области. М.: Учпедгиз. 1931. 184 с.
9. Лавренко Е.М. О флорогенетических элементах развития флоры евразийской степной области // Сов. ботаника. 1942, № 1-3. С. 39-50.
10. Литвинов Д.И. О реликтовом характере флоры каменистых склонов в Европейской России // Тр. бот. муз. Импер. АН. СПб. 1902, вып. 1. С. 76-109.
11. Носова Л.М. Флоро-географический анализ северной степи европейской части СССР. М.: Наука. 1973. 187 с.
12. Попов М.Г. К истории развития флоры (флорогенезу) Украины // Бюл. МОИП. Сер. биол., 1947. Т. 3, вып. 1. С. 91-107.
13. Попов М.Г. Очерк растительности флоры Карпат // Материалы к познанию фауны и флоры СССР. М.: Изд-во МОИП. Нов. Сер. Отд. ботаники. 1949, № 5 (13). 303 с.
14. Попов М.Г. Основы флорогенетики. М.: Изд-во АН СССР. 1963. 153 с.
15. Попов Т.И. К вопросу о происхождении характерных растений меловых обнажений юго-востока европейской части СССР // Изв. Рос. географ. о-ва. 1938. Т. 70, вып. 1. С. 50-67.
16. Радыгина В.И. Кальцефильная флора Среднерусской и Приволжской возвышенностей и некоторые вопросы ее истории: Дис. ...докт. биол. наук. М. 2003. 690 с. (Рукопись).
17. Радыгина В.И. Флорогенетика как наука // Тр. междунар. конф. по фито – ценологии и систематике высш. раст. М. 2001. С. 140-141.
18. Радыгина В.И. Флорогенетический анализ как основной метод выявления элементов флоры на примере кальцефитов среднерусской лесостепи // Флористические исследования в Центр. России на рубеже веков: Материалы науч. совещ. Рязань, 29-31 янв. 2001 г. М. 2001. С. 117-118.



References

1. *Alekseenko M.I.* Some endemic to the calcareous flora of the European part the USSR.// Tr. Scientific-research. inst. Biol. of Kharkov. Univ. 1950. 13. Pp. 95 - 103.
  2. *Vasilev V.N.* The features of the flora and vegetation of the chalk uplands. Abstract dis. L. 1939. 3 p.
  3. *Vinogradov N. P., Golitsyn S. V.* Relicts of Northern Dona // Bot. Phys. 1950. Vol. 35. No. 1. Pp. 70 - 71.
  4. *Vinogradov N. P., Golitsyn S.V.* «The reduced Alps» and the Central Russian timenice of the hill // Bot. Phys. 1954. V. 39. No. 3. Pp. 423-430.
  5. *Golitsyn S. V.* Hedysarum grandiflorum on Gotowych mountains in the Kursk region// Geography questions. M.: 1950, vol. 23. Pp. 286-295.
  6. *Golitsyn S. V.* "Reduced the Alps" and chalk the Central Russian istopnike hill// Dokl. by publ. works. Voronezh. 1956. 16 p.
  7. *Kozo-Polyansky B. M.* The flora of the upper reaches of the river Oskol// Pr. Research Institute at Voronezh. University.1927. No. 1. Pp. 97-110.
  8. *Kozo-Polyansky B. M.* In the country of living fossils. Essay from the history of hog mountain on the steppe plain Center.- Cernos. area. M.: Upadhis. 1931. 184 p.
  9. *Lavrenko E. M.* About florogenetically elements of the development of the flora of Eurasian steppe of field// Sov. botany. 1942, No. 1-3. Pp. 39-50.
  10. *Litvinov D.I.* About of relict character of the flora of the rocky slopes in the European Russia// Pr. bot. Muz. EMP. AN. SPb. 1902, vol. 1. Pp. 76 -109.
  11. *Nosova L. M.* Floro-geographical analysis of the Northern steppes of the European part of the USSR. Moscow: Nauka. 1973. 187 p.
  12. *Popov M. G.* The history of the development of flora (florogenesis) of Ukraina// Bul. MSN. Ser. Biol., 1947. Vol. 3, issue. 1. Pp. 91-107.
  13. *Popov M. G.* The sketch of the vegetation of the flora of the Carpathians // Materials to the knowledge of the fauna and flora of the USSR. M.: Publishing house of the Moscow society of nature explorers. New. Ser. Dep. botany. 1949, No. 5 (13). 303 p.
  14. *Popov M. G.* Thie of the basis florogenetic. M.: Izd-vo an USSR. 1963. 153 p.
  15. *Popov T. I.* Of the origin of the characteristic plants of the Cretaceous outcrops in the South-East of the European part of the USSR// Izv. Ros. geographer. Koh.1938. Vol. 70, No. 1. Pp. 50 - 67.
  16. *Radygina V. I.* Calciphilous flora of Central Russian and Volga hills and some questions about its history: Diss...Dr. of the Biol. Sciences. M. 2003. 690 p. (Manuscript).
  17. *Radygina V. I.* Florogenetic as science// Pr. int. Conf. on phyto -senologie and systematics of the high. rast. M. 2001. Pp. 140 - 141.
  18. *Radygina V. I.* Florogenetically analysis as the primary method of identifying elements of flora on the example of calcifica Central Russian forest-steppe// Floristic research in the Center. Russia at the turn of the century: Materials scientific. the meeting. Ryazan, 29-31 Jan. 2001. M. 2001. Pp. 117-118.
-

УДК 574.3

UDC 574.3

**Ж.Г. СИЛАЕВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра ландшафтной архитектуры, Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: silaevazhanna@rambler.ru

**Н.М. ДЕРЖАВИНА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Орловский государственный университет  
E-mail: d-nm@mail.ru

**Z.G. SILAEVA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of landscape architecture, Orel State Agrarian University  
E-mail: silaevazhanna@rambler.ru

**N.M. DERZHAVINA**

Doctor of Biology, Professor, Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel State University  
E-mail: d-nm@mail.ru

## ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ И ДИНАМИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *POLYPODIUM VULGARE* L.

### ECOLOGICAL AND PHYTOCENOTIC STRATEGIES AND DYNAMICS OF CENOPOPULATIONS *POLYPODIUM VULGARE* L.

На основе исследования природных популяций равноспорового папоротника *Polypodium vulgare* L. и с учетом литературных данных выявлены эколого-фитоценотические стратегии и динамика ценопопуляций спорофитов и гаметофитов этого вида.

Ключевые слова: эколого-фитоценотические стратегии, экологическая амплитуда, пациент, эксплерент, сукцессия, флуктуация.

Based on the study of natural populations homosporous fern *Polypodium vulgare* L. and taking into account the literature data revealed the ecological-phytocenotics strategy and dynamics cenopopulations sporophytes and gametophytes of this kind are revealed.

Keywords: ecological-phytocenotic strategies, ecological amplitude, patient's samples, explerent's samples, succession, fluctuation.

Эколого-фитоценотические стратегии (тип поведения) – характеристика вида, отражающая способ выживания его в самых разных условиях (Прокопьев, 2003). Этот показатель позволяет объяснить реакцию любого вида на стрессы и нарушения. Реакция растений на факторы среды изучена преимущественно на цветковых растениях, в меньшей степени – на споровых, что отражает незавершенность теоретической базы экологии растений. Вместе с тем, познание закономерностей приспособления растений к экстремальным факторам среды является основой экологического прогнозирования и мониторинга.

Целью настоящей работы явилось определения типа поведения и динамики ценопопуляционных скоплений равноспорового папоротника *Polypodium vulgare* L.

#### Материал и методы исследования

В основе данной работы лежат исследования природных популяций равноспорового папоротника *P. vulgare* – Многоножки обыкновенной, проведенные с 2008 по 2014 гг. в урочище «Чертово городище» (Калужская обл.) (ЦП№1); в окр. г. Лыткарино (Московская обл.) (ЦП№2); урочище «Чертов стул» (г. Петрозаводск) (ЦП№3); в окрестностях п. Красная Поляна (Краснодарский край) (ЦП№4); на берегу оз. Рица (респ. Абхазия) (ЦП№5).

Местообитания ЦП папоротника охарактеризованы на основе геоботанических описаний по традиционным методикам (Полевая геоботаника, 1964). Для получения экологических параметров местообитаний *P. vulgare* флористические списки геоботанических описаний обрабатывали по индикаторным шкалам Д.Н. Цыганова (1983) в компьютерной программе EcoScaleWin (авто-

ры: Т.И. Грохлина, Л.Г. Ханина, 2006). Периодизацию онтогенеза спорофитов проводили по общепринятым методикам дискретного описания онтогенеза (Работнов, 1969; Уранов, 1975; Ценопопуляции растений., 1988), уточненным применительно к папоротникам Н.Н. Лашинским и Н.И. Шориной (1985) и другими авторами (Державина, Шорина, 1992; Гуреева, 2001).

Все параметры ЦП спорофитов определяли в пределах ценопопуляционных локусов (камней, комлей и стволов деревьев). Проанализировано 46 локусов. Для выбора счетной единицы ЦП применяли морфологический и фитоценотический подходы (Ценопопуляции растений., 1988). В пределах каждого локуса (или площадки) подсчитывали число особей по возрастным группам, процентное соотношение которых отражали в онтогенетических спектрах.

Для интегральной оценки состояния ЦП использовали различные демографические показатели: индекс возрастности ( $\Delta$ ) (Уранов, 1975), индекс эффективности ( $\omega$ ) (Животовский, 2001), индекс восстановления ( $I_v$ ), индекс замещения ( $I_z$ ) (Жукова, 1995). Тип ЦП определяли по классификации А.А. Уранова и О.В. Смирновой (1967) и «дельта-омега» (Животовский, 2001). Виталитет определяли у средневозрастных спорофитов по методике Ю.А. Злобина (1989).

#### Результаты исследования

Ценопопуляции (ЦП) *Polypodium vulgare* приурочены к лесам различного типа: на Европейской части – преимущественно к смешанным, а на севере Европейской России – к хвойным. В Западном Закавказье и на

Западном Кавказе *P. vulgare* встречается в самшитово-ольховых, самшитово-грабовых и буковых сообществах. Папоротник предпочитает затененные и влажные валуны и каменистые россыпи, расселины и трещины скал, комли стволов, стволы и развилки ветвей деревьев, т.е. ведет как петрофитный, так и эпифитный образ жизни.

В изученных ценозах спорофиты *P. vulgare* осваивают широкий диапазон климатических, эдафических и ценотических условий. Это связано со спецификой его эпифитного и петрофитного образа жизни: ограниченностью площади обитания, недостатком влаги, скудностью минерального питания. В совокупности это побуждает папоротник экономно использовать ресурсы среды и позволяет проявлять широкий диапазон толерантности к комплексу природных факторов (Силаева, 2012). Расширять экологическую амплитуду *P. vulgare* позволяет обитание в моховых синузиях, которые обеспечивают ему дополнительную защиту ризомов и почек, возможность накопления и удержания влаги и гумуса, а также «уход» от конкуренции с цветковыми растениями (Державина, 2006).

Анализ демографической структуры природных популяций *P. vulgare* (табл. 1) позволяет охарактеризовать их как – нормальные, полночленные, дефинитивные, зрелые. Это положение подтверждается и значениями индекса возрастности. По классификации «дельта-омега» ЦП относятся к *переходному типу* (от молодых к зрелым). Исключение составляет ЦП №3, самая северная из исследованных, которая на основе абсолютного максимума возрастного спектра является *стареющей* ( $\Delta=0,7$ ;  $\omega=0,76$ ). Индексы восстановления ( $I_v$ ) и замещения ( $I_z$ ) для большинства ЦП достаточно высокие, что указывает на благоприятные условия для спорового самоподдержания в моховом покрове. В самоподдержании ЦП *P. vulgare* как неявнополицентрического растения значительна роль и вегетативного размножения, которое преобладает у репродуктивных растений за счет дезинтеграции ризомов. Говоря о виталитетной структуре, что изученные популяции спорофитов папоротника – процветающие и равновесные (Силаева, 2012).

Изучение и анализ экотопической и фитоценотической приуроченности *Polypodium vulgare*, а также демографической структуры его популяций в разных частях ареала (природных зонах) позволяют охарактеризовать стратегию жизни и динамику популяций этого вида.

Выявлено, что в большинстве случаев вид занимает в ценозах второстепенное положение и лишь иногда выходит на уровень субдоминирующего (в окрестностях п. Красная Поляна и на берегу оз. Рица). Тем не менее, папоротник образует устойчивые популяции, существующие на протяжении длительного периода времени.

Адаптированность **спорофитов** многожизни обыкновенной в изученных фитоценозах к довольно широкому спектру экологических условий позволяет ей выступать в качестве пациента (стресс-толеранта). Словом, *P. vulgare* обладает ярко выраженной выносливостью к стрессовым факторам среды, которые связаны, прежде всего, со скудностью минерального питания, водным

дефицитом, резкими колебаниями суточных и сезонных температур, а также влиянием цветковых растений. Этот вид способен довольствоваться малым количеством ресурса, уживаясь с доминантами растительного сообщества. Но при освобождении ресурсов папоротник стремится использовать их целиком, резко увеличивая численность и жизненное состояние. Словом, *P. vulgare* обладает чертами как эко-, так и фитопациента.

Экопациентность спорофитов выражается в способности переносить абиотический стресс, который может быть обусловлен как климатическими, так и эдафическими факторами. Достижение аутоэкологического оптимума осуществляется за счет: обитания в моховых синузиях, которые способствуют накоплению и удержанию влаги и гумуса, а также обеспечивают азрацию и защиту ризомов с почками; возможности изменять ритмы сезонного развития, делая их адекватными климату (характерна для северных и высокогорных ЦП); относительно низкой скорости роста; убывания размерных показателей вегетативно-репродуктивной сферы (низма) (характерно для северных и высокогорных ЦП); тенденции к пойкилогидричности, то есть способности в условиях водного стресса совершать ксеротропные движения, сокращающие транспирационную поверхность; вечнозелености, позволяющей приспособиться к сезонной динамике улавливания света и длительному удержанию поглощенных элементов минерального питания (Державина, Шорина, 1992).

Фитопациентность проявляется в способности выдерживать фитоценотический стресс со стороны конкурентов. Синэкологический оптимум вида в ценозе обеспечивают: обитание в моховых синузиях, которые способствуют уходу от конкуренции с цветковыми растениями; микотрофия; способность спор прорасти в моховом покрове и образовывать скопления гаметофитов в уже сформированных поселениях спорофитов, что связано с эпифитным и эпилитным образом жизни *Polypodium vulgare*, главной спецификой которого является ограниченность площади местообитаний; потенциальная долговечность спорофитов; партикуляция, приводящая к более длительному удерживанию территории; поливариантность онтогенеза (Державина, 2006; Силаева 2012).

Что же касается **гаметофитов**, то они формируют небольшие по площади скопления, предпочитая влажные и тенистые ниши камней, развилки ветвей и др., т.е. проявляют способность к фотосинтезу при низком освещении, высокую устойчивость к интенсивному увлажнению, а в условиях водного стресса проявляют пойкилогидричность. Их популяции зависят от популяций спорофитов и носят инвазионный характер, а их приживание ограничивает комплекс абиотических и биотических факторов. В растительных сообществах гаметофиты играют незначительную фитоценотическую роль, тем не менее, именно гаметофитам принадлежит важная роль в поддержании генетического разнообразия ЦП, в освоении папоротником новых экологических ниш и закреплении в них. Кроме того, гаметофиты характеризуются большей, по сравнению со

Таблица 1.

Основные демографические показатели ЦП *Polypodium vulgare*

№ ЦП	Соотношение онтогенетических групп <i>j:im:v:sp:ss:s (%)</i>	M (средняя) шт/м <sup>2</sup>	Δ	ω	I <sub>B</sub>	I <sub>3</sub>	Тип популяции по классификации «дельта-омега»	Тип популяции и полночленность	Тип популяции по жизненному состоянию (класс «а»: класс «в»: класс «с»)
1	21,8%:31%:14,1%:32%:1,3%:0%	9,3	0,51	0,46	5,07	4,35	Переходная	Нормальная, дефицитивная, зрелая, полночленная	Прорастающая (0,69:0,01:0,30)
2	37%:11%:6%:43%:3%:0%	11,2	0,47	0,50	2,1	1,8	Переходная	Нормальная, дефицитивная, зрелая, полночленная	Прорастающая (0,42:0,27:0,3)
3	1,3%:2,6%:13%:44%:30%:7,8%	7,6	0,70	0,76	0,58	0,5	Старенная	Нормальная, дефицитивная, старенная, полночленная	Равновесная (0,3:0,36:0,33)
4	22%:15%:21%:33%:8%:1%	9,0	0,54	0,50	1,4	1,0	Переходная	Нормальная, дефицитивная, зрелая, полночленная	Прорастающая (0,56:0,22:0,22)
5	13%:12%:26,4%:42,3%:4,3%:2%	13,0	0,54	0,59	1,0	0,86	Переходная	Нормальная, дефицитивная, зрелая, полночленная	Прорастающая (0,54:0,23:0,23)

спорофитами, скоростью роста и развития.

В отличие от наземных лесных папоротников, диапазон мест заселения гаметофитов *P. vulgare* ограничен выемками и трещинами в корке, развилками ветвей, расселинами скал, неровными поверхностями камней и т.п. Во всех этих нишах споры папоротника успешно прорастают в моховом покрове (Державина, 2006).

Благодаря анемохории спор гаметофиты способны

осваивать незанятые ниши, но вместе с тем они легко могут вытесняться оттуда более сильными видами, поскольку обладают низкой конкурентной мощностью. На первых этапах онтогенеза они вступают, прежде всего, в конкуренцию со мхами, находящимися на стадии протонемы.

Говоря о динамике скоплений *P. vulgare*, следует заключить, что в пределах каждой изученной ЦП локу-



сы развиваются асинхронно и обладают своим набором популяционных параметров. Эта динамика напрямую зависит от экотопических и фитоценологических условий. Поэтому в пределах каждой ЦП можно наблюдать все этапы развития локусов: от инвазии до регрессии. Инвазия спор на поверхность камня или ствола дерева приводит к формированию поселений гаметофитов, а затем и молодых спорофитов. При этом поселения гаметофитов могут возникать как вблизи уже сформированного скопления, так и на некотором расстоянии от него. Затем происходит закономерное развитие и усложнение численности, онтогенетического, виталитетного состава поселений, в которые вероятно повторная споровая инвазия или закономерное старение и отмирание особей (регрессия). При этом *сукцессивным типом динамики* могут характеризоваться лишь отдельные локусы

в пределах ЦП, в то время как сама она сохраняет стабильность (Силаева, 2012).

### Заключение

В целом поселения *Polypodium vulgare* в изученных ценозах достаточно динамичны. Они переживают за счет гибкости системы размножения в зависимости от факторов среды, постоянные волны возобновления и отмирания, омоложения и старения. Об этом свидетельствует сочетание разновозрастных, разноразмерных локусов в пределах каждой изученной ЦП, а так как локусы развиваются асинхронно во времени и пространстве, каждая ценопопуляция претерпевает *флуктуационные изменения*. Учитывая сказанное, тип динамики изученных ЦП *P. vulgare* можно определить как волнообразно-флуктуационный.

### Библиографический список

1. Державина Н.М. Биоморфология и анатомия равноспоровых папоротников (эпилитов, эпифитов, земноводных и водных) в связи с адаптационезом: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Москва, 2006. 50с.
2. Державина Н.М., Шорина Н.И. Структура и динамика ценопопуляционных поселений *Polypodium vulgare* L. в лесах Западного Закавказья // Бот. журн. 1992. Т.77. №2. С.46-54
3. Прокопьев Е.П. Экология растительных сообществ (фитоценология) / Е.П. Прокопьев. Томск: Томский гос. ун-т, 2003. 456 с.
4. Силаева Ж.Г. Структура ценопопуляций спорофитов *Polypodium vulgare* L. (Polypodiaceae): автореф. дисс. ... к-та. биол. наук. Орел, 2012. 23с.
5. Полевая геоботаника: методическое руководство. Под ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1964. Том 3. 530 с.
6. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов М.: Наука, 1983. 196 с.
7. Работнов Т.А. Некоторые вопросы изучения ценологических популяций. // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1969. Т. 74. Вып. 1. С. 141-149.
8. Уранов А.А. Возрастной спектр ценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов. // Научн. докл. высш. шк. Биол. науки. 1975. № 2. С. 7-34.
9. Ценопопуляции растений: (очерки популяционной биологии) / Л. Б. Заугольнова, Л. А. Жукова, А. С. Комаров и др. М.: «Наука», 1988. 184 с.
10. Лашинский Н.Н. Онтогенез спорофита и структура ценопопуляций *Polystichum braunii* (Spenn.) Fee в черновой тайге Салаирского кряжа / Н.Н. Лашинский, Н.И. Шорина // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1985. Вып. 2. № 13. С. 35-44.
11. Гуреева И.И. Равноспоровые папоротники Южной Сибири (систематика, происхождение, биоморфология, популяционная биология) / И.И. Гуреева. Томск, 2001. 158 с.
12. Животовский А.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация растений. // Экология. 2001. № 1. С. 3-7.
13. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. 224 с.
14. Уранов А.А. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений / А.А. Уранов, О.В. Смирнова // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1969. Т. 74. Вып. 2. С. 119-134.
15. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань, 1989. 146 с.

### References

1. Derzhavina N.M. Biomorphology and anatomy of homosporous ferns (epilittophytes, epiphytes, amphybionts and aquatic) in connection with adaptatiogenesis: Author. diss. ... Dr. biol. Science. Moscow, 2006. 50 p.
2. Derzhavina N.M., Shorina N.I. Structure and dynamics cenopopulations settlements *Polypodium vulgare* L. in forests of the Western Caucasus // Bot. Journ. 1992. V. 77. № 2. Pp. 46-54.
3. Prokopiev E.P. Ecology of plant communities (phytosociology) / E.P. Prokopiev. Tomsk: Tomsk State. University Press, 2003. – 456 p.
4. Silaeva Z.G. Structure of cenopopulations sporophytes *Polypodium vulgare* L. (Polypodiaceae): Author. ... diss. ... cand. biol. Science. Orel, 2012. 23 p.
5. Field geobotany: the methodical manual/ Under the editorship of E.M. Lavrenko and A.A. Korchagin. M.: Publishing house of Academy of Sciences of the USSR, 1964. Vol. 3. 530 p.
6. Tsyganov D.N. Phytoindication of the ecological modes in a subband of the coniferous and broad-leaved woods. M.: Science, 1983. 196 p.
7. Rabotnov T.A. Some of the study of cenopopulation / T.A. Rabotnov // Bul. Mosc. Soc. Nat. Dep. biol. 1969. V. 74. № 1. Pp. 141-149.
8. Uranov A.A. Age range of cenopopulation as function of time and power wave processes / A.A. Uranov // Scientific rep. of the higher school. Biol. sciences. 1975. V. 2. Pp. 7-34.
9. Cenopopulation of plants: (sketches of population biology) / L. B. Zaugolnova, L. A., Zhukova, A. S., Komarov A.S., at. al. M.: «Science», 1988. 184 p.
10. Lashchinsky N. N. Ontogenesis of a sporophytes and structure of cenopopulation of *Polystichum braunii* (Spenn.) Fee in a dark taiga of Salair Ridge / N. N. Lashchinsky, N. I. Shorina // Izv. Acad. Scien. of the USSR. Series: biol. sciences. 1985. Release 2. V. 13. Pp. 35-44.
11. Gureeva I.I. Homosporous ferns of Southern Siberia (systematization, origin, biomorphology, population biology). Tomsk, 2001. 158 p.
12. Zhivotovskiy A.A. Developmental state, the effective density and classification of plants. // Ecology. 2001. № 1. Pp. 3-7.
13. Zhukova L.A. Population life of meadow plants. Yoshkar-Ola: RIIK «Lanar», 1995. 224 p.
14. Uranov A.A. Classification and main features of the population of perennials / A.A. Uranov, O.V. Smirnova // Bul. Mosc. Soc. Nat. Dep. biol. 1969. V. 74. № 2. Pp. 119-134.
15. Zlobin U.A. Principles and methods of the study cenopopulation of plant. Kazan, 1989. 46 p.

УДК 581

UDC 581

**А.П. ТЯПКИНА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зоологии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: angelikpt@mail.ru

**Н.В. ВЫШЕГОРОДСКИХ**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зоологии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: vnataliv@yandex.ru

**A.P. TYAPKINA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of  
Zoology, Orel State University  
E-mail: angelikpt@mail.ru

**N.V. VYSHEGORODSKIKH**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of  
Zoology, Orel State University  
E-mail: vnataliv@yandex.ru

**ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РУКОКРЫЛЫХ (*CHIROPTERA*) ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
(СЕМЕЙСТВО ГЛАДКОНОСЫЕ ЛЕТУЧИЕ МЫШИ (*VESPERTILIONIDAE*),  
РОДЫ НОЧНИЦЫ (*MYOTIS*) И ВЕЧЕРНИЦЫ (*NYCTALUS*))**

**VARIETY SPECIES ON BATS (*CHIROPTERA*) OF OREL REGION (FAMILY OF VESPER BATS  
(*VESPERTILIONIDAE*), GENERA OF COMMON BATS (*MYOTIS*) AND GENERA OF NOCTULE BATS (*NYCTALUS*))**

Впервые на территории Орловской области были проведены исследования фауны рукокрылых (*Chiroptera*) методом ультразвукового акустического мониторинга. Были выявлены 5 видов летучих мышей родов *Myotis* и *Nyctalus* семейства Гладконосые летучие мыши (*Vespertilionidae*), 2 вида рода *Myotis* и 3 вида рода *Nyctalus*. Ночница Бранта (*Myotis brandtii*) ранее не отмечалась для территории Орловской области. Также был выявлен один из наиболее редких видов фауны России – вечерница гигантская (*Nyctalus lasiopterus*).

Ключевые слова: рукокрылые (*Chiroptera*), Орловская область, ультразвуковой акустический мониторинг.

For the first time, the research on bats (*Chiroptera*) was conducted in Orel region using the technique of ultrasonic acoustic monitoring. 2 species of bats of genera *Myotis* and 3 species of bats of genera *Nyctalus* were identified, all of them belong to the family of vesper bats (*Vespertilionidae*). The Brandt's bat (*Myotis brandtii*), has not been registered in Orel region earlier. Also, one of the rarest species of Russian fauna, the giant noctule (*Nyctalus lasiopterus*), was registered during the research.

Keywords: bats (*Chiroptera*), Orel region, ultrasonic acoustic monitoring.

Фауна рукокрылых (*Chiroptera*) Орловской области является наименее изученной, что связано с особенностями биологии рукокрылых, их скрытым ночным образом жизни. Классические методы изучения рукокрылых, связанные с поиском колоний и отловом особей, весьма сложны и трудоемки. Они требуют значительных временных затрат и громоздкого оборудования, при этом очень сложно охватить большие территории.

История изучения рукокрылых Орловской области начинается с работы П.Н. Данилова «Описание видов рукокрылых и насекомых, водящихся в юго-восточной части Орловской губернии», опубликованной в 1868 году. Затем в 1908 году в Дневниках зоологического отдела Императорского общества любителей естествознания публикуется работа С.И. Огнева «Материалы к фауне зверей, птиц и гадов юго-восточной части Орловской губернии». Результатом совместной работы в С.И. Огнева и С.Н. Горбачёва явилась статья «Млекопитающие юго-востока Орловской губернии», опубликованная в 1910 году в вестнике «Материалы к познанию природы Орловской губернии» № 9, издание общества для исследования природы Орловской губернии. Данные по рукокрылым Орловской губернии были обобщены в работе С.Н. Горбачева «Позвоночные животные». Статья вошла в сборник «Природа Орловского края» под редакцией В.Н. Хитрово, опубликованный в Орле в 1925 году. В статье приводится список видов летучих мышей, их статус, в редких случаях указаны ме-

стообитания и места встречи вида.

Таким образом, наиболее интенсивное изучение фауны рукокрылых относится к началу XX века. В дальнейшем специальных исследований по рукокрылым на территории области не проводилось. Те данные, которые фиксировались зоологами, носили случайный характер. Начиная с 1997 года на базе экологической природоохранной общественной организации «Центр – Ковыль» и Орловского государственного университета ведется электронная база данных по редким видам позвоночных животных, а также по ключевым природным территориям Орловской области. Материалы электронной базы данных легли в основу первого официального издания Красной книги Орловской области (2007 г.). В Красной книге приводятся данные по 7 видам рукокрылых, из них 3 – вечерница малая (*Nyctalus leisleri* Kuhl), вечерница гигантская (*Nyctalus lasiopterus* Schreber), кожан двухцветный (*Vespertilio murinus* L.) – внесены в основной список, и 4 вида в Приложение 3 к Красной книге – нетопырь лесной (*Pipistrellus nathusii* Blasius), нетопырь-карлик (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber), ночница усатая (*Myotis mystacinus* Kuhl), ночница прудовая (*Myotis dasycneme* Boie) [1].

В 2010 году был выпущен первый том Кадастра позвоночных животных Орловской области. В кадастре были собраны данные по рукокрылым как предыдущих, так и современных исследований. В Кадастре приводятся данные по 12 видам рукокрылых, относящихся к одному семейству Гладконосые летучие мыши

(*Vespertilionidae*) [2].

Существующие данные не давали полной информации о современном видовом разнообразии рукокрылых, их распространении по территории области, биотопической приуроченности и численности.

Начиная с 2010 года на территории Орловской области впервые были проведены исследования рукокрылых методом ультразвукового акустического мониторинга в рамках глобальной исследовательской программы по изучению распространения и экологии летучих мышей – iBats [4].

#### *Методика исследования и анализа*

Более 80 % видов рукокрылых используют ультразвуковые сигналы и эхолокацию для охоты и ориентирования в пространстве, на этих особенностях рукокрылых и основан метод ультразвукового акустического мониторинга [5,6,7,9].

При проведении исследований мы придерживались методики, разработанной специалистами Великобритании в ходе международной программы iBats учета рукокрылых на трансектах [4] в рамках программы глобального мониторинга летучих мышей при поддержке фондов – Bat Conservation Trust и фонда Дарвина. Оборудование, при помощи которого были проведены исследования, предоставлено фондом Bat Conservation Trust.

Мониторинговые трансекты (маршруты № 1 «Знаменский», № 2, «Вендеревский», № 3 «Калиновка») были включены в международную программу iBats и повторялись ежегодно по два раза в июле и августе с 2010 по 2013 г. Остальные маршруты проходились произвольно в июле. При движении по маршруту производилась запись всех услышанных звуков. При каждом фиксировании звука, исходящего от летучей мыши, записывалось время по записывающему устройству, координата; давалось краткое описание биотопа, где был зафиксирован звук.

Видовая принадлежность рукокрылых определялась по методике Института зоологии Лондона на основе характеристик звуковых сигналов европейских видов летучих мышей [7; 10; 11]. Обработка полученных нами данных проводилась в программе SonoBat на базе Брянского государственного университета к.б.н. Александром Александровичем Горбачевым.

#### *Маршруты исследования*

За 4 года исследований было проложено 18 автомобильных маршрутов протяженностью 40 км каждый, которыми охвачено 18 из 24 районов области. Исследования проходили в следующих районах: Орловском, Кромском, Свердловском, Болховском, Хотынецком, Малоархангельском, Глазуновском, Залегощенском, Мценском, Шаблыкинском, Дмитровском, Урицком, Сосковском, Троснянском, Корсаковском, Новодеревеньковском, Новосильском, Знаменском. Общий километраж составил 720 км, сделано 57 часов записей звуковых сигналов летучих мышей.

#### *Описание маршрутов*

Ниже приводятся описания маршрутов, при прохождении которых были отмечены виды родов *Myotis* и *Nyctalus*.

**№1 «Знаменский»** даты прохождения: 13.07. и 28.08. 2010 г.; 5.07. и 24.08. 2011 г.; 11.07. и 31.08. 2012 г.; 8.07. и 29.08.2013г. Маршрут проходил по следующим районам: Орловскому, Кромскому, Свердловскому. Начало маршрута у д. Знаменское Свердловского р-на на правом притоке р. Дейца (N52°37'42.2"/; E36°02'29.5"/) около крупного широколиственного лесного массива «Задняя Роща», конец маршрута у юго-западной оконечности г. Орла на опушке широколиственного урочища «Стрелецкое» (N52°54'42.12"/; E36°00'20.88"/). Основным биотопом вдоль следования маршрута являются с/х поля. Маршрут проходит вдоль с. Никольское в северном направлении, затем продолжается в восточном направлении, пересекает широколиственное урочище «Калиновские Дубки». Затем поворачивает на северо-запад, пересекает д. Философово, левый приток р. Рыбница, широколиственное урочище «Отхожее Поле», д. Плоское, д. Нестерово и пруд на р. Путимец. Проходит по населённым пунктам сельского типа: Ланцевые Дворы, Поваляевы Дворы, Козлы и пруд на левом притоке р. Кнубрь, с. Лаврово. Затем идет через широколиственное урочище «Зарыбинская Дача», д. Гать, где пересекает р. Оку.

**№2 «Вендеревский»** даты прохождения: 14.07. и 29.08. 2010 г.; 15.07. и 29.08. 2011 г.; 22.07.2012 г.; 20.07. и 27.08.2013 г. Маршрут проходит по Кромскому р-ну, частично по границе со Свердловским р-ном. Начинается у посёлка Вендеревский Кромского р-на (N52°34'30.6"/; E36°00'36.6"/), заканчивается у западной окраины с. Шахово того же района (N52°45'38.7"/; E35°52'18.5"/). Большая часть проходит по грунтовым дорогам через с/х поля. Маршрут проходит по опушкам широколиственных урочищ: «Шкворино», «Погорье Личное», через западную часть урочища «Задняя Роща» и по его западной опушке. Затем идет в северном направлении мимо д. Ясная Поляна и опушек лесов «Гусева Гора» и «Пасеки», д. Отрада и опушки урочища «Волчий Лес», п. Александровский и леса «Заказ». Около д. Малорыжково выходит на дорогу с твердым покрытием и пересекает сырые луговины, примыкающие к широколиственному урочищу «Волошино». Проходит через д. Лысовка, по северной опушке урочища «Волошино», широколиственный лес с посадками сосны «Шаховский – Неизвестный», пересекает пойму р. Оки и д. Шахово.

**№3 Калиновка** даты прохождения: 15.07. и 30.08. 2010 г.; 18.07. и 30.08. 2011 г.; 17.07. и 30.08. 2012 г.; 16.07. и 28.08.2013 г. Маршрут проходит по Орловскому и Болховскому районам. Начинается у деревни Калиновка Болховского района, заканчивается в деревне Новоселово Орловского района. В Болховском р-не маршрут проходит по населённым пунктам сельского типа: Злынский Конезавод, Кутьма, Пальчикова и Татинки. Пересекает пойму р. Кутьма и пруд у



д. Каменка. Далее маршрут идет по трассе Орел – Болхов. В Орловском р-не, после п. Александровский, поворачивает в восточном направлении и продолжается по грунтовой дороге через с/х поля и вдоль опушек байрачных дубрав «Дубовая Роща» и Первенец», пересекает пойму р. Цветынь и заканчивается в д. Новоселово. В 2012 году часть маршрута была изменена и проходила по автомобильной трассе Орел – Болхов, через населенные пункты: Александровский, Дубовая Роща, Распоповские Дворы, Неполодь, заканчивался маршрут в с. Плещеево на повороте к д. Зеленый Шум. На этом участке маршрут пересекал поймы рек: Неполодь, Мезенка. Между п. Белоберезовский и Плещеево по обеим сторонам от дороги – яблочные сады.

**№ 4 «Обельна»** дата прохождения: 16.07.2011 г. Маршрут проходит по Хотынецкому району по территории национального парка «Орловское Полесье». Начинается в деревне Обельна (N53°16'13.8"; E 35°11'51.2"), идёт в южном направлении по территории крупного лесного массива, в этих местах представленного молодняком березы и осины. Пересекает пойму левого притока р. Обельна. Идет через д. Пыратинка и Трубечино, пересекает пруд на р. Обельна. Далее проходит по высокоствольным соснякам до окраины д. Алисово. Затем по смешанному хвойно-лиственному лесу, затем по с/х полям до с. Хотимль-Кузменково. Далее маршрут идет в северном направлении через деревни Алисово и Жудре, где продолжается по участкам смешанного хвойно-широколиственного леса среднего возраста, проходит через деревню и реку Радовище, пойму р. Вытебеть и заканчивается на северной окраине с. Льгов (N53°17'26.0"; E35°25'15.4").

**№ 6 «Хмелевая»** дата прохождения: 8.07.2012 г. Маршрут проходит по Малоархангельскому и Глазуновскому р-нам. Начало маршрута севернее с. Хмелевое (N52°22'44.37"; E36°49'21.16"), здесь маршрут проходит по залежам, затем пересекает с. Хмелевое и левый приток р. Сосна, далее – по с/х полям. Затем продолжался по автомобильной дороге Колпны – Малоархангельск, где по обеим сторонам дороги с/х поля и лиственные лесополосы. У д. Ясная Поляна пересекает остепненную пойму р. Сосны, перед г. Малоархангельском пруд на руч. Белом, проходит через город. У д. Елизаветино пересекает пруд на правом притоке р. Неручь и р. Неручь у д. Трубицино. Окончание маршрута – юго-восточная окраина пгт Глазуновка (N52°30'05.4"; E36°20'58.92").

**№ 10 «Дмитровск»** даты прохождения: 20.07.2011 г.; 30.07.2012 г. Маршрут проходит по Дмитровскому району. Начинается от восточной окраины города Дмитровска (N52°30'35.4"; E35°10'08.2") и заканчивается у восточной опушки крупного лесного массива «Княгининский Лес», западнее д. Зеленая Дубрава (N52°34'06.9"; E35°20'18.8"). Маршрут проходит по г. Дмитровску, поворачивает на север и пересекает пойму реки Нерусса в окрестностях города, проходит через смешанное хвойно-широколиственное лесное урочище «Островская Дача», через д. Вечерняя Заря и пос. Краснокалиновский, вдоль опушки небольших широ-

колиственных урочищ: «Грязное» и «Малые Барсуки». Затем у д. Бородино поворачивает на восток, проходя по грунтовой дороге через поля, байрачные леса «Плоское» и «Дубрава», д. Обратеево, где пересекает пойму р. Нерусса в ее верховьях. Проходит через пос. Петропавловский и Красное Знамя. Далее поворачивает на юг, идет вдоль опушки байрачной дубравы «Василек», через д. Столбище, где пересекает пруд на левом притоке р. Неруссы, а юго-восточнее проходит по опушке крупного смешанного хвойно-лиственного леса «Княгининский Лес».

**№11 «Шаховцы»** дата прохождения: 11.07.2011 г. Маршрут проходит по Урицкому и Сосковскому р-нам. Начало маршрута в д. Шаховцы Сосковского р-на (N52°48'11.5"; E35°19'19.5"), затем маршрут пересекает пойму р. Ицка в ее верховьях, идет по автомобильной дороге. На протяжении всего маршрута основным биотопом вдоль маршрута являются с/х поля. В с. Сосково пересекает пойму р. Ширь, далее идет в северо-восточном направлении, проходит через д. Прилепы, где вторично пересекает пойму р. Ицка. Далее проходит через д. Хорошилово и заканчивается в пойме р. Цон у д. Богдановка Урицкого р-на (N52°55'32.52"; E35°41'54.6").

**№ 12 «Болхов»** даты прохождения: 5.07.2012 г.; 6.07.2013 г. Маршрут проходит по Болховскому и Мценскому р-нам. Начало маршрута у поворота на автомобильную дорогу Болхов – Мценск (N53°24'54.72"; E36°03'22.32"). На протяжении всего маршрута по обеим сторонам дороги проходят с/х поля. Направление маршрута на восток, после д. Однолуки он поворачивает в северо-восточном направлении, пересекает пруд на левом притоке р. Березуйка, проходит через д. Лыкова, пересекает пойму р. Березуйка, проходит через с. Григорово. Затем продолжается по территории Мценского р-на, проходя через д. Белый Колодец, вдоль опушки байрачной дубравы «Дремов Хутор», через с. Теличье и п. Тулянский. Пересекает долину р. Оки, д. Карандаково, д. Фроловка и байрачную дубраву «Шереметьевская Дача», затем с. Глазуново. Далее проходит через лесное широколиственное урочище «Пронина» и заканчивается у западной окраины д. Хомутово (окраина г. Мценска) (N53°17'1.68"; E36°31'27.2").

**№ 13 «Турейка»** дата прохождения: 17.07.2013 г. Маршрут проходит по Глазуновскому и Троснянскому р-нам. Начало маршрута в Троснянском р-не между широколиственными лесами «Верхнее Турейское» и «Гнилецкий Лес» (N52°20'57.1"; E35°57'49.3"). Далее проходит через д. Турейка, где пересекает пойму р. Турейки и идет в восточном направлении вдоль опушки леса «Кромская Лощина», затем поворачивает на север. У с. Воронеж маршрут поворачивает на восток, проходит через с. Тагино Глазуновского р-на, пересекает пойму р. Оки, идет через смешанный хвойно-лиственный лес «Тагино» и п. Тагинский. Далее вдоль опушек островных дубрав – «Большой Плот», «Сеневое», «Чермошное», далее на северо-восток до пгт Глазуновка, точка окончания маршрута –



N52°30'00.72"; E36°19'51.24".

**№ 17 «Голунь»** дата прохождения: 20.07.2013 г. Маршрут проходит по Корсаковскому, Новодеревеньковскому и Новосильскому району. Начало маршрута в с. Голунь Корсаковского р-на у разрушенной усадьбы князей Галициных (N53°03'50.2"; E37°10'65.7"), маршрут идет на восток, пересекает пойму р. Зуши, проходит вдоль опушек широколиственных лесов – «Игнатов», «Дол», «Ивакин», «Дубрава». Затем поворачивает на юг и идет по территории Новодеревеньковского р-на, вдоль соснового леса «Реманова», проходит через д. Моховое, где пересекает пойму р. Раковки, проходит между лесами «Колок» и «Щигры», у д. Казинка поворачивает на запад. У д. Бездонное продолжается по территории Новосильского р-на, проходит через д. Кресты, вдоль опушки леса «Просолов-Печерский» и оканчивается на западной окраине д. Завершье (N52°58'31.2"; E37°06'36.3").

**№ 18 «Прудки»** дата прохождения: 22.07.2013 г. Маршрут проходит по Шаблыкинскому и Урицкому р-нам. Начало маршрута в Шаблыкинском р-не на асфальтовой дороге на Шаблыкино у д. Прудки (N52°52'59.16"; E35°21'51.12"). Маршрут идет на север через д. Хотетово и д. Мешково Урицкого р-на, где поворачивает в восточном направлении и идет вдоль поймы р. Цон, проходит через д. Муравлево, Борщевка и поворачивает на север, пересекает р. Цон и смешанное хвойно-широколиственное лесное урочище «Городищенский Лес». Продолжается по трассе Орел – Брянск в восточном направлении, пересекает пойму р. Лубна у д. Бунино, проходит через д. Комаровец, вдоль опушки лесного урочища «Холм», пересекает д. Селихово, смешанное хвойно-широколиственное лесное урочище «Нарышкинская Дача», пгт Нарышкино, д. Колос и заканчивается у восточной окраины д. Ледно (N52°57'41.04"; E35°49'55.5").

**№ 19 «Казаковка»** дата прохождения: 26.07.2013 г. Маршрут проходит по Знаменскому р-ну частично по территории НП «Орловское Полесье». Начало маршрута у западной окраины п. Казаковка (N53°26'22.2"; E35°39'21.24"). Маршрут идет в восточном направлении через хвойно-широколиственный лес (122,123,124,135 и 136 кв. Красниковского л-ва). После п. Лесничество поворачивает на юг, проходит через с. Красниково, где пересекает р. Цкань, д. Бугрово, в д. Коптево пересекает левый приток р. Рыдань, в д. Хотетово пересекает р. Рыдань, в д. Слободка левый приток р. Рыдань.

На окраине пгт Знаменское поворачивает на северо-запад проходит через д. Узкое, д. Пискулинка, пересекает пруд в верховьях р. Рыдань, д. Пешково, в ее окрестностях проходит по опушке смешанного хвойно-широколиственного леса (48, 44 кв. Пешковского л-ва). Затем пересекает р. Вытебеть идет по 35, 29 кв. Пешковского л-ва и оканчивается у северной окраины п. Еленка (N53°24'54.36"; E35°28'56.04").

**№ 20 «Золотая Поляна»** дата прохождения: 29.07.2013 г. Маршрут проходит по Глазуновскому и Кромскому р-нам. Начало маршрута на асфальтовой дороге (N52°28'42.24"; E36°06'07.3") севернее д. Золотая Поляна Глазуновского р-на. Маршрут идет в западном направлении, пересекает р. Оку, проходя по с. Богородское, поворачивает к Макеевскому пруду, расположенному на правом притоке р. Оки, и идет вдоль него в северном направлении. В д. Макеево поворачивает на запад, идет вдоль поймы р. Оки, через д. Короськово, где пересекает пойму р. Ракитня и поворачивает на север. Проходит через с. Семеново, д. Ретяжи и Хлопово, где пересекает пруд на левом притоке р. Оки и поворачивает на северо-запад. Проходит через д. Загнилецкий Хутор, пересекает пойму р. Речица, проходит по д. Вожово, где пересекает пойму р. Кромы, заканчивается на юго-восточной окраине пгт Кромы.

#### Результаты исследования

В результате исследований были получены следующие данные. Виды рода *Myotis* были отмечены на 4 маршрутах из 18. Виды рода *Nyctalus* отмечены на 14 из 18 маршрутов. Ниже приводятся места встреч представителей этих родов. В списке статус вида дается по Кадастру позвоночных животных Орловской области [2].

#### Отряд Рукокрылые *Chiroptera*

Семейство Гладконосые летучие мыши *Vespertilionidae*

#### Род Ночницы (*Myotis*)

1. Ночница Бранта – *Myotis brandtii* Eversmann, 1845

**Статус.** Ранее этот вид не указывался для территории Орловской области.

**Распространение.** Распространен в Европе, на юге Сибири до Охотского побережья, в Приморье, Японии и Корее, на Сахалине. Населяет смешанные и широколиственные леса, по речным поймам проникает в тайгу и степь [3]. Данные о встречах представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Места встреч ночницы Бранта на территории Орловской области

Маршрут	Район	Биотоп	Координаты	Дата встречи	Кол-во (ос.)
№ 2 Вендеревский	Граница Кромского и Свердловского	Западная опушка урочища «Задняя Роша» (дубрава), юго-восточнее д. Ясная Поляна, в 3 км р. Ока	N52038/18.2// E35059/17.9//	24.07. 2013	4
				Всего	4

## 2. Ночница водяная – *Myotis daubentoni* Kuhl, 1817

**Статус.** Редкий вид, требующий дополнительных исследований для выявления мест обитания и численности. Вид внесен в приложение 3 к Красной книге Орловской области как нуждающийся в особом внимании [2]. **Распространение.** Распространение по территории области изучено недостаточно, ранее обитал на территории Малоархангельского уезда (сегодня это территория Малоархангельского и Глазуновского р-нов и частично Орловского и Кромского). Современные данные о встречах известны с территории НП «Орловское Полесье» [2]. Данные о встречах представлены в таблице 2.

### Род Вечерницы *Nyctalus*

## 3. Вечерница малая – *Nyctalus leisleri* Kuhl, 1817

**Статус.** Редкий, малоизученный вид, внесен-

ный в основной список Красной книги Орловской области (категория 2, VU A2c) [1], ранее, С.Н. Горбачевым отмечался как очень обыкновенный [2]. **Распространение.** В России населяет центральные и центрально-черноземные области, Среднее Поволжье, Сев. Кавказ. Придерживается лиственных лесов и парков [4]. Распространение по территории области изучено недостаточно. Встречи этого вида зарегистрированы в г. Орле и в Орловском р-не – лесное урочище «Стрелецкое» (окрестности г. Орла) [2]. Как показали наши исследования, вид гораздо шире распространен на территории области, вечерница малая была зарегистрирована на 11 из 18 маршрутов, что составляет 61% и встречается на территории 10 из 18 охваченных исследованиями районов. Данные о встречах представлены в таблице 3.

Таблица 2.

Места встреч ночницы водяной на территории Орловской области

Маршрут	Район	Биотоп	Координаты	Дата встречи	Кол-во (ос.)
№2 Вендеревский	Кромской	Западная опушка урочища «Задняя Роща» (дубрава), юго-восточнее д. Ясная Поляна, в 3 км р. Ока	N52038/18.2// E35059/17.9//	15.07. 2011г.	5
		Брошенная д. Отрада опушка широколиственного урочища «Волчий Лес», р. Ока в 1,6 км.	N52040/56.7// E5056/24.5//	22.07. 2012 г.	3
№ 4 Обельна	Хотынец-кий	НП «Орловское Полесье», южная окраина д. Алисово опушка высокоствольного сосняка (77 кв. Тургеневского л-ва) и поля	N53012/47.5// E35017/35.2//	16.07. 2011г.	1
				Всего	9

## 4. Вечерница рыжая – *Nyctalus noctula* Schreber, 1774

**Статус.** Обычный, но немногочисленный вид, ранее С.Н. Горбачевым отмечался как очень обыкновенный [2]. **Распространение.** В России населяет умеренные и южные регионы Европейской части, Заволжье, юг Зап. Сибири, Зап. Алтай. Встречается в различных ландшафтах от пустынь до лиственных и смешанных лесов [4]. В Орловской области встречи этого вида зарегистрированы: на территории НП «Орловское Полесье» и в Орловском р-не [2]. Как показали наши исследования, вид гораздо шире распространен по территории области, вечерница рыжая была зарегистрирована на 8 из 18 маршрутов, что составляет 44% и встречается на территории 7 из 18 охваченных исследованиями районов. Данные о встречах представлены в таблице 4.

## 5. Вечерница гигантская – *Nyctalus lasiopterus* Schreber, 1780

**Статус.** Очень редкий вид, требующий дополнительных исследований для выявления мест обитания и численности. В более ранних источниках, например у С.И. Огнева и С.Н. Горбачева, этот вид не указывается. Вид внесен в Красную книгу РФ (2001) – 3 категория охраны, и в Красную книгу Орловской области категория 4, CR A4c (2007) [2]. **Распространение.** Обитает

в лиственных лесах Европы на восток до Заволжья и Кавказа [3]. Распространение по территории области не изучено. Встречи этого вида зарегистрированы на территории НП «Орловское Полесье» [2]. В ходе наших исследований вид был отмечен только один раз, места встречи представлены в таблице 5.

Таким образом, в результате исследования были зафиксированы 2 вида из рода *Myotis* – ночница Бранта (*Myotis brandtii* Eversm.) и ночница водяная (*Myotis daubentoni* Kuhl). По данным Кадастра позвоночных животных, на территории области зарегистрировано 4 вида этого рода: ночница длинноухая (*Myotis bechsteini* Kuhl), ночница усатая (*Myotis mystacinus* Kuhl), ночница водяная (*Myotis daubentoni* Kuhl), ночница прудовая (*Myotis dasycneme* Boie) [2]. Ночница Бранта ранее не регистрировалась на территории области. Видовая принадлежность ночниц, в силу акустических особенностей звуковых сигналов, хуже остальных групп европейских рукокрылых определяется программой SonoBat [11]. В ходе исследований нами были зафиксированы звуки, принадлежащие роду *Myotis*, но определить их до вида не удалось (маршрут № 18 «Прудки» дата прохождения 22.07.2013, место встречи – Урицкий р-н пойма р. Лубна у д. Бунино, в 650 м крупный лесной массив «Городищенский Лес», координата точки

Таблица 3.

Места встреч вечерницы малой на территории Орловской области

Маршрут	Район	Биотоп	Координаты	Дата встречи	Кол-во (ос.)
№3 Калиновка	Орловский	С/х поля западнее д. Борнякова, рядом байрачная дубрава «Дубовая Роща»	N53008/23.6// E36009/01.1//	15.07. 2010 г.	1
		с/х поля и полезащитные лесопосадки южнее д. Нелюбово	N53010/26.7// E36009/25.3//	18.07. 2011 г.	1
№ 1 Знаменский	Орловский	Опушка широколиственного леса «Зарыбинская Дача» у д. Малая Фоминка	N52051/59.4// E36000/19.3//	13.07. 2010 г.	1
		Пруд на руч. Путимец, левого притока р. Рыбница у д. Нестерево, рядом старый сад	N52044/43.7// E36000/41.0//	11.07. 2012 г.	1
		С. Лаврово	N52050/34.2// E36000/56.2//	08.07. 2013 г.	1
№2 Вендеревский	Кромской	Западная опушка ур. «Задняя Роща» (дубрава), юго-восточнее д. Ясная Поляна	N52038/18.2// E35059/17.9//	15.07. 2011г.	5
		Поля между р. Окой и лесом «Шаховский –Неизвестный» южнее д. Легоща (широколиственный лес с посадками сосны)	N52045/38.7// E35052/18.5//	15.07. 2011г.	1
		Западная опушка ур. «Задняя Роща» (дубрава), восточнее д. Букреево	N52037/24.5// E35059/31.7//	24.07. 2013г.	1
№ 11 Шаховцы	Урицкий	Пойма р. Цон у западной окраины д. Богдановка в, 1,5 км к северу лесной массив «Нарышкинская Дача» (широколиственный с хвойными посадками)	N52055/11.28// E35041/30.12//	11.07. 2011 г.	4
№ 10 Дмитровск	Дмитровский	Залежь между лесами «Плоское» (балка, обсаженная сосной) и «Дубрава», западнее д. Обратеево	N52037/37.4// E35011/49.5//	30.07. 2012 г.	2
№ 6 Хмелевая	Малоархангельский	Южная окраина д. Елизаветино, поля, пруд на руч. правом притоке р. Неручь	N52026/21.84// E36027/33.12//	8.07. 2012 г.	1
№ 4 Обельна	Хотынецкий	НП «Орловское Полесье», восточная окраина с. Льгов, поля	N53017/06.1// E35025/44.2//	16.07. 2011 г.	1
№ 8 Муравельник	Шаблы-кинский	Широколиственное урочище Комаровка у северной окраины с. Шаблыкино, над поймой левого притока р. Навля	N52053/17.2// E35010/59.4//	24.07. 2012 г.	3
№ 12 Болхов	Мценский	Д. Карандаково, высокий берег р. Оки, покрытый дубово-березовым лесом	N53020/30.3// E35023/49.3//	06.07. 2013 г.	1
№ 17 Голунь	Новосильский	Поля, опушка лиственного леса северо-западнее д. Бездонное	N52059/16.0// E37017/6.1//	20.07. 2013 г.	3
№ 19 Казаковка	Знаменский	НП «Орловское Полесье» 48 кв. Пешковского л-ва у д. Пешково	N53023/17.88// E35030/21.6//	26.07. 2013 г.	1
				Всего	28

N52°58'17.8"; E35°30'59.4"). Помимо этого, для более эффективного обнаружения зверьков этого рода необходимо проводить записи звуков на точках непосредственно у водоемов, так как ночницы наиболее часто кормятся именно над водой. Из рода *Nyctalus* зафиксировано 3 вида: вечерница малая (*Nyctalus leisleri* Kuhl), вечерница рыжая (*Nyctalus noctula* Schreb) и вечерница гигантская (*Nyctalus lasiopterus* Schreb), что соответствует данным Кадастра. При этом выявлено гораздо более широкое распространение вечерниц малой и рыжей. Вечерница малая была зарегистрирована на 11 из 18 маршрутов, что составляет 61% и встречается на территории 10 из 18 охваченных исследования-

ми районов. Вечерница рыжая была зарегистрирована на 8 из 18 маршрутов, что составляет 44% и встречается на территории 7 из 18 охваченных исследованиями районов. Наиболее важным результатом является первое достоверное подтверждение нахождения на территории области вечерницы гигантской. Это крайне редкий и малоизученный вид, внесенный в Красную книгу России, Красную книгу МСОП и Красную книгу Орловской области. Впервые удалось зарегистрировать точное местонахождение этого вида – Знаменский р-н, НП «Орловское Полесье» 56 кв. Пешковского л-ва юго-восточнее д. Пешково, координата точки: N53°22'45.48"; E35°31'20.28".

Таблица 4.

Места встреч вечерницы рыжей на территории Орловской области

Маршрут	Район	Биотоп	Координаты	Дата встречи	Кол-во (ос.)
№2 Вендеревский	Свердловский –Кромской	Севернее д. Ясная Поляна, восточнее широколиственного ур. «Гусева Гора»	N52039/47.3// E35057/49.7//	14.07. 2010 г.	1
	Кромской	Между двумя лесами «Волошино» (дубрава лещинная) и «Шаховский -Неизвестный» (дубрава с посадками сосны), здесь же небольшой пруд на ручье	N52045/28.4// E35054/28.2//	14.07. 2010 г.	2
№1 Знаменский	Свердловский	Опушка дубравы «Отхожее поле» у п. Заречный	N52040/55.4// E36004/23.52//	28.08. 2010 г.	2
		Западная опушка дубравы «Калиновские Дубки»	N52038/55.5// E36005/40.8//	05.07. 2011 г.	1
	Орловский	Юго-западная окраина г. Орла у северо-восточной опушки ур. «Стрелецкое»	N52054/50.4// E36000/33.9//	08.07. 2013 г.	1
№ 10 Дмитровск	Дмитровский	«Островская Дача» высокоствольный сосняк севернее г. Дмитровска	N52032/17.1// E35007/57.36//	20.07. 2011г.	5
		с/х поля западнее д. Обратеево в 700 м лесной массив «Дубрава»	N52037/48.7// E35012/20.9//	30.07. 2012 г.	1
		Южная окраина с. Столбище опушка высокоствольного сосняка «Княгининский Лес»	N52034/43.6// E35017/23.3//	30.07. 2012 г.	1
№ 4 Обельна	Хотынецкий	НП «Орловское Полесье» восточнее д. Трубечино, высокоствольный сосняк, 25 кв. Алехинского л-ва	N53014/25.2// E35012/27.8//	16.07. 2011 г.	1
		НП «Орловское Полесье» – опушка высокоствольного сосняка, 25 кв. Алехинского л-ва северная окраина д. Алехино	N53013/44.3// E35013/37.1//	16.07. 2011 г.	1
№3 Калиновка	Орловский	Д. Полозовские Дворы	N53012/08.9// E35005/19.4//	28.08. 2013 г.	1
		Северная окраина д. Плещеево, сады, дачи	N53002/08.6// E36004/33.8//	28.08. 2013 г.	4
№ 18 Прудки	Урицкий	Западная окраина пгт Нарышкино, лесной массив «Нарышкинская Дача»	N52058/0.6// E35041/59.5//	22.07. 2013 г.	1
№ 13 Турейка	Глазуновский	Над полями западнее д. Тагино	N52025/12.7// E35002/0.6//	17.07. 2013 г.	1
№ 20 Золотая Поляна	Кромской	с. Макеево над прудом	N52031/42.6// E36000/37.8//	29.07. 2013 г.	4
				Всего	27

Таблица 5.

Места встреч вечерницы гигантской на территории Орловской области

Маршрут	Район	Биотоп	Координаты	Дата встречи	Кол-во особей
№ 19 Казаковка	Знаменский	НП «Орловское Полесье» – 48 кв. Пешковского л-ва севернее д. Пешково	N53022/45.48// E35031/20.28//	26.07. 2013 г.	3
				Всего	3



Библиографический список (References)

1. *Vyshegorodskikh N.V.* Section animals / Red data book of the Orel region// Ed. Prigoranu O.M. Orel: publisher A.V. Vorobjov, 2007. Pp. 134-245.
  2. *Vyshegorodskikh N.V.* The cadastre vertebrate animals of Orel region: Vol.1. Cephalaspidomorphi, osteichthyes, amphibian, reptilian, mammalian/ N.V. Vyshegorodskikh, A.A. Arabadji. Orel, 2010. 192 p.
  3. *Pavlinov I.Ya.* Terrestrial animals of Russia. A reference book. I. Ya. Pavlinov, C.V. Krusko, A.A. Varshavsky, A.V. Borisenko. M.: publishing house of KMK, 2002. 289 p.
  4. <http://www.ibats.org.uk>
  5. *Jones G.* Acoustic signalling and speciation: the roles of natural and sexual selection in the evolution of cryptic species / G. Jones // Advances in the Study of Behaviour. 1997. № 26. Pp. 317–354.
  6. *Jones G.* Acoustic identification of bats from directly sampled and time expanded recordings of vocalizations / G. Jones, N. Vaughan, S. Parsons // Acta Chiropterologica. 2000. № 2. Pp. 155–170.
  7. *Russo D.* Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls / D. Russo, G. Jones // Journal of Zoology, № 258. London, 2002. Pp. 91-103.
  8. *Brooks R. T.* Declines in summer bat activity in central New England 4 years following the initial detection of white-nose syndrome / R. T. Brooks // Biodivers Conserv. 2011. № 20. Pp. 2537–2541.
  9. *Jones K. E.* Indicator Bats Program: A System for the Global Acoustic Monitoring of Bats / K. E. Jones, J. A. Russ, A.-T. Bashta, Z. Bilhari, C. Catto, I. Csösz, A. Gorbachev, P. Györfi, A. Hughes, I. Ivashkiv, N. Koryagina, A. Kurali, S. Langton, A. Collen, G. Margiean, I. Pandourski, S. Parsons, I. Prokofev, 117 A. Szodoray-Paradi, F. Szodoray-Paradi, E. Tilova, C. L. Walters, A. Weatherill, O. Zavarzin // Biodiversity Monitoring and Conservation: Bridging the Gap between Global Commitment and Local Action. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. Pp. 213-247.
  10. *Parsons S.* Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks / S. Parsons, G. Jones // Journal of Experimental Biology. 2000. Vol 203. Pp. 2641 - 2656.
  11. *Walters C. L.* A continental-scale tool for acoustic identification of European bats / C. L. Walters, R. Freeman, A. Collen, C. Dietz, M. Brock Fenton, G. Jones, M. K. Obrist, S. J. Puechmaile, T. Sattler, B. M. Siemers, S. Parsons, K. E. Jones // Journal of Applied Ecology. 2012. № 49. Pp. 1064–1074.
-

УДК 502

UDC 502

**Н.В. ФРОЛОВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра экологии и общей биологии, Орловский государственный университет

E-mail: nadena80@bk.ru

**Н.Н. КОНДЫКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра экологии и общей биологии, Орловский государственный университет

E-mail: nkondykova@yandex.ru

**N.V. FROLOVA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of ecology and the general biology, Orel State University

E-mail: nadena80@bk.ru

**N.N. KONDYKOVA**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of ecology and the general biology, Orel State University

E-mail: nkondykova@yandex.ru

## МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ОРЛА

### MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION OF THE CITY OREL

*Атмосферный воздух – жизненно важный компонент окружающей природной среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений. В современных условиях интенсивного развития промышленности охрана атмосферного воздуха стала одной из важнейших экологических задач.*

*Ключевые слова:* мониторинг, атмосферный воздух, автотранспорт, загрязнение, город.

*Atmospheric air is a vital component of the natural environment, which is a natural mixture of atmospheric gases located outside of residential, industrial and other facilities. In modern conditions of intensive industrial development the atmospheric air protection has become one of the most important ecological tasks.*

*Keywords:* monitoring, atmospheric air, road transport, pollution, city.

В современных условиях характер и масштабы всевозрастающего негативного антропогенного воздействия на окружающую среду вызывает обоснованный тревогу происходящих серьезных последствий для природных экосистем. Одной из важнейших задач современной науки является разработка природоохранных и профилактических мероприятий, направленных на снижение экологических факторов риска на окружающую среду [2].

Для нормальной жизнедеятельности человеку прежде всего необходим воздух. Атмосферный воздух – это источник дыхания человека, животных и растительности, сырьё для процессов горения и синтеза химических веществ. Он является материалом, применяемым для охлаждения различных промышленных и транспортных установок, а также средой, в которую выбрасываются отходы жизнедеятельности человека, вышших и низших животных и растений. Но потребляемый воздух должен отвечать определённым санитарным требованиям, иначе он вызовет острые или хронические заболевания [1].

Система мониторинга воздушного бассейна предназначена для проведения непрерывных наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха города Орла, а также для оценки этого состояния. Загрязнение атмосферного воздуха является актуальной проблемой современности [3,4].

Анализ состояния загрязнения атмосферного воздуха в целом по городу складывается из выбросов вредных веществ от стационарных источников и автомобильного транспорта. На территории города основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются

стационарные источники промышленных, топливно-энергетических, транспортно-дорожных, сельскохозяйственных и других предприятий.

Наибольший вклад в выбросы от стационарных источников вносят следующие отрасли (рис. 1): транспорт и связь (25%); электроэнергетика (23,6%); пищевая (11,4%); металлургия (8,5%); машиностроение (8,4%); непромышленные подотрасли (ЖКХ) – 7,2%; производство стройматериалов (6,5%); остальные отрасли – менее 2% [3].

Валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу промышленными предприятиями города составил (тонны/год): 2010 год – 12100, 2011 год – 12300, 2012 год – 12350, 2013 год – 10050, 2014 год – 11800.

Отмечаемое незначительное снижение выбросов в последние годы обусловлено снижением производства предприятий ОАО «Северсталь-Метиз», «Орловский завод силикатного кирпича», а также за счет газификации котельных и других мероприятий. Однако от таких крупных предприятий, как Орловская ТЭЦ, ЗАО «Велор» и некоторых других, количество загрязняющих выбросов, поступающих в атмосферный воздух, остается на прежнем уровне [4].

В выбросах от стационарных источников преобладают оксид углерода, двуокись азота, двуокись серы, фенол, формальдегид, пыль. На протяжении многих лет приоритетность данных загрязнителей остается на одном уровне.

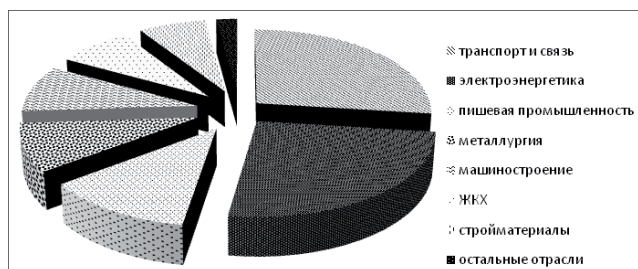


Рис. 1. Промышленные источники загрязнения города Орла.

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. Доля транспортного загрязнения воздуха составляет более 60% оксида углерода и более 50% оксида азота, повышенное содержание которых можно обнаружить в выхлопных газах как бензиновых, так и дизельных двигателей [3].

Оценка загруженности участка улиц Комсомольская, Наугорское шоссе, Московское шоссе позволила изучить окружающую обстановку на территории города Орла с целью определения таких токсичных компонентов, как оксид углерода (CO), оксид азота (NO<sub>2</sub>) и углеводородов.

Максимальная автотранспортная нагрузка отмечалась на всех исследуемых улицах как в 2013 году, так и в 2014 году.

Анализ уровня загрязнения атмосферы города Орла показал превышение содержания угарного газа, углеводородов и оксида азота по улицам Московское шоссе и Наугорское шоссе. За 2013-2014 г.г. происходит увеличение концентрации угарного газа, углеводородов и оксида азота в 1,2-1,5 раза выше ПДК. Это связано с расположением улиц, наличием административных учреждений и небольшим количеством зелёных насаждений и парков.

Данные по улице Комсомольской за 2013-2014 годы показывают превышение количества угарного газа, углеводородов в 1,1 раза, содержание оксида азота – в пределах нормы.

Загрязнение воздушного бассейна в районе автомобильных дорог обусловлено в основном поступлением в атмосферный воздух отработавших автомобильных газов – 99% всех выбросов, картерных газов, испарений углеводородов и угарного газа топлива из бака, карбюратора. Концентрация различных составляющих автомобильных выхлопов зависит от интенсивности движения автотранспорта, ширины улицы, ее рельефа, характера застройки, а также попадающих в атмосферу продуктов износа шин, тормозных колодок, материалов дорожных покрытий.

Таким образом, можно предложить краткосрочное и долгосрочное прогнозирование состояния загрязнения

атмосферного воздуха. Частота и продолжительность периодов высокого загрязнения атмосферного воздуха в городе Орле будут зависеть от режима выбросов вредных веществ (разовых, аварийных и др.), а также от характера и продолжительности метеоусловий, способствующих повышению концентрации примесей в приземном слое воздуха.

При краткосрочном прогнозировании можно предположить, что загрязнение воздуха не наблюдается, если в холодную погоду, летом в ночные и утренние часы при скорости ветра 0-1 м/с отсутствует приземная инверсия (оправдываемость 97%), а также при выпадении умеренного или сильного дождя (оправдываемость 90% – при выпадении снега очищение воздуха происходит менее эффективно, чем при дожде).

При долгосрочном прогнозировании учитываются многолетние статистические данные, а также погодные, климатические условия. Особенно учитываются неблагоприятные метеорологические условия, которые неблагоприятно сказываются на рассеивании вредных веществ.

В качестве первоочередных мероприятий по сохранению чистоты атмосферного воздуха могут быть:

- перераспределение транспортных потоков на основных магистралях города не более 800 автомобилей в час;
- строгие требования к парковкам;
- создание уличного защитного озеленения;
- создание автоматизированной системы регистрации уровня загрязнения с целью оповещения населения о качестве воздуха на перекрестках;
- проведение регулярных влажных уборок – мойки – асфальтовых покрытий автомагистралей в летний период;
- поддержание хорошего качества дорожного полотна;
- использование экологически чистого топлива (например, газообразного).

Перспективными направлениями по снижению негативного воздействия от автотранспорта на атмосферный воздух могут быть:

- ограничение въезда автотранспорта на отдельные территории города;
- строительство новых магистралей, дорожных развязок;
- строгие требования к парковкам;
- повышение качества автомобильного топлива, использование газообразного топлива;
- развитие общественного транспорта как альтернативы использования частного транспорта.

#### Библиографический список (References)

1. Nikolaikin N.I. Ecology: Textbook. for high schools / N.I. Nikolaikin, N.E. Nikolaikin, O.P. Melehova. M. Bustard. 2004. 365 p.
2. Onishchenko G.G. Urban Environment and Human Health // Hygiene and sanitation. 2007. №. 5. Pp. 3-4.
3. On the state sanitary and epidemiological welfare of the population in the Orel region in 2012: Report. Rospotrebnadzor, Orel. 2013. 176 p.
4. <http://57.rospotrebnadzor.ru/news>

УДК 638.145

UDC 638.145

**С.Н. БАКИНА**

аспирант, кафедра зоологии, Орловский государственный университет

E-mail: lana.88@yandex.ru

**Н.Н. ГРАНКИН**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра зоологии, Орловский государственный университет

E-mail: n.grankin@yandex.ru

**S.N. BAKINA**

Graduate student, Department of Zoology, Orel State University

E-mail: lana.88@yandex.ru

**N.N. GRANKIN**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Zoology, Orel State University

E-mail: n.grankin@yandex.ru

# ВОЗМОЖНОСТИ СЕЛЕКЦИИ СРЕДНЕРУССКИХ ПЧЕЛ *APIS MELLIFERA MELLIFERA* L. НА СНИЖЕНИЕ АГРЕССИВНОСТИ РАБОЧИХ ОСОБЕЙ

## THE POSSIBILITY OF SELECTING THE CENTRAL RUSSIAN BEES *APIS MELLIFERA MELLIFERA* L. ON THE DECREASING OF BELLCIOSITY WORKING INDIVIDUALS

*Рассматривается проблема агрессивности пчел темной европейской лесной породы *Apis mellifera mellifera* L. В качестве одного из приемов снижения агрессивности рабочих особей предлагается селекционный метод. Обсуждаются динамика агрессивности среднерусских пчел, статистические различия морфологических признаков рабочих пчел по двум поколениям, биологические и хозяйственно-полезные признаки пчелиных семей, селекционируемых на снижение агрессивности рабочих пчел.*

*Ключевые слова:* селекция, снижение агрессивности, темная европейская лесная пчела.

*The problem of bellicosity of Dark European forest bees species *Apis mellifera mellifera* L. Shall be regarded. Selection method is one of the suggested ways to low bellicosity of neuters. The dynamics of bellicosity of Central Russian bees is up for debate as well as statistical variation of morphologic attributes of neuters by two generations, biological and thrifty-effective marks of honey-bee colonies selected on decreasing of bellicosity of neuters.*

*Keywords:* selection, decreasing of bellicosity, Dark European forest bee.

Адаптивная защитная реакция медоносных пчел выработалась в процессе эволюции в связи с биотическими взаимодействиями с различными животными – нарушителями в режимах «вредительство» и «хищник – жертва». У разных подвидов или пород медоносных пчел эта защитная реакция выражается в зависимости от особенностей раздражающего фактора по-разному [1]. Например, у серых горных кавказских пчел, эволюционировавших в горных условиях и обустроивавших свои гнезда в расщелинах скал, труднодоступных для крупных теплокровных животных, основными нарушителями выступали мелкие членистоногие и насекомые, к которым у пчел выработалась адекватная защита в виде активного изгнания нарушителей из гнезд [2]. У темных же европейских лесных пчел, селившихся на своем ареале в дуплах деревьев и взаимодействовавших в процессе эволюции с разными теплокровными животными, такими как мыши, куница, медведи, эффективной оказалась защитная реакция с использованием жалоносного аппарата и пчелиного яда [8]. Достоверно большее количество пчелиного яда в ядовитых железах темных лесных пчел по сравнению с пчелами южных групп свидетельствует о большей его значимости в системе защитных механизмов подвида.

В связи с тем, что темная европейская лесная или среднерусская порода самая распространенная в нашей стране, данная поведенческая особенность, известная в практическом пчеловодстве как агрессивность, требует более пристального изучения, прежде всего, в отношении природы и особенностей проявления, взаимосвя-

зей с внешними и внутренними факторами, генетики и возможностей селекции на его снижение. Именно эта поведенческая особенность среднерусских пчел ограничивает их более широкое использование на пасеках в густонаселенных центральных и северных регионах нашей страны и за рубежом.

Объектом наших исследований возможностей селекции на снижение агрессивности рабочих особей служили среднерусские пчелиные семьи типа «Орловский», отобранные на основе одиннадцати географически отдаленных групп этой породы на пасеках Орловской опытной станции НИИ пчеловодства. Основной предпосылкой для селекции пчелиных семей на снижение агрессивности рабочих особей служила значительная внутри- и межпопуляционная изменчивость признака.

При сравнительном испытании среднерусские пчелы разных популяций в условиях одной пасеки проявляли разную степень агрессивности. При этом стабильно большей агрессивностью отличались пчелы вологодской и уральской групп [4].

Цель селекции заключается в выведении группы высокопродуктивных среднерусских пчелиных семей с пониженной на 20-30% агрессивностью рабочих особей. Исходный материал для отбора был представлен высокопродуктивными среднерусскими пчелиными семьями разных популяционных групп: вологодской, орловской, мордовской, татарской, башкирской, марийской, Кировской, пермской, кемеровской, горно-алтайской и красноярской. В связи с уровнем



генотипической обусловленности признака ( $h^2 = 0,36$ ) методом селекции был избран индивидуальный отбор пчелиных семей с оценкой маток по качеству их потомства. Количественная оценка агрессивности пчел проводилась в течение активного периода при периодических учетах печатного расплода в их гнездах через каждые 12 дней. Степень агрессивности определялась по количеству фиксировавшихся ужалений в каждой пчелиной семье [9]. Имея в виду, что на проявлении агрессивности среднерусских пчел в значительной степени сказываются погодные условия, особенности развития, летно-опылительной и медосборной деятельности, отметим, что естественные фоновые условия в процессе испытания пчелиных семей исходной группы, потомств  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  складывались по-разному. Если в сезоне 2009 года условия для развития медосборной деятельности пчелиных семей складывались относительно благоприятно, то летние периоды 2010 и 2014 годов, отличавшиеся жаркой и засушливой погодой, весьма негативно отражались на их жизнедеятельности. Отметим также, что при ухудшениях условий развития и медосбора, вызванных неблагоприятной погодой, пчелиные семьи периодически подкармливались сахарным сиропом, что поддерживало их развитие на достаточном уровне. В процессе периодических подкормок пчелиных семей агрессивность их рабочих особей заметно снижалась.

Касаясь интенсивности отбора, отметим, что на начальном этапе при получении потомства  $F_1$  материнские и отцовские пчелиные семьи подбирались с учетом основных хозяйственно-полезных особенностей и со средним уровнем агрессивности рабочих особей 0,21 ужалений, т.е. в 5,2 раза меньше уровня признака особей исходной группы (табл. 1).

Таблица 1.  
Динамика агрессивности среднерусских пчел типа «Орловский» в процессе селекции на ее снижение ( $n = 45-50$ )

Группа пчелиных семей	Год испытаний	$M \pm m$ , ужалений, шт.	$\sigma$	lim
Исходная группа	2009	$1,1 \pm 0,30$	1,09	0,2 – 3,7
$F_1$	2010	$0,9 \pm 0,14$	0,67	0 – 2,0
	2011	$1,0 \pm 0,18$	0,98	0 – 3,6
В среднем по $F_1$		$0,95 \pm 0,16$	0,82	0 – 2,8
$F_2$	2012	$0,68 \pm 0,12$	0,77	0 – 2,9
	2013	$0,54 \pm 0,14$	0,46	0 – 1,9
В среднем по $F_2$		$0,61 \pm 0,13$	0,62	0 – 2,4
$F_3$	2014	$0,60 \pm 0,20$	0,70	0 – 2,5

В результате средний уровень селекционируемого признака у рабочих особей  $F_1$  составил в среднем за два сезона испытаний 0,95 ужалений на пчелиную семью, т.е. снизился по сравнению с исходным уровнем в среднем на 13,6% [7].

Пчелиные семьи-родоначальницы очередного  $F_2$  поколения отбирались из состава потомства  $F_1$  со средним уровнем агрессивности 0,28 ужалений на семью, т.е. в

3,6 раза меньшей, чем в среднем у пчел  $F_1$ . В итоге средний уровень агрессивности рабочих особей  $F_2$  за два сезона испытаний составил 0,61 ужалений, что на 35,8% ниже уровня признака у пчел предыдущего поколения.

У рабочих особей пчелиных семей-родоначальниц  $F_3$  средний уровень агрессивности составил 0,45 ужалений, что на 26% ниже среднего уровня признака рабочих особей предыдущего поколения. Результаты первого года испытания свидетельствуют о том, что уровень признака у рабочих особей потомства  $F_3$ , составивший в среднем 0,6 ужалений на пчелиную семью, недостоверно отличался от такового у рабочих особей  $F_2$ . Заданная интенсивность отбора пчелиных семей на протяжении двух поколений привела к снижению степени агрессивности их рабочих особей по сравнению с исходной группой соответственно на 13,6% ( $F_1$ ) и на 44,6% ( $F_2$ ), а в среднем за два поколения отбора на 29,1%.

Анализируя динамику агрессивности рабочих особей в процессе отбора, отметим, что самым результативным он оказался на этапе оценки потомства  $F_2$ , когда уровень снижения агрессивности составил 35,8% (рис.1).

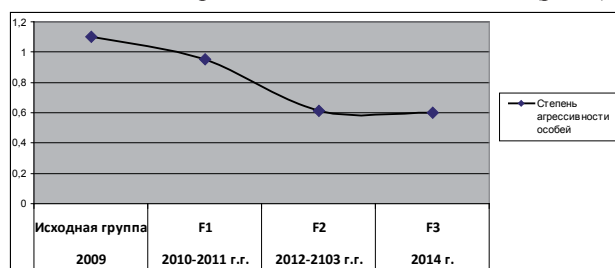


Рис 1. Динамика агрессивности среднерусских пчел в процессе селекции.

Падение темпов снижения уровня селекционируемого признака по сравнению с предшествующим поколением у рабочих особей  $F_3$  вероятно связано с понижением степени его генотипического разнообразия в результате интенсивного отбора, на что в определенной мере указывает снижение значения коэффициента наследуемости с 0,36 у исходной группы до 0,24 у особей потомства  $F_3$ . Разная степень агрессивности у особей селекционируемой группы с определенной стабильностью проявляется в течение активного сезона, о чем свидетельствуют значения коэффициентов повторяемости признака между смежными учетами (табл.2).

Таблица 2.

Значения коэффициентов повторяемости степени агрессивности среднерусских пчел селекционируемой группы

Учеты	1	2	3	4	5	6	7
2	0,746						
3	0,413	0,533					
4	0,626	0,582	0,749				
5	0,786	0,356	0,695	0,564			
6	0,374	0,292	0,324	0,172	0,565		
7	-0,132	0,087	0,172	0,014	0,457	0,412	
8	-0,039	0,206	0,304	0,232	0,408	0,301	0,764

Судя по данным, повторяемость степени агрессивности пчел определенным образом связана с особенностями

ми фоновых условий. По мере изменения условий для проявления признака, с удалением дат учетов друг от друга степень повторяемости признаков уменьшается вплоть до отрицательных значений. В то же время значения коэффициентов по диагонали матрицы, отражающие связи значений признаков при смежных учетах, более стабильны и выше по значениям.

Осуществляемой программой селекции предполагается заданное снижение уровня агрессивности рабочих особей при сохранении важнейших хозяйственно-полезных особенностей среднерусских пчелиных семей отселекционированного типа.

Поэтому при получении каждого очередного поколения в состав отцовских и материнских групп подбираются пчелиные семьи, в которых низкая агрессивность рабочих особей сочетается с высокой зимостойкостью, повышенной плодовитостью пчелиных маток, медовой и восковой продуктивностью пчелиных семей.

В результате у пчелиных семей селекционируемой группы значения основных хозяйственно-полезных особенностей незначительно отклоняются от значений соответствующих признаков исходной группы (табл.3)

Заметно большее отклонение селекционируемых пчелиных семей от исходной группы наблюдается в отношении медовой продуктивности. Причиной снижения медособирающей активности пчел является заметное изменение на протяжении последних лет погодных-климатических условий весенне-летних периодов, выражающееся в понижениях ночных температур воздуха в майско-июньские периоды и в жаркой засушливой погоде в летне-осенние месяцы. Пчелиные семьи, достигающие большой силы к периоду основного медосбора с гречиши, не реализуют в полной мере свои потенциальные возможности в связи с неблагоприятными погодными условиями [3].

Один из возможных вариантов выхода из создающейся ситуации – изменение направления производственной деятельности пасек, например, с медово-товарного на разведенческое, связанное с интенсификацией воспроизводства пчелиных семей, формированием новых пасек, увеличением численного состава пчелиных семей и др. [5].

Ответная защитная реакция пчелиных семей реализуется посредством высокосовременного жалоносного аппарата рабочих особей, снабженного пчелиным ядом. При изменении степени агрессивности пчелиных семей путем селекции важно знать, что происходит с жалоносным аппаратом рабочих пчел, обладающих пониженной агрессивностью [6].

Сравнение размеров экстерьерных признаков рабочих пчел двух смежных поколений  $F_2$  и  $F_3$  показало, что из 16 признаков рабочих особей достоверная разница выявлена лишь по трем (18,8%) табл. 4.

У рабочих пчел потомства  $F_3$  длина резервуара большой ядовитой железы, длина жала и число зазубрин на жале имели определенную тенденцию к снижению. Соответственно на 3,3%, 0,84% и 1,1%.

Как показали полученные результаты, в процессе селекции пчелиных семей на снижение агрессивности их рабочих особей происходит определенная перестройка системы взаимосвязей признаков. Анализ структуры парных зависимостей комплекса экстерьерных признаков рабочих особей  $F_9$  и  $F_{10}$  позволяет говорить о значительных расхождениях в системах корреляции как по значениям коэффициентов, так и по направленности взаимосвязей.

Наглядно изменение структуры парных взаимосвязей признаков у особей  $F_9$  и  $F_{10}$  отражено на рисунках 2 и 3.

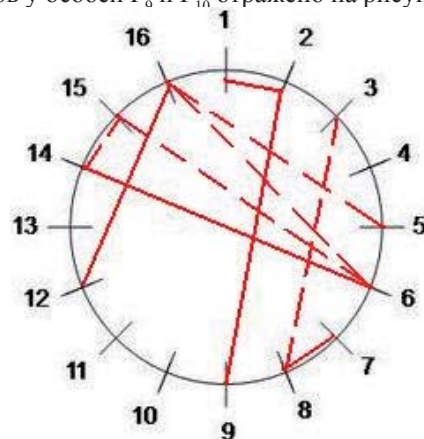


Рис.2 Поколение  $F_9$ .

Таблица 3.

Биологические и хозяйственно-полезные признаки среднерусских пчелиных семей, селекционируемых на снижение агрессивности рабочих пчел (n= 45-50)

Группа пчелиных семей	Год испытаний	Агрессивность, ужалений, шт.	Расход корма за зиму, кг.	Отход пчел за зиму, ул.	Максимальная средне-суточная яйценоскость маток, яиц, шт.	Медовая продуктивность, шт.	Восковая продуктивность сотов, шт.
Исходная группа	2009	1,10	9,8	1,1	2074	40,5	9,3
F1	2010	0,90	8,0	1,6	1872	28,6	7,3
	2011	1,00	7,2	0,8	2250	26,0	10,4
В среднем по F1		0,95	7,6	1,2	2061	27,3	8,9
F2	2012	0,68	9,5	1,1	2036	32,0	7,8
	2013	0,54	8,9	0,7	2204	26,1	11,2
В среднем по F2		0,61	9,2	0,9	2120	29,1	9,5
F3	2014	0,60	8,5	1,3	2085	31,0	9,9

Таблица 4.

Статистические различия морфологических признаков рабочих пчел  $F_9$  и  $F_{10}$  поколений

Признак \ Поколение	$F_9$	$F_{10}$	$D \pm md$	td	P
Длина хоботка, мм	6,27±0,033	6,31±0,021	0,04±0,039	1,026	
Длина правого переднего крыла, мм	9,50±0,027	9,37±0,023	0,27±0,035	7,940	0,999***
Ширина правого переднего крыла, мм	3,33±0,025	3,32±0,013	0,01±0,028	0,357	
Кубитальный индекс правого переднего крыла, %	59,05±1,520	58,25±1,482	0,80±2,123	0,377	
Длина 1-го членика задней лапки, мм	2,16±0,010	2,17±0,010	0,01±0,014	0,714	
Ширина 1-го членика задней лапки, мм	1,25±0,007	1,25±0,006	0±0,009	0	
Длина 3-го тергита, мм	2,44±0,010	2,42±0,011	0,02±0,015	1,333	
Ширина 3-го тергита, мм	4,99±0,023	4,92±0,020	0,07±0,030	2,333	0,95*
Длина 3-го стернита, мм	3,01±0,012	3,02±0,012	0,01±0,017	0,588	
Ширина 3-го стернита, мм	4,68±0,025	4,72±0,016	0,04±0,030	1,333	
Длина воскового зеркала, мм	1,61±0,018	1,62±0,010	0,01±0,021	0,476	
Ширина воскового зеркала, мм	2,54±0,012	2,57±0,011	0,03±0,016	1,875	
Число зацепок малого крыла, шт.	20,58±0,313	21,38±0,276	0,80±0,293	2,730	0,95*
Число зазубрин на жале, шт.	9,95±0,135	9,84±0,107	0,11±0,172	0,957	
Длина жала, мм	2,40±0,015	2,38±0,011	0,02±0,019	1,053	
Длина резервуара большой ядовитой железы жала, мм	2,65±0,061	2,56±0,018	0,09±0,064	1,406	

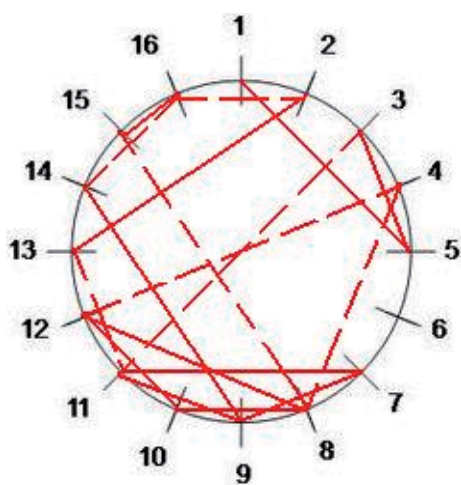


Рис. 3 Поколение  $F_{10}$ .

В структуре связей признаков особей потомства  $F_9$  выявлена плеяда признака 6 (ширина 1-го членика лапки), включающая 3 прямые и 2 косвенные связи, при этом из 5 выявленных зависимостей три имели отрицательную направленность. У рабочих особей потомства  $F_{10}$  структура парных корреляций значительно изменилась. Наиболее мощной представляется плеяда признака 8 (ширина 3-го тергита), включающая 4 прямых и группу косвенных взаимосвязей.

В итоге необходимо отметить:

1. Адаптивная защитная реакция рабочих особей темных европейских лесных пчел, выражающаяся в активном использовании жалоносного аппарата и пчелиного яда, способна изменяться под влиянием селекции.
2. За 3 поколения индивидуального отбора среднерусских пчелиных семей типа Орловский с оценкой их маток по качеству потомства степень агрессивности их рабочих особей достоверно снижена на 29,1%.
3. В процессе селекции пчелиных семей на снижение агрессивности их рабочих особей линейные размеры их экстерьерных признаков изменялись. Из 16 изученных признаков у рабочих особей  $F_{10}$  по сравнению с  $F_9$  достоверные изменения выявлены по 3-м признакам (18,8%).
4. С изменением линейных размеров экстерьерных признаков в процессе селекции изменяется система корреляции как по направлениям связей, так и по значениям коэффициентов корреляции.
5. В процессе изменения адаптивного защитного признака среднерусских пчел, выражающегося в агрессивности рабочих особей в ответ на вмешательство в их жизнь различных нарушителей, комплексная ответная реакция селекционируемой группы проявляется в изменении линейных размеров экстерьерных признаков рабочих пчел и в перестройки структуры корреляционной зависимости между ними.

Библиографический список

1. Аветисян Г.А. Некоторые вопросы эволюции, распространения, охраны и использования видов и пород пчел// Сб. XVII Международного конгресса по пчеловодству: Сельхозгиз, 1958.
2. Биляш Г.Д., Кривцов Н.И. Селекция пчел. М.: Агропромиздат, 1991.
3. Верещака О.А., Гранкин Н.Н. Потенциал воспроизводства среднерусских пчел// Пчеловодство, 2001, № 5.
4. Гранкин Н.Н. Селекция нового заводского типа среднерусских пчел// Сборник научно-исследовательских работ по пчеловодству. Рыбное, 2000.
5. Гранкин Н.Н., Верещака О.А. Воспроизводство пчелиных семей в условиях меняющегося климата // Новое в науке и практике пчеловодства. Рыбное, 2009.
6. Гранкин Н.Н., Гранкин Н.Н. (мл.), Верещака О.А., Щербakov А.В., Аверина С.Н. Генотипические ресурсы селекции среднерусских пчел на снижение злобности // Международная научно-практическая конференция «Российское пчеловодство на пути вступления в ВТО». Ярославль, 2012.
7. Гранкин Н.Н., Кривцова Л.С., Гранкин Н.Н. (мл.), Верещака О.А. Агрессивность среднерусских пчел как признак для селекции. Международная научно-практическая конференция. Ярославль, 2010.
8. Кривцов Н.И., Гранкин Н.Н. Среднерусские пчелы и их селекция. Рыбное. ГНУ НИИ пчеловодства Россельхозакадемии, 2004.
9. Монахов А.И., Кривцов Н.И., Оринич Л.Н. Сравнительное испытание некоторых популяций среднерусских пчел// Пчеловодство, 1976, №10.

References

1. Avetisyan G. A. Some problems of the evolution, distribution, protection and utilization of species and breeds of bees. Collection of works of XVII International Congress of beekeeping: publishing house of agricultural, 1958.
  2. Bilash G.D., Kryvtsov N.I. Breeding bees. M.: Agropromizdat, 1991.
  3. Vereshchaka O. A., N. Grankin N.N. The reproduction potential of the Central Russian bees/ beekeeping, 2001, № 5.
  4. Grankin N.N. Breeding of new industrial type Central Russian bees/ Collection of scientific research on beekeeping. Fish, 2000.
  5. Grankin N.N., Grankin N. N. (Jr.), Vereshchaka O.A. Shcherbakov, A.V., Averin S.N. Genetic resources breeding Central Russian bees to reduce anger// International scientific-practical conference "Russian beekeeping the process of accession to the WTO", Yaroslavl, 2012.
  6. Grankin N.N., Krivtsova L.S., N. Grankin.N.N (Jr.), Vereshchaka O. A. The Aggressiveness of the Central Russian bees as a basis for selection. International scientific-practical conference. Yaroslavl, 2010.
  7. Grankin N.N., Vereshchaka O.A. Reproduction of bee colonies in the context of climate change in the science and practice of beekeeping. Fish, 2009.
  8. Kryvtsov N.I., Grankin N. N. Central Russian bees and their selection. State research Institute of beekeeping of the RAAS, 2004.
  9. Monahov A.I. Krivtsov N.I., Orinich L.N. Comparative testing of some populations of Central Russian bees/ beekeeping, 1976, № 10.
-



УДК 54.384.2

UDC 54.384.2

**М.В. ВОРОНКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
кафедра химии, Орловский государственный аграрный  
университет

E-mail: Voronkova-m78@yandex.ru

**Л.А. ЕРМАКОВА**

кандидат педагогических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный аграрный университет

**M.V. VORONKOVA**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Department of chemistry, Orel State Agrarian University  
E-mail: Voronkova-m78@yandex.ru

**L.A. ERMAKOVA**

Candidate of Pedagogics, Associate Professor, Department of  
chemistry, Orel State Agrarian University

## БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К КОЛОРАДСКОМУ ЖУКУ

### BIOCHEMICAL STUDIES OF POTATO VARIETIES DIFFERING IN RESISTANCE TO THE COLORADO BEETLE

*Исследовано содержание запасных веществ: белка, крахмала, витамина С, трипсина, химотрипсина в клубнях картофеля разных сортов.*

*Исследовано влияние экстрактов папоротника, гречихи, инсектицида «Актара» на выживаемость колорадского жука.*

**Ключевые слова:** ингибиторы протеиназ, белок, крахмал, экстракты папоротника, гречихи, колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say).

*The content of the replacement substances: proteins, starch, vitamin c, trypsin, himotripsina in Potato tubers of different varieties was investigated. The influence of extracts of fern, buckwheat, insecticide «Aktara» on survival rate of the Colorado potato beetle was investigated.*

**Keywords:** Proteinase inhibitors, protein, starch, extracts of fern, buckwheat, Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say).

Важнейшей биологической характеристикой картофельного растения является то, что подавляющая часть органических веществ, создаваемых в процессе фотосинтеза, запасается в клубнях. Питательная ценность клубней обусловлена наличием запасных веществ, из которых крахмал составляет 12-20 %, белок 2-4 %, остальная масса приходится на сахара, полисахариды, витамины [3].

К сожалению, картофель подвержен различным заболеваниям и атакуемостью насекомыми-вредителями, из которых особенно актуальным в последнее время является колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Повреждая листья, он может быть причиной серьезной потери урожая картофеля. В связи с этим, при выведении сортов картофеля, одной из важнейших задач является поиск форм, устойчивых к колорадскому жуку. Эрлихом и Равеном еще в 1965 году был сделан вывод о важной роли веществ вторичного обмена в теории биохимической коэволюции животных и растений [4]. Ведущую роль в выборе используемых насекомыми растений играют вторичные вещества. Устойчивость растений картофеля к вредителям обеспечивает алкалоид, близкий по своему строению к соланину и получивший название «демиссин».

Алкалоиды – органические основания, как правило, содержащие азот в составе циклов. Алкалоиды синтезируются в разных органах растений. Особую группу составляют алкалоиды, которые характеризуются свойствами гликозидов, придавая клубням и плодам горький вкус, и, видимо, определяющие устойчивость картофеля к биоте [3].

Приоритетным направлением исследований является не только выявление питательной ценности сортов картофеля по содержанию полезных запасных веществ, но и содержание алкалоидов, определяющих устойчивость к колорадскому жуку, а также способов повышения иммунитета растений [5].

Целью данных исследований было установить питательную ценность шести сортов картофеля: Алый брянский (устойчивый), Слава Брянщины (устойчивый), Дитта (среднеустойчивый), Жуковский ранний (среднеустойчивый), Аноста (относительно устойчивый), Невский (стандарт) (неустойчивый). Определить содержание крахмала, белка, простых сахаров в клубнях, алкалоидов – в листьях. Выявить способы повышения устойчивости картофеля к колорадскому жуку.

Объектом исследования служили клубни картофеля (*Solanum tuberosum*), приобретенного на Брянской опытной станции по картофелю ВНИИКСХ, различающиеся по устойчивости к колорадскому жуку.

Для решения поставленной задачи были проведены лабораторные и полевые испытания. Клубни выкладывали на свет для накопления алкалоида соланина на пять суток. Контролем служили клубни, находящиеся в темном помещении. Часть позеленевших клубней была взята для анализа.

Содержание крахмала в клубнях картофеля определяли иодометрическим методом, белка – по Лоури, витамина С – титриметрическим методом, ТИА, ХИА-казеинолитическим методом, алкалоидов – весовым и фотоэлектроколориметрическими методами [1].

Против колорадского жука испытывали инсектицид «Актара», экстракты папоротника и гречихи.

В результате исследований отмечалась изменчивость в содержании запасных веществ в клубнях картофеля (таблица 1).

Таблица 1.

Содержание запасных веществ в клубнях картофеля

Сорт	Белок, %	Крах-мал, %	Вит. С, мг/%	ТИА, мг/г	ХИА, мг/г	Сумма алкалоидов	
						в клубнях, % на сухое вещество	в листьях, мг /100 г сырой массы
Алый брянский (У)	1,23	17,3	14,9	1,71	1,68	0,174	303,5
Слава Брянщины (У)	1,16	18,3	16,9	2,07	2,03	0,194	306,7
Дитта (СУ)	1,30	16,7	18,1	1,60	1,44	0,142	227,0
Жуковский ранний (СУ)	1,60	11,3	22,5	1,42	1,36	0,139	201,5
Аноста (ОУ)	1,32	15,3	22,8	0,88	0,73	0,134	202,4
Невский (НУ) (стандарт)	1,65	11,0	19,4	0,77	0,60	0,096	161,7

Данные проведенного анализа указывают, что сорта отличаются содержанием запасных веществ. В стандартном сорте Невский содержание белка в клубнях составляет 1,65 %, крахмала – 11,0%, витамина С – 19,4 мг%, ТИА- 0,77 мг/г, ХИА-0,60 мг/г. Клубни сорта Невский накапливают 0,096 % на сухое вещество алкалоидов, листья – 161,7 мг/100 г сырой массы.

Высокое содержание белка отмечалось у сортов Дитта, Аноста, Жуковский ранний, клубни которых содержат 1,30; 1,32 и 1,60 % белка соответственно. Клубни сортов Слава Брянщины и Алый брянский накапливают от 1,16 до 1,23 % белка. Наибольшей крахмалистостью отличались клубни сортов: Дитта, Алый брянский, Слава Брянщины (от 16,7 до 18,3 % крахмала). Повышенным содержанием аскорбиновой кислоты отмечались клубни сортов Жуковский ранний, Аноста (от 22,5 до 22,8 мг%). Пониженным содержанием витамина С, по сравнению со стандартом, обладают клубни сортов Алый брянский, Слава Брянщины, Дитта (от

14,9 до 18,1 мг%).

Таким образом, устойчивые сорта картофеля: Слава Брянщины и Алый брянский накапливают меньшее количество белка и витамина С, но характеризуются повышенным содержанием крахмала в клубнях, по сравнению с неустойчивым сортом Невский.

Клубни сортов Жуковский ранний, Дитта, Алый брянский, Слава Брянщины содержат от 1,36 до 2,07 мг/г белков – ингибиторов протеиназ – трипсина и химотрипсина. Клубни сорта Аноста отличаются пониженным содержанием ТИА и ХИА (0,88 мг/г).

Уровень активности ингибиторов протеиназ в клубнях исследованных сортов прямо коррелирует с показателем их устойчивости к колорадскому жуку. Сорта с высокой устойчивостью характеризуются повышенным уровнем активности ингибиторов. Сорта с низкой устойчивостью обладают невысокими показателями антипротеолитической активности.

Исследование алкалоидов показало, что наибольшее их количество накапливают клубни сортов: Алый брянский (0,174% на сухое вещество) и Слава Брянщины (0,194% на сухое вещество). Клубни сортов: Аноста, Жуковский ранний, Дитта содержат от 0,134 до 0,142% на сухое вещество алкалоидов, что является предельно допустимой концентрацией для человека [2].

Выделение алкалоидов выявило сорта с повышенным содержанием последних в листьях: Алый брянский и Слава Брянщины от 303,5 до 306,7 мг/100 г сырой массы. Сорта Жуковский ранний, Аноста, Дитта накапливают в листьях от 201,5 до 227,0 мг/100 г сырой массы алкалоидов.

Обобщив полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее устойчивые к колорадскому жуку сорта картофеля: Слава Брянщины и Алый брянский, их листья накапливают максимальное количество алкалоидов. Другие сорта незначительно отличаются друг от друга, за исключением неустойчивого сорта Невский, листья которого по неизученной причине содержат минимальное количество алкалоидов.

Изучение влияния препаратов, создаваемых на основе экстрактов папоротника и гречихи в концентрации  $10^{-2}$  М, на устойчивость к взрослым особям *Leptinotarsa decemlineata* Say показало их положительное воздействие (рис.1-2).



Рис.1. Влияние обработки инсектицидом «Актара» (1) и водой-контроль (2).

При обработке промышленным инсектицидом «Актара» отмечается 100% гибель колорадских жуков по сравнению с контролем (вода).



Рис.2. Влияние обработки экстрактом папоротника (3) и гречихи (4).

Под влиянием экстракта папоротника отмечается 80% гибели взрослых особей.

Обработка взрослых особей *Leptinotarsa decemlineata* Say экстрактом гречихи к 10% гибели жуков.

Анализируя инсектицидное действие изученных веществ, можно сказать, что экстракт папоротника обладает большей эффективностью и, являясь экологически безопасным, может служить основой для создания средств защиты картофеля от вредителя.

#### Библиографический список

1. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Уч.-изд.; Л 1987. 427 с.
2. Нечаева А.П. Пищевая химия. С-П., Гиорд, 2014. 631 с.
3. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 2005. 300с.
4. Харборн Дж. Введение в экологическую биохимию. М., Мир, 1985. 300 с.
5. Рентабельность защиты растений картофеля 2010 - 2011 гг. / Juszczak Malgorzata, Krasinski Tomasz, Rogalinska Malgorzata // Post. Ochr. Rosl. 2001. 41, № 2 С. 615-617. Пол.; рез. англ.

#### References

1. Ermakov A.I. Biochemical Methods study of plants. Manual Publishing House. L 1987. 427 p.
2. Nechayeva A.P. Food Chemistry. Spb., Neochimiki Ukraine, 2014. 631 p.
3. Pleshkov B. P. Biochemistry of agricultural plants. M.: Kolos, 2005.300 p.
4. Harborne, J. Introduction to ecological biochemistry. M., Mir, 1985. 300 p.
5. Profitability of weed in potato-2010-2011 biennium. /Juszczak Malgorzata, Tomasz Krasinski, Malgorzata/Rogalinska/Post. Ochr. Rosl. 2001. 41, no. 2-c. Pp. 615-617. Paul.; Res. engl.

УДК 638.145

UDC 638.145

**Н.Н. ГРАНКИН**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра зоологии, Орловский государственный университет  
E-mail: n.grankin@yandex.ru

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Zoology, Orel State University  
E-mail: n.grankin@yandex.ru

**С.Н. БАКИНА**

аспирант, кафедра зоологии, Орловский государственный университет  
E-mail: lana.88@yandex.ru

Graduate student, Department of Zoology, Orel State University  
E-mail: lana.88@yandex.ru

**В.В. РЮМШИН**

соискатель, кафедра зоологии, Орловский государственный университет  
E-mail: kaf\_zoo@univ-orel.ru

Applicant, Department of Zoology, Orel State University  
E-mail: kaf\_zoo@univ-orel.ru

**Е.С. ПРОСКУРИН**

соискатель, кафедра зоологии, Орловский государственный университет  
E-mail: kaf\_zoo@univ-orel.ru

Applicant, Department of Zoology, Orel State University  
E-mail: kaf\_zoo@univ-orel.ru

### ПРОГРАММИРУЕМЫЙ МЕДОСБОР КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ АГРЕССИВНОСТИ ТЕМНЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ ЛЕСНЫХ ПЧЕЛ APIS MELLIFERA MELLIFERA L.

### PROGRAMMABLE HARVEST AS A FACTOR OF DECREASING THE AGGRESSIVENESS OF THE DARK EUROPEAN FORESTRY BEES APIS MELLIFERA MELLIFERA L.

*Рассматривается проблема снижения агрессивности пчел темной европейской лесной породы Apis mellifera mellifera L. В качестве эффективного приема предлагается программируемое медосборное пространство в радиусе продуктивного лета пчел. Обсуждается состав травянистых и древесно-кустарниковых медоносов, обеспечивающих достаточную медопродуктивность, интенсивную летно-опылительную деятельность и снижение агрессивности пчел.*

Ключевые слова: программируемый медосбор, темная европейская лесная пчела.

*Reducing the aggressiveness of bees of dark European forest species Apis mellifera mellifera L. Shall be regarded as an effective reception features of programmable meloburne space within a productive summer bees. The composition of herbaceous and woody shrub honey plants, providing sufficient bee productivity, intensive flight-pollinator activity and aggressiveness of the bees is discussed.*

Keywords: programmable harvest, dark European forestry bee.

В системе адаптивных признаков темных европейских лесных пчел исключительно важное значение имеет их агрессивность как ответная реакция рабочих особей на вмешательство в жизнь семей таких теплокровных животных-нарушителей, как медведь, куница, мыши и мышевидные грызуны. Агрессивность как эволюционно выработанное качество рабочих особей этого подвида в значительной степени способствовала расширению его естественного ареала по всей Центральной лесной зоне, где и сосредоточены уникальные по масштабам и качеству медоносные ресурсы России.

Уникальность этой защитной реакции темных европейских лесных пчел заключается в совершенстве активно используемого жалоносного аппарата, снабженного пчелиным ядом. Апитоксин, вызывающий у жертвы сильную боль, в конечном итоге положительно сказывается на ее иммунной системе [1,2]. Благодаря ценным оздоравливающим качествам апитоксин нашел широкое применение в современной апитерапии и ветеринарии [3,7]. Однако значительное количество пчелиного яда может вызвать у животных негативные последствия, вплоть до летального исхода. Для мышей, проникающих в гнезда пчел с осени и в зимнее время, 5-7 одновременных ужалений рабочими особями смертельны. Раздраженные пчелы могут нападать на

оказавшихся поблизости от пасеки домашних животных, птицу и человека. Для крупного рогатого скота, лошади, собаки 30-60 одновременных ужалений могут привести к смертельным исходам. Для человека с нормальной реакцией организма на действие пчелиного яда летальной дозой считается около 400 одновременных ужалений [6]. Как показывают современные статистические данные, около 15% людского населения обладают невосприимчивостью к пчелиному яду. Для них даже единичные ужаления опасны, т.к. могут вызвать аллергическую реакцию.

В связи с этим в работе с темными европейскими лесными пчелами на домашних и крупных промышленных пасеках необходимо выполнение комплекса технологических мероприятий, снижающих агрессивность рабочих особей. Важнейшие из них, как показывают многочисленные наблюдения, сводятся к организации стабильных и достаточных медосборных условий в течение всего активного периода [5]. Для этого в окрестностях пасеки в радиусе продуктивного лета (2,5 км) необходимо высевать и высаживать травянистые и древесно-кустарниковые цветковые медоносные растения, поочередно сменяющие друг друга во время цветения и обеспечивающие заранее заданное количество и качество меда, цветочной пыльцы, прополиса и других



продуктов пчеловодства. При отсутствии вблизи пасеки собственных посевов и посадок медоносных культур или дикорастущих медоносных видов, на период цветения пчелиные семьи подвозят для медосбора непосредственно к источникам нектара. Однако, в связи с затратностью и трудоемкостью весенне-летних кочевок с пасеками более перспективной с экономической и экологической точек зрения представляется организация искусственных программируемых медосборных условий в виде посадок и посевов ценных медоносных видов по склонам оврагов, балок, рек, озер, прудов и в других неудобных для земледелия окрестностях пасек.

В условиях средней части России для создания таких медосборных участков перспективны следующие виды энтомофильных цветковых растений [4] (табл.1).

Таблица 1.

Видовой состав медоносных растений для программируемых медосборов (М.М. Глухов, 1976)

№ п/п	Медоносные растения	Сроки цветения	Нектаропродуктивность, кг/га
1.	Ива ушастая	апрель	120-150
2.	Клён татарский	апрель	150-200
3.	Крыжовник	апрель	18-20
4.	Ива ломкая	апрель-май	100-120
5.	Смородина черная	апрель-май	20-50
6.	Смородина красная	апрель-май	40-80
7.	Клён полевой	апрель-май	90-1000
8.	Груша	май	8-20
9.	Яблоня	май	20-30
10.	Клён остролистный	май	150-20
11.	Рябина	май	30-40
12.	Шиповник	май-июнь	15-20
13.	Крушина ломкая	май - август	15-35
14.	Клевер бело-розовый	июнь	50-125
15.	Малина	июнь	100
16.	Акация жёлтая	июнь	100-125
17.	Акация белая	июнь	до 1000
18.	Липа	июнь	600-900
19.	Чабрец	июнь	180
20.	Сабельник болотный	июнь-июль	30
21.	Донник жёлтый	июнь-июль	200
22.	Донник белый	июнь-июль	500
23.	Мелисса	июнь-июль	133-200
24.	Фацелия	июнь-июль	400-600
25.	Пустырник	июнь-июль	300
26.	Борщевик Сосновского	июнь-июль	100-120
27.	Синюшник	июнь-июль	200
28.	Василек полевой	июнь-июль	150-200

29.	Дягиль лекарственный	июнь-июль	60-90
30.	Мята перечная	июнь-июль	200
31.	Лук репчатый	июнь-июль	70-100
32.	Люцерна посевная	июнь-июль	50-80
33.	Клевер белый	июнь-июль	100-118
34.	Аморфа кустарниковая	июнь – август	50-70
35.	Шалфей мотовчатый	июнь – август	300
36.	Синяк обыкновенный	июнь-сентябрь	500
37.	Душица	июль-август	100
38.	Гречиха	июль-август	50-120
39.	Эспарцет	июль-август	60-100
40.	Яснотка белая	июль	100
41.	Татарник	июль-август	80-120
42.	Иссок	июль-сентябрь	100-200
43.	Мордовник шароголовый	август	650-700
44.	Золотарник канадский	август-сентябрь	30-40

Приведенный видовой состав медоносных растений, перспективный для средней европейской части страны, может изменяться в соответствии с конкретными зональными климатическими условиями. При выделении под каждый из приведенных видов по 1 га общая площадь участка составит 44 га, а его потенциальная медовая продуктивность в соответствии с указанной нектаропродуктивностью растений может варьировать от 7,6 до 9,6 т., что достаточно для пасек численностью 200 пчелиных семей [8,9]. Усредненные показатели нектаропродуктивности приведенных медоносных видов в течение активного периода распределены так, что на июнь-июль, т.е. на период наивысшего развития пчелиных семей приходится около 70% медоносного потенциала участка (табл.2).

Таблица 2.

Распределение медового потенциала программируемого медосборного участка в течение активного периода

Показатели \ Месяцы						
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Нектаропродуктивность кг/га	918	1100	3880	2310	1760	940
В процентах	9,4	10	36	21	16	8,6

Активная летно-опылительная деятельность пчел резко снижает их агрессивность при осмотре гнезд и обслуживании пчелиных семей. Виды медоносных растений, цветущих в апреле-мае, в достаточной степени обеспечивают весенний рост и развитие пчелиных семей, а цветущие в августе-сентябре достаточны для предзимнего наращивания массы рабочих особей в семьях.

Важным моментом в формировании искусственного медосборного пространства служит порядок размещения видового состава растений. С учетом особенностей местности, почвы, микроклимата применимы самые разные варианты. Для относительно ровных участков подходящим может быть строчное размещение медоносных видов вокруг пасеки [10]. Древесно-кустарниковые виды чередуются с травянистыми. Ширина полос между древесно-кустарниковыми видами должна быть достаточной для работы почвообрабатывающей, уборочной и другой техники.

При проектировании программируемых медосборных участков важно учитывать полифункциональность видов растений и ценность сопутствующей продукции. Например, двулетнее медоносное растение Синяк обыкновенный (лат. *Échium vulgáre*) в первый год после посева дает мощную розетку богатых жиром листьев, служащих излюбленным кормом для копытных животных в осенний и предзимний периоды. Густо опушенные листья уходят зелеными под снег и могут служить подснежной подкормкой для копытных животных в лесах и на их опушках. На второй год жизни растение дает куст густо покрытых цветками стеблей. Нектаропродуктивность цветков, в зависимости от почвенных особенностей, в среднем составляет около 500 кг/га. Мед первой категории ценности специфичен по вкусовым качествам и консистенции [11]. Из-за высокой жирности стеблей и листьев пожнивные остатки после уборки семян пригод-

ны для производства брикетированного топлива для печей и каминов. Семена синяка пригодны для производства высокоценного, уникального по вкусовым качествам синякового масла. Отмершая мощная стержневая корневая система синяка облагораживает почву.

В процессе роста и развития древесно-кустарниковых медоносных видов их густеющие кроны, сплетение ветвей и прикорневая зона заполняются гнездами разных видов птиц, становятся жизненно важным пространством для многих видов животных. Полифункциональность медоносных видов программируемого участка открывает возможности для внедрения технологий производства и переработки витаминной продукции, аптечного сырья и других экологически чистых и здоровьесберегающих продуктов.

Таким образом, организация искусственных программируемых медосборных участков представляется исключительно перспективной для решения ряда важных экологических и технологических проблем:

1. Расширение экономического пространства за счет пространства экологически чистых продуктов пчеловодства.
2. Улучшение биологических особенностей и снижение агрессивности рабочих особей основной породы пчел России – темной европейской лесной или среднерусской.
3. Эффективное содействие в решении проблемы биоразнообразия.

#### Библиографический список

1. Алескер Э.М. Пчелиный яд в клинике внутренних болезней. М.: Медгиз, 1964.
2. Архангельский А.А. Пчелиный яд при сердечно-сосудистых заболеваниях. М.: 1966.
3. Боброва Н.А., Смирнов Н.В., Семенова Е.П. О применении новых препаратов пчелиного яда при заболевании периферической нервной системы // Международный симпозиум по применению продуктов пчеловодства в медицине и ветеринарии в Москве 1971. Бухарест, 1972.
4. Глухов М.М. Медоносные растения. М.: Колос, 1974.
5. Гранкин Н.Н. Программируемые медосборы и полифункциональность медоносов // Пчеловодство. 2004. № 5.
6. Иойриш Н.П. Продукты пчеловодства и их использование. М.: Россельхозиздат, 1976.
7. Лудянский Э.А. Очерки практической апитерапии. Вологда, 1991.
8. Проскурин Е.С. Козволюция, биоразнообразие и медоносные растения // Материалы Международной научно-методической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения Ч. Дарвина и 150-летию выхода в свет «Происхождения видов...» «Современные проблемы эволюционной биологии». Брянск. 2009.
9. Проскурин Е.С., Рюмиш В.В., Гранкин Н.Н. Особенности роста и развития медоносных растений в овражно-балочной системе Орловской области // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы применения количественных методов в естествознании». Орёл. 2008.
10. Рюмиш В.В. Эколого-технологические особенности формирования программируемого медосбора // Материалы Международной научно-методической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения Ч. Дарвина и 150-летию выхода в свет «Происхождения видов...» «Современные проблемы эволюционной биологии». Брянск. 2009.
11. Синяков А.Ф. Большой медовый лечебник. М.: Эксмо-Пресс. 2000.

#### References

1. Alesker E.M. Bee venom in the clinic of internal diseases. M.: Medgiz, 1964.
2. Arkhangelsky A.A. Bee venom in cardiovascular diseases. M.: 1966.
3. Bobrova N.A., Smirnov N.V., Semenova E.P. On the use of new drugs bee venom when disease of the peripheral nervous system // International Symposium on the use of bee products in medicine and veterinary medicine in Moscow, 1971. Bucharest, 1972.
4. Gluhov M.M. Melliferous plants. M.: Kolos, 1974.
5. Grankin N.N. Programmable honey yield and multifunctional of melliferous // Beekeeping. 2004. № 5.
6. Joirish N.P. Bee products and their uses. M.: Rosselchozizdat, 1976.
7. Ludanskiy E. A. Essays on practical apitherapy. Vologda, 1991.
8. Proskurin E.S. Coevolution, biodiversity and melliferous plants // Proceedings of the International scientific-practical conference, dedicated to the 200th anniversary since the birth of Ch. Darwin and the 150th anniversary of the publication of Origin of species... "Contemporary problems of evolutionary biology. Bryansk. 2009.
9. Proskurin E.S., Rumshin V.V., Grankin N.N. Peculiarities of growth and development of melliferous plants in the gully system Orel region // Materials of International scientific-practical conference "Problems and prospects of application of quantitative methods in the natural Sciences". Orel. 2008.
10. Rumshin V.V. Analogotechnologies peculiarities of forming a programmable honey // Materials of the International scientific-practical conference, dedicated to the 200th anniversary since the birth of Ch. Darwin and the 150th anniversary of the publication of Origin of species... "Contemporary problems of evolutionary biology. Bryansk. 2009.
11. Sinakov A.F. Big honey practitioner. M.: Eksmo-Press. 2000.

**Н.В. ЕРМАКОВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра химии,  
Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: chemistrysend@yandex.ru

**N.V. ERMAKOVA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of  
chemistry, Orel State Agrarian University  
E-mail: chemistrysend@yandex.ru

**УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ  
СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОЛ-АОЗ У КОРОВ В СЕЗОННОМ АСПЕКТЕ**

**ESTABLISHMENT OF CORRELATION DEPENDENCE BETWEEN THE INDICES  
OF THE STATE OF SYSTEM POL-AOP IN COWS IN THE SEASONAL ASPECT**

*Показан корреляционный анализ показателей состояния системы ПОЛ-АОЗ с целью выявления особенностей течения технологического стресса у коров в течение года.*

*Ключевые слова:* перекисное окисление липидов, система антиоксидантной защиты, малоновый диальдегид, кетодиены, диеновые конъюгаты, антиоксидантные витамины E, A, C, технологический стресс, стресс-факторы, зимний стойловый период, летний пастбищный период, коэффициент корреляции.

*This article shows the correlation analysis of the indices of the state of system POL -AOP for the purpose of the development of the special features of the flow of technological stress in cows during the year.*

*Keywords:* the peroxide oxidation of lipids, the system of antioxidant protection, malonic dialdehyde, ketodienes, diene conjugates, antioxidant vitamins E, A, C, technological stress, stress factors, winter stall period, summer pasture period, correlation coefficient.

Сельскохозяйственные животные постоянно находятся под воздействием различных стресс-факторов окружающей среды и вынуждены приспосабливаться к ним. Незначительные и непродолжительные воздействия, заканчивающиеся адаптацией, выступают в качестве тренирующего фактора, повышающего устойчивость организма и укрепляющего здоровье животных. Факторы, которые по степени влияния значительно превосходят нормальные физиологические стимулы, способствуют развитию стрессовых реакций, сопровождающихся нарушениями в работе органов и систем организма, снижению резистентности животных и их продуктивности.

Стрессоры, связанные с технологией содержания молочного скота, принятой в том или ином хозяйстве, способствуют развитию у животных технологических стрессов. В условиях смены сезонов года технология предполагает разделение содержания крупного рогатого скота на зимний стойловый и летний пастбищный периоды, каждый из которых характеризуется набором специфических стресс-факторов. Зимний стойловый период сопровождается развитием алиментарного стресса в условиях гиподинамии, недостатка инсоляции и нарушения параметров микроклимата в животноводческих помещениях. Летний пастбищный период в системе технологии содержания связан с повышенным воздействием ряда климатических факторов, например, высокой температуры окружающей среды.

Многочисленными исследованиями доказано, что возникающие в этих условиях стрессовые состояния сопровождаются интенсификацией процессов свободно-радикального окисления (СРО) [1]. Одним из наиболее распространённых видов СРО в клетке является перекисное окисление липидов (ПОЛ) [2]. В настоящее время ПОЛ определяется как цепной свободно-радикальный процесс, инициация которого происходит при наличии

активных форм кислорода (АФК), а основным субстратом здесь служат полиненасыщенные жирные кислоты и жирнокислотные остатки.

В качестве активных форм кислорода выступают: супероксидион (супероксид-радикал)  $\cdot\text{O}_2^-$ , пероксидион (пероксид-анион)  $\cdot\text{O}_2^{2-}$ , гидроксил-радикал  $\cdot\text{OH}$ , синглетный кислород  $^1\text{O}_2$ . Из них наиболее токсичной формой считается гидроксил-радикал  $\cdot\text{OH}$ , который является продуктом взаимодействия  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\cdot\text{O}_2^-$  [3].

Гидроперекиси липидов (LOOH), образующиеся в ходе ПОЛ в качестве первичных продуктов и играющие центральную роль в дальнейшем аутоокислении липидных компонентов, являются источником вторичных радикалов: алкильных ( $\text{L}\cdot$ ), алкоксильных ( $\text{LO}\cdot$ ) и диоксильных ( $\text{LOO}\cdot$ ). Липогидроксиды, будучи нестойкими соединениями, легко подвергаются дальнейшей окислительной деструкции. Среди вторичных продуктов наиболее важными являются ненасыщенные альдегиды, малоновый диальдегид (МДА) и продукты его взаимодействия с аминокислотными соединениями – флюоресцирующие шиффовы основания, а также компоненты, образующиеся при полимеризации окисленных липидов и белков – цероидные пигменты и липофусцин. К балластным продуктам ПОЛ относятся также кетодиены (КД) и диеновые конъюгаты (ДК), образующиеся при окислении линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот. Все продукты ПОЛ являются мутагенами и обладают выраженной цитотоксичностью, приводя к дезинтеграции метаболизма в клетке и, как следствие, к её гибели. [4].

Описанные нарушения процессов перекисного окисления липидов сопровождаются накоплением в организме метаболитов ПОЛ и проявляются ухудшением усвояемости получаемого рациона, нарушением обмена веществ, снижением интенсивности роста и развития, продуктивности, кондиций животных, низким



уровнем резистентности организма к воздействиям окружающей среды [5].

Для защиты от избыточной перекисидации при стрессе в живом организме происходит мобилизация системы антиоксидантной защиты (АОЗ), которая представлена набором антиоксидантов (АО) – соединений, обладающих способностью уменьшать или предотвращать свободнорадикальное окисление органических веществ кислородом. К низкомолекулярным неферментным антиоксидантам относятся альфа-токоферол (витамин Е), аскорбиновая кислота (витамин С), ретинол (витамин А), бета-каротин, мочевиная кислота, убихинон, тиолы, фенолы и др. [6].

Среди них наиболее обоснована роль жирорастворимого витамина Е – важнейшего звена системы экзогенной биоантиоксидантной защиты клеточных и субклеточных мембранных фосфолипидов от перекисного окисления. Концентрируясь в составе мембран, витамин Е выступает в качестве их универсального протектора, независимо от вида тканей. Токоферолы, будучи гасящими антиоксидантами и выступая в роли ловушек радикалов, способны переносить фенольный водород на пероксидный радикал. Показана способность витамина Е взаимодействовать с гидроксильным радикалом и оказывать тем самым подавляющее влияние на синглетный кислород [7].

К водорастворимым антиоксидантным системам относится система аскорбиновой кислоты [8]. Наличие двух фенольных групп обеспечивает аскорбиновой кислоте возможность быть и акцептором, и донором водорода. Защитное действие витамина С основано на том, что образующиеся в результате его окисления промежуточные радикалы и молекулы гораздо менее активны, чем АФК. Кроме того, токоферолы могут регенерироваться на внутренней стороне мембраны за счет передачи окислительных эквивалентов на цитозольный аскорбат.

Витамин А является представителем полиеновых АО [9]. Будучи веществом с несколькими ненасыщенными связями, он легко окисляется, принимая на себя атаку АФК и радикалов и тем самым защищая биомолекулы от повреждения. Он способен принимать участие в восстановлении антирадикального гидроксила витамина Е, а также в восстановлении активности мембранных ферментов глутатионового звена АОЗ.

Работа была выполнена на молочном поголовье коров чёрно-пёстрой породы, находящихся на 3-4 месяце 2-3 лактации. В первой декаде каждого месяца в течение года формировалась группа клинически здоровых животных из 15 голов. Группы животных были сформированы по принципу аналогов. Зимой животные экспериментальных групп содержались привязно, в стойлах, без предоставления активного моциона. Летом коровы находились на пастбище в летних лагерях. В стойловый период в помещении отмечался неудовлетворительный температурно-влажностный режим (температура воздуха от -2 до +10° и влажность свыше 90%), а также повышение температуры окружающей среды до +35-37°С во время пастбищного периода (июнь). Гипертермия

протекала на фоне нарушения водоснабжения животных. При кормлении коров в экспериментальных группах отмечалось ухудшение качества кормов к концу зимнего стойлового периода.

Пробы крови для исследований отбирались из яремной вены утром до кормления в сухие и чистые пробирки при соблюдении всех правил асептики и антисептики согласно рекомендациям И.П. Кондрахина [10]. В сыворотке крови коров концентрацию малонового диальдегида устанавливали по реакции с тиобарбитуровой кислотой, диеновых конъюгатов и кетодиенов спектрофотометрически. Витамин А определяли по Бессею, витамины Е и С по реакции с  $\alpha\alpha'$ -дипиридилем.

В ходе эксперимента установлено, что развитие стресс-реакции и интенсификация ПОЛ на фоне гипертермии в летний пастбищный период (июнь) сопровождались увеличением содержания антиоксидантных витаминов А, Е, С у опытных животных (рис.1).

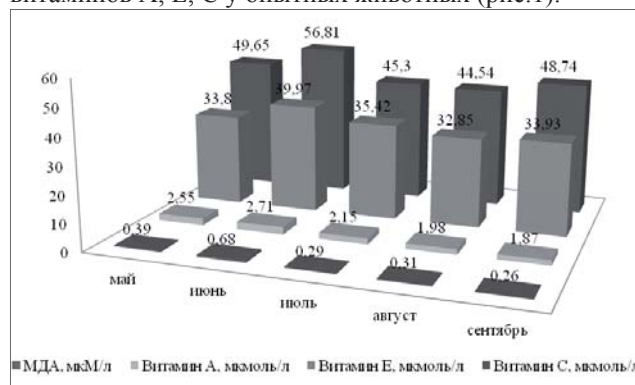


Рис. 1. Динамика содержания малонового диальдегида и антиоксидантных витаминов у коров в летний пастбищный период.

Зимний стойловый период в целом характеризовался снижением концентрации витаминов-антиоксидантов, что свидетельствует об истощении системы антиоксидантной защиты на фоне развивающейся стресс-реакции. Некомпенсированный рост процессов перекисидации способствовал нарушению равновесия в системе ПОЛ-АОЗ в организме коров, особенно в поздний зимний стойловый период (рис.1).

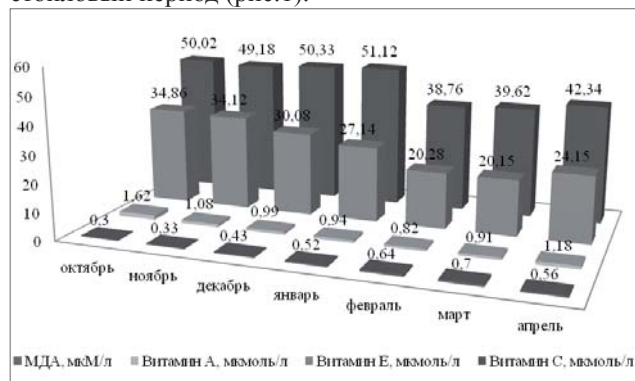


Рис. 2. Динамика содержания малонового диальдегида и антиоксидантных витаминов у коров в зимний стойловый период.

Для оценки степени и направления прямолинейных связей между показателями состояния системы ПОЛ-АОЗ в зимний стойловый и летний пастбищный периоды производился расчет коэффициента корреляции в компьютерной программе Microsoft Office Excel 2007.



Достоверность выборочного коэффициента корреляции определялась с помощью таблицы Фишера. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения коэффициента корреляции ( $r$ ) для показателей состояния системы ПОЛ-АОЗ у коров

Показатели	Витамин Е	Витамин А	Витамин С
Летний пастбищный период			
Кетодиены	0,84	0,97***	0,89*
Конъюгированные диены	0,97***	0,82	0,94***
М а л о н о в ы й диальдегид	0,89*	0,86*	0,91***
Зимний стойловый период			
Кетодиены	-0,77*	-0,35	-0,50
Конъюгированные диены	-0,83*	-0,50	-0,75*
М а л о н о в ы й диальдегид	-0,99***	-0,70	-0,82*

Коэффициент корреляции статистически достоверен:  
\*- $P<0,05$ ; \*\*- $P<0,01$ ; \*\*\*- $P<0,001$ .

В ходе проведенного анализа между показателями состояния системы ПОЛ-АОЗ в летний пастбищный период установлена прямая сильная корреляционная связь. Коэффициенты корреляции статистически достоверны для пар значений КД–витамин А ( $r=-0,97$ ,  $P<0,001$ ), КД–витамин С ( $r=-0,89$ ,  $P<0,05$ ), ДК–витамин Е ( $r=-0,97$ ,  $P<0,001$ ), ДК–витамин С ( $r=-0,94$ ,  $P<0,001$ ), МДА–витамин Е ( $r=-0,89$ ,  $P<0,05$ ), МДА–ви-

тамин А ( $r=-0,86$ ,  $P<0,05$ ), МДА–витамин Е ( $r=-0,91$ ,  $P<0,001$ ).

В зимний стойловый период установлена обратная корреляционная связь различной силы между уровнем содержания в крови коров метаболитов ПОЛ и антиоксидантных витаминов. При этом наиболее сильная обратная корреляция с высокой степенью достоверности установлена между содержанием КД, ДК, МДА и витамина Е в крови коров ( $r=-0,77$ ,  $P<0,05$ ;  $r=-0,83$ ,  $P<0,05$ ;  $r=-0,99$ ,  $P<0,001$ ). Связь между показателями ПОЛ и витамином С характеризовалась обратной средней ( $r=-0,50$ ) и сильной ( $r=-0,75$ ,  $P<0,05$ ;  $r=-0,82$ ,  $P<0,05$ ) корреляцией. Средняя обратная корреляция выявлена между концентрацией метаболитов ПОЛ и витамина А у коров в зимний стойловый период ( $r=-0,35$ ;  $r=-0,50$ ;  $r=-0,7$ ).

Таким образом, развитие стрессового состояния у животных в летний пастбищный период под действием мощного, но кратковременного и единичного стресс-фактора (гипертермия) сопровождается мобилизацией антиоксидантной системы и повышением содержания витаминов-антиоксидантов. В зимний стойловый период, в условиях продолжительного стресса, происходит неизбежное истощение системы АОЗ и, как следствие, снижение концентрации АО. Однако для окончательного выяснения этого вопроса представляется необходимым проведение повторных исследований на более многочисленном материале.

#### Библиографический список

1. Гуськов А.М. Стрессовая реакция организма коров при дисфункции молочной железы / А.М.Гуськов, Т.В.Попкова, Б.Л.Белкин // Научно-прикладные аспекты состояния и перспективы развития животноводства и ветеринарной медицины. Курск, 2001. С.62-63.
2. Зенков Н.К. Окислительный стресс / Н.К.Зенков, В.З.Ланкин, Е.Б.Меньщикова. М.: Наука, 2001. 342с.
3. Зенков Н.К. Активированные кислородные метаболиты в биологических системах / Н.К.Зенков, Е.Б.Меньщикова // Успехи современной биологии. 1993. Т. 113, Вып. 3. С.286-296.
4. Бурков В.И. Применение антиоксиданта эмицидина в ветеринарии / В.И.Бурков // Ветеринария. 2003. №10. С.52-54.
5. Лыкасова И.А. Влияние кормовой добавки нутрил селен на состояние процессов перекисного окисления липидов в организме свиней в условиях интенсивного откорма / И.А.Лыкасова, С.П.Меренкова // Свободные радикалы, антиоксиданты и здоровье животных: материалы междунар. науч.-практ. конф. Воронеж, 2004. С.235-236.
6. Зборовская И.А. Антиоксидантная система организма, её значение в метаболизме / И.А.Зборовская, М.В.Банникова // Вестник РАМН. 1995. №6. С.53-60.
7. Бурлакова Е.Б. Роль токоферолов в перекисном окислении липидов биомембран / Е.Б.Бурлакова, С.А.Карташов, Н.Г.Храпова // Биологические мембраны. 1998. Т.15, №2. С.137-167.
8. Тимирханова Г.А. Витамин С: Классические представления и новые факты о механизмах биологического действия / Г.А.Тимирханова, Г.М.Абдуллина, И.Г.Кулагина // Вятский медицинский вестник. 2007. №4. С.158-161.
9. Плещитый К.Д. Иммунокорректирующее действие витамина А при стрессе / К.Д.Плещитый, Т.В.Давыдова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1987. Т.104, №11. С.609-611.
10. Методы ветеринарной лабораторной клинической диагностики: Справочник / Под ред проф. И.П. Кондрахина. М.: КолосС, 2004. 520с.

#### References

1. Guskov A.M. Stress reaction of the organism of cows with the disfunction of the mammary gland / A.M.Gus'kov, T.V.Popkova, B.L.Belkin // The applied-scientific aspects of state and prospect for the development of stock raising and veterinary medicine. Kursk, 2001. Pp. 62-63.
2. Zenkov N.K. Oxidizing stress / N.K.Zenkov, V.Z.Lankin, E.B.Menschchikova. M.: Science, 2001. 342p.
3. Zenkov N.K. Activated oxygen metabolites in the biological systems / N.K.Zenkov, E.B.Menschchikova // Successes of contemporary biology. 1993. Vol. 113, Rel. 3. Pp. 286-296.
4. Burkov V.I. Application of an antioxidant of emitsidin in the veterinary science / V.I.Burkov // Veterinary science. 2003. №10. Pp. 52-54.
5. Lykasova I.A. Influence of the stern additive of nutilr selenium on the state of the processes of the peroxide oxidation of lipids in the organism of pigs under the conditions for intensive fattening / I.A.Lykasova, S.P.Merenkova // Free radicals, antioxidants and the health of the animals: the materials of internat. practical-scientific prakt. conf. Voronezh, 2004. Pp. 235-236.
6. Zborovskaya I.A. The antioxidant system of organism, its value in the metabolism / I.A.Zborovskaya, M.V.Bannikova // Herald is RAMS. 1995. №6. Pp. 53-60.
7. Burlakova E.B. The role of tocopherols in the peroxide oxidation of the lipids of the biomembranes / E.B.Burlakova, S.A.Kartashov, N.G.Khrapova // Biological membranes. 1998. V. 15, №2. Pp. 137-167.
8. Timirkhanova G.A. Vitamin C: Classical ideas and new facts about the mechanisms of the biological effect / G.A.Timirkhanova, G.M.Abdullina, I.G.Kulagina // Vyatsky medical herald. 2007. №4. Pp. 158-161.
9. Pletsityy K.D. Immunocorrecting action of vitamin A with stress / K.D.Pletsityy, T.V.Davydova // Experimental Biology Bulletin and medicine. 1987. V.104, №11. Pp. 609-611.
10. Methods of veterinary laboratory clinical diagnostics: Reference book edited by Prof. I.P. Kondrakhin. M.: KolosS, 2004. 520p.

УДК 636.4.033.084.55

UDC 636. 4.033.084.55

**В.С. ЗОТЕЕВ**

доктор биологических наук, профессор, Самарская государственная сельскохозяйственная академия  
E-mail vsnikul@mail.ru

**Г.А. СИМОНОВ**

доктор сельскохозяйственных наук, Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
E-mail Gennadiy0007@mail.ru

**В.С. НИКУЛЬНИКОВ**

кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, Орловский государственный университет  
E-mail vsnikul@mail.ru

**А.С. ИЩЕРЯКОВ**

кандидат сельскохозяйственных наук, Самарская государственная сельскохозяйственная академия  
E-mail vsnikul@mail.ru

**А.В. КИРИЧЕНКО**

кандидат сельскохозяйственных наук, Самарская государственная сельскохозяйственная академия  
E-mail vsnikul@mail.ru

**Ф.Б. ПАНКОВ**

аспирант, Орловский государственный университет  
E-mail vsnikul@mail.ru

**V.S. ZOTEEV**

Doctor of Biology, Professor, Samara State Agricultural Academy  
E-mail vsnikul@mail.ru

**G.A. SIMONOV**

Doctor of agricultural sciences, Sakhalin Research Institute of Agricultural  
E-mail Gennadiy0007@mail.ru

**V.S. NIKULNIKOV**

Candidate of agricultural sciences, Professor, Orel State University  
E-mail vsnikul@mail.ru

**A.S. ISCHERYAKOV**

Candidate of agricultural sciences, Samara State Academy of Agricultural  
E-mail vsnikul@mail.ru

**A.V. KIRICHENKO**

Candidate of agricultural sciences, Samara State Academy of Agricultural  
E-mail vsnikul@mail.ru

**F.B. PANKOV**

Graduate student, Orel State University  
E-mail vsnikul@mail.ru

**ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КРЕМНЕЗЕМИСТОГО МЕРГЕЛЯ  
МАЙНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В РАЦИОНЕ СВИНЕЙ**

**TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF SILICIC MARL OF THE MAIN FIELD IN THE DIET OF PIGS**

*В статье установлено положительное влияние кремнеземистого мергеля Майнского месторождения в полнорационных комбикормах при откорме молодняка свиней на их продуктивность. Использование минеральной добавки «Майнит» в дозе 3% от сухого вещества полнорационного комбикорма позволяет увеличивать прирост живой массы поросят при откорме на 5,1% без последствий для их здоровья.*

*Ключевые слова:* рацион, комбикорма, кремнеземистый мергель, прирост живой массы.

*In the article the positive effect of siliceous marl main field in complete feeds for fattening young pigs on their productivity is established. The use of mineral supplements «Mainit» in a dose of 3% of dry matter animal feed can increase the gain in live weight of piglets for fattening 5.1% without consequences for their health.*

*Keywords:* diet, feed, siliceous marl, the increase in live weight.

Цеолиты представляют собой соединения, содержащие щелочные, щелочноземельные металлы и различные микроэлементы: медь, цинк, кобальт, молибден, марганец и др. Для них характерна высокая ионообменная способность – поглощение хлористого водорода, метаболитов и ряда токсинов, стойкость к агрессивным средам, доступность и дешевизна. К настоящему времени проведены многочисленные опыты по использованию цеолитсодержащих пород разных месторождений в кормлении различных видов сельскохозяйственных животных и птицы. Установлено, что обогащение их рационов цеолитсодержащими добавками повышает продуктивность, снижает заболеваемость и повышает сохранность поголовья, что существенно сказывается на эффективности отрасли [1, 2, 3, 5, 6, 7].

Одной из минеральных кормовых добавок является «Майнит», которая получается из цеолитсодержащей породы Майнского месторождения Ульяновской области. В состав добавки входят: цеолит (клиноптилолит) – 18-25%, глинистые минералы – 37-41%, опалкристо-

балит – 22-25%, кальцит – 16-20%. Минеральная добавка представляет собой порошкообразную массу серо-белого цвета, без запаха, нерастворима в воде, обладает высокими адсорбционными и ионнообменными свойствами, способна поглощать радиоизотопы, выводить из организма животных токсины, тяжелые металлы, вредные газы, способствует лучшему использованию азотистых и других питательных веществ рационов, повышает активность и стабильность ферментов желудочно-кишечного тракта.

Целью исследований являлась токсикологическая оценка минеральной кормовой добавки «Майнит», получаемой из кремнеземистого мергеля Майнского месторождения, используемой в рационе молодняка свиней.

Исходя из указанной цели, основными задачами было:

– изучение влияния обогащения рационов молодняка свиней цеолитсодержащей добавкой на динамику живой массы и некоторые гематологические

показатели;

– выявление случаев нарушения физиологических процессов в организме поросят.

**Материалы и методы исследований.** Для проведения опыта было отобрано 20 голов молодняка свиней крупной белой породы в 6 месячном возрасте, которых по принципу аналогов с учётом породы, пола и живой массы разбили на 2 группы, контрольную и опытную, по 10 голов в каждой. Средняя живая масса животных в группах составляла 71,2 и 71,6 кг соответственно.

Эксперимент был проведен в последние годы в частном секторе п.г.т. Усть-Кинельский Самарской области. Опыт продолжался в течение 60 суток, во время эксперимента свиней содержали в станках по 10 голов.

Кормили животных согласно схемы: поросята опытной группы, в отличие от контрольной, дополнительно к своему основному рациону (полнорационному комбикорму) получали минеральную добавку «Майнит» из расчёта 3% от сухого вещества рациона.

Питание животных обеих групп во время эксперимента было сбалансировано согласно норм РАСХН [4].

В ходе опыта живую массу поросят контролировали периодически путём взвешивания. В начале и конце опыта у них брали кровь для исследований. Учитывалось и общее состояние животных, их активность, аппетит, наличие или отсутствие расстройства пищеварения.

**Результаты исследований.** Продуктивность животных за опыт представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели продуктивности поросят, кг

Группа	Начало опыта	Месяц опыта		Общий прирост
		1	2	
Контрольная	71,2±0,46	85,5±0,50	98,5±0,58	27,3±0,51
Опытная	71,6±0,42	86,1±0,43	100,3±0,52	28,7±0,21
% к контрольной	100,6	100,7	101,8	105,1
td	0,64	0,90	2,31	2,53

Из таблицы 1 видно, что при практически одинаковой живой массе при постановке на опыт 71,2-71,6 кг в ходе эксперимента наблюдается разница в пользу животных опытной группы. Так, по сравнению с контрольной группой, в опытной живая масса поросят была выше в 1 месяц опыта на 0,7%, во 2<sup>ой</sup> месяц на 1,8%. В целом за эксперимент было получено прироста живой массы в среднем на одно животное в контрольной 27,3 кг, а в опытной группе 28,7 кг, что выше на 5,1% при td 2,53.

Прирост живой массы молодняка в динамике показан в таблице 2.

Таблица 2.

Прирост живой массы поросят в динамике, кг

Группа	Месяцы опыта		В среднем за опыт
	1	2	
Контрольная	14,3±0,30	13,0±0,36	27,3±0,51
Опытная	14,5±0,26	14,2±0,29	28,7±0,21
% к кон-трольной	101,4	109,2	105,1
td	0,50	2,59	2,53

Таблица 2 наглядно показывает, что прирост живой массы был выше в опытной группе, по сравнению с контрольной, в первый месяц на 1,4%, во второй – на 9,2%, Всего за 2 месяца в опытной группе было получено дополнительно на одно животное 1,4 кг прироста живой массы, или больше на 5,1% в сравнении с контрольной группой.

Среднесуточный прирост живой массы в контрольной группе составил в первый месяц 476 г, во второй 433, а в среднем за 60 дней опыта 455 г. В опытной группе эти показатели были выше и составляли 483, 473 и 478 г соответственно в сравнении с контрольной группой.

В ходе опыта изучали некоторые гематологические показатели крови животных (таблица 3).

Таблица 3.

Гематологические показатели крови подопытных свиней

Показатель	Группа			
	начало опыта	конец опыта	начало опыта	конец опыта
Эритроциты, 1012/л	5,8±0,11	6,0±0,12	5,8±0,12	6,0±0,18
Лейкоциты, 109/л	8,9±0,24	9,1±0,32	8,6±0,17	9,4±0,56
Гемоглобин, г/л	83,3±1,78	88,6±2,69	84,0±3,05	101,6±2,78
Ц в е т н о й показатель	0,83	0,88	0,84	1,00
СОЭ, мм/час.	5,2±0,02	5,2±0,20	5,1±0,36	5,5±0,46

Из анализа таблицы 3 видно, что в течение всего опыта наблюдается тенденция к повышению гематологических показателей, которые были в пределах физиологических норм. Это говорит о том, что эта минеральная добавка в рационах молодняка свиней не оказывает токсического действия на их организм.

Следует отметить, что в период эксперимента поросята обеих групп потребляли корм практически без остатка. Животные, получавшие цеолитсодержащую добавку Майнского месторождения, в период эксперимента чувствовали себя хорошо и отклонений в их здоровье не было.

**Заключение.** Опыты показали, что введение в полнорационный комбикорм молодняка свиней минеральной добавки «Майнит» в дозе 3% от сухого вещества позволяет увеличивать прирост живой массы поросят при откорме на 5,1% без последствий для их здоровья.

Библиографический список

1. Венедиктов А.М., Дуборезова Т.А., Симонов Г.А. и др. Кормовые добавки: Справочник. 2-е изд., М.: Агропромиздат, 1992. 192 с.
2. Зотеев В., Симонов Г. Корма с цеолитовым туфом для свиней на откорме // Комбикорма, 2009. №5. С.66.
3. Зотеев В.С., Симонов Г.А., Никульников В.С., Симонов А.Г. Эффективное использование цеолитовых туфов Ягоднинского месторождения в комбикормах для лактирующих коров // Эффективное животноводство, 2012. №10. С.20-21.
4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. Москва, 2003. 456 с.
5. Симонов Г.А., Никульников В.С., Зотеев В.С., Федин А.С., Гайирбегов Д.Ш. Цеолитсодержащая добавка Атяшевского месторождения в рационах птицы // Ученые записки Орловского государственного университета. 2011. №5. С.269-272.
6. Симонов Г.А., Зотеев В.С., Федин А.С., Гайирбегов Д.Ш., Никульников В.С. Цеолитсодержащая добавка Атяшевского месторождения в рационе цыплят-бройлеров // Эффективное животноводство, 2012. №3. С.24-25.
7. Федин А., Гайирбегов Д., Симонов Г. Опока в кормлении кур-несушек // Комбикорма, 2014. №5. С.58-61.

References

1. Venediktov A. M., Dobretsova T. A., Simonov G. A. and others. Feed supplements: a Handbook. -2nd ed., -M.: Agropromizdat, 1992. 192 p.
  2. Zoteev V., Simonov G. Feed with a zeolite tuff for pigs fromforage / Fodder, 2009. № 5. P. 66.
  3. Zoteev V. S., Simon G. A., Nikulnikov V. S., Simonov A. G. Effieffective use of zeolitic tuff yagodninsky field in rations for lactating cows // Effective livestock, 2012. № 10. Pp. 20-21.
  4. Norms and diets of farm animals.The Handbook. 3rd edition revised and expanded. Ed. by A. P. Kalashnikov, V. I. Fisinin, V.V. Shcheglova, N. I. Kleimenova. Moscow, 2003. 456 p.
  5. Simonov G. A., Nikulnikov V. S., Zoteev V. S., Fedin A. S., Hierbagov D. H. Zeolite additive Atelescope field in the diets of birds // Scientific notes of Orel State University, 2011. № 5. Pp. 269-272.
  6. Simonov G. A., Zoteev V. S., Fedin A. S., Hierbagov D. H., Nikulnikov V. S. Zeolite additive Atelescope field in the diet of broiler chickens // Effective livestock, 2012. № 3. Pp. 24-25.
  7. Fedin A., Hierbagov D., Simonov G. Flask in feeding chickens-are-shek // Feed, 2014. № 5. Pp. 58-61.
-



УДК 636.084.415

UDC 636.084.415

**Т.Ю. КОЛГАНОВА**

аспирант, кафедра зооигиены и кормления сельскохозяйственных животных, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: kariglazir@mail.ru

**С.В. МОШКИНА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зооигиены и кормления сельскохозяйственных животных, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: swetlashk@rambler.ru

**T.J. KOLGANOVA**

Graduate student, Department of zoogigieny and feeding of farm animals, Orel State Agrarian University

E-mail: kariglazir@mail.ru

**S.V. MOSHKINA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of zoogigieny and feeding of farm animals, Orel State Agrarian University

E-mail: swetlashk@rambler.ru

## ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА КЛЕТЧАТКИ РАЦИОНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОЧНОГО СКОТА

### INFLUENCE OF QUALITATIVE COMPOSITION FIBER OF RATION ON THE PRODUCTIVITY OF DAIRY CATTLE

*В ходе изучения влияния различного количественного и качественного состава клетчатки кормов на продуктивность животных выявлена взаимосвязь между этими показателями. Различное соотношение фракций клетчатки рационов положительно сказалось на молочной продуктивности – она увеличилась на 4,96 %, что необходимо учитывать при нормировании углеводного питания молочного скота.*

*Ключевые слова:* структурные углеводы, рацион, молочный скот, фракции клетчатки.

*In the course of studying the effect of variations quantitative and qualitative composition fiber of feed on productivity of animals is found the relationship between these parameters. Different ratio fractions of fiber in rations had a positive impact on milk productivity – it has increased on 4.96%, that necessary considered at the normalization of carbohydrate food of dairy cattle.*

*Keywords:* structural carbohydrates, ration, dairy cattle, the fractions of fiber.

В настоящее время правильное кормление молочного скота играет важную роль в производстве. Все большее внимание уделяется нормированию рациона для увеличения количества молока с лучшими показателями. При правильном полноценном кормлении животные получают все питательные вещества в наиболее усвояемой форме и соотношении. Это позволит обеспечить высокую продуктивность животных с условием их стабильного физиологического состояния и воспроизводительной функции.

В свою очередь неполноценное кормление и недостаточность питательных веществ в кормлении молочного скота приводит к понижению продуктивности, нарушению воспроизводительной функции и, как правило, к заболеванию животных. Обильное, но не полноценное по питательным веществам кормление приводит сначала к увеличению молочной продуктивности, а затем к нарушению половой функции и заболеваниям. [10]

Нормы питательных веществ для молочного скота устанавливаются на основании живого веса, суточного удоя, содержания жира в молоке, возраста животного, упитанности. Самым важным показателем для определения количества питательных веществ является количество молока и содержание в нем жира. А состав молока и содержание в нем жира напрямую зависят от кормления. При нехватке в организме протеина и при нарушении бродильных процессов в рубце, которые вызваны несоответствием питательных веществ в рационе, снижается в молоке процент жира и соответственно удой.

При составлении рациона необходимо знать, в каком

количестве и качестве можно скармливать разные корма. Также необходимо знать соотношение НДК и КДК в рационе.

Многочисленные исследования ряда авторов показывают, что потребление животными кормов зависит от большого количества различных факторов: питательности кормов, количества энергии в сухом веществе корма, от доступности и переваримости питательных веществ, от вкусовых качеств корма и так далее. При этом изучение особенностей потребления корма жвачными животными при различных условиях кормления имеет определенное значение для правильной организации кормления животных и реализации их продуктивного потенциала. В связи с этим, нами было проведено изучение особенностей потребления кормов, процессов пищеварения у молочного скота и молочной продуктивности при различных уровнях и качестве структурных углеводов в кормах рациона. [7]

Для проведения исследования нами были сформированы 2 группы животных. Отличия в группах состояли в том, что животные первой (контрольной) группы содержались на рационе, принятом в хозяйстве и соответствующем нормам РАСХН (2003), животные второй группы содержались на рационе, отличающемся структурой, за счет чего было изменено соотношение фракций клетчатки кормосмеси.

В начале научно-хозяйственного опыта были отобраны пробы кормов, используемых для кормления коров подопытных групп, а также кормосмесей, используемых в контрольной и опытной группе, и в лаборатории кафедры зооигиены и кормления сельскохозяйственных

ных животных ФГБОУ ВПО Орел ГАУ проведена оценка их качества и анализ на содержание питательных веществ. Результаты оценки качества кормов показали, что все корма доброкачественны и могут быть использованы в кормлении животных.

По составу клетчатки корма и кормосмеси, используемые в кормлении животных, несколько различались (рис. 1).

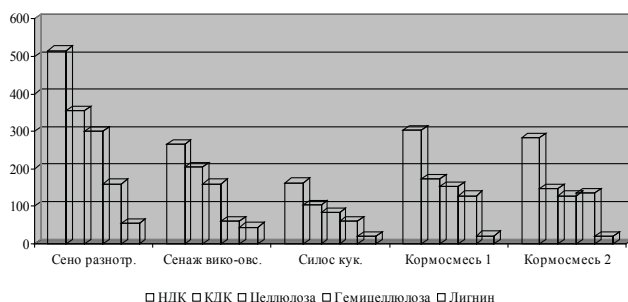


Рис. 1. Количественный и качественный состав клетчатки кормов и кормосмесей.

Анализируя данные рисунка 1, видно, что содержание клетчатки в разных кормах различно. Наибольшее количество клетчатки содержится в сене – 56,8 % НДК от СВ, в сенаже – 29,7 % НДК от СВ, в силосе – 38,5 % НДК от СВ, кормосмеси 1 – 34,3 % НДК от СВ, кормосмеси 2 – 35,5% НДК от СВ. При этом по качеству клетчатки корма также были различны. Так, соотношение целлюлозы, гемичеселлюлозы и лигнина в сене было 5,8:1:1,1; в сенаже – 6:2,3:1,7 соответственно, в силосе кукурузном – 5,1:3,7:1,2, в кормосмеси 1 – 5,4:2,0:0,7, в кормосмеси 2 – 4,5:4,8:0,7.

Так, учитывая показатели анализа кормов, можно увидеть, что коровы в опытных группах получали различное количество и качество структурных углеводов.

Таким образом, скармливание кормов рациона животным с различным качественным составом клетчатки повлияло на потребление кормосмеси, а, следовательно, и на поступление питательных веществ в желудочно-кишечный тракт животных.

Поступив в желудочно-кишечный тракт и, в частности в рубец как основной отдел преджелудка, в большей степени участвующий в превращении питательных компонентов кормов, питательные вещества, в том числе и клетчатка, под действием микроорганизмов превращаются в более простые вещества и используются организмом. Нами было произведено изучение показателей рубцового пищеварения при различных условиях кормления (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1.

Показатели рубцового пищеварения у коров (через 2 часа после кормления)

Показатели	Группа	
	1	2
Количество бактерий, млрд. в 1 мл	42,1±0,7	46,8±0,8*
Количество инфузорий, тыс. в 1 мл	157,2±0,1	170,4±0,2*
Величина pH	6,36±0,01	6,51±0,01*
ЛЖК, Ммоль/100мл	7,3±0,2	9,8±0,3**

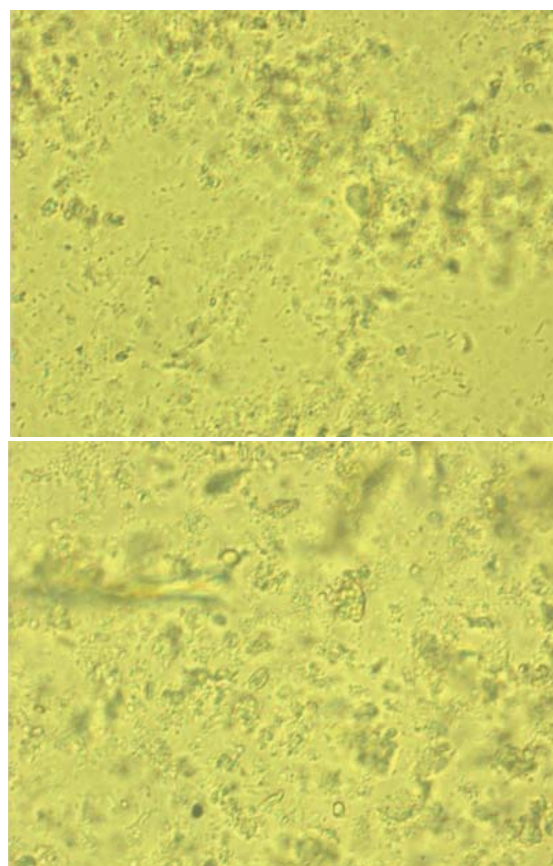


Рис. 2. Подсчет количества микроорганизмов в рубцовой жидкости коров опытных групп.

По всем учитываемым показателям рубцового пищеварения в течение суток, отмечаем увеличение их значений у коров 2 группы. При этом разница в показателях была достоверной. Если учитывать, что основная часть клетчатки рациона переваривается в преджелудках животных, можно сделать вывод, что основное количество летучих жирных кислот в рубцовой жидкости коров 2 опытной группы образуется в результате сбраживания легкодоступных фракций клетчатки.

Основным показателем, используемым для определения результативности проводимого научного исследования, служит продуктивность животных. При изучении влияния различного количественного и качественного состава клетчатки кормов на их продуктивность нами было отмечено улучшение как количественных, так и качественных характеристик молока (табл. 2).[6]

Таблица 2.

Молочная продуктивность коров подопытных групп и расход кормов на единицу продукции

Показатели	Кормосмесь	
	1	2
Среднесуточный надой молока от коровы за период опыта, кг	28,2 ± 0,47	29,6 ± 0,46*
Содержание энергетических кормовых единиц в рационе	19,6	18,9
Расход энергетических кормовых единиц на 1 кг молока	0,85	0,77

\* – достоверно при  $P < 0,05$ ;

Таким образом, резюмируя, отметим, что при нормировании углеводного питания жвачных животных осо-

бое внимание необходимо обращать на регулирование содержания в кормовых рационах клетчатки и, в частности соотношения ее фракций. Недостаток в кормах

углеводов, например, у дойных коров, ведет к снижению синтеза аминокислот и витаминов в организме и катастрофическому падению жирности молока.

#### Библиографический список

1. Вязьнен Г.Н., Токарь А.И., Иванова Н. А. Влияние типов кормления на молочную продуктивность коров // Аграрная наука. 2010. N 7. С. 25-26.
2. Дроздов Н.П. Химический состав клетчатки различных кормов // Бюлл. науч. работ ВИЖа. 1984. в 76. С. 57-59.
3. Колганова Т.Ю. Уровень и качество структурных углеводов в рационе молочного скота // Ежемесячный научно-практический журнал «Главный зоотехник». 2015. N3. С. 9-14.
4. Колганова Т.Ю., Мошкина С.В. Оценка продуктивного действия кормов, используемых в кормлении молочного скота // Аграрная наука, образование, производство: актуальные вопросы: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Новосибирск: изд-во НГАУ. 2014. В. 16. С. 44-47.
5. Лазаренко В.П. Переваримость структурных и неструктурных углеводов кормов у коров // Зоотехния. 1996. N9. С. 9-11.
6. Светлана Мошкина, Мукверем Тафай, Винфриед Дрохнер. Переваримость клетчатки в рубце лактирующих коров // Животноводство России. 2005.
7. Хохрин С.Н. Корма и кормление животных. Санкт-Петербург: «Лань», 2002.
8. <http://www.cornell.edu>
9. <http://www.formulate2.com>
10. <http://zhivotnovodstvo.net.ru>

#### References

1. Vyayzenen G.N., Tokar A.I., Ivanova N.A. Influence of types of feeding on the milk productivity of cows // Agricultural science. 2010. N7. Pp. 25-26.
  2. Drozdov N.P. Chemical composition fiber of different forages // Bull. scient. works of All-Russian Ins. Livestock. 1984. issue 76. Pp. 57-59.
  3. Kolganova T.Y. Level and quality of structural carbohydrates in the diet of dairy cattle // Monthly scientific – practical journal “The main livestock». 2015. N3. Pp. 9-14.
  4. Kolganova T.Y., Moshkina S.V. Valuation of productive action of forages used in feeding dairy cattle. // Agricultural science, education, production: actual questions: miscellany of works of All-Russian scientific-practical conference with international participation. Novosibirsk: Publishing House NSAU. 2014. issue 16. Pp. 44-47.
  5. Lazarenko V.P. Digestibility of structural and non-structural carbohydrates feed at cows // zootechnology. 1996. N9. Pp. 9-11.
  6. Svetlana Moshkina, Mukverem Tafai, Vinfried Drohner. Digestibility of fiber in the rumen of lactating cows // Livestock of Russia. 2005.
  7. Khokhrin S.N. Feed and feeding of animals. St. Petersburg: “Lan”, 2002.
  8. <http://www.cornell.edu>
  9. <http://www.formulate2.com>
  10. <http://zhivotnovodstvo.net.ru>
-

УДК 331.4:658.382

UDC 331.4:658.382

**Е.В. КУЛАКОВА**

кандидат технических наук, доцент, кафедра безопасности жизнедеятельности на производстве, Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: EVla07@yandex.ru

**E.V. KULAKOVA**

Candidate of technical sciences, Associate Professor, Orel State Agrarian University  
E-mail: EVla07@yandex.ru

## ОХРАНА ТРУДА – ВАЖНЕЙШАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАЗВИТИИ АПК

### LABOR PROTECTION – THE MOST IMPORTANT COMPONENT OF LIFE SAFETY IN THE DEVELOPMENT OF AIC

*Проведенные исследования позволили выявить проблемы охраны труда, влияющие не только на безопасность, но и резко снижающие результативность трудовой деятельности. Использование системного подхода позволит повысить безопасность и устранить выявленные проблемы в области охраны труда.*

**Ключевые слова:** безопасность, охрана труда, условия труда, система труда, работник.

*The studies have revealed problems of labor protection, affecting not only the safety but also dramatically reduces the effectiveness of labor activity. Using a systematic approach will improve security and eliminate the problems identified in the field of labor protection.*

**Keywords:** safety, labor protection, working conditions, labor system, worker.

Развитие АПК требует новых подходов к решению всех проблем в области охраны труда, которая является важной составляющей безопасности жизнедеятельности человека на производстве.

Многие несчастные случаи связаны не столько с воздействием на человека элементов машин и оборудования, сколько с условиями труда и состоянием конкретного работника. Человек обладает самой высокой приспособляемостью к разнообразным условиям деятельности, но при неблагоприятных условиях труда, снижении работоспособности организма эта приспособляемость резко падает.

Длительная работа при вредных условиях труда может привести к профессиональным заболеваниям, инвалидности работников, нарушению репродуктивной функции человека.

У трактористов, работающих по удлинённому рабочему дню (более 8 часов), производственный травматизм выше в 3,75 раза, чем у трактористов с нормальной продолжительностью рабочего дня, заболевания встречаются в 6 раз чаще. Удлинение рабочего дня не приводит к желаемому увеличению объёма и качества работ, так как операторы для восстановления своей работоспособности делают дополнительные нерегламентированные перерывы, продолжительность которых составляет 40...45% от оперативного времени. При этом также простаивает техника, нарушаются технологии [1,2].

Технические возможности машин ограничиваются работоспособностью оператора и при работе, так как последний для сохранения работоспособности занижает скоростные режимы машины и переходит на энергозатратные знакомые технологии.

Сотрудниками кафедры БЖД на производстве Орловского аграрного университета проведены исследования влияния развёрнутой предметной деятельности учебного процесса университета и предприятий АПК, которые воздействуют не только на качество об-

учения, но и безопасность и результативность труда. Например, в учебном процессе университета были выявлены следующие проявления негативных факторов условий труда: в аудиториях не все лампы работают; скрипят дверные петли; слишком мало мест для отдыха; в лекционных аудиториях спинки стульев имеют неудобный наклон; кроме того, отмечен непродуманный распорядок дня, несогласованность маршрутов движения транспорта с потоком движения студентов на занятия.

Выявлены негативные факторы условий труда (табл. 1), которые приводят к потерям рабочего времени из-за дополнительных нерегламентированных перерывов.

Таблица 1.

Негативные проявления  
неблагоприятных условий труда

№ п/п	Показатели условий системы труда	Дополнительное время на отдых, % от оперативного
1	Физические усилия (незначительные, средние, тяжелые, очень тяжелые)	1...9
2	Неровное напряжение (сложность, точность, требования безопасности)	1...5
3	Темп работы (умеренный, средний, высокий)	1...4
4	Рабочее положение (ограниченное неудобное, неудобно-стесненное, очень неудобное)	1...4
5	Монотонность работы	1...3
6	Температура, влажность, излучение	1...5
7	Загрязненность воздуха (незначительная, средняя, повышенная, сильная, очень сильная)	1...5
8	Уровень шума (умеренный, повышенный, сильный)	1...4
9	Вибрация (повышенная, сильная, очень сильная)	1...4
10	Освещенность (недостаточная, повышенная, ослепление)	1...2



Неблагоприятные условия труда приводят к увеличению простоя исправного оборудования [3].

Учитывая коэффициент использования рабочего времени, который составляет 0,6-0,7, можно увеличить результативность труда на 20-25%, доведя условия труда до допустимых.

Опыт Орел ГАУ в обучении и аттестации по охране труда свыше 7000 специалистов и руководителей разных уровней из числа отдельных категорий застрахованных во многих районах Орловской области, подготовка и организация десяти выпусков по специальности «Безопасность технологических процессов и производств» позволили выявить проблемы охраны труда, влияющие не только на безопасность, но и резко снижающие результативность трудовой деятельности.

Проведенные нами исследования выявили зависимость производственного травматизма и результативности труда от своевременности и качества обучения по охране труда, уровня образования специалистов.

Экспертный анализ результатов научных исследований показывает, что в структуре причин несчастных случаев в АПК неудовлетворительное обучение в области улучшения условий и охраны труда составляет более 20%.

На базе Орловского государственного аграрного университета разработана «Система обучения безопасности труда в АПК», которая стала лауреатом конкурса на лучшее инновационное решение в области «Здоровье и безопасность 2013» в номинации: «Методология в области контроля и обеспечения безопасных условий труда» и отмечена серебряной медалью.

Системный подход, используемый в данной разработке, позволяет:

- откорректировать содержательную составляющую обучения в области обеспечения безопасных условий и охраны труда;
- рассмотреть экономическую эффективность труда – целенаправленной деятельности человека;
- выявить и предложить схему системы труда;
- разработать полную ориентационную основу деятельности исполнителей;
- выделить опорные основополагающие характеристики элементов системы труда;
- уточнить понятие охраны труда и предложить механизм ведения системы охраны труда и критерии оценки эффективности работы по охране труда;
- предложить порядок формирования и реализации инновационных организационных и технических решений с учетом финансовых возможностей работодателей.

Система труда рассматривается в новой постановке с центральным звеном – исполнителем в совокупности с коллективом, производством, условиями труда и окружающей средой, в отличие от эргономики и инженерной психологии, где работник рассматривается как черный ящик в системе человек – машина – среда или человек машина. В последнем случае содержатся противоречивые выводы, которые не подлежат усреднению. Приспособляемость исполнителя несоизмерима с

возможностями техники и технологии.

Достаточно сказать, что профессионально пригодный, здоровый, обученный и адаптированный работник на 10000 движений делает одну ошибку, а уставший на 100 движений, то есть соотношение ошибок составляет 100:1.

Состояние элементов системы труда определяют в конечном итоге эффективность системы и негативные проявления.

Системный подход позволяет уточнить понятия охраны труда и ее составляющих – техники безопасности, производственной санитарии, расширить правовые и социально-экономические мероприятия. Во все принятые определения этих понятий включены материальные средства, без которых невозможно обеспечить эффективное всестороннее воздействие всех элементов охраны труда на негативные проявления, добиться оптимального их ограничения. Например, без материальных средств невозможно ни стимулирование, ни регламентирование.

Система охраны труда обеспечивает безопасность, сохранение здоровья и работоспособности каждого работника. При этом уточняется понятие безопасности.

Безопасность – состояние условий труда, исключающее в допустимых пределах воздействие вредных и опасных производственных факторов на организм человека с устойчивой трудоспособностью.

При обучении используется разработанная научно обоснованная парадигма системы обучения охране труда. При этом все показатели профессионального образования откорректированы с использованием научных основ обучения и акцентом повышения результативности труда.

Формирование знаний по охране труда согласно концепции многоуровневого образования в области БЖД должно быть опережающим и непрерывным.

Опережающим, поскольку человек, сталкиваясь с опасностями, должен обладать знанием для защиты от них, и непрерывным, поскольку круг опасностей в зависимости от возраста человека не уменьшается, а постоянно расширяется.

Непрерывность образования – это введение его во все ступени воспитания и обучения. Наша концепция предусматривает 5 ступеней образования.

Успешное функционирование Системы обучения охране труда (СООТ) обеспечивает специальная и педагогическая подготовка обучающихся, создание совершенной материально-технической базы, применение технических средств обучения, предварительная профориентация обучаемых. Непременным условием работы СООТ является соблюдение следующих принципов обучения: профессиональная убежденность и научность; систематичность и последовательность; связь теории с практикой; сознательность и активность обучаемых; соединение индивидуального и коллективного; наглядность, доступность и целенаправленность; надежность.

Процесс изучения дисциплины «Охрана труда» должен протекать в условиях, соответствующих содержа-

нию обучения, т.е. при полном соблюдении требований охраны труда, пожарной безопасности, производственной санитарии, строительных норм и правил.

Программы этого курса по каждой специальности и всем квалификационным уровням взаимосвязаны, но не дублируются с программами обучения на производстве и при повышении квалификации, каждые пять лет подвергаются корректировке.

В типовые программы курсового обучения с учетом местных условий допускается вносить изменения и добавления, которые после согласования с представителями трудового коллектива утверждаются администрацией предприятия, организации, учебного заведения.

Контроль за организацией обучения охране труда базируется на принятой в отрасли системе отчетности. Он должен осуществляться путем проверок, проводимых по планам, которые разрабатываются министерствами, управлениями, отделами, объединениями. Контроль и оценка организации обучения охране труда осуществляется путем сопоставления фактического состояния с требованиями охраны труда.

В Орел ГАУ на кафедрах БЖД и физики ведется совместная научно-исследовательская работа, в которой участвуют не только преподаватели, аспиранты, но студенты и школьники. Эта работа направлена на развитие творческой деятельности студентов и школьников с целью применения своих знаний в учебном процессе и дальнейшей специализации. Научно-исследовательская деятельность студентов и школьников – это особый

вид самостоятельной творческой работы, и одним из необходимых компонентов развития НИР является лабораторно-исследовательский комплекс (ЛИК).

Идея создания такого комплекса возникла после анализа научно-исследовательской работы «Система обучения безопасности труда в АПК», проводимой преподавателями кафедры БЖД и физики при наличии соответствующего оборудования и информационной техники.

Основу ЛИКа составляет набор датчиков, коммутируемых с ПК. В настоящее время чаще всего сигнал датчика, предварительно усиленный, подвергают оцифровке и после выполнения математической обработки подают на монитор ПК [4].

На кафедре имеются акты внедрения системы обучения в учебные процессы вузов России: ГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, ОГУ, Орловский областной институт усовершенствования учителей.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод – охрана труда, как система обеспечения безопасности, здоровья и работоспособности работников в процессе трудовой деятельности, не может рассматриваться изолированно от состояния экономики и основных фондов; производственной и окружающей среды; технического уровня производства; лечебно-профилактического обслуживания и обеспечения коллективной и индивидуальной защиты работников; уровня образования, квалификации и информационного обеспечения, т.е. системы труда в целом и её результативности, развития техники и технологий.

#### Библиографический список

1. Шестаков Ю.Г. Безопасность труда в агропромышленном комплексе: учеб. пособие / Ю.Г. Шестаков, Т.И. Гуляева, Н.Н. Лысенко, И. Хуснутдинов, А.Ф. Визиренко, В.Т. Низамов, К.С. Лактионов, Е.В. Яковлева, Е.В. Полехина; под редакцией Ю.Г. Шестакова. Орел.: изд-во ОрелГАУ, 2008. 504 с.
2. Шестаков Ю.Г. Охрана труда: материалы для обучения и практического применения / Ю.Г. Шестаков, Е.В. Полехина. - 4-е изд., доп. Орел.: изд. Орел ГАУ, 2009. 52с.
3. Шестаков Ю.Г., Яковлева Е.В., Полехина Е.В., Алибекова И.В. Новые подходы к совершенствованию системы охраны труда для работников АПК. Журнал «Вестник Орел ГАУ» №1(40), 2013. Орел: изд-во Орел ГАУ, 2013. С. 213-216.
4. Зубова И.И. Применение инновационных технологий обучения в аграрном вузе / И.И. Зубова, Е.В. Александрова, И.А. Хуснутдинов // Ученые записки Орловского государственного университета. Научный журнал. 2011. №3(41). С. 49-54.

#### References

1. Shestakov Y.G. Safety in the agricultural sector: Textbook / J.G. Shestakov, T.I. Gulyaeva, N.N. Lysenko, I. Khusnutdinov, A.F. Vizirenko, V.T. Nizamov, K.S. Laktionov, E.V. Yakovlev, E.V. Polekhina; edited by Y.G. Shestakov. Orel.: publ. OrelSAU, 2008. 504 p.
2. Shestakov Y.G. Labor protection: materials for teaching and practical application / Y.G. Shestakov, E.V. Polekhina. 4th ed. Orel.: publ. OrelSAU, 2009. 52 p.
3. Shestakov Y.G., Yakovleva E.V., Polekhina E.V., Alibekova I.V. New approaches to improve the system of labor protection for workers of AIC. Journal «Vestnik OrelSAU» №1 (40) 2013. Orel.: publ. OrelSAU, 2013. Pp. 213-216.
4. Zubova I.I. The use of innovative learning technologies in the agricultural college/ I.I. Zubova, E.V. Alexandrova, I.A. Khusnutdinov // Scientific notes of Orel State University. Scientific journal. 2011. №3 (41). Pp. 49-54.

УДК 636.2.034:636.084:636.087.7

UDC 636.2.034:636.084:636.087.7

**Е.В. ЛЁВИЧЕВА**

аспирант, кафедра зоогиены и кормления сельскохозяйственных животных, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: col.l@yandex.ru

**Т.В. СМАГИНА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра анатомии, физиологии и хирургии, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: belaya97@yandex.ru

**E.V. LEVICHEVA**

Graduate student, Department of zoohygiene and feeding of farm animals, Orel State Agrarian University

E-mail: col.l@yandex.ru

**T.V. SMAGINA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of anatomy, physiology and surgery, Orel State Agrarian University

E-mail: belaya97@yandex.ru

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ**

### **A PHYSIOLOGICAL ROLE OF MINERAL SUBSTANCES IN ORGANISM OF YOUNG CATTLE AND THEIR INFLUENCE ON THE REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL PRODUCTIVITY OF ANIMALS**

*В физиологических опытах на трех группах телят черно-пестрого голштинизированного скота от рождения до 6-месячного возраста изучались особенности обмена нормируемых макро- и микроэлементов при различных уровнях их в рационах телят и при ранней фаунизации преджелудков телят. Самые высокие показатели использования минеральных веществ были у телят 3 группы, рацион которых был сбалансирован по макро- и микроэлементам и включал высушенное рубцовое содержимое взрослых животных.*

*Ключевые слова:* телята, лактирующие коровы, минеральное питание, процессы пищеварения, интенсивность роста, молочная продуктивность.

*In physiological experiments on three groups of calves Black Pied cattle from birth to 6 month of age singularities exchange of normalized macro-and micronutrients at different levels in rations of calves and on early faunization proventriculus of calves were studied. The highest parameters of use of mineral nutrients were in calves of 3 groups, the diet of which was balanced on macro-and microelements and had included dried content rumen of adult animals.*

*Keywords:* calfs, milking cows, mineral nutrition, digestive processes, intensity of growth, dairy production.

Как следует из результатов биологической науки, около 100 лет назад было установлено, что для роста и других проявлений жизни растения, животные и человек нуждаются в питательных, биологически активных веществах, в том числе и в минеральных веществах [1,2,5]. В настоящее время установлено, что в организм человека и животных с пищей может поступать около 80 химических элементов [7]. Однако, как показали исследования, в организме человека и животных постоянно обнаруживаются около 60 химических элементов [9]. Физиологическая необходимость в минеральных веществах для животных доказана в настоящее время для 15-18 элементов [3,10].

Минеральные элементы, поступающие в организм животных, в зависимости от их количественного содержания, распределяются на две группы: макроэлементы и микроэлементы [1,7].

К макроэлементам относятся кальций, фосфор, магний, натрий, калий, хлор, сера. К микроэлементам относятся железо, марганец, молибден, цинк, медь, кобальт, йод.

Основное количество кальция (до 99% от общего количества, поступающего в организм) и фосфора (до 87 % от общего количества, поступающего в организм) входят в состав костной ткани. Натрий, калий, магний, хлор входят в жидкие и мягкие ткани организма. Сера входит в состав почти всех белков тела животных [6,9].

Физиологические функции микроэлементов очень многообразны. Они влияют на обмен веществ, участвуют в кроветворении, в синтезе и активности ряда ферментов, входят в состав витаминов, избирательно влияют на рост животных и их продуктивность [1,3,5].

Согласно имеющимся сведениям о роли макро- и микроэлементов в организме животных, разработаны три классификации минеральных веществ.

Согласно первой классификации минеральные вещества, поступающие в организм животных, разделяются на три группы: 1) локализирующиеся в костной ткани и называемые остеотропными; 2) локализирующиеся в ретикулоэндотелиальной системе; 3) не обладающие тканевой специфичностью (равномерно распределяющиеся по тканям организма) [1].

Вторая классификация основана на количественных признаках минеральных веществ в организме. Однако из последующих результатов исследований минерального обмена система классификации химических элементов по количественному признаку также не дает ответа на вопрос – какова биологическая роль отдельных элементов в организме.

Наибольшую ценность для биологической науки и практики представляет третья классификация, основанная на биологической роли элементов. Согласно этой классификации минеральные элементы делятся на три группы: 1) жизненно необходимые элементы (кальций,

фосфор, калий, хлор, натрий, цинк, марганец, молибден, йод, селен, сера, магний, железо, медь, кобальт), 2) вероятно необходимые элементы (фтор, кремний, титан, ванадий, хлор, никель, мышьяк, бром, стронций, кадмий), 3) элементы с малоизученной ролью (литий, бериллий, бор, скандий, алюминий, галлий, германий, рубидий, серебро, олово, сурьма, цирконий, барий, ртуть, свинец, висмут, радий, торий, уран).

Наряду с полученными результатами многих ученых о роли макро- и микроэлементов, судя по литературным данным, некоторые особенности обмена минеральных веществ остаются недостаточно изученными из-за сложности применяемых методов исследования.

Одним из доступных результативных методов изучения значения макро- и микроэлементов и их обмена в организме животных является метод балансовых опытов, применяемый в зоотехнической науке [8,9].

Этот метод позволяет изучить обмен отдельных химических элементов, а также обмен их в различных сочетаниях. Это позволяет установить, что многие физиологические процессы в организме животных регулируются как отдельными химическими элементами, так и различными их сочетаниями.

В своих исследованиях, целью которых являлось изучить физиологическую роль минеральных веществ в организме телят и влияние их на реализацию генетического потенциала продуктивности животных, мы также использовали метод балансовых опытов в сочетании с гематологическими исследованиями и с учетом продуктивности животных при изучении обмена минеральных веществ в организме молодняка крупного рогатого скота в связи с возрастом и условиями кормления.

Материалы работы являются частью комплексных исследований, проводимых в ФГБОУ ВПО ОрелГАУ на факультете биотехнологии и ветеринарной медицины по теме: «Разработка системы питания и способы регуляции биосинтеза основных компонентов продукции крупного рогатого скота».

Изучение процессов пищеварения у телят черно-пестрого голштинизированного скота при различной их обеспеченности макро- и микроэлементами, добавляемыми в рацион одновременно с рубцовым содержимым, взятым у взрослого крупного рогатого скота при забое и высушенным при низкотемпературной сушке, проводилось в научно-хозяйственных и физиологических опытах в ОАО Агрофирма «Ливенское мясо» Орловской области. Лабораторные исследования проводились в инновационном научно-исследовательском испытательном центре ОрелГАУ, в ФГУ «Орловский референтный центр федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору» и на кафедре зоогигиены и кормления сельскохозяйственных животных ОрелГАУ.

Исследования проводились на телятах черно-пестрого голштинизированного скота методом групп.

Для проведения научно-хозяйственного опыта были отобраны телочки-аналоги по возрасту, живой массе и происхождению в количестве 36 голов и расформированы на 3 группы по 12 голов в каждой.

Кормление телочек всех подопытных групп до 6-месячного возраста осуществлялось по схеме кормления №2а [4], принятой в хозяйствах Центральной Черноземной зоны.

Как показали исследования кормов данной зоны, одной из особенностей их химического состава является низкое содержание макроэлементов (кальций, фосфор, магний, сера) и микроэлементов (медь, цинк, марганец, кобальт, йод). Следовательно, животные 1 контрольной группы испытывали недостаток этих биологически активных веществ.

В рационах телят 2 подопытной группы дефицит макро- и микроэлементов восполнялся за счет добавления в корма солей этих химических элементов.

Телятам 3 подопытной группы, выращиваемым по аналогичной с телятами 2 группы схеме кормления, с добавлением такого же количества макро- и микроэлементов, от рождения до 30-суточного возраста скармливали рубцовое содержимое, взятое у здорового крупного рогатого скота при забое и высушенное при искусственной низкотемпературной сушке (не выше 50° С) до 16-17% влажности из расчета 10-15 г на голову в сутки.

В результате изучения содержания макро- и микроэлементов в кормах было установлено, что в рационе животных первой группы отмечался недостаток нормируемых минеральных веществ от 10% до 55%. Особенно большой недостаток в рационе животных первой группы от рождения до 6-месячного возраста отмечался по содержанию кальция и фосфора. Как показали исследования, это сказалось, в первую очередь, на показателях пищеварения. Так, у телят 1,2 и 3 подопытных групп месячного возраста коэффициенты переваримости сухого вещества рациона составили соответственно 75,8±0,15; 78,7±0,35\*\* и 80,0±0,61\*\* процентов. При этом было отмечено, что у телят 1 группы наблюдалась меньшая двигательная активность по сравнению с телятами 2 и 3 групп. Это, как показали исследования, обусловлено степенью формирования костной ткани животных, которая формируется в первые месяцы жизни при сбалансированном минеральном питании животных.

Уровень минерального питания подопытных животных от рождения до начала лактации сказался и на динамике их живой массы (таблица 1).

Таблица 1.

Динамика живой массы подопытных животных от рождения до начала лактации

Показатели	Группа		
	1	2	3
Вес при рождении, кг	29,36±0,52	29,28±0,66	29,35±0,52
Вес в 6 месяцев, кг	141,21±0,76	155,86±0,58**	166,5±0,61**
Вес первотелки в начале лактации, кг	472,8±10,4	516,4±8,6**	537,5±8,2***

\*\* – P < 0,01; \*\*\* – P < 0,001. Разница достоверна по сравнению с показателями у животных первой группы.



Определение молочной продуктивности первотелок подопытных групп проводилось согласно проведенным в хозяйстве опытам, результаты которых приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели молочной продуктивности  
первотелок подопытных групп

Показатели	Группа		
	1(контрольная)	2	3
Поголовье	10	10	10
Среднегодовой надой на 1 голову, кг	4528,00±29,81	5145,00±65,05**	5456,00±63,00***

\*\* – $P < 0,01$ ; \*\*\* – $P < 0,001$ . Разница достоверна по сравнению с показателями у животных первой группы.

Их данных таблицы 2 следует, что уровень минерального питания телок подопытных групп сказался не только на динамике их живой массы, но и на молочной продуктивности, что и позволяет сделать заключение о влиянии минерального питания телок подопытных групп на реализацию генетического потенциала молочной продуктивности.

### Выводы

1. В результате исследования кормовых средств рационов телят при выращивании их в производственных условиях от рождения до 6-месячного возраста установлено, что в рационах телят отмечается дефицит

нормируемых минеральных веществ, в результате чего масса тела их в 6-месячном возрасте составила  $141,21 \pm 0,76$  кг.

2. Балансирование минерального питания молодняка 2 и 3 подопытных групп до 6-месячного возраста и скормливание телятам 3 подопытной группы рубцового содержимого с целью фаунизации их преджелудков позволило достоверно увеличить массу тела животных в 6-месячном возрасте соответственно до  $155,86 \pm 0,58$ \*\* кг и  $166,50 \pm 0,61$ \*\* кг.

3. Включение в состав комбикорма телят 3 подопытной группы рубцового содержимого, взятого у здорового крупного рогатого скота при забое и высушенного при искусственной низкотемпературной сушке (не выше  $50^{\circ}\text{C}$ ) до 16-17% влажности из расчета 10-15 г на голову в сутки с целью фаунизации преджелудков телят с 10-суточного возраста способствует повышению переваримости и использования питательных и биологически активных веществ у телят с месячного возраста, увеличению интенсивности роста и будущей молочной продуктивности животных.

4. Нормирование минерального питания молодняка крупного рогатого скота 2 и 3 групп и фаунизация преджелудков телят 3 группы привели к увеличению молочной продуктивности первотелок этих групп соответственно до  $5145,00 \pm 65,05$ \*\* кг и  $5456,00 \pm 63,00$ \*\* кг по сравнению с этим показателем продуктивности у первотелок 1 группы, составляющим 4528,00 кг.

### Библиографический список

1. Георгиевский В.И. Минеральное питание животных/ В.И. Георгиевский, Б.Н. Анненков, В.Т. Самохин. М: Колос, 1979. 471 с., ил.
2. Головань В.Т. Рациональная система выращивания телят молочных пород скота / В. Т. Головань [и др.] // Молочное скотоводство. 2008. №1. С. 18-19.
3. Калашников А.П. Теория кормления и продуктивность животных. В сб.: Оптимизация кормления с.-х. животных. ВАСХНИЛ. М.: 1991. С. 3-6.
4. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Ч.1 Крупный рогатый скот / А.П. Калашников, Н.И. Клейменов, В.В. Щеглов [и др.]. М.: Знание, 2003. 305 с.
5. Крылов В.М. Влияние условий кормления на рост и развитие телят в молочный период. // Тр. Ленинградского с.-х. института. 2007, № 14. С.83-88.
6. Курилов Н.В. Возрастные особенности пищеварения и обмена веществ у молодняка жвачных животных. / Н.В. Курилов, Н.А. Севастьянова Н.А. // 2002. Т. II. С. 79-93.
7. Пестис В.К. Кормление сельскохозяйственных животных: учебное пособие для Высших сельскохозяйственных учебных заведений / В. К. Пестис [и др.]. Минск: ИВЦ Минфина, 2009 540 с.
8. Разумов А.Д. Массовый анализ кормов: справочник. М.: Колос, 1982. 176 с.: ил.
9. Рогожин В.В. Практикум по биохимии животных. СПб.: Лань, 2013. 544 с.
10. Хазиахметов Ф.С. Рациональное кормление животных. СПб.: Лань, 2011. 368 с.

### References

1. Georgevskii V.I. Mineral nutrition of animals/ V.I. Georgevskii, B.N. Annenkov, V.T. Samohin. M: Kolos, 1979. 471 p., ill.
2. Golovan' V.T. Rational system of rearing calves of dairy cattle / V.T. Golovan' [and etc.] // Dairy cattle. 2008.-№1. Pp. 18-19.
3. Kalashnikov A.P. Theory nutrition and productivity of animals / A.P. Kalashnikov; in col.: Optimization of feeding agricultural animals. VASHNIL. M.: 1991. Pp. 3-6.
4. Kalashnikov A.P. Norms and the diet of farm animals.P.1 Cattle / A.P. Kalashnikov; N.I Kleimenov, V.V. Scheglov [and etc.]. M.: Knowledge, 2003. 305 p.
5. Krylov V.M. Influence nutrition's conditions on the growth and development in dairy period. // Works of Leningradskogo farm institution. 2007, № 14. Pp.83-88.
6. Kurilov N.V. Age's features of digestion and metabolism of young ruminants animals. / N.V. Kurilov, N.A. Sevast'anova. 2002. Is. II. Pp. 79-93.
7. Pestis V.K. Nutrition of farm animals: textbook for higher agricultural education / V.K. Pestis [and etc.]. Minsk: IVC Minfin, 2009. 540 p.
8. Rasumov A.D. Mass analysis of the feed: Directory. M.: Kolos, 1982. 176 p.: ill.
9. Rogozhin V.V. Workshop at biochemistry of animals. StP.: Lan, 2013. 544 p.
10. Haziakhmetov F.S. Rational nutrition of animals. StP.: Lan, 2011. 368 p.

УДК 637.4.04 / 07:636.034

UDC 637.4.04 / 07:636.034

**О.А. МИХАЙЛОВА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра частной зоотехнии и биотехнологии, Орловский государственный аграрный университет  
E-mail: omichk.olga@yandex.ru

**В.С. БУЯРОВ**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра зоогигиены и кормления сельскохозяйственных животных, Орловский государственный аграрный университет

**O.A. MIKHAILOVA**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of private zootechnics and biotechnology, Orel State Agrarian University  
E-mail: omichk.olga@yandex.ru

**V.S. BUYAROV**

Doctor of Agriculture, Professor, Department of zoohygiene and farm animals feeding, Orel State Agrarian University  
E-mail: bvc5636@mail.ru

## ТОВАРНЫЕ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ЯИЦ КУР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КРОССОВ

### CHICKEN EGGS' COMMERCIAL QUALITY OF DOMESTIC AND FOREIGN CROSSES

На базе Инновационного научно-исследовательского испытательного центра (ИНИИЦ) Орловского государственного аграрного университета с помощью современных приборов изучены морфологические показатели и проведён сравнительный анализ товарных качеств пищевых яиц кур импортных (Хайсекс Браун и Ломан Белый) и отечественных кроссов (Птичное и Радонеж). Определены категории яиц на основе объективной оценки состояния белка по единицам Хау.

Ключевые слова: товарные качества пищевых яиц, отечественные и зарубежные кроссы кур, морфологические показатели пищевых яиц, индекс Хау.

*Morphological indicators were studied on the basis of the Innovative scientific and research testing center of Orel State Agrarian University by means of modern instruments and also the comparative analysis of chicken eggs' commercial quality of foreign (Highsex Brown and Lohman White) and domestic crosses (Ptichnoe and Radonezh) was conducted. Eggs categories were defined on the basis of the objective assessment of the status of protein according to units of Haugh.*

Keywords: commercial quality of market eggs, Russian and foreign crosses of chickens, morphological parameters of market eggs, units of Haugh.

Производство яиц в хозяйствах всех категорий в Российской Федерации в 2014 г. составило 41826,6 млн. шт., что на 1,3%, (+540,6 млн. шт. яиц) больше уровня соответствующего периода прошлого года. В рамках выполнения Госпрограммы развития сельского хозяйства на 2013-2020 гг. предусмотрено произвести в 2015 г. 43 млрд. яиц, в 2018 – 44 млрд. и в 2020 г. – 45 млрд. Уровень самообеспеченности яйцом составляет более 95% (установленная Доктриной продовольственной безопасности норма – 85%). При этом поставок пищевого куриного яйца из стран дальнего зарубежья никогда не было [5].

Дальнейшее повышение конкурентоспособности отрасли возможно за счет освоения инновационных разработок в области генетики и селекции всех видов птицы, а также освоения новых методов и технологических приемов глубокой переработки яиц и мяса птицы с целью расширения ассортимента продукции [6].

Куриные яйца – неотъемлемая часть питания людей любого возраста ещё с античных времён, и к тому же это один из немногих продуктов, распространённых во всем мире. По данным журнала «Meat&Poultry», куриные яйца входят в число семи самых полезных продуктов питания.

Яйца на отечественном рынке, кроме того, являются самым дешевым продуктом, содержащим полноценный животный белок, и доступны даже наименее обеспеченной части населения. В России 72% яиц реализуется в цельном виде как пищевые по ГОСТу, и вряд ли в ближайшее время спрос на них со стороны населения снизится [2; 7].

### Материал и методика исследований

Сегодня в России при производстве куриных яиц используют высокопродуктивные кроссы отечественной («Родонит», «Птичное», «Кубань», «Маркс-23», «Радонеж» и др.) и зарубежной селекции («Хайсекс», «Ломан», «Хайлайн», «Иза»).

Многие российские кроссы обладают высоким генетическим потенциалом и по показателям продуктивности не уступают импортным. В яичном птицеводстве важное значение имеет не только яйценоскость, но и качество пищевых яиц, которое оценивается комплексом показателей.

Качество пищевого куриного яйца характеризуется химическим составом, морфологическими и органолептическими свойствами. Прежде всего, это масса и соотношение его составных частей (белка, желтка), свежесть, толщина, прочность скорлупы и цвет желтка. [9].

Поэтому целью исследований было изучение и сравнительный анализ морфологических показателей и товарных качеств яиц кур импортных (Хайсекс Браун и Ломан Белый) и отечественных кроссов (Птичное и Радонеж). Для исследований были выбраны яйца кур из нескольких птицефабрик:

ОАО птицефабрика «Атемарская», республика Мордовия, кросс «Хайсекс Браун»

ОАО птицефабрика «Тулская», Тульская область, Ефремовский район, посёлок им. Мичурина, кросс «Ломан Белый»

ОАО птицефабрика «Орловская», Орловская область,

кроссы «Радонеж» и «Птичное».

Условия кормления и содержания кур соответствовали зоотехническим нормам. Возраст несушек – 52 недели (пик яйцекладки).

Время хранения яиц – 12 дней после снесения, то есть относятся к столовым. Условия хранения соответствовали требуемым для данной категории яиц. Отбор образцов яиц для исследования проводился согласно существующей «Методике определения качества яиц» [4].

Оценку качества яиц проводили с помощью современных приборов фирмы «Orka food Technology» на базе Инновационного научно-исследовательского испытательного центра (ИНИИЦ) ФГБОУ ВПО «ОрёлГАУ» (рис.1-3).

В ходе исследований определялись следующие показатели:

1. Толщина скорлупы
2. Прочность скорлупы (сила сжатия)
3. Масса яиц
4. Высота белка
5. Цвет желтка
6. Индекс Хау
7. Класс в зависимости и от величины индекса Хау.

#### Результаты исследований

Толщина скорлупы – важный показатель товарных качеств яиц и зависит от множества факторов. Из-за её повреждения при хранении, транспортировке и реализации теряется определённое количество продукции, что снижает экономическую эффективность производства яиц. Толщина скорлупы куриных яиц находится в пределах 0,28-0,36 мм. При уменьшении толщины скорлупы с 0,38 до 0,29 мм бой увеличивается с 4,9 до 45,5 % [10].

Данный показатель определяли с помощью прецизионного неразрушающего измерителя толщины скорлупы яйца (Thickness gauge). Он определяет толщину скорлупы с помощью ультразвукового сканирования без нарушения её целостности (рис. 1).



Рис. 1. Прецизионный неразрушающий измеритель толщины скорлупы яйца (Thickness gauge). Определяет толщину скорлупы с помощью ультразвукового сканирования.

Была определена толщина скорлупы на тупом и остром конце яиц кур разных кроссов (таблица 1).

Таблица 1.

Толщина скорлупы на тупом и остром концах яиц,  
 $X \pm m$

Кросс	Кол-во яиц, шт.	Цвет скорлупы	Толщина скорлупы, мм	
			на тупом конце	на остром конце
Птичное	20	коричневый	0,381±0,0108	0,395±0,0104
Радонеж	20	белый	0,352±0,0086	0,353±0,0068
Л о м а н Белый	20	белый	0,399±0,0068	0,411±0,0093
Хайсекс Браун	20	коричневый	0,367±0,0060	0,373±0,0132

Известно, что толщина скорлупы больше на остром конце яйца, на тупом скорлупа тоньше [1; 3; 8]. Полученные нами результаты согласуются с литературными данными. У яиц всех четырёх кроссов скорлупа на остром конце толще, чем на тупом. Однако различия незначительны и статистически недостоверны.

Максимальное значение толщины скорлупы установлено у кур кросса Ломан Белый – на тупом конце 0,399 мм, на остром – 0,411 мм (таблица 2). Скорлупа яиц кросса Птичное чуть более тонкая – 0,381 и 0,395 мм на тупом и остром конце яйца соответственно. Наименьшую толщину скорлупы (0,362 и 0,353 мм на тупом и остром концах соответственно) имели яйца кур кросса Радонеж. У яиц кур кросса Хайсекс Браун значение данного показателя для тупого конца составляли 0,367 мм и для острого – 0,373 мм.

Таблица 2.

Толщина скорлупы яиц у кур различных кроссов,  
 $X \pm m$

Кросс	Кол-во яиц, шт.	Цвет скорлупы	Толщина скорлупы, мм	
			на тупом конце	на остром конце
Птичное	20	коричневый	0,381±0,0108*	0,395±0,0104***
Радонеж	20	белый	0,352±0,0086 (min) контр.	0,353±0,0068 (min) контр.
Л о м а н Белый	20	белый	0,399±0,0068***	0,411±0,0093 ***
Хайсекс Браун	20	коричневый	0,367±0,0060	0,373±0,0132

Различия по сравнению с минимальными значениями (кросс Радонеж) статистически достоверны:

\*-  $P < 0,05$ ; \*\*\*-  $P < 0,001$ .

Важнейшим показателем товарной ценности яйца является прочность скорлупы. Она, как правило, определяется толщиной скорлупы. Однако скорлупа яиц одинаковой толщины может различаться по прочности [1]. Этот показатель измеряют прямым и косвенным методами, приборами ПУД-1, ПУД-2, ПУД-2Э [8]. Мы использовали измеритель прочности скорлупы яйца (Egg Force Reader). Он определяет силу разрушения скорлупы, которую можно выразить в килограммах (в данных исследованиях), ньютонах и фунтах. Прибор очень

прост в использовании, позволяет быстро и точно определить прочность скорлупы с минимальной погрешностью (рис. 2).



Рис. 2. Измеритель прочности скорлупы яйца (Egg Force Reader).

Как правило, скорлупа яиц, имеющих наибольшую толщину, характеризуется более высокой её прочностью (таблица 3). Так, максимальная прочность скорлупы выявлена у яйца кур кроссов Птичное (4,12 кг) и Ломан Белый (3,93 кг). Однако по толщине скорлупы яйца кросса Птичное несколько уступали кроссу Ломан Белый, что свидетельствует о том, что не всегда прочность скорлупы напрямую зависит от её толщины. Минимальную прочность (как и толщину) имела скорлупа яиц кросса Радонеж – сила разрушения скорлупы составила 2,65 кг (на 1,47 кг меньше, чем у яиц кросса Птичное).

Таблица 3.

Прочность скорлупы яиц у кур различных кроссов,  
 $X \pm m$

Кросс	Кол-во яиц, шт.	Цвет скорлупы	Сила разрушения скорлупы, кг
Птичное	20	коричневый	4,12±0,140***
Радонеж	20	белый	2,65±0,101 (min) контр.
Л о м а н Белый	20	белый	3,93±0,163***
Х а й с е к с Браун	20	коричневый	3,45±0,253**

Различия по сравнению минимальным значением (кросс Радонеж) статистически достоверны:

\*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ .

Масса яиц – второй после яйценоскости признак яичной продуктивности птицы. Является основным показателем, характеризующим качество яиц. Чем выше их масса, тем лучше их товарные качества и пищевая ценность [1].

Массу яиц определяют взвешиванием на весах различных конструкций [3]. Мы в ходе исследований использовали «Анализатор качества яйца (Egg Analyzer)». Он выполняет автоматическое измерение массы яйца, высоты белка, цвета желтка, расчет индекса Хау (Haugh) с использованием технологии «разбитого яйца» (рис. 3).



Рис.3. Анализатор качества яйца (Egg Analyzer).

В результате исследований выявлено, что наибольшая масса у яиц кроссов Птичное (69,7 г) и Ломан Белый (67,3 г) (таблица 4). Минимальная масса яиц оказалась у кросса Хайсекс Браун – 57,4 г (на 17,6% меньше максимальной), чуть больше весят яйца кросса Радонеж – 59,1 г (на 15,2% меньше максимальной). На массу яиц влияют большое количество факторов (продуктивность несушек, их живая масса, уровень обменной энергии и сырого протеина и др.) [1; 8; 9], поэтому в рамках данных исследований объяснить различия в массе яиц кур разных кроссов невозможно.

При оценке пищевых и товарных свойств яиц важнейшее значение имеет качество белка и желтка. При выборе яиц покупатели прежде всего учитывают их свежесть, которую можно оценить с помощью показателя «Индекс Хау». «Единицы Хау» определяют по таблице на пересечении величины массы яйца, (г) и высоты стояния наружного плотного белка (мм) при выливании содержимого яйца на плоскую поверхность.

Таблица 4.

Товарные и пищевые качества яиц кур различных кроссов,  $X \pm m$

Кросс	Цвет скорлупы	Масса, г	Высота белка, мм	Цвет желтка (по вееру Роше)	Индекс ХАУ	Класс
Птичное	коричневый	69,7±0,95***	5,77±0,188***	08	73,0±1,78***	А
Радонеж	белый	59,1±0,41	3,45±0,140(min)	06	52,7±2,11(min)	В
Ломан Белый	белый	67,3±0,78***	5,18±0,075***	02	68,2±1,97***	А
Хайсекс Браун	коричневый	57,4±1,08 (min)	4,12±0,205**	02	60,6±1,23**	А

Различия по сравнению с минимальным значением статистически достоверны:

\*\* –  $P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ .



Высоту белка измеряют на расстоянии 1 см от желтка. Белок качественного свежего яйца не растекается на большую площадь, границы плотного и жидкого слоев белка четко выражены. Плотный слой белка повторяет форму яйца [1; 6].

В ходе исследований определяли высоту белка, индекс Хау и цвет желтка с помощью прибора «Анализатор качества яйца (Egg Analyzer)». Причём прибор быстро определяет данные показатели автоматически после разбивания яйца на специальную плоскую тарелочку, отражает информацию на экране и печатает на бумаге.

Максимальная высота белка (5,77 и 5,18 мм) и индексы Хау – 73,0 и 68,2 отмечены также у яиц кур кроссов Птичное и Ломан Белый. Установлено, что минимальную высоту белка и соответственно индекс Хау имели яйца кросса Радонез с невысокой массой (59,1 г). У яиц кур кросса Хайсекс Браун высота белка составляла 4,12 мм, индекс Хау – 60,6. Различия по сравнению с минимальным значением ощутимы и статистически достоверны.

Одним из показателей качества желтка является его пигментация, которая зависит от содержания в нём каротиноидов. Для этого применяют шкалу в виде веера из лепестков от светло-жёлтого до тёмно-оранжевого цвета (веер Роше), что соответствует содержанию каротиноидов с 2-5 до 28-30 мкг в 1 г желтка. Прибор «Анализатор качества яйца (Egg Analyzer)» автоматически выдает номер цвета желтка по вееру Роше (таблица 4).

В результате исследований установлено, что более пигментированный желток, богатый каротиноидами, имели яйца кроссов Птичное и Радонез (цвета 08 и 06 по шкале веера Роше). Яйца кроссов Ломан белый и Хайсекс браун обладали слабой пигментацией желтка (цвет 02).

В США и ряде других стран действует система оценки качества яиц на основе объективного измерения состояния белка по единицам ХАУ. К высшей категории «АА» относятся яйца с качеством белка от 79 до 105 единиц ХАУ, к категории «А» – от 55 до 79, к «В» – от 30 до 55 и к «С» – ниже 30 единиц ХАУ. Эта система наиболее правильно и научно обосновано учитывает изменения состояния белка.

Прибор «Анализатор качества яйца (Egg Analyzer)» автоматически определяет категорию яиц (таблица 4). Нами выявлено, что яйца трёх кроссов (Птичное, Ломан белый, Хайсекс браун) относились к категории «А», яйца кросса Радонез – к категории «В».

Таким образом, выявлено, что яйца кур кроссов Птичное и Ломан Белый в данной выборке обладали наибольшей товарной ценностью по сравнению с яйцами кур кроссов Хайсекс Браун и Радонез, а именно – имели более прочную скорлупу, более высокую массу и лучше хранятся (у них выше индекс Хау). Наиболее низкими показателями, за исключением цвета желтка, отличались яйца кур кросса Радонез. Для установления причин необходимы более глубокие, ёмкие исследования, охватывающие множество факторов, влияющих на качество яиц.

#### Библиографический список

1. Бессарабов Б.Ф., Бондарев Э.И., Столяр Т.А. Птицеводство и технология производства яиц и мяса птиц: Учебник. 2-е изд., доп. СПб.: Изд. «Лань», 2005. 352 с.
2. ГОСТ Р 52121 - 2003. Национальный стандарт Российской Федерации. Яйца куриные пищевые. Технические условия. М.: Госстандарт России, 2003. 7 с.
3. Кочии И.И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б. Птицеводство. М.: КолосС, 2004. 407с.
4. Оценка качества кормов, органов, тканей, яиц и мяса птицы. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2010. 119 с.
5. Фисинин В. Высокий потенциал российского птицеводства // Животноводство России. 2015. №2. С.2-5.
6. Фисинин В.И., Егоров И.А., Буяров В.С., Буяров А.В. Инновационно-технологическое развитие птицеводства России // Вестник Орел ГАУ. 2014. № 5. С. 141-150.
7. Фисинин В.И. Птицеводство России – стратегия инновационного развития. М.: Типография Россельхозакадемии, 2009. 148 с.
8. Царенко П.П., Васильева Л.Т. Эволюция куриного яйца // Животноводство России. 2009. № 9. С. 21 - 22.
9. Штеле А.Л. Биологические и зоотехнические факторы образования полноценных яиц // Птицеводство. 2011. № 9. С. 19-24.
10. Штеле А.Л. Куриное яйцо: вчера, сегодня, завтра. М.: Агробизнесцентр, 2004. 196 с.

#### References

1. Bessarabov B.F., Bondarev E.I., Stolyar T.A. Poultry and egg production technology and poultry: Textbook. 2nd ed., Ext. SPb.: Publishing. "Lan", 2005. 352 p.
2. GOST R 52121 – 2003. National Standard of the Russian Federation. Eggs food. Technical conditions. M.: State Standard of Russia, 2003. 7 p.
3. Kochish I.I., Petrash M.G., Smirnov S.B. Poultry. M.: ColosS, 2004. 407 p.
4. Evaluation of the quality of feed, organs, tissues, eggs and poultry meat. Sergiev Posad: VNITIP, 2010. 119 p.
5. Fisinin V.I. High potential of the Russian poultry breeding // Russia. 2015. № 2. Pp.2-5.
6. Fisinin V.I., Egorov I.A., Buyarov V.S., Buyarov A.V. Innovation-technological development of poultry Russia // Vestnik OrelSAU. 2014. № 5. Pp. 141-150.
7. Fisinin V.I. Poultry of Russia - a strategy of innovative development. M.: Printing RAA, 2009. 148 p.
8. Tsarenko P.P., Vasilieva L.T. Evolution of egg // Animal husbandry of Russia. 2009. № 9. Pp. 21-22.
9. Shtele A.L. Biological and zootechnical factors of formation full of eggs // Poultry. 2011. № 9. Pp. 19-24.
10. Shtele A.L. Chicken Egg: yesterday, today and tomorrow. M.: Agrobiznescenter, 2004. 196 p.

УДК 334.735:631.115.8

UDC 334.735:631.115.8

**Т.Л. МИЩЕНКО**

кандидат экономических наук, доцент, кафедра аграрной экономики и права, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: btl.67@mail.ru

**Н.А. ЯКОВЛЕВ**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра аграрной экономики и права, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: yakovlevnikolay@yandex.ru

**T.L. MISHCHENKO**

Candidate of Economic sciences, Associate Professor, Department of Agricultural Economics and Law, Orel State Agrarian University

E-mail: btl.67@mail.ru

**N.A. YAKOVLEV**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agricultural Economics and Law, Orel State Agrarian University

E-mail: yakovlevnikolay@yandex.ru

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКАЯ КООПЕРАЦИЯ – ОСНОВА БУДУЩЕЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

### AGRICULTURAL CONSUMER COOPERATION IS THE BASIS OF THE RUSSIAN FUTURE ECONOMY

*В статье рассмотрено функционирование и развитие сельскохозяйственной кооперации в новых экономических условиях. Подчеркивается необходимость потребительской кооперации как пути повышения конкурентоспособности аграрной продукции и тесного налаживания экономических взаимосвязей с рынком. Проанализирована работа Всероссийских съездов сельских кооперативов. В результативной части отражены мероприятия по развитию сельскохозяйственной потребительской кооперации на перспективу.*

**Ключевые слова:** потребительская сельскохозяйственная кооперация, повышение конкурентоспособности, перспективы развития кооперации, Программа «Развитие сельскохозяйственной кооперации на 2014-2016 годы».

*The article deals with functioning and development of agricultural cooperation in new economic conditions. The authors emphasize the necessity of consumer cooperation as a way of competitiveness raising of agricultural products and establishment of close economic relations with the market analyzing the decisions of the All-Russian congress of rural cooperatives. In conclusion the authors suggest the measures on development of agricultural consumer cooperation in perspective.*

**Keywords:** agricultural consumer cooperation, competitiveness raising, perspective of cooperation development, the program “The development of agricultural cooperation for 2014-2016 years.”

По законодательству потребительским кооперативом признается добровольное объединение граждан и юридических лиц на основе членства с целью удовлетворения материальных и иных потребностей участников, осуществляемое путем объединения его членами имущественных паевых взносов [1]. В зависимости от выбранного направления деятельности, кооперативы могут классифицироваться по таким группам: потребительские общества (заготовительные, торговые, закупочные и др.); сельскохозяйственные кооперативы (огороднические, животноводческие и др.); специализированные кооперативы (жилищные, дачные, гаражные и др.).

Проведенные I и II Всероссийский Съезды сельских кооперативов подтвердили, что сельскохозяйственная кооперация является важным и перспективным институтом, призванным защищать интересы товаропроизводителей. Кроме того, в сложившихся новых реалиях экономики кооперация способна укрепить конкурентоспособность российского агробизнеса не только на внутреннем рынке, но и на международной арене.

Сегодня, как никогда, высшие эшелоны власти заинтересованы в росте сельскохозяйственного производства, а потому на Федеральном уровне и в субъектах РФ разработаны и разрабатываются Программы по поддержке малых форм хозяйствования. Как известно, 18 сентября 2014 года в Кремле прошло заседание

Государственного совета, где был рассмотрен вопрос о развитии отечественного бизнеса и повышении его конкурентоспособности на мировом рынке в условиях членства России в ВТО. Данный вопрос неоднократно рассматривался и в Орловской области, где основной упор сделан на мероприятия по поддержке фермерских хозяйств и развитие сельской кооперации на всех ее уровнях.

Господдержка фермерских хозяйств способствовала созданию и улучшению материально-технической базы, приобретению земельных участков в собственность в размере более 1200 гектаров. Из пресс-релиза губернатора Орловской области: «Только за 2013 год из регионального и областного бюджетов на укрепление потенциала семейных животноводческих ферм и начинающих фермеров направлено свыше 43 млн. рублей».

Объем финансирования в 2013 году составил 73,4 млн. рублей, в том числе из федерального бюджета – 41,1%, областного бюджета – 22,3%, внебюджетные источники – 36,6%. Финансирование направлено на основные мероприятия:

- развитие семейных животноводческих ферм на базе крестьянских (фермерских) хозяйств;
- поддержка начинающих фермеров;
- оформление в собственность фермерскими хозяйствами земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения;

– развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации, народных промыслов и социального бытового обслуживания.

По двум первым мероприятиям в результате выигранного гранта осуществлено строительство, реконструкция и комплектация 11 животноводческих помещений, куплено 390 голов коров и нетелей, 363 головы овец, 18 тракторов, 43 единиц прицепной техники, 3 грузовых автомобиля. Планируется создать 75 рабочих мест.

Эффективно реализуется мероприятие по оформлению в собственность фермерскими хозяйствами земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения. 1294 га земли сельскохозяйственного назначения оформлено в собственность фермерами при господдержке 218,6 тыс. руб., в том числе 33,4% из регионального бюджета.

В рамках реализации мероприятия по развитию сельскохозяйственной потребительской кооперации в 2013 году созданы два новых СПоК – «Регион Молоко» и «Сосковское молоко», членами которых являются фермеры и личные подсобные хозяйства. В целом в области насчитывается 56 перерабатывающих и сбытовых кооперативов. С 2014 года мероприятия по развитию сельскохозяйственной кооперации включены в государственную Программу «Развитие приоритетных подотраслей агропромышленного комплекса Орловской области на 2014–2020 годы». А также бюджетные ассигнования на развитие семейных животноводческих ферм составляли 6 млн. руб., на поддержку начинающих фермеров – 7,7 млн. руб., на развитие сельскохозяйственной кооперации – 7 млн. руб.

Формирование и развитие сельскохозяйственной кооперативной системы в регионе началось с начала 2000-х годов, когда особое место в России занимала реализация ПНП (Приоритетного национального проекта) «Развитие АПК» и «Государственная Программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2006-2012 годы».

В связи с этим, в Орловской области была разработана и действовала целевая программа «Развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации в Орловской области на 2007-2010 годы», основной целью которой являлось стимулирование экономической активности сельского населения, способствующее росту занятости и повышению его доходов, увеличению объемов производства и реализации продукции, формированию многоуровневой системы сельскохозяйственной потребительской кооперации. Именно за этот период было создано 50 сельскохозяйственных потребительских кооперативов, включая 12 кооперативов второго уровня.

С 2012 года начала действовать долгосрочная областная целевая программа «Развитие крестьянских (фермерских) хозяйств и других малых форм хозяйствования в сельской местности в Орловской области на 2012-2015 годы». В рамках развития кооперации основными мероприятиями явилось субсидирование затрат на приобретение сельскохозяйственной техни-

ки и оборудования, на строительство, реконструкцию, модернизацию объектов складской инфраструктуры (зернохранилищ, овощехранилищ, картофелехранилищ), пунктов по приемке, первичной переработке и хранению молока, мяса, плодоовощной и другой сельскохозяйственной продукции, на закупку молока, мяса, картофеля, овощей, фруктов у членов кооператива.

Совершенствование кооперативного движения в новых экономических условиях необходимо проводить с учетом положительного опыта и негативных явлений предыдущих этапов развития сельскохозяйственных кооперативов и тех сложившихся микро- и макроусловий, которые прямо или косвенно воздействуют на конкурентоспособность отечественного товаропроизводителя и уровень жизни сельского населения.

Анализ кооперативного движения в регионе показывает, что потенциальная база используется недостаточно, так как кроме фермеров, которые проявляют больше активности в формировании сельскохозяйственных кооперативов, имеются еще и личные подсобные хозяйства, с которыми недостаточно проводится агитационная работа и пропаганда преимуществ кооперации, и, конечно, сельскохозяйственные организации. На сегодня в Орловской области функционируют сельскохозяйственные производственные, потребительские, кредитные кооперативы и общества (табл. 1).

Таблица 1.

Количество сельскохозяйственных кооперативов и потребительских обществ на селе в регионе на 1 января 2013 года

Форма кооперации	Всего	из них работающих, %
Сельскохозяйственные производственные кооперативы	16	100
Сельскохозяйственные потребительские кооперативы – всего, в том числе кредитные	32 4	75 100
Организации потребительской кооперации	57	100

Наиболее распространенной формой кооперации является сельскохозяйственный производственный кооператив (СПК), которым признается коммерческая организация для совместной деятельности по производству, переработке и сбыту сельскохозяйственной продукции, а также для выполнения иной, не запрещенной законом деятельности, основанной на объединении их имущественных паевых взносов и личном трудовом участии членов кооператива. Недостатком такой организации является работа на арендованных землях, нарушение принципов демократии со стороны органов управления СПК, характеризующееся незаконным преобразованием в акционерные общества, умышленное банкротство, рейдерские захваты, в результате чего работники теряют имущественные и земельные паи, превращаясь в безработных граждан.

В результате данных причин количество СПК в текущем году уменьшилось на 80% в сравнении с 2000 годом. Динамика численности сельскохозяйственных производственных кооперативов в Орловской области с 2000 года по 2012 год представлена на рисунке 1.

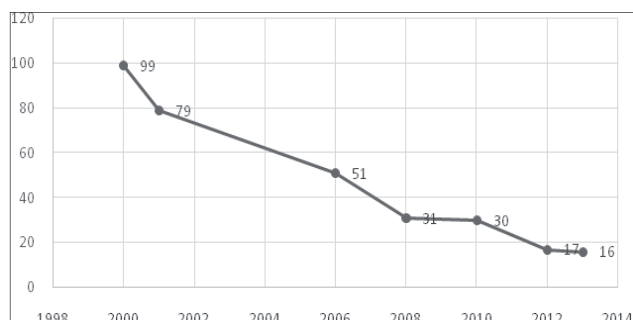


Рис. 1. Динамика численности СПК.

Среди основных мероприятий, изменяющих в перспективе данную динамику, следует отметить господдержку по оформлению арендованных земельных участков в собственность кооператива, а также по развитию инфраструктуры села для закрепления молодых квалифицированных кадров.

Что касается потребительских кредитных кооперативов (СПКК), осуществляющих выдачу займов своим членам за счёт средств, привлекаемых от членов, ассоциированных членов, кредитных организаций и иных источников, то в рейтинге финансово-кредитных учреждений они занимают 3-е место после ОАО «Россельхозбанк» и ОАО «Сбербанк России». Динамика численности и деятельности кредитных кооперативов в области представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Сельскохозяйственные потребительские кредитные кооперативы

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Количество кредитных кооперативов, ед.	5	6	5	5	5	4
Сумма предоставленных займов членам кооперативов, млн руб.	186,5	173,4	173,4	287,9	563,0	544,6
Субсидии из бюджетов всех уровней, тыс руб.	0	1186	284	0	0	0

Следует отметить, что сегодня кредитные кооперативы являются основным финансовым институтом для развития других видов сельскохозяйственных кооперативов. Кроме того, сами кредитные кооперативы могут быть многофункциональны, так как обладать могут не только финансовыми ресурсами, но и материальными, земельными, основными фондами и организовать дополнительную деятельность в разных сферах обслуживания (сбыт, хранение, транспортировка, переработка, снабжение и др.).

Сельскохозяйственные потребительские кооперативы (СПоК), учрежденные владельцами ЛПХ, фермерами, юридическими лицами, создаются для снижения затрат или получения дополнительных доходов путем передачи кооперативу функций по реализации, снабжению, переработке продукции, строительству, страховому обслуживанию и иной деятельности по обслуживанию участников (рис. 2).



Рис. 2. Динамика численности СПоК.

Практика показывает, что государственная поддержка СПоК в перспективе будет давать положительный эффект. Но у потребительской кооперации есть и недостатки, основным из которых является сложное продвижение товаров через крупные торговые сети. С одной стороны, косвенно влияют на это потребительские общества, а с другой стороны, олигополистический характер данных рынков сбыта. Для решения данной проблемы, на наш взгляд, необходима господдержка и формирование кооперативных сетей сбыта продукции, развитие логистической системы.

Потребительские общества в лице ОПО «Союз Орловщины» имеют многоотраслевой характер деятельности и включают 606 предприятий торговли, 80 предприятий общепита, 48 производственных цехов, 17 рынков и ярмарочных площадей, 22 заготовительных пункта, оптовые базы. В системе данного вида кооперации трудятся более 30 тыс. человек.

Сельскохозяйственная кооперация, способствующая повышению конкурентоспособности, эффективности использования ресурсного потенциала, устойчивому развитию сельских территорий, обеспечению продовольственной безопасности, согласно разработанной регионом Программы «Развитие сельскохозяйственной кооперации на 2014-2016 годы» предусматривает получение следующих результатов:

1. Создание материально-технической базы по хранению, переработке и сбыту сельскохозяйственной продукции.
2. Приобретение специализированного автотранспорта.
3. Организация логистических центров, снабженческих пунктов, сельскохозяйственных кооперативных рынков.
4. Формирование мощностей по строительству и обслуживанию членов кооперативов не менее чем в 3 сельскохозяйственных кооперативах и организациях потребительской кооперации.
5. Прирост выручки от реализационной деятельности сельскохозяйственных потребительских кооперативов на 17%.
6. Прирост суммы займов, выданных сельскохозяйственными потребительскими кредитными кооперативами, на 20%.
7. Создание не менее 24 дополнительных рабочих мест на сельских территориях.



Также Программой рассматривается проведение круглых столов с товаропроизводителями и представителями кооперативов по изучению и распространению передового опыта работы.

В целях реализации намеченных мероприятий общий объем финансирования представлен на рисунке 3.

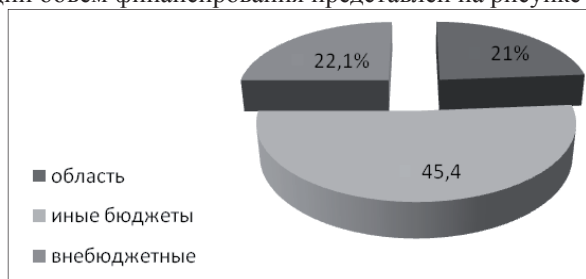


Рис. 3. Объем финансирования Программы «Развитие сельскохозяйственной кооперации на 2014-2016 годы» (млн. руб.).

Общая сумма финансирования составит 88,5 млн. руб., в том числе:

- в 2014 году – 29 490,0 тыс. рублей, в том числе из областного бюджета – 7 000,0 тыс. рублей, прогнозируемые объемы иных бюджетных ассигнований – 15 143,0 тыс. рублей, средства внебюджетных источников – 7 347,0 тыс. рублей;

- в 2015 году – 29 490,0 тыс. рублей, в том числе из областного бюджета – 7 000,0 тыс. рублей, прогнозируемые объемы иных бюджетных ассигнований – 15 143,0 тыс. рублей, средства внебюджетных источников – 7 347,0 тыс. рублей;

- в 2016 году – 29 490,0 тыс. рублей, в том числе из областного бюджета – 7 000,0 тыс. рублей, прогнозируемые объемы иных бюджетных ассигнований – 15 143,0 тыс. рублей, средства внебюджетных источников – 7 347,0 тыс. рублей.

Кроме того, реализация намеченных мероприятий обеспечивает стимулирование товаропроизводителей для их объединения в кооперативы, модернизацию производственно-технической базы как отдельного предпринимателя, так и в целом потребительской кооперации. В целях развития материально-технической базы будет предоставляться грант на развитие мощностей по хранению, переработке и сбыту сельскохозяйственной

продукции, приобретение специализированного автотранспорта, а также организацию логистических центров, снабженческих пунктов, сельскохозяйственных кооперативных рынков, мощностей по строительству и обслуживанию членов кооперативов. Приоритетными для получения гранта являются кооперативы, осуществляющие деятельность по сбору, приему, хранению, подработке, предпродажной подготовке, сортировке, переработке различной глубины, оптовой и розничной реализации продукции мясного животноводства, молока, картофеля и овощей.

Финансовая деятельность любого кооператива в большинстве случаев невозможна без получения кредитно-денежных средств, в этом случае Программой предусмотрено возмещение части затрат на уплату процентов в размере 100% ставки рефинансирования (учетной ставки) Центрального банка Российской Федерации на следующие цели [3]:

- развитие современной материально-технической базы для хранения, транспортировки, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции и продуктов ее переработки по кредитам, полученным в российских кредитных организациях и кредитных кооперативах на период от 2 до 8 лет;

- на пополнение фондов финансовой взаимопомощи на займы от сельскохозяйственного потребительского кредитного кооператива сроком до 8 лет;

- на покупку земли и (или) земельных долей по кредитам, полученным в российских кредитных организациях, и займам, полученным в сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативах на срок от 2 до 8 лет сельскохозяйственными производственными кооперативами.

Таким образом, реализация данной Программы будет способствовать расширению отечественной продукции и сокращению импортной, сдерживанию роста цен на продовольствие и росту конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, финансовой устойчивости и модернизации сельского хозяйства, устойчивому развитию сельских территорий, повышению занятости и уровня жизни сельского населения.

#### Библиографический список

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 №51-ФЗ //СЗ РФ. 1994. №32. Ст. 3301.
2. Концепция развития кооперации на селе на период до 2020 года.
3. Мищенко Т.Л. Пути совершенствования кооперации на селе//Концепт. 2014. Вып. 2. <http://e-koncept.ru/ext/61>.
4. Мищенко Т.Л., Дмитренко А.В. Сущность и принципы сельской кооперации //Экономика и социум. 2014. № 4 (13).
5. Мищенко Т.Л. Особенности успешного бизнеса корпораций в современных экономических условиях //Современные исследования социальных проблем. 2012. №1 (09). <http://post@finizdat.ru>
6. Мищенко Т.Л. Проблемы и перспективы развития сельскохозяйственной кооперации//Вестник Орел ГАУ. 2013. №4(43). С. 69.
7. <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/37258.html>. Консультант Плюс, 1992-2015.
8. <http://www.rg.ru/2013/06/24/reg-cfo/fermery-anons.html>

#### References

1. Civil code of the Russian Federation (part1), 30.11.1994 №51-FL // RF. 1994. №32. Art. 3301.
2. The concept of cooperation development in the village for the period till 2020.
3. Mishchenko T.L. Ways of improvement of cooperation in the village//the Concept. 2014. Issue 2. <http://e-koncept.ru/ext/61>.
4. Mishchenko T.L., Dmitrenko A.V. Essence and principles of rural cooperation.//Economy and society. 2014. No. 4(13).
5. Mishchenko T.L. Peculiarities of corporation successful business in modern economic conditions//Modern researches of social problems. 2012. No. 1(09). <http://post@finizdat.ru>
6. Mishchenko T.L. Problems and perspectives of agricultural cooperation development // Bulletin of OrelSAU. 2013. No. 4(43). P. 69.
7. <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/37258.html>. Consultant Plus, 1992-2015.
8. <http://www.rg.ru/2013/06/24/reg-cfo/fermery-anons.html>

УДК 634.233

UDC 634.233

**О.В. ОСТРИКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра почвоведения и прикладной биологии, Орловский государственный университет  
E-mail: ostrikov\_au@mail.ru

**И.Э. ФЕДОТОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения и прикладной биологии, Орловский государственный университет  
E-mail: fedotovaie@mail.ru

**Е.Л. ХАРХАРДИНА**

техник-проектировщик, Орловский государственный университет  
E-mail: dobryjvecher2006@rambler.ru

**А.Ф. КОЛЕСНИКОВА**

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Орловский государственный университет  
E-mail: fedotovaie@mail.ru

**O.V. OSTRIKOVA**

Candidate of agricultural sciences, Associate Professor, Department of soil science and applied biology, Orel State University  
E-mail: ostrikov\_au@mail.ru

**I.E. FEDOTOVA**

Candidate of agricultural sciences, Associate Professor, Department of soil science and applied biology, Orel State University  
E-mail: fedotovaie@mail.ru

**E.L. HARHARDINA**

Technician-designer, Orel State University  
E-mail: dobryjvecher2006@rambler.ru

**A.F. KOLESNIKOVA**

Doctor of agricultural sciences, Chief researcher, Orel State University  
E-mail: fedotovaie@mail.ru

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ГЛУБИНЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ПОКОЯ ГЕНОТИПОВ ВИШНИ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СВЯЗИ С ИХ АДАПТИВНОСТЬЮ К ДЕЙСТВИЮ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ФАКТОРОВ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА\***

**A COMPARATIVE STUDY OF THE DYNAMICS OF THE DEPTH AND DURATION OF THE REST OF ORGANIC CHERRY GENOTYPES OF DIFFERENT ORIGIN IN RELATION TO THEIR ADAPTABILITY TO DAMAGING WINTER FACTORS**

*Изучены: коэффициент распускания почек однолетних побегов (в %), взятых в различные сроки зимнего периода, состоянием в ранневесенний период растений сортов вишни обыкновенной различного происхождения ( $2n = 3x = 24$ ), отдалённых гибридов вишни, полученных от скрещивания районированных сортов вишни обыкновенной с вишней Маака ( $2n = 4x = 32$ ), а также с представителями подсекции *Pseudocerasus* ( $2n = 2x = 16$ ). Выявлена зависимость зимостойкости растений от глубины и длительности периода физиологического покоя.*

*Ключевые слова: вишня, сорта, виды, отдалённые гибриды, адаптивность, зимостойкость, глубина и длительность физиологического покоя, состояние растений.*

*Blooming coefficient of the one-year escapes kidneys (in %) taken in various terms of the winter period, a state during the early-spring period of plants cherry sour cultivars various origin ( $2n = 3x = 24$ ), the remote hybrids of cherry received from crossing of the zoned cultivars of cherry sour with Maak's cherry ( $2n = 4x = 32$ ), and also with representatives of subsection *Pseudocerasus* ( $2n = 2x = 16$ ) are studied in the article. Dependence from winter hardiness of plants on depth and duration of physiological rest period is revealed.*

*Keywords: cherry, cultivars, types, remote hybrids, adaptability, winter hardiness, depth and duration of physiological rest, condition of plants.*

**Актуальность исследований**

Вишня обыкновенная (*P. cerasus* L.,  $2n=4x=32$ ) считается сесквидиплоидным естественным гибридом вишни степной (*P. fruticosa* Pall.,  $2n=4x=32$ ) и черешни (*P. avium* L.  $2n=2x=16$ ), не встречающимся в дикорастущем виде. Промышленный сортимент вишни обыкновенной в России исторически развивался в основном в средней зоне плодородства РФ на основе генофонда родоначальных видов [8]. К настоящему времени, в связи с участвовавшими климатическими аномалиями (ранне-осенними морозами, продолжительными зимними оттепелями с возвратными морозами, поздними весенними заморозками, засухами и др.), опустоши-

тельными эпифитотиями коккомикоза и монилиоза, а также генетической однородностью всех имеющихся культивируемых сортов, произошла утрата адаптивности большинства сортов вишни к условиям выращивания, в том числе – снижение их зимостойкости [7; 8; 24].

Для повышения адаптивности сортов вишни к комплексу неблагоприятных факторов окружающей среды, среди которых и устойчивость к действию повреждающих факторов зимнего периода, в селекцию вовлекали дикие виды мирового генофонда подрода *Cerasus* Focke [2; 3; 5; 9; 10; 11; 12; 13; 16; 21; 22]. При гибридизации дикого тетраплоидного вида вишни Маака (*P. taackii* Rupr.,  $2n=4x=32$ ) и её гибридов первого поколения (доноров моногенной устойчивости к коккоми-

\* Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ Орловскому государственному университету, проект № 1506 «Эволюция экосистем Среднерусской возвышенности в ближайшем геологическом прошлом, настоящем и прогноз их развития в условиях климатических изменений».

козу) с сортами вишни обыкновенной были получены высокостойкие гибриды второго-четвёртого поколений [2; 3; 16; 21; 22]. Кроме того, получены отдаленные гибриды сортов вишни обыкновенной с дикими диплоидными видами, такими как вишня сахалинская (*P. sargentii* Rehd.,  $2n=2x=16$ ), вишня курильская (*P. kurilensis* Miabe.,  $2n=2x=16$ ), вишня остропильчатая (*P. serrulata* Lindl.,  $2n=2x=16$ ), вишня разрезанная (*P. incisa* Thoub.,  $2n=2x=16$ ) и некоторыми другими. Эти гибриды устойчивы к коккомикозу и проявляют высокую зимостойкость [2; 23; 25].

При изучении физиологических основ формирования адаптивности древесных растений к действию повреждающих факторов зимнего периода учёными установлено, что во многом их зимостойкость определяется глубиной и длительностью органического покоя, в котором растения пребывают в осенне-зимний период [1; 6; 14; 15; 19]. Глубина и продолжительность покоя растений зависят от их генетических особенностей, а также от погодно-климатических условий окружающей среды и, прежде всего, от температуры. Исследования покоя растений плодовых культур показали, что глубина покоя определяет морозостойкость плодовых культур, а длительность – зимостойкость [1; 13; 14; 20]. Растения с глубоким, но непродолжительным покоем лучше переносят зимние условия с устойчивой критически низкой температурой, чем мягкие зимы с продолжительными оттепелями и морозами. Растения с длительным периодом покоя меньше страдают от морозов после продолжительных оттепелей в январе-марте в условиях мягких зим.

Поэтому сравнительное изучение глубины и продолжительности органического покоя сортов и гибридных форм вишни в зависимости от их генетического происхождения и в связи с их адаптивностью к повреждающим факторам зимнего периода является актуальным и необходимым при определении физиологических показателей зимостойкости сортов и гибридных форм вишни.

**Цель исследований** – изучить влияние глубины и продолжительности органического покоя на зимостойкость сортов и гибридных форм вишни в зависимости от их генетического происхождения.

#### Условия, объекты и методы исследований

Исследования проводили в 2010-2014 гг. на базе агробиостанции Орловского государственного университета, в условиях умеренно-континентального климата, на серой лесной почве. Агротехника опытных насаждений соответствовала принятой в Центральном регионе России. Зимы 2010/11, 2011/12, 2012/13 гг. были достаточно теплыми, среднемесячная температура воздуха самого холодного месяца – января не превышала среднемесячного значения ( $-9,2^{\circ}\text{C}$ ) и составляла:  $-8,2^{\circ}\text{C}$  (2011 г.),  $-6,4^{\circ}\text{C}$  (2012 г.) и  $-8,9^{\circ}\text{C}$  (2013 г.). Зима 2013/14 года отличилась своим тёплым началом вплоть до середины января и сравнительно холодными второй половиной января и первой трети февраля.

Объектами исследований послужили геноти-

пы подрода *Cerasus Focke*, рода *Prunus L.* разного происхождения:

- отдалённые триплоидные гибриды ( $2n = 3x = 24$ ), полученные от скрещивания районированных тетраплоидных ( $2n = 4x = 32$ ) сортов вишни обыкновенной (*P. cerasus L.*) – Любская, Шоколадница, Золушка, Памяти Вавилова и диплоидных видов секции *Pseudocerasus* ( $2n = 2x = 16$ ) – вишня сахалинская (*P. sargentii* Rehd.), вишня курильская (*P. kurilensis* Miabe.), вишня остропильчатая (*P. serrulata* Lindl.), вишня разрезанная (*P. incisa* Thoub.). Исследуемые генотипы образовали следующие гибридные семьи:

- Шоколадница х (*P. incisa* х *P. avium*) (формы 1-59, 1-61, 1-67, 1-70, 1-73, 1-74, 1-81, 1-83, 1-84, 1-85);

- Шоколадница х (*P. kurilensis* х *P. avium*) (формы 2-5, 2-10, 2-11);

- Шоколадница х *P. serrulata* (формы 1-48, 1-78, 2-0, 2-52, 2-61, 2-66, 2-68, 2-70);

- Любская х *P. serrulata* (формы 1-41, 1-43, 1-45);

- Золушка х *P. serrulata* (форма 1-53);

- Любская х *P. kurilensis* (формы 1-14, 1-19);

- Любская х *P. sargentii* (формы 1-24, 1-31, 1-32);

- P. cerasus* х *P. sargentii* (форма 9-25);

- P. incisa* х *P. cerasus* (форма 1-13);

- Памяти Вавилова х *P. sargentii* 1-320;

- сорта, полученные на основе генофонда вишни обыкновенной (*P. cerasus L.*) – 15 сортов вишни обыкновенной (Группа I):

- сорта с преобладанием морфотипа черешни (Антрацитовая, Вянок, Жуковская, Памяти Вавилова, Ровесница, ЭЛС 21885);

- сорта с преобладанием морфотипа вишни обыкновенной (Ливенская, Мценская, Неполодская, Орлея, Орлица, Трофимовская, Тургеневка, Шоколадница);

- сорт с преобладанием морфотипа вишни степной (Превосходная Колесниковой);

- сорта и отдаленные тетраплоидные гибриды ( $2n = 4x = 32$ ), полученные от скрещивания районированных тетраплоидных ( $2n = 4x = 32$ ) сортов вишни обыкновенной (*P. cerasus L.*) и тетраплоидного вида вишни Маака (*P. maackii* Rupr.) ( $2n = 4x = 32$ ) (Группа II):

- сорта и гибридные формы поколения  $F_2 - F_3$  (Долгожданная, Новелла, ЭЛС 14-1, 10-26, 10-29, 07-15, 09-32);

- гибридные формы поколения  $F_4$  (ЭЛС Сюрприз, 10-16, 10-18, 10-20, 03-28, 05-00, 05-29, 08-00, 08-20, 09-23).

Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками [4; 14; 17; 18].

Глубину и продолжительность периода покоя определяли по скорости образования зеленого конуса у почек на побегах растений, срезанных и поставленных в сосуды с водой при температуре  $18-20^{\circ}\text{C}$ . Побеги срезали в течение шести месяцев через каждые 30 дней с конца октября по конец марта в течение четырех зимних периодов (с октября 2010 по март 2014 года). При характеристике глубины и продолжительности органического покоя, а также скорости пробуждения растений в состоянии вынужденного покоя ввели специальный коэффициент пробуждения почек (процентов/день), ко-

торый получили путем деления количества пробудившихся почек в процентах на число дней, необходимых для их пробуждения.

$K = \Pi / D$ , %/день,

где  $\Pi$  – количество пробудившихся почек, %;

$D$  – число дней, прошедших от начала действия положительных температур до пробуждения данного количества почек.

Критерием окончания периода глубокого покоя признали значение коэффициента более 7,0 [13].

Состояние растений учитывали в начальный период

вегетации.

### Результаты исследований

Для выявления компонентов адаптивности триплоидных отдалённых гибридов, тетраплоидных сортов и гибридных форм к повреждающим факторам зимнего периода проводили сравнительное изучение глубины и продолжительности органического покоя.

Исследованиями установлено, что все исследуемые генотипы в октябре находились в состоянии физиологического покоя (табл. 1 и 2).

Таблица 1.

Динамика выхода из состояния покоя растений отдалённых триплоидных гибридов вишни, полученных от скрещивания сортов вишни обыкновенной ( $2n = 4x = 32$ ) с некоторыми диплоидными видами ( $2n=2x=16$ ) подрода *Cerasus*, в среднем за 2010-2014 гг.

Название гибридной семьи	Коэффициент пробуждения почек (К, %/день)					
	28.10	28.11	28.12	28.01	28.02	28.03
Шоколадница х (P. incisa х P. avium)	2,6	5,1	5,9	13,6	18,2	45,7
Шоколадница х (P. kurilensis х P. avium)	3,0	3,3	7,0	9,9	17,7	40,2
Шоколадница х P. serrulata	2,9	1,9	4,6	11,1	15,5	36,4
Любская х P. serrulata	0,8	4,5	5,7	8,8	17,7	28,8
Золушка х P. serrulata	0,0	0,9	3,1	8,6	16,4	33,7
Любская х P. kurilensis	2,3	6,3	5,1	16,6	23,3	47,3
Любская х P. sargentii	1,5	2,5	5,8	10,7	15,8	25,4
P. sargentii х P. cerasus	1,2	1,1	2,1	6,7	13,9	41,9
P. incisa х P. cerasus	2,3	0,7	5,0	11,6	16,4	16,3
Памяти Вавилова х P. sargentii	0,2	4,1	3,0	1,8	15,3	24,0
В среднем	1,7	3,0	4,7	9,9	17,0	34,0
НСР 0,5	0,13	0,25	0,15	1,28	1,16	1,44

Таблица 2.

Динамика выхода из состояния покоя растений сортов вишни, полученных на основе генофонда вишни обыкновенной ( $2n=4x=32$ ), сортов и гибридных форм вишни, полученных с привлечением в селекцию вишни Маака ( $2n=4x=32$ ), в среднем за 2010-2014 гг.

Группа генотипов	Коэффициент пробуждения почек (К, %/день)					
	28.10	28.11	28.12	28.01	28.02	28.03
Сорта, полученные на основе генофонда вишни обыкновенной (Группа I)						
Сорта с преобладанием морфотипа черешни	0,3	2,7	5,7	9,2	12,2	25,1
Сорта с преобладанием морфотипа вишни обыкновенной	0,8	6,2	7,1	11,3	18,4	47,8
Сорта с преобладанием морфотипа вишни степной	0,2	4,6	4,8	9,1	12,1	15,3
Средние по группе	0,43	4,5	5,9	9,9	14,2	29,4
Сравнение подгрупп НСР0,5	0,4	FT>FФ	1,0	FT>FФ	FT>FФ	12,1
Сорта и гибридные формы, полученные с привлечением вишни Маака (Группа II)						
Сорта и гибридные формы поколения F2–F3	0,6	3,5	5,2	10,9	15,4	34,2
Гибридные формы поколения F4	0,5	2,7	4,5	9,7	15,5	35,9
Средние по группе	0,55	3,1	4,9	10,3	15,45	35,1
Сравнение подгрупп НСР0,5	FT>FФ	0,3	FT>FФ	FT>FФ	FT>FФ	FT>FФ
Сравнение групп НСР0,5	FT>FФ	0,6	0,7	FT>FФ	FT>FФ	FT>FФ



Несколько большая глубина покоя, которая незначительно отличалась в зависимости от генотипа, зафиксирована у тетраплоидных сортов и гибридных форм вишни: коэффициент пробуждения почек варьировал от 0,2 %/день у сортов с преобладанием морфотипа вишни степной до 0,6 %/день у сортов и гибридных форм поколения  $F_2 - F_3$ . В то же время, у триплоидных форм в этом месяце наблюдались значительные колебания глубины покоя в зависимости от генетического происхождения: коэффициент пробуждения почек варьировал от 0,0 %/день у генотипа гибридной семьи Золушка х *P. serrulata* до 3,0 %/день у генотипов гибридной семьи Шоколадница х (*P. kurilensis* х *P. avium*).

Впоследствии глубина физиологического покоя с каждым месяцем исследований у большинства генотипов постепенно снижалась и достигала своего минимума в конце марта. Растения находились в состоянии вынужденного покоя, или начинали выходить из него в естественных условиях.

Оказалось, что состояние глубокого покоя у большинства исследуемых генотипов сохранялось до конца декабря, но колебания глубины покоя у отдаленных триплоидов в зависимости от генетического происхождения выражены сильнее: в декабре у триплоидов коэффициент К колебался от 2,1 до 7,0 %/день; у сортов группы I – от 4,8 до 7,1 %/день; у сортов и гибридных форм группы II – от 4,5 до 5,2 %/день. Причем большая глубина покоя в декабре сохранялась у тех генотипов, в происхождении которых участвовали отдаленные дикие виды (у отдаленных триплоидов в среднем по гибридным семьям К 4,7 %/день; у отдаленных тетраплоидов – 4,9 %/день; у сортов группы I – 5,9 %/день). Раньше других из состояния глубокого покоя выходили сорта группы I с преобладанием морфотипа вишни обыкновенной (К 7,1 %/день).

Большинство исследуемых форм к концу января уже находились в состоянии вынужденного покоя, причем выходили они из него независимо от генетического происхождения приблизительно с одинаковой скоростью: у отдаленных триплоидов в среднем по гибридным семьям и у сортов группы I К был равен 9,9 %/день; у сортов и гибридных форм группы II – 10,3 %/день. И только некоторые формы сохраняли глубокий покой до февраля. Это триплоидные формы гибридных семей *P. sargentii* х *P. cerasus* и Памяти Вавилова х *P. sargentii*. В феврале все исследуемые генотипы выходили из состояния вынужденного покоя приблизительно с одинаковой скоростью: у отдаленных триплоидов в среднем по гибридным семьям К 17,0%/день; у сортов группы I К 14,2%/день; у сортов и гибридных форм группы II – 15,45%/день. В то же время, в марте скорость выхода из состояния покоя различалась в зависимости от генотипа. Наиболее быстрыми темпами из состояния вынужденного покоя выходили отдаленные тетраплоидные и триплоидные гибриды (К 35,1 и 34%/день соответственно в среднем по группе), несколько медленнее сорта группы I (К 29,4%/день в среднем по группе).

В годы исследований наблюдалось потепление позд-

неосеннего, зимнего и ранневесеннего периодов по сравнению с многолетними значениями. Это явилось причиной того, что большинство генотипов вышли из состояния глубокого покоя к концу декабря, что до последних лет наблюдалось очень редко. Следовательно, потепление холодного периода года приводит к сокращению глубины и продолжительности органического покоя растений вишни.

Таким образом, исследованиями выявлены общие закономерности изменения глубины и продолжительности физиологического покоя у триплоидных отдаленных гибридов, у тетраплоидных сортов и гибридных форм в зависимости от их происхождения, установлены их генотипические особенности.

Для выявления зависимости устойчивости растений к повреждающим факторам зимнего периода от глубины и продолжительности покоя в качестве показателя адаптивности исследуемых генотипов учитывали состояние растений (табл. 3 и 4).

Среди изученных генотипов лучшим состоянием отличились те из них, в происхождении которых принимали участие тетраплоидный вид вишня Маака и диплоидные виды подрода *Cerasus*. Именно эти генотипы отличились большей глубиной покоя в декабре.

Таблица 3.

Состояние растений отдаленных триплоидных гибридов вишни, полученных от скрещивания сортов вишни обыкновенной ( $2n = 4x = 32$ ) с диплоидными видами ( $2n=2x=16$ ) подрода *Cerasus* в начальный период вегетации, балл.

Название гибридной семьи	Состояние растений вишни, в среднем за 2010-2014 гг., балл
Шоколадница х ( <i>P. incisa</i> х <i>P. avium</i> )	3,82
Шоколадница х ( <i>P. kurilensis</i> х <i>P. avium</i> )	3,91
Шоколадница х <i>P. serrulata</i>	3,84
Любская х <i>P. serrulata</i>	3,88
Золушка х <i>P. serrulata</i>	3,88
Любская х <i>P. kurilensis</i>	2,88
Любская х <i>P. sargentii</i>	3,55
<i>P. sargentii</i> х <i>P. cerasus</i>	4,50
<i>P. incisa</i> х <i>P. cerasus</i>	2,00
Памяти Вавилова х <i>P. sargentii</i>	4,00
В среднем	3,62
НСР <sub>0,5</sub>	0,28

Среди сортов и гибридных форм, полученных с привлечением вишни Маака, лучшим состоянием после периода зимнего покоя отличились генотипы поколения  $F_4$  (3,77 балл). Среди отдаленных триплоидных форм в лучшую сторону выделились формы гибридных семей *P. sargentii* х *P. cerasus* и Памяти Вавилова х *P. sargentii* (4,50 и 4,00 балла соответственно). Именно эти триплоидные и некоторые тетраплоидные гибридные формы поколения  $F_4$  проявили максимальную продолжительность периода глубокого покоя среди всех изученных генотипов.

Основными повреждающими факторами для сортообразцов группы I в годы исследований, вероятно, стали возвратные морозы в январские и февральские месяцы после продолжительных оттепелей. Сорта группы I, находясь в это время в состоянии вынужденного покоя, не смогли быстро среагировать на изменяющиеся условия окружающей среды и пройти в полной мере процессы повторной закалки, в отличие от сорто- и формообразцов, полученных в результате отдалённой гибридизации с дикими видами. Этим, вероятно, и обусловлена их более низкая зимостойкость по сравнению с большинством отдалённых гибридных форм.

Таблица 4.

Состояние растений вишни в начальный период вегетации в зависимости от генетического происхождения, балл

Группа генотипов	Состояние растений вишни, в среднем за 2010-2014 гг., балл
Сорта, полученные на основе генофонда вишни обыкновенной ( $2n=4x=32$ ) (Группа I)	
Сорта с преобладанием морфотипа черешни	2,43
Сорта с преобладанием морфотипа вишни обыкновенной	3,03
Сорта с преобладанием морфотипа вишни степной	1,10
В среднем по группе I	2,19
Сравнение подгрупп НСР 0,5	0,31
Сорта и гибридные формы, полученные с привлечением вишни Маака ( $2n=4x=32$ ) (Группа II)	
Сорта и гибридные формы поколения F2–F3	3,47
Гибридные формы поколения F4	3,77
В среднем по группе II	3,62
Сравнение подгрупп НСР0,5	
Сравнение групп НСР0,5	0,48

### Выводы

1. Выявлены общие закономерности изменения глубины и продолжительности физиологического покоя

в течение холодных месяцев исследований у генотипов вишни в зависимости от их происхождения: наибольшая глубина физиологического покоя отмечена у всех исследуемых генотипов в октябре; большинство исследуемых форм к концу января уже находилось в состоянии вынужденного покоя, причем выходили они из него независимо от генетического происхождения приблизительно с одинаковой скоростью; потепление холодного периода года приводит к сокращению глубины и продолжительности органического покоя растений вишни.

2. Выделены гибридные семьи *P. sargentii* x *P. cerasus* и Памяти Вавилова x *P. sargentii*, а также гибриды 05-00 и 05-29 поколения F<sub>4</sub>, полученные с привлечением вишни Маака, с наиболее продолжительным периодом глубокого покоя.

3. Адаптивность генотипов вишни разного происхождения к повреждающим факторам зимнего периода определяется не только глубиной и продолжительностью физиологического покоя растений, но и скоростью реакции растений, находящихся в состоянии вынужденного покоя и готовящихся к вегетации, к прохождению процессов повторной закалки во время возвратных морозов после продолжительных оттепелей.

4. Большей глубиной и длительностью физиологического покоя обладают гибридные формы, полученные в результате отдаленной гибридизации вишни обыкновенной с тетраплоидным видом вишней Маака, а также с диплоидным видом вишней сахалинской.

5. Гибридные формы, полученные в результате отдаленной гибридизации с тетраплоидным видом вишней Маака и с диплоидными видами подрода *Cerasus*, обладают большей скоростью физиологических реакций растений, позволяющих им в состоянии вынужденного покоя быстрее проходить повторную закалку во время возвратных морозов после продолжительных оттепелей.

6. Для повышения зимостойкости сортов вишни обыкновенной необходимо активно вовлекать в селекционную селекцию отдаленные гибридные формы, полученные от скрещиваний с тетраплоидным видом вишни Маака, а также с диплоидными видами подрода *Cerasus*.

### Библиографический список

- Генкель П.А., Окнина Е.З. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. М.: Наука, 1964.
- Джигадло Е.Н. Совершенствование методов селекции, создание сортов вишни и черешни, их подвоев с экологической адаптацией к условиям Центрального региона России. Орёл: ВНИИСПК, 2009.
- Джигадло Е.Н. Совершенствование методов селекции, создание сортов вишни и черешни, их подвоев с экологической адаптацией к условиям Центрального региона России. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук. Брянск, 2006.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1985.
- Жуков О.С. Вишня и черешня. Создание новых сортов и доноров ценных признаков на основе идентифицированных генов плодовых растений. Мичуринск. 2002. С. 68 – 80.
- Климаченко А.Ф. Особенности роста и зимостойкость интродуцированных дальневосточных древесных пород в условиях Западной Сибири. Физиологические механизмы адаптации и устойчивости у растений: сб. ст. Новосибирск: Наука, 1972: 163-184.
- Колесникова А.Ф. Вишня. Черешня. Харьков: Фолио; М.: ООО «Издательство АСТ», 2003.
- Колесникова А.Ф. Улучшение сорта вишни на основе клонового отбора. Орёл, 2010.
- Колесникова А.Ф., Федотова И.Э. Реконструкция генома вишни. Генетические основы селекции сельскохозяйственных растений (к 75 – летию ВНИИССОК). Москва. 1995. С. 117 – 122.
- Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Х., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. М.: Колос, 1994.

11. *Мойсейченко Н.В.* Улучшение сортимента вишни в условиях северной Лесостепи Украины. Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ: по материалам конференций «Инновационные подходы к обеспечению стабильной продуктивности косточковых культур» (17-18 июля) и «Проектирование и технологическое обеспечение закладки и реконструкции насаждений садовых культур» (15-16 июля). ВСТИСП. Москва. 2008. С. 180-185.
12. *Морозова Т.В.* Итоги селекции вишни и черешни во ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина. Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И.В. Мичурина (1931-2001г.г.): сб. науч. тр. Т. I. Тамбов: Изд-во ТГТУ. 2001: 45-53.
13. *Некрасова К.К.* Развитие цветочных почек у различных по зимостойкости сортов вишни. Сборник научных трудов ВНИИС им. И.В. Мичурина. Мичуринск, 1970. С. 25-37.
14. *Нестеров Я.С.* Методические рекомендации по селекции плодовых и ягодных культур в связи с периодом покоя. Тамбов, 1971.
15. *Нестеров Я.С.* Период покоя плодовых культур. М.: Сельхозиздат, 1962.
16. *Острикова О.В.* Селекционно-экологические аспекты отдаленной гибридизации вишни. Вестник ОрелГАУ. Орел, 2009: 47-50.
17. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995.
18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орёл: ВНИИСПК, 1999.
19. *Ряднова И.М.* Развитие плодовых почек в осенне-зимний период и их зимостойкость. Агробиология. 1951; №5. С. 21-25.
20. *Туманов Н.И.* Физиология закалывания и морозоустойчивость растений. М., 1979.
21. *Федотова И.Э.* Использование некоторых видов рода *Cerasus* Mill. в селекции вишни на устойчивость к коккомикозу и адаптивность к условиям среды. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. Брянск, 2000.
22. *Федотова И.Э., Колесникова А.Ф.* Использование генофонда рода *Cerasus* Mill. для создания устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды сортов и подвоев вишни обыкновенной (*C. vulgaris* Mill.). Учёные записки Орловского государственного университета 2007; №2. С. 107-113.
23. *Федотова И.Э., Колесникова А.Ф., Хархардина Е.Л.* Изучение потенциала зимостойкости гибридных форм вишни в связи с селекцией на адаптивность. Новые нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы VII Международного симпозиума. Т. III. М.: РУДН, 2007. С. 291-294.
24. *Федотова И.Э., Острикова О.В., Колесникова А.Ф.* Агроэкологическая оценка потенциала зимостойкости сортов вишни в условиях Центральной России. Материалы Международной научно-практической конференции «Современные аспекты экологии и экологического образования. Вестник МПГУ. Москва: изд-во МПГУ, 2007. С. 284-291.
25. *Царенко В.П.* Генофонд косточковых плодовых растений Дальнего Востока и его использование в селекции. Автореферат диссертации доктора биологических наук. Санкт-Петербург, 1992.

#### References

1. *Genkel' P. A., Oknina E.Z.* State of rest and frost resistance of fruit plants. M.: Nauka, 1964.
2. *Dzhigadlo E.N.* Improvement of selection methods, creation of cherry and sweet cherry cultivars, their stocks with ecological adaptation to conditions of the Central region of Russia. Orel: VNIISPK, 2009.
3. *Dzhigadlo E.N.* Improvement of selection methods, creation of cherry and sweet cherry cultivars, their stocks with ecological adaptation to conditions of the Central region of Russia. The abstract of the thesis on competition an academic degree of agricultural sciences doctor. Bryansk, 2006.
4. *Dospehov B. A.* Methodology of a field experiment (with bases of statistical processing of researches results). 2nd edit., recycled and augmented M.: Kolos, 1985.
5. *Zhukov O. S.* Cherry and sweet cherry. Creation of new cultivars and donors of valuable signs on the basis identified genes at fruit plants. Michurinsk. 2002: 68 – 80.
6. *Klimachenko A.F.* Features of growth and winter hardiness introduced Far East tree species in the conditions of Western Siberia. Physiological mechanisms of adaptation and stability at plants: collection of articles. Novosibirsk: Nauka, 1972. Pp. 163-184.
7. *Kolesnikova A.F.* Cherry. Sweet cherry. Kharkov: Folio; M.: Publishing house ACT, 2003.
8. *Kolesnikova A.F.* Improvement of cherry assortment on the basis of clonal selection. Orel, 2010.
9. *Kolesnikova A.F., Fedotova I.E.* Reconstruction of cherry genome. Genetic bases of agricultural plants selection (to 75 – to the anniversary of VNIISOK). Moscow. 1995. С. 117 – 122.
10. *Moiseyenko V. F., Zaveryukha A.Kh., Trifonova M.F.* Bases of scientific researches in fruit growing, vegetable growing and wine growing. M.: Ear, 1994.
11. *Moiseyenko N. V.* Improvement of cherry assortment in the conditions of the northern Forest-steppe of Ukraine. Fruit growing and parting berries of Russia: sc. works: on materials of the conferences “Innovative approaches to ensuring stable productivity of stone cultures” (on July 17-18) and “Design and technological support of a planting and reconstruction plantings of garden cultures” (on July 15-16). VSTISP. Moscow. 2008. Pp.180-185.
12. *Morozova T.V.* Results of cherry and sweet cherry selection in all-union scientific research institute at gardening of I.V. Michurin. The main results and prospects of scientific researches VNIIS of I.V. Michurin (1931-2001g.g.): collection of scientific works. Vol. I. Tambov: Publishing house of TGTU. 2001. Pp. 45-53.
13. *Nekrasova K.K.* Development of flower kidneys in cherry cultivars, various on winter hardiness. The collection of scientific works of VNIIS of I.V. Michurin. Michurinsk, 1970. Pp. 25-37.
14. *Nesterov Ya.S.* Methodical recommendations about selection of fruit and berry cultures in connection with a dormant period. Tambov, 1971.
15. *Nesterov Ya.S.* Dormant period of fruit cultures. M.: Selkhozizdat, 1962.
16. *Ostriкова O. V.* Selection and ecological aspects of the remote cherry hybridization. Messenger of Orel State Agrarian University. Orel, 2009. Pp. 47-50.
17. Program and technique of fruit, berry and nut bearing cultures selection. Orel: VNIISPK, 1995.
18. Program and technique of fruit, berry and nut bearing cultures grade studying. Orel: VNIISPK, 1999.
19. *Ryadnova I.M.* Development of fruit kidneys during the autumn and winter period and their winter hardiness. Agrobiology. 1951; 5: 21-25.
20. *Tumanov N. I.* Physiology of hardening and frost resistance of plants. M., 1979.
21. *Fedotova I.E.* Using some types of the sort *Cerasus* Mill. in selection of cherry on resistance to a cherry leaf spot and adaptability to environment conditions. The abstract of the thesis on competition academic degree of the candidate of agricultural sciences. Bryansk, 2000.
22. *Fedotova I.E., Kolesnikova A.F.* Using the gene of the sort *Cerasus* Mill. for creation of cultivars, sustained against biotic and abiotic factors of the environment, and cherry sour stocks (*C. vulgaris* Mill.). Scientific notes of the Orel state university 2007; N2. Pp. 107-113.
23. *Fedotova I.E., Kolesnikova A.F., Harkhardina E.L.* Studying of potential of winter hardiness of hybrid forms of cherry in connection with selection on adaptability. New nonconventional plants and prospects of their use: materials VII of the International symposium. Vol. III. M.: RUDN, 2007. Pp. 291-294.
24. *Fedotova I.E., Ostriкова O. V., Kolesnikov A.F.* Agrarian-ecology assessment of winter hardiness potential of cherry cultivars at the Central Russia conditions. Materials of the International scientific and practical conference “Modern aspects of ecology and ecological education. MPGU bulletin. Moscow: publishing house of MPGU, 2007. Pp. 284-291.
25. *Tsarenko V.P.* Genetic fund of stoning fruit plants of the Far East and its use in selection. Author’s abstract of the doctoral thesis in Biological Sciences. St. Petersburg, 1992.



УДК 504.4

UDC 504.4

**Л.П. СТЕПАНОВА**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра земледелия, Орловский государственный аграрный университет

**Е.В. ЯКОВЛЕВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра БЖД на производстве, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: Elenavalerevna79@yandex.ru

**Е.А. КОРЕНЬКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра садово-паркового и ландшафтного строительства, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: korkatya@mail.ru

**А.В. ПИСАРЕВА**

старший преподаватель, кафедра медико-технического менеджмента, Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

E-mail: pavpav.06@mail.ru

**L.P. STEPANOVA**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of agriculture, Orel State Agrarian University

**E.V. YAKOVLEVA**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Health and Safety, Orel State Agrarian University  
E-mail: Elenavalerevna79@yandex.ru

**E.A. KORENKOVA**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Garden and Park Landscape, Orel State Agrarian University

E-mail: korkatya@mail.ru

**A.V. PISAREVA**

Senior Lecturer, Department of Medical and technical management, Moscow State Technical University named after N. Bauman

E-mail: pavpav.06@mail.ru

### АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ И РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

### AGROECONOMIC ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC ALLY DISTURBED AND RECLAIMED GRAY FOREST SOILS FERTILITY RESTORATION

*В статье рассмотрены вопросы нарушения плодородного слоя почвы, необратимые процессы деградирования серой лесной почвы под действием внесения органических отходов производства. В связи с этим изучена программа на определение уровня загрязнения территорий с учетом базовых почвенных характеристик и комплексного характера загрязнения.*

*Ключевые слова:* плодородный слой почвы, деградация нарушенных земель, тяжелые металлы, физико-химические свойства почвы.

*The paper deals with violations of topsoil, irreversible processes of gray forest soil degrade under the influence of organic waste. In this regard the program is studied to determine the level of contamination areas, considering the basic soil characteristics and the complex nature of contamination.*

*Keywords:* the fertile layer of soil, degradation of disturbed lands, heavy metals, physical and chemical properties of soil.

Одной из наименее решенных проблем до настоящего времени остается проблема функций почв в экосистемах и биосфере. Вместе с тем изучение влияния почвы на атмосферные, гидрологические, биотические и другие компоненты экосистем и биосферы позволяет найти ответное воздействие на факторы почвообразования. Все геосферы Земли находятся, как известно, в тесном взаимодействии, и значительную роль в этом взаимодействии играет почва. Весьма велика роль почвы и в жизни литосферы. Благодаря почвообразованию и выветриванию материя переходит в более активное состояние. Об этом свидетельствует резкое увеличение в десятки тысяч раз общей активной поверхности мелкозема по сравнению с монолитом исходных почвообразующих горных пород. Кроме того, функционирование водной оболочки Земли также зависит от взаимодействия ее с почвенным покровом. Почва участвует в формировании речного стока и в трансформации поверхностных вод в грунтовые, а также и в жизни атмосферы, поглощая и отражая солнечную энергию и в целом определяя газовый режим атмосферы. Таким образом, взаимодействие почвы с окружающей средой очевидно.

Сейчас, когда человечество вступает в 3-е тысячелетие и когда неблагоприятные воздействия человека на природу достигли огромных масштабов, потребность экологических исследований повышается в связи с необходимостью проведения природоохранных мероприятий. Экологическая проблема ныне ставится в один ряд с такими вечными вопросами научного познания, как структура материи и сущность жизни, а по остроте и сущности ее решения, по-видимому, даже превосходит их. Антропогенные изменения всех компонентов окружающей среды, в том числе и почвенного покрова, приобрели в настоящее время такие размеры, что человек прямо или косвенно стал их жертвой.

Признавая важность оценки состояния всех природных сред, вместе с тем особо следует подчеркнуть актуальность оценки состояния почвы, которая, в силу своей специфики, является средой, депонирующей загрязняющие вещества и во многом определяющей устойчивость экосистемы к негативному антропогенному воздействию. Ее роль долгое время недооценивалась, что выразилось в отсутствии должного внимания как к экологическому мониторингу почвы, так и к системе нормирования в этой области.



В настоящее время ситуация изменилась, однако исследования по оценке антропогенного воздействия на почвенный покров городов и крупных населенных пунктов в основном осуществляются только с целью санитарно-гигиенической характеристики территорий, что накладывает свой отпечаток на формирование программы исследований. В большинстве случаев в программу включают контроль основных токсикантов и интерпретацию полученных данных на базе использования ПДК и фоновых значений. В результате таких наблюдений почва рассматривается исключительно как субстрат без учета выполняемых ею экологических функций. В итоге участки земель, в наибольшей степени трансформированные техногенным воздействием, остаются практически неизученными [2].

В связи с этим существует острая необходимость проведения более глубокого анализа состояния почв по следующим направлениям: 1) изучение базовых почвенных характеристик в условиях интенсивной антропогенной нагрузки; 2) оценка специфики и степени воздействия различных видов хозяйственной деятельности человека на загрязнение почвенного покрова, в том числе на территории промышленных зон.

Необходимость исследований во многом вызвана крайне неблагоприятным состоянием окружающей среды в зоне интенсивной хозяйственной деятельности и необходимостью в связи с этим разработки системы мероприятий по реабилитации и охране природных объектов на таких территориях, включая промышленные площадки и участки размещения отходов производства и потребления. Решение этой задачи возможно только на основе полной информации о специфике современного состояния природных сред и, прежде всего, почвы. Более того, востребованность такого направления обусловлена увеличением экономической значимости результатов исследования почв, связанных с определением размера экологических платежей от субъектов хозяйственной деятельности.

Следует отметить, что кроме наличия информации о загрязнении, крайне важным является ее объективная интерпретация (особенно когда речь идет о комплексном загрязнении), а также идентификация источника загрязнения. Проблема выявления причин и виновников загрязнения стала особенно актуальной в последние несколько лет в свете усиления борьбы с экологическими правонарушениями, одним из наиболее действенных инструментов которой является судебная экологическая экспертиза. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, программа которых ориентирована на определение уровня загрязнения территорий с учетом базовых почвенных характеристик и комплексного характера загрязнения [3].

Сформировавшиеся почвы в значительной степени определяют устойчивость экосистем к деградации. При этом на каждом поле и на определенной территории встречается не одна почва, а сочетание различных почв. Характер структуры почвенного покрова территории оказывает значительное влияние на экологическую ситуацию. В связи с этим, при экологической оценке

земель необходимо учитывать не только процессы, связанные с антропогенным воздействием на почву, но и естественные почвообразовательные процессы.

Исследования проводились на земельном участке, расположенном по адресу: Орловская область, Мценский район, с/п Отрадинское и представляющем собой элементарный почвенный ареал серой лесной среднесуглинистой почвы, нарушенный в результате действий ЗАО «Сахарный комбинат «Отрадинский». Это послужило основанием для выбора показателей оценки состояния плодородия почвы, ее экологической и производительной способности [5].

Для оценки степени нарушения – порчи или уничтожения плодородного слоя почвы на земельных участках сельскохозяйственного назначения проведено исследование особенностей генезиса и строения профиля почвы исследуемых участков. Согласно проведенным полевым исследованиям земельных участков и составленному Паспорту почвы ГОСТ 17.4.2.03-86 почва, не нарушенная выемкой почвогрунта, относится к типу и подтипу серых лесных почвы – Albic Luvisols со следующей системой морфологических горизонтов  $An_{22}^0 - A_{1-2}A_{2-35}^{22} - A_2B_{52}^{35} - B_{90}^{52} - BC_{115}^{90} - C^{115}$ .

Профиль морфологически четко дифференцирован по элливиально-иллювиальному типу как следствие проявляющихся на фоне преобладающего дернового процесса почвообразования таких элементарных почвенных процессов, как лессиваж, оподзоливание. В указанных почвах протекает заметно выраженный процесс оглинивания, в результате этого процесса и передвижения илестых частиц формируется плотный иллювиально-текстурный горизонт В.

На исследуемых земельных участках была проведена выемка не только плодородного гумусового слоя почвы, но и удалены нижележащие генетические горизонты почвы до глубины 2,5 м, с последующим их перемешиванием при засыпке траншей, что обусловило формирование на нарушенных земельных участках элементарного геохимического ландшафта, то есть пространства с разной интенсивностью миграции и аккумуляции соединений (ширина 5м, длина 800м), составом и свойствами, отличающихся от ненарушенных почв (табл.1).

Таблица 1.

Показатели физико-химических свойств пахотного слоя серой лесной среднесуглинистой нарушенной почвы после механической рекультивации

№ почв. участка	рН	Гумус, %	P2O5	K2O	Сорг, %
			мг/кг		
Нарушенная почва					
1	7,42	0,2	0,8	48,3	0,12
2	7,52	1,5	2,1	96,6	0,87
3	7,10	0,8	9,5	97,3	0,46
4	7,17	0,9	8,4	31,0	0,52
Контроль без нарушения	7,34	4,4	65,1	350,8	2,55

Анализируя полученные данные состава нарушенных участков почвенного покрова после завершения их ме-

ханической рекультивации (засыпка траншеи изъятим почвогрунтом), можно сделать вывод о полном уничтожении исходного профиля почвы и ее генетических горизонтов, утрате плодородия и, как следствие, производительной способности почвы. Если в ненарушенном пахотном горизонте почвы содержание органического углерода составило 2,55%, а количество гумусовых веществ 4,4%, то в слое 0-20 см насыпных почвогрунтов в нарушенных участках количество органического углерода снижалось в 3-21 раза в сравнении с ненарушенной почвой, содержание гумуса колебалось в пределах 0,2 – 1,5%, что свидетельствует о нарушении технологии проведения механической рекультивации, так как выемка плодородного гумусового слоя почвы должна складироваться отдельно, не допуская перемешивания с более глубокими слоями почвы и грунтов. А при засыпке траншеи сначала размещают малоплодородные слои, а в верхние слои насыпают плодородный слой почвы. Величина  $pH$  находится на уровне 7,1-7,52, что приближается к величине  $pH$  в ненарушенной почве – 7,34. Содержание подвижных форм фосфора и калия в восстановленных после рекультивации участках очень низкое по подвижному фосфору – 0,08-0,95 мг/100 г и низкое по содержанию обменного калия – 3,1-9,7 мг/100 г почвы. В сравнении со значениями этих показателей в ненарушенном пахотном слое серой лесной почвы установленное содержание питательных элементов в рекультивируемой почве в 17 – 206 раз ниже показателя подвижного  $P_2O_5$  в исходной почве, а количество обменного калия в 3,6 – 11 раз ниже содержания обменного калия в пахотном ненарушенном слое.

Поскольку отдельные горизонты почвы, мезо- и микрозоны являются геохимическими барьерами, то с их уничтожением в этих ландшафтах изменяются интенсивность и направления миграции вещества, энергии и информации внутри почвенной системы между ее компонентами и из почвы в окружающую среду, что оказывает существенное влияние на эволюцию почвы [6].

Помимо вещества и энергии, почва может поглощать и выделять информацию. Информация заключена в структурных взаимосвязях между свойствами почв, в изменении вещества и энергии во времени и пространстве.

В наибольшей степени информация заключена в органическом веществе, органо-минеральных соединениях, минералогическом составе. При изменении матрицы почв изменяются закономерности получения и трансформации информации в почве, особенно это относится к почве – моменту. Такое состояние почвы было создано в условиях 2012 года при проведении механической рекультивации нарушенных почвенных территорий и в условиях 2013 года при проведении органо-минеральной рекультивации при внесении на поверхность восстановленных насыпных участков дефектата.

Учитывая потоки вещества, энергии и информации в почвах, следует отметить взаимовлияние почв в структуре почвенного покрова и взаимовлияние горизонтов.

Влияние на свойства почв и протекающие в них

процессы определяются экстенсивными и интенсивными параметрами. Интенсивный параметр определяет возможность протекания процесса ( $pH$ ); экстенсивный – скорость (концентрация  $H^+$ ) и эффект процесса. Например, развитие оподзоливания в серых лесных почвах определяется  $pH$  и количеством ионов  $H^+$ , образующихся при разложении органических остатков, константной нестойкости образующихся комплексов и количеством в мигрирующих водах лигандов комплексонов, количеством окислителей в мигрирующих растворах. Это является доказательством того, что внесение в траншею фильтрационного осадка свеклосахарного производства – сахарного дефектата, в связи с большой комплексобразующей и окислительно-восстановительной способностью содержащихся в нем органических соединений, большей величиной  $pH$  обусловит большую выраженность процессов элювирования и миграции соединений (Табл. 2).

Таблица 2.

Показатели физико-химических свойств пахотного слоя серой лесной среднесуглинистой нарушенной почвы после внесения дефектата

№ почв. участка	pH	Гумус, %	P2O5	K2O	Сорг, %
			мг/кг		
После внесения дефеката					
1	7,50	2,64	56,0	382,0	1,53
2	7,78	2,81	52,0	393,8	1,62
3	7,5	1,98	70,4	417,0	1,15
4	7,83	2,52	65,6	410,5	1,46
Контроль без нарушения	6,92	4,32	172,0	399,5	2,51

Анализ почвенных образцов, отобранных на исследуемых опытных участках, показал изменение величины  $pH$  в сторону его увеличения под действием дефектата в сравнении со значениями после механической рекультивации и увеличение подвижных форм фосфора и калия в гумусовом слое, при этом содержание  $P_2O_5$  возросло почти в 7-88 раз в сравнении с данными анализов почвы после механической рекультивации, но в 3 раза это количество было ниже значения контрольного участка почвы без нарушения. Установлено изменение в обеспеченности почвы и подвижным калием, его количество в 2013 году после внесения дефектата увеличилось почти в 9 раз в сравнении с показателями 2012 года и приближалось к среднему значению концентрации калия в ненарушенных почвах – 399,5 мг/кг.

Значительные изменения произошли в содержании гумуса в пахотном слое серой лесной почвы. Если в 2012 году при восстановлении нарушенных земель установлено практически полное уничтожение гумусового горизонта, содержание углерода органических соединений в 20 см слое грунта достигало 0,49% в среднем, что в 5 раз было ниже значения в содержании углерода органических соединений в почве контрольного участка, то внесение дефектата способствовало увеличению содержания углерода органических соединений до 1,44%, что почти в 2 раза было ниже значения контрольного варианта, но в 3 раза превышало значение органического углерода в грунтах нарушенных земель. Содержание

гумуса в рекультивируемых почвогрунтах колебалось в пределах 1,98-2,81

Отдельные свойства почв в большей степени обусловлены почвообразующей породой, а не типом почвы, для которого характерно определенное сочетание свойств почв. Пути оптимизации плодородия зависят от сочетания свойств почвы и их взаимосвязей.

Эволюция почвы идет в направлении изменения почвы в сторону увеличения степени равновесия с окружающей средой. Поэтому изменение свойств искусственно созданных питательных грунтов (почвогрунтов) тесно связано с факторами почвообразования, которые влияют на отдельные свойства почв в разной степени (микробиологическая активность пород, минералогический состав пород, влияние температуры, влажности, солнечной радиации). При освоении таких участков (очагов накопления поллютантов за счет деятельности человека) токсиканты мигрируют в определенные территории, что увеличивает опасность отложенных последствий.

В значительной степени на интенсивность протекающих почвообразовательных процессов влияет миграция вещества, энергии и информации в водную и воздушную среды. По полученным нами данным, испарение из почвы и продукты транспирации растений содержат катионы, анионы, органические соединения, пропорционально их содержанию в почвах и растениях, то есть пропорционально степени загрязнения или окультуривания. Миграция веществ определяется действием различных факторов: гравитационным полем, электрическим, магнитным, концентрационным и т.д., при этом вектора миграции могут быть направлены в разные стороны. Миграция веществ и микроорганизмов происходит в виде положительно и отрицательно заряженных соединений, гидрофобных и гидрофильных продуктов; миграция органических и неорганических соединений из почвы в воздушную среду с испарением, с транспирацией растений, показана миграция веществ весной по промерзающему слою на глубине 10-20 см и к слою низких температур, возможна значительная миграция веществ по оттаявшему слою над промерзающим слоем почвы[1].

При внесении больших доз органических веществ удобрений происходят смена микробных сообществ, сукцессия растительных сообществ, эволюция почв и смена разных этапов реакций: сначала происходят наиболее быстрые реакции, затем образуются наиболее термодинамически устойчивые соединения. При оценке влияния органических удобрений на состояние почв и развитие растений необходимо учитывать не только содержание в них биофильных элементов и токсикантов, но и функциональные свойства применяемых удобрений по следующим параметрам: емкость поглощения катионов, наличие в их составе групп COOH, фенольных, спиртовых, хинонных и кетонных групп. Кроме указанных функциональных свойств органические вещества почв, удобрений, растительных остатков характеризуются ингибирующей способностью, стимулирующей, структурообразующей способностью, анти-

патогенной функцией, определенной влагоемкостью и прочностью связи воды.

Оценка органических отходов сахарного производства, используемых как удобрительные формы, необходима по указанным параметрам, а также сертификация исходных компонентов применяемых органических удобрений, строгое регулирование условий и сроков компостирования. Влияние органических удобрений на свойства почвы обусловлено также микробиологической активностью органических соединений, изменяющей протекание микробиологических и ферментативных процессов в почве, влиянием вносимых и образующихся в почве органических соединений на адекватность и скорость ответа почв на внешние воздействия.

Особо следует указать на то, что возникающие очаги деградации в наименее устойчивые к деградации этапы развития почвы и растений затем лавинообразно усиливаются (молодые почвы легче поддаются внешним воздействиям, но они и менее устойчивы к деградациям).

Как следует из приведенных данных анализа почвенных проб, отобранных с земельных участков, расположенных по адресу: Орловская область, Мценский район, с/п Отрадинское, по смежеству с юго-восточной стороны с. Отрадинское, ответчиком не только нарушена взаимосвязь генетических горизонтов в профиле серой лесной среднесуглинистой почвы, но и механическим заполнением траншей мелкоземом и дефекатом полностью уничтожены профильные взаимосвязи генетических горизонтов, что привело к изменению структурно-агрегатного состава, снижению гумусового состояния и питательного режима в созданных питательных грунтах нарушенных территорий.

Таким образом, на земельных участках сельскохозяйственного назначения, расположенных по адресу: Орловская область, Мценский район, с/п Отрадинское, допущено извлечение и полное уничтожение профильного расположения и взаимосвязей генетических горизонтов серой лесной среднесуглинистой почвы на площади 0,88 га, восстановить которые невозможно. Согласно расчетам, размер нанесенного вреда по «Методике исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (Приказ Минприроды России № 238 от 8.07.2010г) составляет девять миллионов сто пятьдесят две тысячи рублей (9152000), рассчитанный по формуле:  $УЩ_{порч} = S \times K_r \times K_{исх} \times T_x$ ; где S-площадь участка м<sup>2</sup>,  $K_r$  – показатель глубины порчи почвы до 50 см =1,3;  $K_{исх}$  – показатель категории земель и целевого назначения, сельскохозяйственные угодия = 1,6;  $T_x$  – такса для исчисления размера вреда (лесостепная зона серых лесных почв = 500 руб /м<sup>2</sup>)

$8800 \text{ м}^2 \times 1,3 \times 1,6 \times 500 = 9152000$  рублей.

Результатами выполненных анализов исследования образцов грунтов, отобранных на исследуемых земельных участках, показано, что нарушение проекта рекультивации по восстановлению плодородного слоя почвы привело к неоднородности гумусового состояния и показателей, характеризующих кислотно-основное со-

стояние и питательный режим созданных питательных грунтов на нарушенных территориях.

В нарушение технологии рекультивационных работ был использован фильтрационный осадок свеклосахарного производства – сахарный дефекант для создания плодородного слоя, что обусловило образование элементарного геохимического агроландшафта, усиление процессов оподзаливания, изменение окислительно-восстановительных условий, миграции органоминеральных соединений, изменение микробиологического состояния почвы, что представляет реальную опасность в волновом распространении загрязняющих веществ в горизонтальном и вертикальном направлениях как в нарушенных территориях, так и на прилегающих

к ним почвенных участках[4].

Нарушение геохимических барьеров, характерных для профиля серых лесных почв, допущенное ответчиком при выемке почвенной массы до глубины 2,5м, создает экологическую напряженность исследуемых территорий и требует контроля изменения показателей, характеризующих экологическое состояние ландшафтов в сезонной динамике от весны к лету и осени, и от осени к зиме и весне, так как знание таких изменений позволяет более точно прогнозировать изменение физико-химических и агрохимических свойств почв в течение года. Знание таких изменений позволит более точно прогнозировать и оценить влияние на плодородие почвы и степень эволюции почвы.

#### Библиографический список

1. Савич В.И., Парахин Н.В., Степанова Л.П. и др. Агрономическая оценка гумусового состояния почв. Орёл: ОГАУ, 2001. Т. 1. 233 с.; Т. 2. 204 с.
2. Савич В.И., Куликов А.М., Ванькова А.А. Использование биологических генетических тестов при оценке загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции свинцом Известия ТСХА, 2003, вып. 1. С. 1-12.
3. Седых В.А., Филиппова А.В., Саидов А.К. Изменение подвижности тяжелых металлов в почвах при применении высоких доз органических удобрений Изв. Оренбургского ГАУ, 2012, №4. С. 209-212.
4. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Яшин А.И., Мышкин А.И. Воздействие солевых алюминиевых шлаковых отходов производства на экологическое состояние серых лесных почв и здоровье человека (на примере территории шлакового отвала МЗАЛ, п. Б. Думчино, Мценского района, Орловской области) Вестник РУДН. №2, 2009. С.82-88.
5. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Яшин А.И. Влияние техногенеза на экологическое состояние серых лесных почв. Вестник РУДН. №2 2010. С. 50-59
6. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Коренькова Е.А., Мышкин А.И., Степанова Е.И., Таракин А.В. Влияние техногенеза на качественный состав и количественные параметры геохимических аномалий в водах р. Ока // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». № 2 (13), 2013.

#### References

1. Savich V. I., Parakhin N. V., Stepanova L. P., etc. Agronomical assessment of a humic condition of soils. Orel: OSAU, 2001. 233 p.
2. Savich V. I., Kulikov A. M., Vankova A. A. Use of biological genetic tests at an assessment of pollution of soils and agricultural production of leads TSHA news, 2003, № 1. Pp. 1-12.
3. Sedych V. A., Filippova A. V., Saidov A. K. Change of mobility of heavy metals in soils at application of high doses of organic fertilizers. News of the Orenburg SAU, 2012, № 4. Pp. 209-212.
4. Stepanova L. P., Yakovleva E. V., Yashin A. I., Myshkin A. I. Impact of salt aluminum slag production wastes on ecological condition of gray forest soils and human health (on the example of the territory of a slag dump of MZAL, B. Dumchino, the Mtsensk district, the Orel region) Bulletin of Peoples Friendship University of Russia. № 2, 2009. Pp. 82-88.
5. Stepanova L. P., Yakovleva E. V., Yashin A. I. Influence of technogenesis on the ecological state of gray forest soils. Bulletin of Peoples Friendship University of Russia. №2, 2010. Pp. 50-59.
6. Stepanova L. P., Yakovlev E. V., Korenkova E. A., Myshkin A. I., Stepanova E. I., Tarakin A. V. Influence of technogenesis on qualitative structure and quantitative parameters of geochemical anomalies in waters of the Oka river. Electronic research and production journal "Agroekoinfo". № 2 (13), 2013.



УДК 634.233

UDC 634.23:581.143.6

**И.Э. ФЕДОТОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения и прикладной биологии, Орловский государственный университет

E-mail: fedotovaie@mail.ru

**О.В. ОСТРИКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра почвоведения и прикладной биологии, Орловский государственный университет

E-mail: ostrikov\_au@mail.ru

**А.Ф. КОЛЕСНИКОВА**

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Орловский государственный университет

E-mail: fedotovaie@mail.ru

**I.E. FEDOTOVA**

Candidate of agricultural sciences, Associate Professor, Head of soil science and applied biology, Orel State University

E-mail: fedotovaie@mail.ru

**O.V. OSTRIKOVA**

Candidate of agricultural sciences, Associate Professor, Department of soil science and applied biology, Orel State University

E-mail: ostrikov\_au@mail.ru

**A.F. KOLESNIKOVA**

Doctor of agricultural sciences, Chief researcher, Orel State University

E-mail: fedotovaie@mail.ru

**ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЗИМОСТОЙКОСТИ СОРТОВ СЛИВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМОГО РЕЖИМА\***

**STUDYING OF COMPONENTS OF WINTER HARDINESS OF GRADES OF PLUM DEPENDING ON A SPECIFIC ORIGIN IN THE CONDITIONS OF THE CONTROLLED MODE**

*Изучено подмерзание генеративных почек и тканей побегов сортов сливы при промораживании в условиях контролируемого режима, соответствующего четырём компонентам зимостойкости. Выявлены особенности адаптивности к повреждающим факторам зимнего периода сортов сливы в зависимости от генотипа.*

*Ключевые слова:* слива, сорта, компоненты зимостойкости, генеративные почки, ткани побегов, адаптивность, доноры зимостойкости.

*The freeze slightly of generative kidneys and escapes fabrics of plum grades at frost penetration in the conditions of controlled mode which corresponding to four components of winter hardiness is studied. Features of grades plum adaptability to the damaging factors at the winter period depending on a genotype are revealed.*

*Keywords:* plum, grades, winter hardiness components, generative kidneys, escapes fabrics, adaptability, donors of winter hardiness.

**Актуальность исследований**

Слива – ценная плодовая культура, которая по площади возделывания среди косточковых культур в садах России занимает второе место, уступая лишь вишне. Современные сорта сливы отличаются высокой продуктивностью и урожайностью, а их плоды характеризуются высокими потребительскими качествами и лечебными свойствами [1;3]. Адаптивность к условиям выращивания обуславливает регионы возделывания и районирования. Зимостойкость сортов сливы лимитирует их распространение в средней полосе России. В настоящее время различают четыре компонента, определяющие зимостойкость плодовых культур [9]. Первый компонент – устойчивость к критическим температурам в конце осени–начале зимы; второй – устойчивость к самым сильным морозам в середине зимы; третий – устойчивость в период оттепели, при значительных суточных перепадах температур; четвёртый – устойчивость к возвратным морозам, которые приходят после оттепели и постепенного понижения температуры.

Наименее адаптированными, преимущественно по третьему и четвёртому компоненту зимостойкости, являются цветковые почки сливы, уровень их зимостойкости во многом зависит от генетического происхождения

сортов. Цветковые почки сортов сливы домашней в состоянии зимнего покоя в условиях Центрального региона России проявляют достаточную морозостойкость (могут переносить температуры до  $-30 - -35^{\circ}\text{C}$ ) [11]. Ещё более морозостойки сорта сливы уссурийской (выдерживают морозы в состоянии зимнего покоя до  $-40 - -45^{\circ}\text{C}$ ). Подмерзание цветковых почек сливы происходит либо в экстремально суровые морозные зимы, либо в основном в период оттепелей при значительных суточных перепадах температур, а также под воздействием возвратных морозов после оттепелей. При этом они могут полностью вымерзнуть при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже. Более устойчивыми в таком случае окажутся те сорта сливы, которые способны к повторной закалке после выхода из состояния зимнего покоя [5; 6; 10]. Это, главным образом, некоторые сорта сливы домашней, в то время как сорта сливы, в происхождении которых участвовал вид слива уссурийская, практически не адаптированы к мягким зимам с частыми оттепелями и возвратными морозами.

Повреждающими факторами зимнего периода могут быть повреждены отдельные ткани и органы деревьев сливы. Среди наиболее характерных типов зимних повреждений деревьев сливы можно выделить солнечные

\* Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства Образования и науки РФ Орловскому государственному университету, проект № 1506 «Эволюция экосистем Среднерусской возвышенности в ближайшем геологическом прошлом, настоящем и прогноз их развития в условиях климатических изменений».

ожоги (в наибольшей степени от них страдают сорта сливы домашней) и подопревание основания штамба, проявляющееся в вымерзании клеток коры и камбия (в наибольшей степени страдают сорта сливы уссурийской) [4].

В настоящее время для Центрального региона России характерны зимы с продолжительными оттепелями, резкими колебаниями температуры в течение суток и частыми возвратными морозами в ранне-весенний период. В условиях таких зим в производственное садоводство наиболее перспективно внедрять сорта сливы, которые проявляют адаптивность к повреждающим факторам зимнего периода по всем 4 компонентам зимостойкости. В связи с этим сравнительное изучение зимостойкости сортов сливы по всем её компонентам в зависимости от видового происхождения сортов является актуальным и обязательным при определении региона возделывания и составлении районированного сортимента. Ускоренную оценку сортов сливы по компонентам зимостойкости позволяет провести метод промораживания в условиях морозильной камеры с регулируемым моделируемым режимом.

**Цель исследований** – изучить адаптивность к повреждающим факторам зимнего периода (по 4 компонентам зимостойкости в условиях контролируемого режима) сортов сливы в зависимости от их видового происхождения.

#### **Условия, объекты и методы исследований**

Зимостойкость изучали по 4 компонентам в искусственных условиях по методике Тюриной и Гоголевой в камере “ESPEC” PSL-KPH ВНИИСПК [12]:

**1 компонент** – устойчивость к ранним морозам в ноябре – начале декабря. Режим этого компонента составил: закалка  $-5^{\circ}\text{C}$  (5 суток) и  $-10^{\circ}\text{C}$  (5 суток), а затем снижение температуры по 3 или  $5^{\circ}\text{C}$  в час. Далее промораживание, которое составляет 8 часов каждой из тестируемых температур. После 8-часового промораживания оттаивание и хранение образцов в камере для оттаивания при  $2^{\circ}\text{C}$  или хранения при  $-2^{\circ}\text{C}$ .

**2 компонент** – максимальный уровень морозостойкости при закалке в январе. Температура промораживания до  $-35^{\circ}$ . Применение такого же режима закалки и промораживания, как предыдущий, но при более низких температурах.

**3 компонент** – сохранение устойчивости в периоды оттепелей. Для выявления реакции сортов на оттепели после закалки при  $-5^{\circ}$  и  $-10^{\circ}\text{C}$  хранение срезанных ветвей в шкафу с температурой  $+2^{\circ}\text{C}$  3 дня, а затем промораживание при температуре  $-20^{\circ}$ .

**4 компонент** – способность восстанавливать устойчивость при повторной закалке после оттепелей. Осуществлялась закалка 8 дней при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  и  $-10^{\circ}\text{C}$ , затем 3 дня оттепель при температуре  $+2^{\circ}\text{C}$ , далее снова закалка при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  и  $-10^{\circ}\text{C}$  и в завершении промораживание  $-23^{\circ}\text{C}$ .

После промораживания оценивали подмерзание тканей (коры, камбия, древесины) и подмерзание почек по 5-ти балльной шкале.

В качестве объектов исследований были взяты сорта сливы китайской: Аленушка, Краса Орловщины, Красивая веча, Неженка, Орловская мечта, Орловский сувенир, Скороплодная; сорта сливы домашней: Болховчанка, Надежда, Окская, Рекорд и сорт Евразия – с комплексом признаков сливы китайской и сливы домашней.

Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками [2;7;8].

#### **Результаты исследований**

Изучение адаптивности сортов сливы при промораживании в режиме проверки первого компонента зимостойкости показало, что генеративные почки большинства изученных сортов высоко устойчивы к повреждающим факторам зимнего периода по данному компоненту зимостойкости: средний балл подмерзания по всем сортам составил 0,66 (табл. 1). Сильнее других изученных сортов подмёрзли генеративные почки сорта Надежда: средний балл подмерзания 1,90.

Мало подмёрзли и ткани однолетних побегов большинства изученных сортов сливы: средний балл подмерзания коры по всем сортам – 0,22; камбия – 0,13; древесины – 0,77. Несколько больше подмёрзла древесина сорта Красивая веча: средний балл подмерзания 1,90.

Исследованиями установлено, что большинство изученных сортов сливы по первому компоненту зимостойкости являются высокзимостойкими. Зимостойкими оказались сорт Красивая веча, в происхождении которого участвовала слива китайская, и сорт Надежда, произошедшая от сливы домашней.

При промораживании побегов сортов сливы в режиме проверки второго компонента зимостойкости установили, что в состоянии глубокого покоя генеративные почки большинства изученных сортов подмерзают при воздействии экстремально низких температур: средний балл подмерзания по всем сортам составил 3,08 (табл. 1). Достоверных различий по степени подмерзания между группами сортов не выявлено. Несколько большую устойчивость проявили лишь генеративные почки сортов Орловская мечта (1,55 балла) и Неженка (1,90 балла) из группы сливы китайской и сорт Болховчанка (1,40 балла) из группы сливы домашней. Значительное подмерзание генеративных почек отмечено у сорта Краса Орловщины (4,30 балла), у остальных сортов цветковые почки слабоморозостойки.

Несколько в меньшей степени подвержены действию экстремально низких температур ткани однолетних побегов изученных сортов сливы. В среднем по всем изученным сортам подмерзание коры – 2,28 балла; древесины – 2,34 балла. Исключением оказались сорта группы сливы китайской – Красивая веча и Краса Орловщины: средний балл подмерзания коры 3,30 и 3,90 балла соответственно. Наиболее сильное подмерзание камбия было зафиксировано у сорта Краса Орловщины (3,90 балла) из группы сливы китайской. Очень слабо подмёрз камбий у сортов Орловская мечта (0,35 балла) из группы сливы китайской и Болховчанка

Таблица 1.

Подмерзание генеративных почек и тканей побегов сортов сливы в условиях контролируемых режимов, соответствующих первому и второму компоненту зимостойкости, балл.

Название сорта	Генерат. почки	Кора	Камбий	Древе- сина	Генерат. почки	Кора	Камбий	Древе- сина
1 компонент					2 компонент			
Слива китайская								
Аленушка	0,38	0,15	0,04	0,95	3,10	2,90	2,50	3,00
Скороплодная	0,50	0,18	0,10	0,86	3,30	2,50	2,00	2,10
Красивая вече	1,06	0,30	0,14	1,90	3,76	3,30	3,00	2,40
О р л о в с к и й сувенир	0,16	0,00	0,00	0,52	3,00	1,37	0,83	2,05
Орловская мечта	0,40	0,10	0,10	0,00	1,55	1,05	0,35	1,90
Неженка	0,90	0,70	0,60	0,86	1,90	1,40	1,40	2,20
Краса Орловщины	0,38	0,06	0,00	0,28	4,30	3,90	3,90	2,20
В среднем по группе:	0,54	0,22	0,14	0,77	2,99	2,35	2,00	2,26
НСР <sub>0,5</sub>	0,10	0,04	0,05	0,08	0,21	0,15	0,11	0,13
Слива домашняя								
Болховчанка	0,30	0,10	0,04	0,62	1,40	1,50	0,50	2,40
Надежда	1,90	0,70	0,30	1,00	4,00	2,70	1,90	2,50
Окская	0,76	0,16	0,14	0,28	3,63	2,38	1,75	2,88
Рекорд	0,53	0,00	0,00	0,50	3,70	2,10	1,50	2,52
В среднем по группе:	0,87	0,24	0,12	0,60	3,19	2,17	1,41	2,58
НСР <sub>0,5</sub>	0,09	0,05	0,06	0,09	0,27	0,18	0,12	0,17
Евразия	0,62	0,21	0,12	0,70	3,30	2,20	2,30	1,90
В среднем по всем сортам:	0,66	0,22	0,13	0,71	3,08	2,28	1,83	2,34
НСР <sub>0,5</sub>	0,08	0,05	0,06	0,09	0,25	0,16	0,12	0,15

(0,50 балла) из группы сливы домашней.

Согласно проведенным исследованиям зимостойкости сортов по второму компоненту все изученные сорта можно разделить на следующие группы по уровню морозостойкости: морозостойкий сорт – Орловская мечта; среднеморозостойкие сорта – Неженка, Орловский сувенир и Болховчанка; слабоморозостойкие сорта – Алёнушка, Скороплодная, Красивая вече, Надежда, Окская, Рекорд и Евразия; неморозостойкий сорт – Краса Орловщины.

При промораживании побегов сортов сливы в режиме проверки третьего компонента зимостойкости установили, что генеративные почки большинства изученных сортов подмёрзли слабо: средний балл подмерзания по всем сортам составляет 0,55 балла (табл. 2). Наиболее уязвимыми по третьему компоненту зимостойкости оказались генеративные почки сортов Надежда и Евразия: средний балл подмерзания у обоих сортов – 1,70 балла.

В чуть большей степени, чем генеративные почки, оказалась повреждённой древесина изучаемых сортов сливы: средний балл подмерзания по всем сортам 1,18 балла. Отмечено также незначительное подмерзание коры и камбия: в среднем по всем сортам 0,32 и 0,26 баллов соответственно.

Таким образом, установили, что по третьему компоненту высокозимостойкими являются сорта сливы Алёнушка, Болховчанка, Рекорд, зимостойкими — все остальные изученные сорта.

При изучении степени подмерзания побегов сортов сливы при промораживании в режиме проверки четвёртого компонента зимостойкости установили, что генеративные почки в среднем по всем изученным сортам были повреждены на 1,22 балла (табл. 2).

Различий в зимостойкости генеративных почек между группой сортов сливы китайской и группой сортов сливы домашней не выявлено: 1,20 и 1,19 балла подмерзания соответственно. Слабо подмёрзли генеративные почки сортов Болховчанка (0,40 балла), Рекорд (0,47 балла), Неженка (0,80 балла) и Краса Орловщины (0,80 балла). Генеративные почки сорта Надежда подмёрзли сильнее других сортов – на 2,40 балла.

Больше, чем у генеративных почек, оказалась повреждена древесина однолетних побегов сортов сливы: средний балл подмерзания составил 2,08 балла. По подмерзанию древесины большинство изученных сортов среднезимостойки. Зимостойкими по данному признаку оказались сорта Болховчанка (подмерзание на 1,70 балла), Краса Орловщины и Надежда (подмерзание на 1,90 балла).

На основании проведенных исследований адаптивности сортов сливы по четвёртому компоненту зимостойкости установили, что большинство изученных сортов по данному компоненту являются среднезимостойкими (несмотря на то, что их цветковые почки в основном зимостойки). Зимостойкими являются сорта Краса Орловщины и Болховчанка.

На основании обобщения данных уровня зимостойкости по всем четырём компонентам, среди изу-

Таблица 2.

Подмерзание генеративных почек и тканей побегов сортов сливы в условиях контролируемых режимов, соответствующих третьему и четвертому компоненту зимостойкости, балл.

Название сорта	Генерат. почки	Кора	Камбий	Древесина	Генерат. почки	Кора	Камбий	Древесина
3 компонент					4 компонент			
Слива китайская								
Аленушка	0,00	0,00	0,00	0,70	1,30	1,00	0,50	2,30
Скороплодная	0,50	0,00	0,00	1,90	1,30	1,20	1,10	2,50
Красивая веча	0,33	0,33	0,17	1,00	1,10	1,10	1,00	2,00
Орловский сувенир	0,30	0,40	0,20	1,40	1,30	1,30	1,20	2,10
Орловская мечта	0,50	0,00	0,00	1,50	1,80	1,40	1,10	2,10
Неженка	0,20	0,20	0,20	1,50	0,80	1,00	0,70	2,20
Краса Орловщины	0,00	0,00	0,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,90
В среднем по группе:	0,26	0,13	0,08	1,29	1,20	1,14	0,94	2,16
НСР <sub>0,5</sub>	0,08	0,10	0,10	0,18	0,11	0,14	0,16	0,27
Слива домашняя								
Болховчанка	0,50	0,30	0,30	0,90	0,40	0,50	0,40	1,70
Надежда	1,70	0,80	0,80	1,40	2,40	1,90	1,40	1,90
Окская	0,70	0,80	0,60	1,20	1,50	1,30	1,00	2,20
Рекорд	0,17	0,33	0,17	0,50	0,47	0,80	0,60	2,00
В среднем по группе:	0,77	0,48	0,36	0,87	1,19	1,13	0,85	1,95
НСР <sub>0,5</sub>	0,11	0,08	0,08	0,09	0,16	0,12	0,18	0,17
Евразия	1,70	1,20	1,20	1,40	1,50	1,50	1,40	2,00
В среднем по всем сортам:	0,55	0,32	0,26	1,18	1,22	1,17	0,95	2,08
НСР <sub>0,5</sub>	0,09	0,09	0,09	0,11	0,14	0,12	0,16	0,22

ченных сортов сливы выделены следующие группы: среднезимостойкие сорта – Орловская мечта, Неженка, Болховчанка, Орловский сувенир; слабозимостойкие – Алёнушка, Скороплодная, Красивая веча, Надежда, Окская, Рекорд, Евразия; незимостойкие – Краса Орловщины.

### Выводы

1. Выявлены особенности адаптивности к повреждающим факторам зимнего периода (по 4 компонентам зимостойкости в условиях контролируемого режима) сортов сливы в зависимости от генотипа.
2. Второй компонент зимостойкости (морозостойкость) в наибольшей степени лимитирует возделывание сливы изученных генотипов в Центральном и Центральном-Чернозёмном регионах России.

3. В период зимнего покоя изученные генотипы сливы значительно повреждаются возвратными морозами после оттепелей (4 компонент зимостойкости).

4. Значительных различий по степени зимостойкости сливы (по всем компонентам) между разными по видовому происхождению группами сортов не выявлено.

5. Высокозимостойких и зимостойких сортов сливы по всем 4 компонентам среди изученных сортов не выявлено.

6. Выявлены среднезимостойкие по 4 компонентам зимостойкости сорта сливы, как адаптивные, пригодные для возделывания в производстве в Центральном и Центральном-Чернозёмном регионах России: из группы сливы китайской – Орловская мечта, Неженка, Орловский сувенир; из группы сливы домашней – Болховчанка.

### Библиографический список

1. Витковский В.Л. Слива. Настольная книга садовода. СПб.: Лань, 2000.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985.
3. Ерёмин Г.В. Слива и алыча. М.: ООО «Издательство АСТ», 2003.
4. Казьмин Г.Т. Дальневосточные сливы. Хабаровск: Хабаровское кн. Изд-во, 1966.
5. Нестеров Я.С. Методические рекомендации по селекции плодовых и ягодных культур в связи с периодом покоя. Тамбов, 1971.
6. Нестеров Я.С., Курсаков Г.А., Савельев Н.И. Зимостойкость сливы в связи с периодом покоя. Бюлл.НТИ ЦГЛ, 1977.
7. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995.
8. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999.
9. Резвякова С.В. Оценка плодовых культур по компонентам. Орел: изд-во ОрелГАУ, 2007.
10. Ряднова И.М., Еремин Г.В. Зимостойкость плодовых деревьев на юге СССР. М.: Колос, 1964.
11. Туровская Л.А., Дутова Л.И., Алёхина Е.М. Морозостойкость генеративных почек косточковых плодовых пород в связи с биологическими особенностями их развития. Сб. Проблемы садоводства Северного Кавказа. Краснодар, 1970.
12. Тюрин М.М. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных растений. М., 1978.



References

1. *Vitkovsky V.L.* Plum. Reference book of the gardener. SPb.: Lan`, 2000.
  2. *Dospehov V.A.* Method of a field experiment (with bases of statistical processing of researches results). M.: Kolos, 1985.
  3. *Eryomin G.V.* Plum and cherry plum. M.: JSC Nuclear Heating Plant Publishing House, 2003.
  4. *Kazmin G.T.* Far East plums. Khabarovsk: Khabarovsk publishing house, 1966.
  5. *Nesterov Ya.S.* Methodical recommendations about selection of fruit and berry crops in connection with the dormant period. Tambov, 1971.
  6. *Nesterov Ya.S., Kursakov G. A., Savelyev N. I.* Winter hardiness of plum in connection with the dormant period. Bulletin NTI TsGL, 1977.
  7. Program and technique of selection of fruit, berry and nut bearing crops. Orel: VNIISPK, 1995.
  8. Program and technique of a grade studying of fruit, berry and nut bearing crops. Orel: VNIISPK, 1999.
  9. *Rezyakova S.V.* An assessment of fruit crops on components. Orel: publishing house of ORELGAU, 2007.
  10. *Ryadnova I.M., Eremin G.V.* Winter hardiness of fruit-trees in the south of the USSR. M.: Ear, 1964.
  11. *Turovskaya L.A., Dutova L.I., Alyokhina E.M.* Frost resistance of generative buds the of stone-fruit breeds in connection with biological features of their development. Collection of articles Problems of gardening of the North Caucasus. Krasnodar, 1970.
  12. *Tyurina M.M.* The accelerated assessment of winter hardiness of fruit and berry plants. M, 1978.
- 
-

УДК 636.5.033

UDC 636.5.033

**И.В. ЧЕРВОНОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель, кафедра зооигиены и кормления сельскохозяйственных животных, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: Katya\_che@bk.ru

**С. В. МОШКИНА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зооигиены и кормления сельскохозяйственных животных, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: swetlaskh@rambler.ru

**Н.В. АБРАМКОВА**

кандидат биологических наук, доцент, Орловский государственный аграрный университет

E-mail: necz34@mail.ru

**I.V. CHERVONOVA**

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Department of zoogigieny and feeding of farm animals, Orel State Agrarian University

**S.V. MOSHKINA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of zoogigieny and feeding of farm animals, Orel State Agrarian University

**N.V. ABRAMKOVA**

Candidate of Biology, Associate Professor, Orel State Agrarian University

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА «ЭКОФИЛЬТРУМ» В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА БРОЙЛЕРОВ

#### THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF PREPARATION «ECOFILTRUM» IN THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF BROILER MEAT

*В результате проведенных исследований было отмечено, что включение комплексного препарата пребиотического действия «Экофилтрум» в комбикорма цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» способствовало улучшению зоотехнических показателей их выращивания. Лучшие результаты были получены в 3-й группе при включении в комбикорма для бройлеров 0,8 кг препарата «Экофилтрум» на 1 т комбикорма.*

*Ключевые слова:* цыплята-бройлеры, «Экофилтрум», зоотехнические показатели выращивания, микрофлора кишечного тракта.

*Introduction of the preparation prebiotic effect «Ecofiltrum» into the complete feeds of cross «Ross-308» broiler chickens promoted improvement of zootechnical indicators of their rearing. The best results were obtained in the 3rd group for inclusion in feed for broilers 0.8 kg of the preparation «Ecofiltrum» per 1 ton of feed.*

*Keywords:* broiler chickens, «Ecofiltrum», zootechnical indicators of rearing, microflora of the intestinal tract.

Необходимым условием для нормальной жизнедеятельности птицы является поддержание оптимального соотношения между собственной и потенциально-патогенной микрофлорой кишечника. Любой сдвиг этого равновесия может привести к различным физиологическим нарушениям организма бройлеров и, как результат, снижению показателей их продуктивности [5].

На протяжении долгого времени в качестве основного препарата, предназначенного для контроля микрофлоры кишечника цыплят-бройлеров, выступали кормовые антибиотики, которые имели серьезные недостатки. Во-первых, при их использовании погибала не только патогенная микрофлора, но и нормальная. Во-вторых, они могли накапливаться в органах и мясе бройлеров и через мясную продукцию наносить вред здоровью человека. Поэтому был введен запрет на использование кормовых антибиотиков в странах Европейского союза [4].

В настоящее время существует альтернатива кормовым антибиотикам, а именно, использование пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, фитобиотиков, сорбентов, а также разработанных на их основе комплексных препаратов [2, 3, 8, 10]. Природа данных препаратов различна и соответственно отличаются ме-

ханизмы первичного действия. Однако они все регулируют микрофлору желудочно-кишечного тракта, в результате опосредованно воздействуют и на продуктивные качества цыплят-бройлеров, и на их сохранность [9].

Пребиотики добавляют к основному рациону, чтобы увеличить эффективность использования питательных веществ корма. При этом пребиотические препараты расщепляются и всасываются только в кишечнике птицы, не подвергаясь никаким структурным изменениям в верхних отделах пищеварительной системы. Ко всему прочему включение пребиотиков в рацион цыплят-бройлеров способствует активному росту полезной микрофлоры кишечника, в первую очередь, бифидобактерий и лактобактерий [6]. В целом можно отметить двойное действие данных препаратов, во-первых, они в кишечнике цыплят создают своеобразный защитный барьер, препятствующий проникновению патогенных бактерий из внешней среды, а во-вторых, они улучшают зоотехнические показатели выращивания бройлеров [7].

Одним из комплексных препаратов пребиотического действия является «Экофилтрум», состоящий из сорбента лигнина и пребиотика лактулозы (производитель – ОАО «АВВА РУС»). Лактулоза – пребиотик с наивысшим индексом пребиотической активности,

стимулирует рост лакто- и бифидобактерий в толстом кишечнике, способствует улучшению усвоения питательных веществ, повышению иммунитета. Лигнин – эффективный и безопасный сорбент, обладающий высокой сорбционной емкостью, сорбирует и выводит из организма различные токсины [1].

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение эффективности применения комплексного препарата пребиотического действия «Экофилтрум» при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Росс-308».

#### Материалы и методы исследований

Экспериментальная часть работы выполнена на птицефабрике СП «Фабрика по производству мяса птицы» ЗАО АПК «Орловская Нива». Для опыта было сформировано 4 группы из суточных цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» по 50 голов в каждой группе, аналогичных по живой массе и клинико-физиологическому состоянию. Бройлеры выращивались на подстилке в типовом безоконном птичнике до 38-дневного возраста без разделения по полу.

Кормление осуществлялось вволю полнорационными рассыпными комбикормами с питательностью, соответствующей нормам ВНИТИП и рекомендациям для данного кросса. Основные условия содержания цыплят (параметры микроклимата, световой режим, плотность посадки, фронт кормления и поения) были одинаковы для всех групп и соответствовали «Руководству по выращиванию бройлеров «Росс-308» и рекомендациям ВНИТИП. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Схема опыта

Группы	Особенности кормления
1-ая (контроль)	Основной рацион
2-ая опытная	ОР + 0,4 кг комплексного препарата «Экофилтрум» на 1 т комбикорма
3-я опытная	ОР + 0,8 кг комплексного препарата «Экофилтрум» на 1 т комбикорма
4-ая опытная	ОР + 1,6 кг комплексного препарата «Экофилтрум» на 1 т комбикорма

«Экофилтрум» вводили в состав комбикорма на предприятии путем ручного смешивания непосредственно перед кормлением птицы.

Зоотехнические показатели определяли с использованием общепринятых методов исследования.

Микробиологические исследования проводили согласно методическим рекомендациям «Выделение и идентификация бактерий желудочно-кишечного тракта животных», утвержденным Департаментом ветеринарии Минсельхоза РФ (рег. № 13-5-02/1043 от 11.05.2004).

Статистическая обработка цифрового материала экспериментальных данных выполнена на ПК с использованием программы «Microsoft Excel».

#### Результаты исследований

Основные зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров представлены в таблице 2. Установлено, что включение в рацион бройлеров комплексного препарата пребиотического действия «Экофилтрум» способствовало увеличению их живой массы. В конце выращивания максимальный показатель живой массы был отмечен в 3-й опытной группе – 2198,4 г, что выше на 6,64% ( $P<0,001$ ) по сравнению с контролем. В 4-й группе увеличение составило 5,90% ( $P<0,001$ ), а во 2-й опытной – 1,66%.

Среднесуточный прирост живой массы был высоким у всех цыплят-бройлеров – 53,2-56,8 г, причем в опытных группах он был выше, чем в контроле. Максимальный среднесуточный прирост наблюдался в 3-й группе, где разница с контролем составила 3,6 г. В результате применения препарата «Экофилтрум» увеличилась сохранность цыплят-бройлеров с 94,0% (контроль) до 96,0-98,0% (опытные группы).

Затраты корма на 1 кг прироста живой массы снизились в опытных группах на 1,64%, 6,01 и 5,46% соответственно во 2-й, 3-й и 4-й опытной группе по сравнению с контролем.

Улучшение основных зоотехнических показателей в опытных группах обеспечило более высокий европейский фактор эффективности 293,79-330,29 ед., что на 15,53-52,03 ед. выше, чем в контрольной группе. Максимальный показатель европейского фактора эффективности был отмечен в 3-й опытной группе и составил 330,29 ед.

В рамках эксперимента нами было изучено влияние пребиотического препарата «Экофилтрум» на видовой и количественный состав микрофлоры кишечного тракта у цыплят-бройлеров подопытных групп (табл. 3).

Таблица 2.

Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров ( $M\pm m$ )

Показатели	Группы			
	1-ая (контроль)	2-ая опытная	3-я опытная	4-ая опытная
Принято на выращивание, гол.	50	50	50	50
Срок выращивания, дней	38	38	38	38
Средняя живая масса 1 гол., г	2061,6 $\pm$ 23,7	2095,8 $\pm$ 22,4	2198,4 $\pm$ 20,6***	2183,2 $\pm$ 24,5***
Среднесуточный прирост, г	53,2	54,1	56,8	56,4
Сохранность, %	1,83	1,80	1,72	1,73
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	94,0	96,0	98,0	98,0
Европейский фактор эффективности, ед.	278,26	293,79	330,29	325,69

Примечание: \*\*\* –  $P<0,001$ .

Для этого были отобраны пробы содержимого толстого отдела кишечника у убитой птицы (по 6 голов из каждой группы). Высеивали и подсчитывали микроорганизмы на селективных средах.

Среднесуточный прирост живой массы был высоким у всех цыплят-бройлеров – 53,2-56,8 г, причем в опытных группах он был выше, чем в контроле. Максимальный среднесуточный прирост наблюдался в 3-й группе, где разница с контролем составила 3,6 г. В результате применения препарата «Экофилтрум» увеличилась сохранность цыплят-бройлеров с 94,0% (контроль) до 96,0-98,0% (опытные группы).

Затраты корма на 1 кг прироста живой массы снизились в опытных группах на 1,64%, 6,01 и 5,46% соответственно во 2-й, 3-й и 4-й опытной группе по сравнению с контролем.

Улучшение основных зоотехнических показателей в опытных группах обеспечило более высокий европейский фактор эффективности 293,79-330,29 ед., что на 15,53-52,03 ед. выше, чем в контрольной группе. Максимальный показатель европейского фактора эффективности был отмечен в 3-й опытной группе и составил 330,29 ед.

В рамках эксперимента нами было изучено влияние пребиотического препарата «Экофилтрум» на видовой и количественный состав микрофлоры кишечного тракта у цыплят-бройлеров подопытных групп (табл. 3). Для этого были отобраны пробы содержимого толстого отдела кишечника у убитой птицы (по 6 голов из каждой группы). Высеивали и подсчитывали микроорганизмы на селективных средах.

Установлено, что в опытных группах произошло увеличение лакто- и бифидобактерий при одновременном снижении количества энтерококков и стафилококков. Количество лактобактерий у цыплят опытных групп по сравнению с контрольными аналогами выросло на 15,64% ( $P<0,01$ ) во 2-й группе, на 43,83% ( $P<0,001$ ) – в 3-й группе и на 47,74% ( $P<0,001$ ) – в 4-й. Во всех опыт-

ных группах произошло достоверное увеличение количества бифидобактерий. Так, во 2-й опытной группе данный показатель составил 8,04 lg КОЕ/г, в 3-й – 8,36 lg КОЕ/г и в 4-й – 8,62 lg КОЕ/г, что соответственно выше показателя контрольной группы на 18,76% ( $P<0,01$ ), 23,49% ( $P<0,001$ ) и 27,33 ( $P<0,001$ ).

Количество энтерококков в контроле составило 7,31 lg КОЕ/г, в опытных же группах отмечено достоверное снижение данного показателя: на 14,64% ( $P<0,05$ ) – во 2-й группе, на 35,43% ( $P<0,001$ ) – в 3-й и на 37,76% ( $P<0,001$ ) – в 4-й группе. Также произошло значительное уменьшение количества стафилококков с 2,54 lg КОЕ/г – в контрольной группе до 1,31 lg КОЕ/г – в 4-й опытной группе. Достоверная разница ( $P<0,001$ ) по данному показателю с контролем во 2-й группе составила 32,28%, в 3-й – 39,37%, а в 4-й – 48,43%.

Таким образом, можно отметить определенные закономерности изменения количества микроорганизмов в толстом отделе кишечника цыплят-бройлеров при включении комплексного препарата «Экофилтрум» в их рацион. Данный препарат стимулирует рост полезной микрофлоры, в первую очередь лактобактерий и бифидобактерий, снижая при этом популяции энтерококков и стафилококков, что является научным обоснованием повышения среднесуточных приростов живой массы и сохранности, а также улучшения конверсии корма.

### Вывод

Препарат пребиотического действия «Экофилтрум» стимулирует рост полезной микрофлоры в кишечнике, в первую очередь лактобактерий и бифидобактерий, в результате чего повышается продуктивность и сохранность цыплят-бройлеров. При этом следует отметить, что из всех опытных групп лучшие результаты получены в 3-й группе при включении в комбикорма для бройлеров 0,8 кг препарата «Экофилтрум» на 1 т комбикорма.

Таблица 3.

Количество микроорганизмов в кишечнике цыплят-бройлеров, lg КОЕ/г ( $M \pm m$ )

Микроорганизмы	Группа			
	1-ая (контроль)	2-ая опытная	3-ая опытная	4-ая опытная
Бифидобактерии	6,77 $\pm$ 0,23	8,04 $\pm$ 0,25**	8,36 $\pm$ 0,22***	8,62 $\pm$ 0,18***
Лактобактерии	4,86 $\pm$ 0,13	5,62 $\pm$ 0,14**	6,99 $\pm$ 0,15***	7,18 $\pm$ 0,16***
Стафилококки	2,54 $\pm$ 0,12	1,72 $\pm$ 0,12***	1,54 $\pm$ 0,11***	1,31 $\pm$ 0,09***
Энтерококки	7,31 $\pm$ 0,25	6,24 $\pm$ 0,25*	4,72 $\pm$ 0,16***	4,55 $\pm$ 0,17***

Примечание: \* -  $P<0,05$ ; \*\* -  $P<0,01$ ; \*\*\* -  $P<0,001$ .

### Библиографический список (References)

1. Buyarov V.S. Influence of the preparation «Ekofiltrum» on haematological parameters and productivity of broilers // Vestnik OrelSAU. 2012. № 6 (39). Pp. 47-49.
2. Buyarov V.S. Application of the preparations «Ekofiltrum» and «Filtrum» in industrial poultry farming // Poultry and Poultry products. 2012. № 1. Pp. 31-34.
3. Goriacheva M.M. Alternative to antibiotics / M.M. Goriacheva // Poultry and Poultry products. 2013. № 1. Pp. 16-19.
4. Gushchin V.V. Food safety – one of the main problems of poultry industry // Poultry and Poultry products. 2012. № 1. Pp. 53-56.
5. Zudyaeva T.G. Influence of additives floravit on the microflora of the gastrointestinal tract broilers // Poultry farming. 2013. № 1. Pp. 37-39.
6. Martynovchenko V. Use of enzyme-prebiotic complexes for broilers / V. Martynovchenko, A. Vasiliev // Poultry farming. 2010. № 10. Pp. 27-29.
7. Brzoska F. Effect of probiotic, prebiotic and acidifier on the body weight of broiler chickens, feed conversion, and carcass and meat composition / F. Brzoska, K. Stecka // Annals of animal science / National research institute of animal production. Krakow, 2007. Vol. 7. № 2. Pp. 279-288.
8. Chervonova I.V. Influence of probiotics «Provagen» and «Subtilis» on zootechnical indicators of rearing of cross «Ross-308» broiler chickens / I.V. Chervonova, N.V. Abramkova // Vestnik OrelSAU. 2014. № 4 (49). Pp. 31-35.
9. Doua Korver M.Y. Manipulation of poultry gut microflora with probiotics. // Poultry International. 2010. Vol. 50. № 8. Pp. 34-37.
10. Mohnl D.I. Poultry production: How probiotics can play a role // Poultry International. 2011. Vol. 50. № 9. Pp. 18-19.



УДК 618.16-002.27+618.15-007.21-053.9

UDC 618.16-002.27+618.15-007.21-053.9

**Д.С. АЙВАЗОВА**кандидат медицинских наук, доцент, кафедра акушерства и гинекологии, Орловский государственный университет  
E-mail: diana.aiwazowa@yandex.ru**Е.А. ПАЛЬЧИК**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой акушерства и гинекологии, Орловский государственный университет

**А.Б. ХУРАСЕВА**доктор медицинских наук, профессор, кафедра акушерства и гинекологии, Курский государственный медицинский университет  
E-mail: anna\_mail@bk.ru**D.S. AIVAZOVA**Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of obstetrics and gynecology, Orel State University  
E-mail: diana.aiwazowa@yandex.ru**E.A. PALCHIK**

Doctor of Medicine, Professor, Department of obstetrics and gynecology, Orel State University

**A.B. HURASEVA**Doctor of Medicine, Professor, Department of obstetrics and gynecology, Kursk State Medical University  
E-mail: anna\_mail@bk.ru**ВИРУСНЫЕ ИНФЕКЦИИ В РАЗВИТИИ НЕОПЛАСТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ  
ВУЛЬВЫ И ВЛАГАЛИЩА В ПЕРИМENOПАУЗАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ****VIRAL INFECTIONS IN THE DEVELOPMENT OF NEOPLASTIC LESIONS OF THE VULVA  
AND VAGINA IN THE PERIMENOPAUSAL PERIOD**

*В статье представлены данные по состоянию клеточного и гуморального иммунитета у женщин перименопаузального периода с дистрофическими изменениями вульвы и влагалища, ассоциированные с вирусными инфекциями, передаваемыми половым путем (ВИППП), и оценка его показателей после проведенного лечения. Обращено внимание на применение отечественного растительного препарата «Панавир», который сочетает в себе иммуномодулирующий и противовирусный эффекты. Установлено, что оптимальным способом лечения дистрофических изменений вульвы и влагалища, ассоциированных с ВИППП, является комплексная терапия двумя разными лекарственными формами растительного препарата «Панавир».*

Ключевые слова: неопластические поражения вульвы и влагалища; перименопаузальный период; вирусные инфекции, передаваемые половым путем.

*The paper presents the data as of cellular and humoral immunity in women perimenopausal period and degenerative changes of the vulva and vagina, associated with viral infections, sexually transmitted diseases (VIPST) and evaluation of its performance after the conducted treatment. Attention is drawn to the application of the herbal preparation panavirum, which combines the immunomodulatory and antiviral effects. It is established that the optimal method of treatment of degenerative changes of the vulva and vagina, associated with VIPST is the complex therapy in two different dosage forms plant drug panavirum.*

Keywords: neoplastic vulva and vagina defeats; perimenopausal period; the virus infections transferred by the sexual way.

Дистрофия вульвы и влагалища является важной медицинской и социальной проблемой. С одной стороны, диагностика данной патологии не составляет труда как следствие визуальной доступности, но при этом заболевание трудно поддается лечению, имеет тенденцию к хроническому течению и с большой долей вероятности переходит в злокачественное поражение. Дистрофические изменения вульвы и влагалища выявляются у 10-15% больных, обращающихся за помощью в женскую консультацию, каждая вторая пациентка с данной патологией – это женщина в пери- и постменопаузе [8].

В данный период жизни женщины происходят изменения гормонального фона, характеризующиеся значимым снижением эстрогенов, а также нарушения гуморального и клеточного иммунитета. Еще одной характерной особенностью перименопаузального периода является накопление генетических поломок ДНК клеток [1].

Согласно современным представлениям об этиологии предраковых и раковых заболеваний вульвы и влагалища, ведущая роль отводится вирусным инфекциям,

передаваемым половым путем (ВИППП). Большое значение в развитии онкологических процессов принадлежит следующим вирусам: вирусу папилломы человека (ВПЧ), вирусу простого герпеса (ВПГ), цитомегаловирусу (ЦМВ), вирусу Эпштейн-Барр. На первом месте в генезе рака вульвы и влагалища стоит ВПЧ [10]. При раке вульвы присутствие ДНК ВПЧ устанавливается в 60-75% наблюдений [1].

Заболевания, ассоциированные с ВИППП, протекают на фоне дисбаланса количественного состава микрофлоры органов малого таза. Присоединение бактериальных инфекций к ВИППП также повышают риск канцерогенеза. Вульвовагинальная зона является наиболее ярким примером конфликта в относительно стабильной экосистеме при формировании менопаузы [4].

И еще одно важное обстоятельство – длительная персистенция вируса в организме хозяина приводит к развитию иммунодефицитных состояний, обусловленных недостаточностью различных звеньев иммунной системы и ее неспособностью элиминировать патологического агента. В результате этих процессов образуется порочный круг, влияющий на состояние иммунной си-

стемы: с одной стороны, это инволютивно-атрофические изменения, характерные для данного периода жизни, а с другой стороны, вирусная персистенция, поддерживающая формирование воспалительных и дистрофических изменений, приводящих к нарушениям в системном иммунитете.

К дистрофиям вульвы относят: склероатрофический лишай (крауроз), лейкоплакию, первичную атрофию, склеротический дерматоз, атрофический и гипертрофический вульвиты разных типов. Клинически дистрофия вульвы проявляется гиперемией, зудом, болью, отеком, дистрофическими изменениями по белому и красному типу поражения, атрофией больших и малых половых губ, сужением входа во влагалище, слущиванием эпидермиса. Только 2% пациенток с выявленными изменениями имеют бессимптомное течение заболевания. Дистрофические изменения эпителия являются фоном для развития предрака и рака вульвы, так как именно при этих процессах формируются анатомические, микробиологические и клинические условия для интенсивной репродукции вируса, которые имеют место у 9-49% больных [11].

В то же время эффективно проводимая терапия дистрофических поражений вульвы является основой профилактики рака, занимающего в структуре злокачественных опухолей женских половых органов четвертое место (3-8%) [3].

В соответствии с этим особую актуальность приобретает разработка алгоритма ведения больных с дистрофией вульвы и влагалища, ассоциированной с ВИППП, с включением в комплексную терапию средств, преимущественно локального действия, обеспечивающих антимикробный, противовирусный, иммунокорректирующий и регенерирующий эффект.

Согласно данным современных исследований в лечении ВИППП хорошо зарекомендовал себя противовирусный и иммунокорректирующий препарат «Панавир», обладающий перечисленными терапевтическими свойствами. Широкий спектр действия растительного препарата «Панавир» позволяет использовать его при герпетической, папилломовирусной и цитомегаловирусной инфекциях [9].

Целью нашего исследования явилось изучение состояния клеточного и гуморального иммунитета пациенток с дистрофическими изменениями вульвы и влагалища, ассоциированными с ВИППП, и оценка его показателей после проведенной этиопатогенетической терапии.

#### **Материалы и методы исследования**

Анализировались результаты обследования и лечения 24 пациенток с дистрофическими изменениями вульвы и влагалища в возрасте от 48 до 60 лет, средний возраст составил  $54.8 \pm 1.3$  года.

Критерии включения: пациентки с дистрофическими изменениями вульвы и влагалища, женщины перименопаузального периода, пациентки с вирусными инфекциями, передаваемыми половым путем (ВПЧ, ВПГ, ЦМВ и вирус Эпштейн-Барр).

Критерии исключения: женщины старше 60 лет,

пациентки со специфическими бактериальными инфекциями, передаваемыми половым путем (гонорея, трихомониаз).

Всем пациенткам проведено клинико-лабораторное обследование: общий осмотр и гинекологическое обследование, кольпоскопия, вагиноскопия, вульвоскопия, цитологическое исследование с шейки матки и мазков-отпечатков с поверхности влагалища и вульвы, бактериоскопия содержимого влагалища и слизи цервикального канала, обследование на сифилис, ВИЧ, гепатит В и С, исследование показателей системного иммунитета (клеточного и гуморального звена), исследования мазков-соскобов с поверхности шейки матки и цервикального канала, с боковых стенок влагалища, вульвы для выявления специфической и неспецифической инфекции, передаваемой половым путем (хламидиоз, мико- и уреаплазмоз, ВПЧ 6, 11 типа, ВПЧ ВКР, ВПГ 1, 2 типа, ЦМВ, вирус Эпштейн-Барр) методом ПЦР.

До начала терапии проводилась санация выявленных воспалительных заболеваний урогенитального тракта и инфекций, передаваемых половым путем. В качестве противовирусного и иммунокорректирующего препарата использовали лекарственный препарат растительного происхождения «Панавир» в виде суппозитория и геля, так как местная терапия оправдана биологическими особенностями вируса папилломы, который поражает базальные клетки, и дальнейшая репликация вируса и сборка вирусных частиц происходит в дифференцированных клетках поверхностного слоя эпителия.

В зависимости от проводимой терапии пациентки были разделены на две группы: первую группу ( $n=11$ ) составляли пациентки, в лечении которых препарат «Панавир» применяли в виде ректальных суппозитория и геля, во вторую группу ( $n=13$ ) входили пациентки, получавшие данный лекарственный препарат только в виде геля. Суппозитории ректальные «Панавир» 200 мкг №10 вводили 1 раз в сутки на ночь, гель 0.002% «Панавир», в тубах по 30 грамм наносили тонким слоем на пораженные участки вульвы и слизистой стенок влагалища 3 раза в сутки в течение 15 дней. Оценка эффективности терапии проводилась на основании клинических данных, вагиноскопии, вульвоскопии, показателей иммунного статуса, определения методом ПЦР мазков-соскобов с вульвы, слизистой стенок влагалища на вирусные инфекции, передаваемые половым путем через 2 месяца после окончания лечения.

Результаты проведенных исследований были подвергнуты статистической обработке с вычислением средней арифметической величины ( $M$ ), ошибки средней арифметической ( $m$ ) и достоверности различий между показателями ( $p$ ) с использованием  $t$ -критерия Стьюдента.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

До начала лечения все 24 пациентки были обследованы на выявление вирусной инфекции методом ПЦР, при этом у 7 (29%) из них был выявлен ВПЧ 6, 11 типы, у 3 (12%) пациенток ВПЧ 16 тип, у 5 (21%) пациенток

ВПЧ 6, 16 типов, у 5 (21%) пациенток – ассоциация ВПЧ 11 типа и ВПГ 2 типа, у 3 (12%) пациенток – ЦМВ и у 1 (4%) пациентки – вирус Эпштейн-Барр.

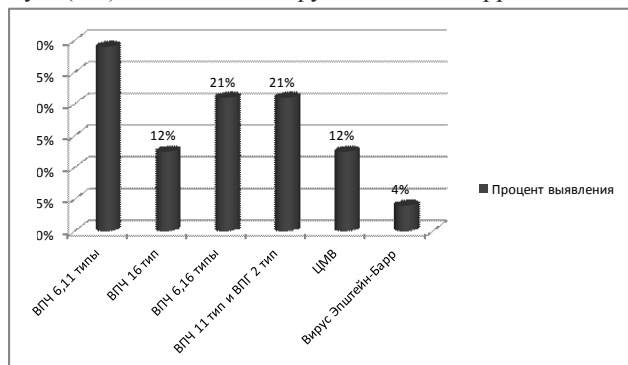


Рис.1. Результаты обследования пациентов на ВИППП.

Как видно из данных рисунка 1, большая часть пациенток подвержена действию ВПЧ низко- и высокоонкогенных типов и ВПГ, что не противоречит современным этиологическим аспектам возникновения предраковых и раковых заболеваний влагалища и вульвы [8].

При иммунологическом обследовании пациенток до лечения было отмечено резкое снижение показателей клеточного звена иммунитета по сравнению с нормой ( $p < 0.05$ ). По группам и в зависимости от вирусного агента статистически значимых различий не установлено. Выявлено резкое снижение показателей CD3, CD4, CD19 и увеличение показателя CD8, вследствие чего наблюдалось снижение индекса CD4/CD8. При изучении фагоцитарного звена отмечено снижение фагоцитарного числа и фагоцитарной емкости крови. Исследование показателей гуморального иммунитета не выявило статистически значимых различий уровня IgA, IgG, IgM в группах и по сравнению с нормой, но в обеих группах содержание комплемента было незначительно выше нормы, что говорит о длительном существовании вирусного агента в организме и об активации системы комплемента по классическому пути.

После лечения разными формами препарата «Панавир» через 2 месяца в 1-й группе при проведении ПЦР-диагностики мазков-соскобов с влагалища и вульвы на ВИППП у 9 пациенток (82%) был выявлен отрицательный результат, у 2-х пациенток (18%) – отмечалась положительная ПЦР-диагностика ВПЧ 6, 16 типов; во 2-й группе – у 9 (69%) пациенток отмечалась отрицательная ПЦР-диагностика ВИППП, у 2 пациенток (16%) – положительная ПЦР-диагностика ЦМВ-инфекция и вирус Эпштейн-Барр.

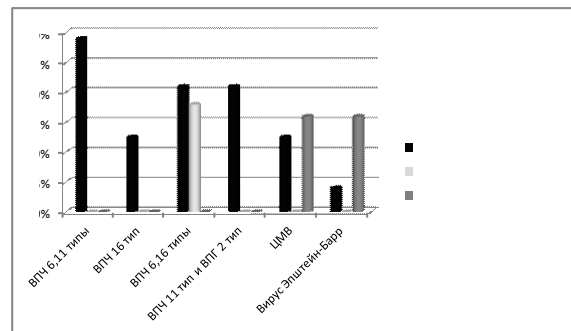


Рис. 2. Данные о частоте выявления ВИППП через 2 месяца после проведенной терапии.

Как видно из данных рисунка 2, при контрольном обследовании на ВИППП хороший результат наблюдался при проведении комплексного лечения с использованием двух разных лекарственных форм препарата «Панавир» (ректальные суппозитории и гель).

Иммунологическое обследование пациенток после лечения препаратом «Панавир» выявило положительную динамику показателей клеточного иммунитета и стабилизации показателей гуморального иммунитета в обеих группах. При сравнении количественных данных по группам, в 1-й группе показатели CD3, CD4, CD19 и индекс CD4/CD8 были значительно выше, чем во 2-й группе. В 1-й группе выявлена положительная динамика со стороны гуморального иммунитета по сравнению с таковыми во 2-й группе. Так, показатели IgA, комплемента были статистически значимо выше, а IgM и IgG ниже, чем во 2-й группе.

Данные показатели свидетельствуют о выраженной активации клеточного и гуморального иммунитета при использовании препарата «Панавир» системно и местно. Побочных эффектов при применении препарата отмечено не было у абсолютного большинства пациенток. Все пациенты отметили переносимость терапии как удовлетворительную. В настоящее время продолжается наблюдение за пациентами с целью выявления отсроченных результатов терапии.

Таким образом, «Панавир» является препаратом двойного действия – противовирусного в сочетании с иммунокорегулирующим, улучшает показатели тканевого и гуморального иммунитета у женщин с дистрофическими изменениями вульвы и влагалища. Применение растительного препарата «Панавир» является патогенетически оправданным, эффективным и безопасным при сочетании дистрофических изменений вульвы и влагалища с ВИППП.

#### Библиографический список

1. Ашрафян Л.А., Киселёв В.И., Е.Л., Мужейник Е.Л. Патогенетическая профилактика рака репродуктивных органов. М.: Изд-во Димитрейд График Групп, 2009. 176 с., 28 ил.
2. Бауэр Г. Цветной атлас по кольпоскопии. Пер. с нем. О.А. Зубановой; под ред. С. И. Роговской. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 288 с.: 188 ил.
3. Прилепская В.Н. Инфекции передающиеся половым путём. Клинические лекции. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 160с.
4. Кауфман Р., Фаро С., Браун Д. Доброкачественные заболевания вульвы и влагалища. Пер. с англ. М.: Издательство БИНОМ, 2009. 544 с., илл.
5. Кучеров В.А., Ключарева С.В., Стовбун С.В. Современный взгляд на проблему тактики противорецидивной терапии ассоциированных вирусных инфекций при аногенитальных кондиломах. Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии, 2011. 9: 2. Рр. 74-79.
6. Обосколова Т., Конова И., Иванова И. Инфекционный фактор в генезе дистрофических изменений вульвы. Врач 2009. № 7. Рр. 72-73.

7. *Прилепская В.Н.* Поликлиническая гинекология. 3-е изд., доп. М.: МЕДпресс-информ, 2008. 640 с., ил.
8. *Роговская С.И.* Практическая кольпоскопия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 232с.
9. *Duensing S.* Mechanisms of genomic instability in human cancer: insights from studies with human papillomavirus oncoproteins / S. Duensing, K. Munger // Int. J. Cancer. 2004. Vol. 109. № 2. Pp. 157-162.

#### References

1. *Ishrafyan L.A., Kiselev V.I., Mureinik E.L.* Pathogenetic prevention of cancer of the reproductive organs. M.: Publishing house of Dimitra Schedule Groups, 2009. 176 p., 28 ill.
  2. *Bauer G.* a Colour Atlas of colposcopy / Tr. From German by O. A. Zhubanova; under the editorship of S. I. Rogow. M.: GEOTAR-Media, 2010. 288 p.: 188 ill.
  3. *Prilepskaya V.N.* Sexually transmitted infections. Clinical lectures. M.: GEOTAR-Media, 2014. 160p.
  4. *Kaufman R., Faro, S., brown D.* Benign diseases of the vulva and vagina / TRANS. angl. – Moscow, Publishing house of the BINOMIAL, 2009. 544 p., Fig.
  5. *Kuchеров V.A., Klyuchareva S.V., Stovbun S.V.* Modern view on the problem of the tactics of anti-relapse therapy for associated viral infections in the anogenital warts. Reviews in clinical pharmacology and drug therapy, 2011; 9: 2. Pp. 74-79.
  6. *Alaskarov T., I. Konov, I. Ivanov* Infectious factor in the Genesis of degenerative changes of the vulva. Physician 2009; 7. Pp.72-73.
  7. *Prilepskaya V.N.* Outpatient gynecology 3rd ed., extra. M.: Medpress-inform, 2008. 640 p., ill.
  8. *Rogovskaya S.I.* Practical colposcopy. M.: GEOTAR-Media, 2011. 232 p.
  9. *Duensing S.* Mechanisms of genomic instability in human cancer: insights from studies with human papillomavirus oncoproteins / S. Duensing, K. Munger // Int. J. Cancer. 2004. Vol. 109. No. 2. Pp. 157-162.
-



УДК 61(4ВЕЛ)52:614.253

UDC 61(4 BRI)52:614.253

**А.П. АЛЕКСАНДРОВА**

кандидат филологических наук, доцент, кафедра английской филологии, Орловский государственный университет

E-mail: arnold71@inbox.ru

**Д.П. АЛЕКСАНДРОВА**

магистр прикладной этики, Орловский государственный университет

E-mail: arnold71@inbox.ru

**М.Г. ДАЛГАТОВ**

врач-стоматолог, медицинский центр «Дантист»

E-mail: dalgatov65@rambler.ru

**Е.В. КОРОЛЁВА**

ассистент, кафедра анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф, Орловский государственный университет

E-mail: katarios\_sol@rambler.ru

**A.P. ALEXANDROVA**

Candidate of Philology, Associate Professor, Department of English Philology, Orel State University

E-mail: arnold71@inbox.ru

**D.P. ALEXANDROVA**

Master of Applied Ethics, Orel State University

E-mail: arnold71@inbox.ru

**M.G. DALGATOV**

Dentist, Medical center "Dentist"

E-mail: dalgatov65@rambler.ru

**E.V. KOROLEVA**

Assistant, Department of anatomy, operative surgery and medicine of catastrophes, Orel State University

E-mail: katarios\_sol@rambler.ru

### EUTHANASIA IN THE VICTORIAN ERA ЭВТАНАЗИЯ В ВИКТОРИАНСКУЮ ЭПОХУ

*The article touches upon the problem of euthanasia in the Victorian period and considers the attitude of doctors, non-medical men, patients and their families to "mercy killing".*

*Key words: euthanasia, "mercy killing", illness, incurable disease, cholera, preserving life, life-prolonging treatment, narcotics, opium, suffering, the relief of pain, an easy death, Victorian era.*

*В статье рассматривается проблема эвтаназии в Викторианский период и отношение докторов, немедицинских работников, пациентов и членов их семей к «убийству из милости».*

*Ключевые слова: эвтаназия, «убийство из милости», болезнь, неизлечимая болезнь, холера, сохранение жизни, лечение, продлевающее жизнь, наркотики, опиум, страдание, облегчение боли, легкая смерть, Викторианская эпоха.*

"An age of transition, a period when changes, deeply and permanently affecting the whole condition of mankind, are occurring more rapidly, as well as extensively, than at any prior time in human history."  
(Sir Henry Holland<sup>1</sup>)

The years 1837 to 1876 represent a part of an era in history called the Victorian age, named after Queen Victoria. This time has been and will continue to be one of great contrasts and of major social and political reform.

Queen Victoria was one of the most popular British monarchs. Victoria and her subjects believed in "traditional values" such as duty, discipline, and self-control. Their society was governed by a set of strict moral and social rules. It was a period of extraordinary growth and change. Between 1837 and 1901, England was transformed from a mostly agricultural, isolated society into a modern industrial nation with territories all over the world. The Victorian people witnessed astonishing advances in science and technology, as well as sweeping political, legal, and social reforms.

The main health problem facing Victorians, especially in the towns, was overcrowding and the public health problems associated with it. Lots of people lived in the densely packed slum houses and produced a lot of waste, but there was no proper means to dispose of it and it led to many outbreaks of diseases such as typhoid and cholera.

Many people were deprived of sunlight and clean air, and had a poor, unbalanced diet.

In the early Victorian period disease transmission was largely understood as a matter of inherited susceptibility and individual intemperance, abetted by climate and location, which were deemed productive of noxious exhalations. [9]

In "The Healthy Body and Victorian Culture" Bruce Haley asserts that the Victorians were concerned with health over almost all, if not all, other issues. Nothing occupied the nation's mind with the subject of health like a general contagion. "The progress of the illness in a cholera victim was a frightening spectacle: two or three died of diarrhoea which increased in intensity and became accompanied by painful retching; thirst and dehydration; sever pain in the limbs, stomach, and abdominal muscles; a change skin hue to a sort of bluish-grey. .... The cholera was something outlandish, unknown, monstrous." The frequency of concurrent epidemics gave rise to the belief that one sort of disease brought on another. Edwin Chadwick<sup>2</sup> showed that in 1839 for every person who died of old age or violence, eight died of specific diseases. Throughout most of the century, doctors were conceptually helpless about the cause and treatment of the disease. [10] Throughout much of the Victorian period, however, with both the causes and the patterns of disease very much matters of speculation, it was difficult to feel comfortable about one's state of health. People experiencing the constant pain started thinking about euthanasia.

Euthanasia is the intentional premature termination of another person's life either by direct intervention or by withholding life-prolonging measures and resources, either at the express or implied request of that person, or in the absence of such approval.

Its concept dates from 1870 when Samuel D. Williams introduced the idea of medical "mercy killing" in his essay "Euthanasia." This concept did not exist in the Victorian mind until medical science made the suppression of pain possible and S. Williams connected the innovations to death. The idea of euthanasia was alive in Victorian England before 1870, incited by laws and political movements that marginalized and vilified nonessential and redundant groups until it was accepted that certain people were better off dead. It was motivated by the 1834 New Poor Law<sup>3</sup>, which was nothing more than governmental sanctioning of shame, starvation, and a slow, painful death.

People started to merge the early-nineteenth century evangelical idea of euthanasia, a good or happy death, with the yet-to-be-expressed idea of euthanasia, in which deliberate action is taken to ease suffering. Social suffering, politics, and literature were inexorably bound and, together, they conceived and disseminated a theory of euthanasia which influenced and encouraged the philosophical and medical euthanasia debates that are still alive today. The majority of studies on euthanasia and the Victorian world focus solely on eugenics or medically assisted euthanasia.

Nowadays doctors have a major ethical problem in deciding when to stop active treatments for dying patients. They have to determine how far they have a responsibility to prolong life, even poor-quality life dominated by unpleasant medication or technology. Some believe that doctors have a responsibility to cease treatment at a certain point. The problem is aggravated by technological advances as they enable mechanical aids to support an increasing number of vital functions during the terminal phase of a fatal disease. There's an opinion that such aids are not worthy if they can only be used for maintaining a semblance of life.

The question of mercy killing was not urgent in the 19<sup>th</sup> century as doctors didn't possess all necessary mechanical aids – cardiac stimulators and respirators – for prolonging a limited form of a terminally ill patient. Thus the issue when to cease the application of such life-prolonging treatment didn't occur as well as the modern debate about euthanasia. Only until the late of 19<sup>th</sup> century doctors started using the term "euthanasia" to mean 'a calm and easy death'. It's important to stress that this term didn't change its original meaning until the turn of the 20th century when doctors started using it to mean "mercy killing". For example, C.W. Hufeland used this term in its classical sense emphasizing that it was the doctor's duty to effect the euthanasia in case he was not able to prevent termination. He was totally against hastening death. He believed that when a patient prayed for death to end his unbearable suffering the doctor had to make a decision whether it was permissible to rid the patient of his suffering a bit earlier. But he strongly insisted on the principle that the aim of medicine was to preserve and to prolong life.

In 1887 William Munk published his book *Euthanasia:*

*or, Medical Treatment in Aid of an Easy Death* which was a kind of a manual for medical care at the end of life. He argued 'the fewer the drugs and the less of medicine' the better in treatment of the dying. Munk became well known in the medical profession during the second half of the nineteenth century for his emphasis on the importance of narcotics for the relief of pain in incurable disease. He stated that an important aspect of managing the process of dying was the correct use of opium for the relief of physical pain. He gave space to precise and detailed recommendations about how to use opium to best effect. He supposed the idea that the physician should not torment his patient with unavailing attempts to stimulate the dissolving system.

W. Munk brought together the best elements of past medical practice and summarised them for his contemporaries and immediate successors. At the same time he focused on the most modern technologies and the best of caring practices that could be used to relieve the suffering of the dying.

In 1917 Dr Robert W. Mackenna supported W. Munk stressing that though it was the doctor's duty to fight death, a wise physician would know when to cease the use of powerful stimulants.

Doctors usually followed their own advice on this question. For example, in 1876 the three doctors and the family decided against medical intervention when the dowager Countess of Carnarvon was dying of jaundice. Lord Carnarvon felt that his mother was dying so gently and mercifully, with so little suffering, that it would be cruel to torment her needlessly. He decided against the operation as it would involve pain and the gain was so problematic.

During the Victorian period patients and their families generally preferred that the terminal phase should not be prolonged by stimulants, once it was identified as terminal. Sir Charles Mordaunt, who was dying of asthma in 1813, suffered spasmodic pain and prolonged attacks of fever. In the final days he was averse to medicine and remedies. He considered the proposed remedies, such as cataplasms' and embrocation for the feet to be useless. Sometimes the family felt stimulants were administered for too long, as did such as cardiac stimulators and mechanical respirators, to prolong a limited form of life in a terminally ill patient.

But there were some essays produced by non-medical men in which they claimed that doctors should have a right to use strong doses of drugs to end the life of those who had incurable and painful illness.

In 1873 Lionel Tollermeche claimed that doctors already gave strong narcotics to alleviate the final agony of the last stages of cancer, sometimes incidentally shortening the ordeal. In 1887 the *Lancet*<sup>4</sup> proposed, however, that if the physician or surgeon might not shorten life methodically even under the most pressing circumstances, he might shorten pain and make the inevitable death easy and tranquil. W. Munk's euthanasia was recommended as a guide to doctors on how far they could ethically aid an easy death by giving a patient suffering from a mortal disease a poisonous dose of opium or other narcotic drug in order to

terminate his sufferings.

Euthanasia was contrary to the fundamental rule that doctors must hold human life sacred and take no action which would deliberately destroy it. It was necessary to draw a distinction between a dose of opium deliberately intended to cause death and a dose primarily to relieve pain, even though a dose of opium as a pain relief might indirectly hasten death. Some doctors believed that mercy killing was not justifiable as dangers of abuse were too great. Dr S. Russel Wells stressed that there might be errors of diagnosis and prognosis, relatives might be interested in the death for personal gain, and in this particular situation it would create fear of the doctor as a purveyor of death rather than life.

In 1911 a Belgian philosopher Maurice Maeterlinck argued that doctors contributed to the popular fear of death by their efforts to prolong life, instead of allowing people to die easily. He believed that technological progress only prolonged the agony.

But in 1916 Dr Robert Mackenna argued that the act of death was usually free from pain, and that pain-killing drugs relieved much of the suffering. He was aware of the opinion that doctors should administer lethal doses of morphine to hopeless cases which were attended by great suffering. Mackenna stated that medicine was the art of healing. All that the physician had to do was to relieve the most unbearable pain using analgesics rather carefully and to make the last stage of the life more comfortable. The doctor shouldn't be the arbiter of another person's right to life. He draws a conclusion that it is not the suffering of the patient that makes us use pain-killing drugs, but our own intolerance of personal distress which makes us move back from the friend's death-bed. This exchange again reflected fundamental changes in attitude and expectations since the early Victorian period. [3:95]

Thus from the mid-nineteenth century medicine was establishing how to integrate the use of new pain relieving drugs into the repertoire of practice. As the century advanced the further extension of their use was observed: not only to relieve suffering in the context of a 'natural death' but also to deliberately end a life in order that suffering may be completely overcome, however 'unnatural' the death that resulted. It led to a changing meaning to 'euthanasia' – from a calm, easeful and idealised death to one brought about by deliberate medical intervention. [6] David Clark mentions that this transition involved considerable theological upheaval. In the 1840s debates about the understanding of pain were closely linked to beliefs about eternal damnation; but by the 1860s, the principle point of distinction was between those who found theological meaning and divine purpose in suffering and those who did not.

Nineteenth century doctors were exercised by the importance of pain relief at the end of life.

Lorna Jane Campbell in her well observed 2004 doctoral thesis from Edinburgh University analysed the thesis of the Edinburgh medical student Hugh Noble. His work was submitted for the degree of MD in 1854. Noble not only provided a wide commentary on the medical care of the dying patient, but addressed himself to the specific question of the

relief of pain at the end of life. In keeping with other doctors of the time and wider public understanding, he used the term 'euthanasia' to denote a peaceful and idealised death. But he also started thinking of what the new approaches to pain relief might mean for medicine, if challenged to use them for the purposes of bringing about deliberate and final relief of suffering. Noble regarded the question of when to treat the dying patient, how much to take his or her wishes into consideration, and how much information to proffer or withhold. He raised a very essential question: 'In regard to the active measures which may be adopted with the incurable or moribund, it may be asked how far the practitioner may be justified in interfering with the purposes of modifying or changing the mode of death'. [6] And his response was that the sanctity of life placed such an action beyond the limits of medical practice and something which must therefore be condemned. He went on to observe that when the hope of recovery had passed, the physician often turned away from the patient, forgetting that 'more may be done – that the time has come for restudying the case from a different point with a new object in view'. If the physician was forbidden from actively ending the life of a patient, this did not mean that he must aggressively seek to prolong it. It should be noted that Hugh Noble raised in his MD thesis some questions that remained key to the practice of medicine for the terminally ill for more than a century afterwards.

During the Victorian period many families shared the ethical view of the doctors about mercy killing, since most of them were Christians, and any temptations to hasten death would have been stifled or remained secret.

Ada Lovelace, a free thinker, suffered from cancer in 1852. She told her husband, mother, and doctor that she was prepared to die as she did not wish to live. She still had three more months of terrible pain and suffering to endure. She prayed for the termination. But she wasn't given any opportunity to hasten her death as her mother believed pain and suffering served a moral and spiritual purpose. It is interesting to note but her attendants took all precautions to extend her life. Pat Jalland in the book "Death in the Victorian Family" posits a case for understanding cultures of grief in the Victorian period in terms of religion. In particular, she suggests that Victorian cultures of grief can best be characterised by the Evangelical ideal of the 'good death', characterised by persistent faith, humility and submission to the will of God in the face of loss. In this model, prolonged and agonising deaths were a spiritual test where suffering with fortitude was understood as a virtue (Christ's own suffering was held as the supreme example); alternatively, the drawn-out death provided time for the unbeliever to repent and turn to God. [3]

The only discussion which could be found in the archives of mercy killing as a practical possibility in a Christian family came in 1886. Frank Rogers was at the final stage of a death from 'softening of the Brain'. He was just conscious, but childish, and did not recognize his two nephews the day before his death. One of his relatives couldn't decide whether she should take pull the pillow from under his head as she had heard that it could hasten his end and he might

die from suffocation. He died the next day although she hadn't murdered him.

Twentieth-century progress in medical science has helped to transform attitudes to deaths not only for doctors but also for other members of the community. The 1930s marked a significant turning-point in the relationship between medicine and death, with the advent of the sulpha drugs which could cure a wide range of disorders and vastly reduce mortality from bacterial diseases. Once doctors came to believe that they could cure most diseases, the death of a patient represented failure, rather than a landmark in life to be thoughtfully

prepared for. The doctor is no longer perceived as the comforter of the dying, but as the medical professional who exercises scientific skills to avoid death, and who often prefers to evade the topic with patients. [3:96]

The Lancet in 1965 reiterated the Victorian belief that 'medicine has a duty to relieve suffering equal to that of preserving life'. It recommended that terminal illness was more likely to be managed successfully in well-organized, secure homes, with family support and familiar surroundings. It emphasized the doctor's duty to preserve life and relieve suffering.

### Comments

<sup>1</sup> Sir Henry Holland (1788–1873) was a British physician and travel writer.

<sup>2</sup> Sir Edwin Chadwick (1800 –1890) was an English social reformer, noted for his work to reform the Poor Laws and improve sanitary conditions and public health.

<sup>3</sup> The Poor Law Amendment Act 1834 (PLAA) was an Act of the Parliament of the United Kingdom passed by the Whig government of Earl Grey that reformed the country's poverty relief system. Some people welcomed it because they believed it would: reduce the cost of looking after the poor, take beggars off the streets, encourage poor people to work hard to support themselves.

The new Poor Law ensured that the poor were housed in workhouses, clothed and fed. Children who entered the workhouse would receive some schooling. In return for this care, all workhouse paupers would have to work for several hours each day.

However, not all Victorians shared this point of view. Some people, such as Richard Oastler, spoke out against the new Poor Law, calling the workhouses 'Prisons for the Poor'. The poor themselves hated and feared the threat of the workhouse so much that there were riots in northern towns.

The importance of the Poor Law declined with the rise of the welfare state in the 20th century. In 1948, the PLAA was repealed by the National Assistance Act 1948, which created the National Assistance Board to act as a residual relief agency.

<sup>4</sup> *The Lancet* is a weekly peer-reviewed general medical journal. It is one of the world's oldest and best known general medical journals, and has been described as one of the most prestigious medical journals in the world. The journal publishes original research articles, review articles, editorials, book reviews, correspondence, as well as news features and case reports.

### References

1. Alexandrova A.P. Violence and law in Victorian England. *Scientific notes of Orel State University*. 2015. № 1(64). Pp. 234-238.
2. Guy John. *Victorian life*. Publishing Ltd UK, 1997.
3. Jalland Pat. *Death in the Victorian Family*. Oxford, 1997.
4. Sir Henry Holland, "The Progress and Spirit of Physical Science," *Edinburgh Review*, July 1858; quoted at [www.archive.org/stream/essaysonscientif00hollrich/essaysonscientif00hollrich\\_djvu.txt](http://www.archive.org/stream/essaysonscientif00hollrich/essaysonscientif00hollrich_djvu.txt)
5. *Strange Julie-Marie*. *Death, Grief and Poverty in Britain, 1870-1914*. Cambridge university press. 2005.
6. <http://endoflifestudies.academicblogs.co.uk/victorian-britain-two-doctors-and-euthanasia/>
7. [http://www.bbc.co.uk/history/british/victorians/victorian\\_medicine\\_01.shtml](http://www.bbc.co.uk/history/british/victorians/victorian_medicine_01.shtml)
8. <http://www.nationalarchives.gov.uk/education/victorianbritain/healthy/timeline2.htm>
9. <http://www.vam.ac.uk/content/articles/h/health-and-medicine-in-the-19th-century/>
10. <http://www.victorianweb.org/science/health/health10.html>



УДК 616.12-009.861-08

UDC 616.12-009.861-08

**Т.Н. АЛЕКСЕЕВА**

аспирант, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: alexeevatt@yandex.ru

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней, Орловский государственный университет

**Н.И. ГРОМНАЦКИЙ**

член-корреспондент РАЕН, доктор медицинских наук, профессор, кафедра внутренних болезней № 2, Курский государственный медицинский университет

**T.N. ALEKSEEVA**

Graduate student, Department of internal diseases, Orel State University  
E-mail: alexeevatt@yandex.ru

**V. I. VISHNEVSKIY**

Doctor of Medicine, Professor, Head of department of internal diseases, Orel State University

**N.I. GROMNATSKIY**

Corresponding member RANS, Doctor of Medicine, Professor, Department of internal diseases № 2, Kursk State Medical University

## АНТИАГРЕГАНТНАЯ ТЕРАПИЯ БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА ПОСЛЕ СТЕНТИРОВАНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ\*

### ANTIPLATELET THERAPY IN PATIENTS WITH ISCHEMIC HEART DISEASE AFTER CORONARY ARTERY STENTING

*Представлен обзор литературы об эффективности антиагрегантной терапии у больных ишемической болезнью сердца после стентирования коронарных артерий.*

*Ключевые слова:* ишемическая болезнь сердца, антиагрегантная терапия, стентирование коронарных артерий.

*A literature review on the effectiveness of antiplatelet therapy in patients with ischemic heart disease after coronary artery stenting is presented.*

*Keywords:* ischemic heart disease, antiplatelet therapy, coronary artery stenting.

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) на сегодняшний день остается одной из наиболее актуальных проблем практической кардиологии. ИБС развивается значительно чаще у людей трудоспособного возраста. Общеизвестно, что причиной развития сердечно-сосудистых осложнений (ССО), в том числе прогрессирование стенокардии напряжения, инфаркт миокарда (ИМ), мозговой инсульт (МИ) и др., является повреждение эндотелия сосудов и поверхности атеросклеротической бляшки с формированием внутрисосудистого тромбоза [6]. Тромбоциты одними из первых реагируют на разрыв атеросклеротической бляшки, запуская коагуляционный каскад, который является основой формирования тромба. Таким образом, антитромбоцитарная (антиагрегантная) терапия при отсутствии противопоказаний является необходимым звеном терапии пациентов с разными клиническими проявлениями атеросклероза коронарных артерий – при ИБС, атеросклеротическом стенозе коронарных артерий [5, 6].

На основе большой доказательной базы четко определены группы лекарственных препаратов, которые достоверно снижают сердечно-сосудистый риск и улучшают прогноз у больных ИБС [1, 4]. Среди них первое место занимают антитромбоцитарные препараты. Ведущая роль принадлежит ацетилсалициловой кислоте (АСК), которая имеет хорошую доказательную базу и остается наиболее широко применяемым средством в Российской Федерации.

Механизм действия АСК в небольших дозах (75–325 мг/сут) связан с угнетением активности фермента циклооксигеназы-1 (ЦОГ-1), блокируя и уменьшая синтез активированными тромбоцитами тромбоксана  $A_2$  ( $TxA_2$ ). Блокада ЦОГ тромбоцитов сохраняется около 10 суток, это обуславливает длительный эффект лекарственного препарата после его выведения из организма. По данным метаанализа, обобщившего результаты 287 исследований, проведенного группой экспертов Antithrombotic Trialists Collaboration (2002), длительный прием АСК (75–325 мг/сут) снижает риск развития нефатального ИМ – на 30%, нефатального МИ – на 25%, сердечно-сосудистую смертность – на 17% [7].

Применение АСК должно быть длительным (часто – пожизненным), поэтому вопрос безопасности препарата выходит на одно из ведущих мест. Как и все лекарственные средства, АСК имеет ряд недостатков – при длительном применении поражается слизистая оболочка желудка с образованием эрозий и язв. Снизить риск неблагоприятного воздействия АСК на слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) можно, используя таблетки с кишечнорастворимой оболочкой.

Меньшее число осложнений со стороны ЖКТ отмечено у тиенопиридинов. Препараты этой группы уменьшают агрегацию, блокируя АДФ-рецепторы.

Клопидогрель – наиболее известный на сегодняшний день представитель группы тиенопиридинов [12]. Доказательной базой для его применения у больных

\* Статья подготовлена в рамках базовой части Государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего профессионального образования «Орловский государственный университет» на 2015 год (Задание № 2014/369), проект № 1602.

стабильной ИБС послужили результаты исследования CAPRIE, в котором анализировались больные высокого риска (недавно перенесшие ИМ, МИ и страдающие перемежающейся хромотой). Клопидогрель в дозе 75 мг/сут оказался эффективнее и имел лучший профиль безопасности, чем АСК в дозе 325 мг в отношении профилактики ССО [16]. Анализ подгрупп показал преимущества клопидогреля только у больных с атеросклеротическим поражением периферических артерий. Поэтому его следует считать препаратом второй линии, назначаемым при непереносимости АСК или в качестве альтернативы АСК у больных с распространенным атеросклеротическим поражением [13, 14].

Наиболее изученной и доступной комбинацией является АСК и клопидогрель. Эта комбинация получила широкое применение в клинической практике – именно эта комбинация обозначается термином «двойная антитромбоцитарная терапия» (ДАТ). Она эффективна у больных с острым коронарным синдромом (ОКС) после проведенного стентирования коронарных артерий [2].

Следует отметить резистентность к применению аспирина. Это означает неспособность АСК угнетать синтез  $\text{TxA}_2$  и подавлять агрегацию тромбоцитов. По данным разных исследований, частота резистентности к аспирину колеблется от 1 до 61 % [10, 15].

Исследования последнего десятилетия подтвердили необходимость в определенных клинических ситуациях комбинированного применения нескольких антиагрегантов для получения необходимого антитромбоцитарного эффекта.

Сочетанное назначение антиагрегантов, благодаря разным точкам приложения и механизму действия, способствует быстрому и выраженному торможению агрегации тромбоцитов. При этом дозы препаратов могут быть уменьшены, что благоприятно сказывается на безопасности использования данных комбинаций [8].

В последнее время в лечении ИБС появились не только новые направления медикаментозной терапии, но и расширились возможности инвазивных вмешательств. Жизнеспасающей процедурой у больных с ОКС является восстановление коронарного кровотока, особенно с помощью первичной коронарной ангиопластики со стентированием [3]. Чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ) у больных ИБС, стабильной стенокардией направлены на устранение рефрактерной к медикаментозной терапии ишемии миокарда и улучшение качества жизни. После проведения первого ЧКВ возникла новая проблема – тромбоз стента, частота которого до появления ДАТ достигала до 9% [1, 7].

В течение первого месяца после стентирования наиболее часто развивался тромбоз стента, который приводил к Q-инфаркту миокарда или смерти пациента. С совершенствованием технологии стентирования, появления стентов с лекарственным покрытием и обязательной ДАТ в течение 1 месяца, с последующим длительным продолжением приема АСК частота развития тромбоза стента снизилась до 1% [6].

Согласно современным рекомендациям необходимо проводить ДАТ в течение 6–12 месяцев после имплантации стентов первого поколения – без лекарственного покрытия [9]. Стенты нового поколения с лекарственным покрытием характеризуются низким уровнем развития тромбоза внутри стента. Более короткий период ДАТ (от 1 до 3 месяцев) может быть достаточным:

- у больных со стабильным течением хронической ИБС;
- у пациентов с высоким риском кровотечения;
- у больных, проходящих безотлагательную хирургическую операцию;
- у пациентов, получающих сопутствующую антикоагулянтную терапию.

В дополнение к АСК рекомендуются  $\text{P2Y}_{12}$  ингибиторы [9, 13]. Возможные варианты:

- прасугрель (60 мг нагрузочная доза, 10 мг/сутки) – пациентам, у которых известна коронарная анатомия и которым планируется ЧКВ, если нет противопоказаний;
- тикагрелор (180 мг нагрузочная доза, 90 мг 2 раза в день) – пациентам с умеренным и высоким риском ишемических событий, независимо от начальной стратегии лечения, в том числе ранее принимавшим клопидогрель, если нет противопоказаний;
- клопидогрель (600 мг нагрузочная доза, 75 мг/сутки) – только если прасугрель или тикагрелор не доступны или противопоказаны [9].

По результатам исследования EXCELLENT, в котором принимали участие 722 больных ИБС, получавших клопидогрель и АСК в течение 6 месяцев, и 721 – в течение 12 месяцев не было получено достоверных различий в зависимости от продолжительности ДАТ (6 или 12 месяцев) после имплантации стентов с лекарственным покрытием [11]. У пациентов, принимавших двойную ДАТ в течение 6 месяцев, частота проблем с сосудом, подвергшимся ЧКВ, составила 4,7%, а 12 месяцев – 4,4% (различия статистически не достоверны).

Также существуют группы пациентов с ИБС, которые принимают пероральные антикоагулянты вследствие сопутствующих заболеваний. Прием варфарина на фоне ДАТ, достоверно повышает риск кровотечений [3]. Для его снижения рекомендуется уменьшить целевое значение МНО у этих больных до 2,0–2,5, а также использовать наименьшую из эффективных доз АСК – 75 мг/сут. У этой категории больных необходимо максимально тщательно контролировать МНО (чаще, чем 1 раз в месяц).

Антиагрегантная терапия является ключевым подходом к фармакологической профилактике ССО. Применение ДАТ, в комбинации АСК с тиенопиридиновыми производными или тикагрелором, является эффективным методом лечения больных ИБС, которым проводится плановое ЧКВ. Назначение ДАТ должно начинаться в стационаре, где проводится ЧКВ, и продолжаться под наблюдением участкового врача-терапевта, чтобы у пациентов сохранялась приверженность к лекарственной терапии.

Библиографический список

1. Буза В.В., Карпов Ю.А., Самко А.Н. и др. Отдаленные результаты коронарного стентирования: роль антиагрегантной терапии. РМЖ. 2008, № 21. С. 1419–1422.
2. Карпов Ю.А. Двойная антитромбоцитарная терапия: области клинического применения. РМЖ. 2013, № 27. С. 1343–1348.
3. Карпов Ю.А., Буза В.В. Как вести больного после чрескожного коронарного вмешательства? РМЖ. 2011, № 26. С. 1604–1607.
4. Карпов Ю.А., Самко А.Н., Буза В.В. Коронарная ангиопластика и стентирование. М.: МИА, 2010.
5. Карпов Ю.А., Сорокин Е.В. Стабильная ИБС: стратегия и тактика лечения. 3-е изд. М.: МИА, 2012.
6. Косарев В.В., Бабанов С.А. Антиагреганты при ишемической болезни сердца: состояние проблемы. Consilium medicum. 2010, Т. 12, № 5. С. 24–30.
7. Косарев В.В., Бабанов С.А. Клиническая фармакология антиагрегантов. РМЖ. 2011, № 26. С. 1576–80.
8. Осипов Д.А., Рождественская Т.В., Кром И.Л. и др. Объективизация оценки качества жизни больных ишемической болезнью сердца. Саратовский научно-медицинский журнал. 2010, Т. 6, № 3. С. 585–588.
9. Основные положения рекомендаций 2014 года по реваскуляризации миокарда [Электронный ресурс] // РКО: [сайт]. [2014]. URL: [http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie\\_novosti/osnovnye\\_polozheniya\\_rekomendaciy\\_2014\\_goda\\_po\\_revaskulyarizacii\\_mio-karda](http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie_novosti/osnovnye_polozheniya_rekomendaciy_2014_goda_po_revaskulyarizacii_mio-karda) (дата обращения: 20.01.2015)
10. Остроумова О.Д. Ацетилсалициловая кислота – препарат номер один для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Основные показания к применению, клинические преимущества, эффективные дозы и пути повышения переносимости. РМЖ. 2003, Т. 11, № 5. С. 253.
11. Продолжительность двойной антиагрегантной терапии после стентирования коронарных артерий: результаты исследования EXCELLENT [Электронный ресурс] // РКО: [сайт]. [2011]. URL: [http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie\\_novosti/prodolzhitelnoy\\_dvoynoy\\_antiagregantnoy\\_terapii\\_posle\\_stentirovaniya\\_koronarnykh\\_arteriy\\_rezultaty\\_issledovaniya\\_excellent/](http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie_novosti/prodolzhitelnoy_dvoynoy_antiagregantnoy_terapii_posle_stentirovaniya_koronarnykh_arteriy_rezultaty_issledovaniya_excellent/)
12. Рациональная фармакотерапия сердечно-сосудистых заболеваний. Под ред. Е.И. Чазова, Ю.А. Карпова. М.: Литтерра, 2014.
13. Рекомендации по лечению стабильной ишемической болезни сердца. Рабочая группа по лечению стабильной ишемической болезни сердца Европейского общества кардиологов (ESC), 2013. Российский кардиологический журнал. 2014, № 7 (111). С. 7–79.
14. Руководство по атеросклерозу и ишемической болезни сердца. Под ред. Е.И. Чазова, В.В. Кухарчука, С.А. Бойцова. М.: Медиа-Медика, 2007.
15. Староверов И.И. Антитромбоцитарные препараты в лечении больных острым коронарным синдромом. Consilium medicum. 2000, Т. 2, № 11. С. 463–465.
16. A randomised, blinded, trial of clopidogrel versus aspirin in patients at risk of ischaemic events (CAPRIE). CAPRIE Steering Committee. Lancet. 1996, Vol. 348. Pp. 1329–1339.

References

1. Buza V.V., Karpov Yu.A., Samko A.N., et al. Long-term results of coronary stenting: the role of antiplatelet therapy. RMJ. 2008, № 21. Pp. 1419–22.
2. Karpov Y.A. Dual antiplatelet therapy: clinical applications. RMJ. 2013. № 27. Pp. 1343–1348.
3. Karpov Y.A., Buza V.V. How to observe the patient after percutaneous coronary intervention? RMJ. 2011, № 26. Pp. 1604–1607.
4. Karpov Y.A., Samko A.N., Buza V.V. Coronary angioplasty and stent implanting. Moscow: MIA, 2010.
5. Karpov Y.A., Sorokin E.V. Stable coronary heart disease: strategy and tactics of treatment. Moscow: MIA, 2012.
6. Kosarev V.V., Babanov S.A. Antiplatelets in ischemic heart disease: state of the problem. Consilium Medicum. 2010, Vol. 12, № 5. Pp. 24–30.
7. Kosarev V.V., Babanov S.A. Clinical pharmacology of antiplatelets. Russian Medical Journal. 2011, № 26. Pp. 1576–1580.
8. Osipov D.A., Rozhdestvenskaya T.V., Krom I.L. et al. Objective evaluation of life quality of patients with ischemic heart disease. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2010. Vol. 6, № 3. Pp. 585–588.
9. The 2014 main provisions of the recommendations of the myocardial revascularization [Electronic resource] // RCO: [Website]. [2014]. URL: [http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie\\_novosti/osnovnye\\_polozheniya\\_rekomendaciy\\_2014\\_goda\\_po\\_revaskulyarizacii\\_mio-karda/](http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie_novosti/osnovnye_polozheniya_rekomendaciy_2014_goda_po_revaskulyarizacii_mio-karda/)
10. Ostroumova O. D. Acetylsalicylic acid is a drug for the treatment of cardiovascular diseases. The main indications for use, clinical benefits, effective dose and the way to raise endurance. RMJ. 2003, Vol. 11, № 5. P. 253.
11. The duration of dual antiplatelet therapy after coronary stenting: the results of the investigation. EXCELLENT [Electronic resource] // RCO: [Website]. [2014]. URL: [http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie\\_novosti/prodolzhitelnoy\\_dvoynoy\\_antiagregantnoy\\_terapii\\_posle\\_stentirovaniya\\_koronarnykh\\_arteriy\\_rezultaty\\_issledovaniya\\_excellent/](http://www.scardio.ru/news/nauchnomedicinskie_novosti/prodolzhitelnoy_dvoynoy_antiagregantnoy_terapii_posle_stentirovaniya_koronarnykh_arteriy_rezultaty_issledovaniya_excellent/)
12. Rationale for drug therapy of cardiovascular diseases: A guide for medical practitioners. / ed. by Chazov E.I., Karpov Y.A. Moscow: Litterra Publishers, 2014.
13. Recommendations for the treatment of stable ischemic heart disease. The working group on the treatment of stable ischemic heart disease (ESC), 2013. Russian Cardiology Journal 2014, №7 (111). Pp. 7–79.
14. Guidelines for atherosclerosis and coronary heart disease. Edited by: Chazov E.I., Kukharchuk V.V., Boytsov S. A. Moscow: Media Medika, 2007.
15. Staroverov I.I. Antiplatelet drugs in the treatment of patients with acute coronary syndrome. Consilium Medicum. 2000, Vol. 2, № 11. Pp. 463–465.
16. A randomised, blinded, trial of clopidogrel versus aspirin in patients at risk of ischaemic events (CAPRIE). CAPRIE Steering Committee. Lancet. 1996, Vol. 348. Pp. 1329–1339.

УДК 616.36-008.811.6:616-089.819

UDC 616.36-008.811.6:616-089.819

**А.Л. АЛьянов**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей хирургии и анестезиологии, Орловский государственный университет

E-mail: tantoras@mail.ru

**А.В. МАМОШИН**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей хирургии и анестезиологии, Орловский государственный университет

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru

**А.В. БОРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, директор, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленский государственный медицинский университет

E-mail: bor55@yandex.ru

**В.Ф. МУРАДЯН**

главный врач, Орловская областная клиническая больница

E-mail: VF-m@mail.ru

**A.L. ALYANOV**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of General Surgery and Anesthesiology, Orel State University

E-mail: tantoras@mail.ru

**A.V. MAMOSHIN**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of General Surgery and Anesthesiology, Orel State University

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru

**A.V. BORSUKOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive Technologies", Smolensk State Medical University

E-mail: bor55@yandex.ru

**V.F. MURADYAN**

Head doctor, Orel Regional Clinical Hospital

E-mail: VF-m@mail.ru

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С СИНДРОМОМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЕЛТУХИ**

**EFFICACY OF MINIMALLY INVASIVE TECHNOLOGIES IN THE TREATMENT  
OF PATIENTS WITH THE SYNDROME OF OBSTRUCTIVE JAUNDICE**

*В 2010-2014 гг. 236 больным с доброкачественными и злокачественными заболеваниями органов гепатопанкреатодуоденальной зоны, осложненными синдромом механической желтухи, выполнены антеградные вмешательства на желчевыводящих путях. Чувствительность, специфичность и диагностическая точность холангиоскопии (рентгенологического исследования) во время постановки холангиостомы при доброкачественных заболеваниях составила соответственно 94,1%, 81,5% и 87,5%, при злокачественных – 91,2%, 80,1% и 85,3% соответственно. Всего выполнено 305 минимально инвазивных вмешательств. Летальность составила 4,6% и была связана с прогрессированием полиорганной недостаточности.*

*Ключевые слова:* механическая желтуха, чрескожная чреспечёночная холангиостомия, баллонная пластика, стентирование.

*In 2010 – 2014, 236 patients with benign and malignant diseases of the hepatopancreatoduodenal zone, complicated by obstructive jaundice syndrome, underwent antegrade operations on the biliary tract. Sensitivity, specificity and diagnostic accuracy of a cholangioscopy (radiological research) during cholangiostomy statement at benign diseases was respectively 94,1%, 81,5% and 87,5%, at the malignant - 91,2%, 80,1% and 85,3% respectively. In total 305 minimally invasive operations were performed. The lethality was 4,6% and was associated with the progression of multiple organ failure.*

*Keywords:* obstructive jaundice, percutaneous transhepatic cholangiostomy, plastic balloon, stenting.

В последние десятилетия, по данным литературы, отмечается рост пациентов со злокачественными опухолями органов гепатопанкреатодуоденальной зоны. При этом частота диагностики рака этих органов на ранних стадиях практически не повысилась. В основном пациенты продолжают поступать в стационары только при развитии осложнений, наиболее частым из которых является механическая желтуха [10]. Кроме того, сохраняется неуклонный рост числа больных с холелитиазом и его осложнениями [6]. Вышеназванные патологии занимают лидирующие позиции среди причин механической желтухи. Первое место занимает холелитиаз (35-40%), второе – рак головки поджелудочной железы (30-35%), третье – рак внепечёночных желчных протоков (10-12%), и наконец, рак большого сосочка двенадцатиперстной кишки (1-2%). Более редкими причинами являются склерозирующий холангит,

воспалительные и посттравматические стриктуры внепечёночных желчных протоков [3, 5].

Основные причины смерти больных механической желтухой – развивающаяся эндогенная интоксикация и прогрессирующая печёночная недостаточность. При этом летальность среди данной группы больных достигает 20-60%, что наряду с возрастающей частотой синдрома механической желтухи обуславливает актуальность данной проблемы [4, 7, 18].

Одной из главных целей и важнейшим компонентом лечебных мероприятий у этих пациентов является декомпрессия билиарной системы. Активное использование в клинической практике современных антеградных (чрескожных чреспечёночных) и ретроградных (эндоскопических) минимально инвазивных вмешательств позволяет эффективно сочетать диагностические и лечебные мероприятия, направленные в первую очередь



на достижение билиарной декомпрессии. При этом следует признать, что при исторически сложившемся приоритете эндоскопических вмешательств ретроградный доступ в желчные протоки, тем не менее, очевидно перестал быть безальтернативным.

Эндоскопические манипуляции при парапапиллярном дивертикуле, протяжённом стенозе дистального отдела общего желчного протока, при размерах конкремента более 2 см, после резекции желудка с гастроэнтероанастомозом по Бильрот-II или реконструктивных операций на внепечёчных желчных протоках могут быть технически невыполнимы, заведомо неэффективны и даже небезопасны. Существует риск развития деструктивного панкреатита или перфорации задней стенки двенадцатиперстной кишки с развитием абдоминальной флегмоны, а также кровотечения из папиллотомной раны или ущемления корзинки Дормиа в большом сосочке двенадцатиперстной кишки (БСДПК) или терминальном отделе общего желчного протока [2, 13, 15, 17].

Также следует отметить, что ретроградная декомпрессия желчных протоков часто предполагает не всегда клинически обоснованные инвазивные вмешательства на БСДПК. Кроме того, диагностические возможности эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии (ЭРХПГ) достаточно ограничены вследствие неэффективной канюляции БСДПК у 8,6-24,5% больных, а в 12,2-38,5% наблюдений при ЭРХПГ контрастируют лишь протоковую систему поджелудочной железы [8, 12].

На этом фоне определёнными преимуществами обладают антеградные методы интервенционной радиологии, реализуемые в виде чрескожно-чреспечёчной микрохолецистостомии, чрескожно-чреспечёчной холангиостомии, продлённого наружно-внутреннего дренирования, антеградного эндобилиарного стентирования. В последние годы всё шире применяются антеградные методы декомпрессии желчевыводящей системы, которые могут служить альтернативой эндоскопическим методам при их неэффективности или невозможности выполнения. При этом чрескожные минимально инвазивные вмешательства позволяют более успешно подготовить пациентов к основному этапу операции либо могут стать окончательным вмешательством, в первую очередь при механической желтухе опухолевого генеза. Это стало возможно благодаря активному внедрению в хирургическую практику ультразвукового и рентгенологического методов.

Вместе с тем своевременная диагностика и рациональная лечебная тактика при механической желтухе остаются одними из наиболее сложных и во многом нерешенных проблем абдоминальной хирургии [11, 16].

Целью нашей работы явилась оценка эффективности применения минимально инвазивных технологий в комплексной диагностике и лечении больных с синдромом механической желтухи.

За период с января 2010 г. по декабрь 2014 г. в хирургическом отделении Орловской областной клинической больницы под нашим наблюдением находилось

236 больных с доброкачественными и злокачественными заболеваниями органов гепатопанкреатодуоденальной зоны, осложненными синдромом механической желтухи. Пациенты доставлялись в стационар скорой медицинской помощью, направлялись другими лечебно-профилактическими учреждениями города и области, а также обращались самостоятельно. Женщин в исследуемой группе было 121, мужчин – 115. Процентное соотношение мужчин и женщин представлено на диаграмме (рис.1). Возраст больных колебался от 36 до 87 лет. Проводилось комплексное обследование больных, включающее исследование клинико-лабораторных данных (общий и биохимический анализ крови, общий анализ мочи, коагулограмма и др.), выполнялось УЗИ брюшной полости, ЭГДС, по показаниям ЭРХПГ и МСКТ, а также ряд других инструментальных исследований в зависимости от сопутствующей патологии.

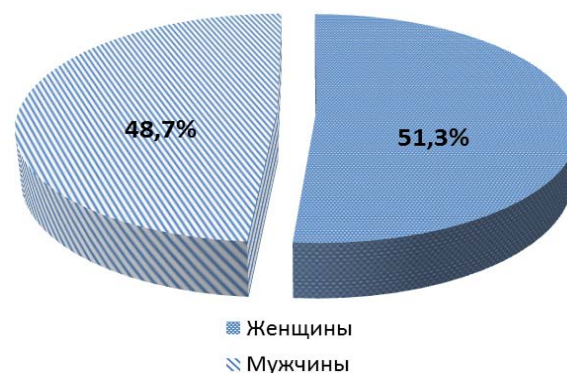


Рис.1. Процентное соотношение мужчин и женщин.

При поступлении уровень прямого билирубина в исследуемой группе больных колебался от 68 до 580 мкмоль/л. При этом уровень общего билирубина в отдельных случаях достигал 780 мкмоль/л. Известно, что чем выше уровень гипербилирубинемии, тем больше вероятность развития у больного некорректируемой печёчной недостаточности и прогрессирующей полиорганной недостаточности. В связи с этим, вне зависимости от генеза заболевания, лежащего в основе механической желтухи, наличие гипербилирубинемии и билиарной гипертензии требует проведения срочных хирургических вмешательств, направленных на декомпрессию желчных путей. При этом билиарная декомпрессия должна быть прогнозируемо эффективной и управляемой [1, 9].

Ультразвуковое исследование позволяет не только выявить конкременты в желчном пузыре и внепечёчных желчных протоках, но и определить степень их расширения. Расширение протоков свидетельствует о наличии внутрипротоковой желчной гипертензии. У всех пациентов при ультразвуковом исследовании были выявлены признаки актуальной желчной гипертензии. Sonoграфически выделяют 3 типа желчной гипертензии [14]. Под типом I желчной гипертензии понимают расширение общего желчного протока более 10 мм при отсутствии сопутствующего расширения внутрипечёчных желчных протоков и увеличения желчного пузыря. При II типе желчной гипертензии выявляли

расширение внепечёночных и внутрипечёночных желчных протоков 1-2 порядка в сочетании с растянутым желчным пузырём без признаков воспаления его стенки (ультразвуковой признак Курвуазье). При III типе выявляют расширение внепечёночных и/или внутрипечёночных желчных протоков вплоть до 3-4 порядка. Диагностированная внутрипротоковая желчная гипертензия, наряду с невозможностью выполнения по различным причинам ретроградного эндоскопического дренирования, явилась основанием для антеградного дренирования желчных путей под сонофлуороскопическим контролем по срочным показаниям (1-2 суток от момента поступления в стационар). При этом во всех случаях чрескожные чреспечёночные вмешательства несли не только лечебную, но и диагностическую нагрузку.

Причиной механической желтухи явились: желчнокаменная болезнь, холедохолитиаз у 43 (18,2%) больных; онкологические заболевания органов гепатопанкреатодуоденальной зоны у 179 (75,8%) пациентов; рубцовые стриктуры желчных протоков у 13 (5,5%) больных; прочие болезни панкреатобилиарной области, вызывающие компрессию желчных протоков у 1 (0,4%) пациентов. Среди доброкачественных причин обтурации желчных протоков были выявлены: холедохолитиаз у 43 (75,4%) больных; рубцовые стриктуры желчных протоков у 13 (22,8%) больных; ятрогенное повреждение общего желчного протока во время лапароскопической холецистэктомии – у одного пациента (1,8%). Злокачественные причины механической желтухи распределились следующим образом: рак головки поджелудочной железы – у 103 (57,5%) больных, холангиокарцинома общего желчного протока – у 31 (17,3%) пациента, холангиокарцинома проксимальных желчных протоков – у 19 (10,6%) больных, рак желчного пузыря – у 9 (5,1%) пациентов, рак БСДПК – у 5 (2,8%) пациентов, регионарное метастазирование – у 12 (6,7%) больных.

У всех пациентов на первом этапе выполнено антеградное наружное дренирование желчевыводящих путей с рентгенологическим исследованием желчевыводящей путей, уточнением уровня и степени блока. Для этого под ультразвуковым контролем визуализируют желчевыводящие протоки и определяют оптимальную траекторию для дренирования и последующих манипуляций. Затем осуществляли антеградную холангиографию, которая позволяла верифицировать уровень билиарной обструкции и её причину. Адекватность выполненного чрескожного чреспечёночного дренирования оценивалась по изменению интенсивности желтухи, по суточному дебиту желчи, степени снижения гипербилирубинемии в биохимическом анализе крови, а также по устранению признаков билиарной гипертензии при динамическом ультразвуковом исследовании.

После снижения уровня билирубина крови, дообследования и стабилизации состояния пациентов решался вопрос об открытом оперативном лечении, переводе наружной холангиостомы в наружно-внутреннюю или о антеградном эндобилиарном протезировании. Для ряда пациентов выполненные чрескожные чреспечёночные вмешательства явились окончательным видом хирургического лечения, направленным на улучшение качества жизни.

Чувствительность, специфичность и диагностическая точность фистулографии во время постановки холангиостомы при доброкачественных заболеваниях составила соответственно 94,1%, 81,5% и 87,5%, при злокачественных – 91,2%, 80,1% и 85,3% соответственно. Всего выполнено 305 интервенционных вмешательств. Распределение характера вмешательств у больных с доброкачественными заболеваниями было следующим: наружная холангиостомия – 71,4%; наружно-внутреннее дренирование протоков 10%; антеградная баллонная пластика – 18,6%. В абсолютных числах количество выполненных вмешательств при доброкачественных заболеваниях представлено на рис. 2.

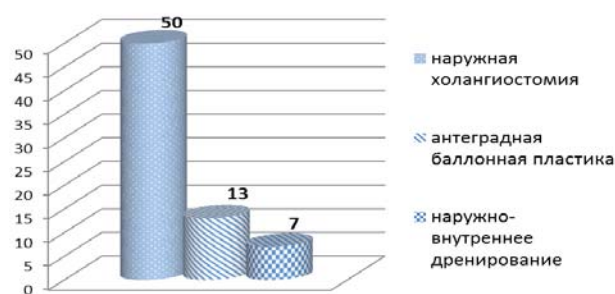


Рис.2. Количество выполненных вмешательств при доброкачественных заболеваниях.

При холедохолитиазе выполнялись: в 42 случаях (60%) наружная холангиостомия, в 3-х случаях (4,3%) произведено наружно-внутреннее дренирование желчевыводящих путей. У пациентов с рубцовыми стриктурами желчных протоков были выполнены: в семи случаях (10%) наружная холангиостомия, наружно-внутреннее дренирование в 4-х (5,7%) случаях, антеградная баллонная пластика в 13 случаях (18,6%). При ятрогенном повреждении общего желчного протока в 1 случае (1,4%) была выполнена наружная холангиостомия.

У больных со злокачественными заболеваниями гепатопанкреатодуоденальной зоны выполнены следующие вмешательства: наружная холангиостомия – 61,7%; антеградное эндобилиарное стентирование – 23,4%; наружно-внутреннее дренирование протоков – 11,9%; антеградная баллонная пластика – 0,9%; чрескожно-чреспечёночная микрохолецистостомия – 2,1%. В абсолютных числах количество выполненных вмешательств при злокачественных заболеваниях гепатопанкреатодуоденальной зоны представлено на рис. 3.

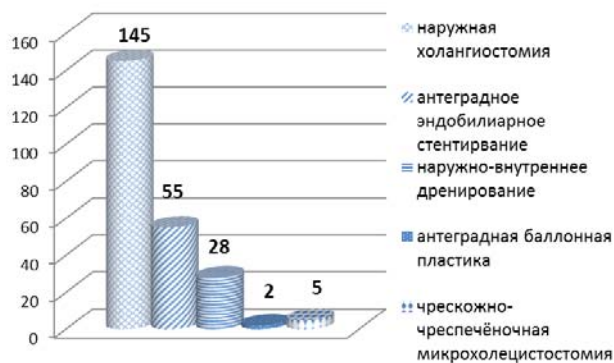


Рис.3. Количество выполненных вмешательств при злокачественных заболеваниях.

При раке головки поджелудочной железы выполняли: наружную холангиостомию в 80 случаях (34%), наружно-внутреннее дренирование протоков 14 случаях (6%), антеградное эндобилиарное стентирование в 35 случаях (14,9%), чрескожно-чреспечёночную микрохолецистостомию в 3 случаях (1,3%). При холангиокарциноме общего желчного протока выполняли: наружную холангиостомию в 25 случаях (10,6%); наружно-внутреннее дренирование протоков в 8 случаях (3,4%); антеградное эндобилиарное стентирование в 7 случаях (3%); чрескожно-чреспечёночную микрохолецистостомию в 1 случае (0,4%); антеградную баллонную пластику также в 1 случае (0,4%). При холангиокарциноме проксимальных желчных протоков выполняли: наружную холангиостомию в 17 случаях (7,2%); наружно-внутреннее дренирование протоков в 2-х случаях (0,8%); антеградную баллонную пластику в 1 случае (0,4%); антеградное эндобилиарное стентирование в 4-х случаях (1,7%). При раке желчного пузыря в 8 случаях (3,4%) выполнялась наружная холангиостомия; в 1 случае (0,4%) – наружно-внутреннее дренирование протоков; антеградное эндобилиарное стентирование в 2 случаях (0,8%). При раке БСДПК в 7 случаях (3%) была выполнена наружная холангиостомия; в 1 случае (0,4%) антеградное эндобилиарное стентирование. При регионарном метастазировании выполняли: наружную холангиостомию в 9 случаях (3,8%), наружно-внутреннее дренирование протоков в 3-х случаях (1,3%), антеградное эндобилиарное стенти-

рование в 6 случаях (2,6%); чрескожно-чреспечёночную микрохолецистостомию в 1 случае (0,4%).

Антеградное стентирование внепечёночных желчных протоков в качестве окончательного этапа лечения механической желтухи опухолевого генеза выполняли больным, у которых имел место нерезектабельный рак органов гепатопанкреатодуоденальной зоны с высоким риском открытого оперативного лечения. Эндобилиарное стентирование является достойной малотравматичной альтернативой различным вариантам билиодигестивных анастомозов, не уступая им в дренирующем эффекте, с минимальным риском развития осложнений. Кроме того, отсутствие наружных дренажей улучшает качество жизни пациента, его психологическое состояние, позволяет активизировать его в более ранние сроки, избавляет от необходимости приёма желчи внутрь. Стентирование общего желчного протока осуществляли металлическими нитиновыми самораскрывающимися стентами. Во всех наблюдаемых случаях стентированию предшествовала чрескожно-чреспечёночная холангиостомия. Техника стентирования заключалась в проведении металлического проводника через опухолевую стриктуру под сонофлуороскопическим контролем, по которому в последующем производилась установка стента.

Осложнения после проведённых минимально инвазивных вмешательств возникли в 45 случаях и были связаны у 25 пациентов (10,6%) с дислокацией холангиостомического дренажа; в 7 случаях (3%) с развившимся острым холециститом; в 5 случаях (2,1%) с развившимся острым панкреатитом; у 4-х пациентов с гидротораксом (1,7%); у 4-х пациентов с подпечёночной билемой (1,7%). Летальный исход возник у 11 больных, что составило 4,6%, и был обусловлен прогрессированием полиорганной недостаточности.

Минимально инвазивные антеградные вмешательства при синдроме механической желтухи, являясь альтернативой эндоскопическим методам декомпрессии, позволяют своевременно уточнить этиологический характер заболевания, эффективно купировать билиарную гипертензию, улучшить общее состояние пациентов и определить дальнейшую тактическую позицию в лечении данной категории больных.

#### Библиографический список

1. Гальперин Э.И., Ветшев П.С. Руководство по хирургии желчных путей. М.: Издательский дом Видар-М, 2006.
2. Гусев А.В., Боровков И.Н., Мартини Ч.Т. и др. Новые технологии при механической желтухе доброкачественного генеза // Анн. хирург. гепатол. 2008. Т.13. №1. С.72-75.
3. Данилов М.В., Фёдоров В.Д. Повторные и реконструктивные операции при заболеваниях поджелудочной железы. М.: Медицина, 2003.
4. Затевахин И.И., Цициашвили М.Ш., Дзарасова Г.Ж. и др. Возможности доплерографической сонографии в оценке функционального состояния печени при механической желтухе // Анн. хирург. гепатол. 2001. Т.6. №1. С.113-124.
5. Кубышкин В.А., Вишневский В.А. Рак поджелудочной железы. М., 2003.
6. Майстренко Н.А., Стукалов В.В. Холедохолитиаз. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2000.
7. Мачулин Е.Г. Механическая желтуха неопухолевого генеза. Минск, 2000.
8. Охотников О.И., Григорьев С.Н., Яковлева М.В. Рентгенохирургическое лечение синдрома Мириizzi у больных с высокой степенью операционно-анестезиологического риска // Анн. хирург. гепатол. 2009. Т.14. №3. С.22-29.
9. Охотников О.И., Яковлева М.В., Григорьев С.Н., Пахомов В.И. Антеградные эндобилиарные вмешательства в лечении осложнённой желчнокаменной болезни // Анн. хирург. гепатол. 2013. Т.18. №1. С.29-37.
10. Патютко Ю.И., Котельников А.Г. Хирургия рака органов билиопанкреатодуоденальной зоны. М.: Медицина, 2007.
11. Путов Н.В., Артемьева Н.Н., Коханенок Н.Ю. Рак поджелудочной железы. СПб.: Питер, 2005.
12. Савельев В.С., Ревякин В.И. Синдром Мириizzi. М.: Медицина, 2003. 112с.
13. Тарасенко С.В., Брянецев Е.М., Мараховский С.Л. и др. Осложнения эндоскопических транспапиллярных вмешательств у боль-



ных доброкачественными заболеваниями желчных протоков // Анн. хирург. гепатолог. 2010. Т.15. №1. С.21-26.

14. Тулин А.И., Зеравс Н., Купчс К. Эндоскопическое и чрескожное чреспечёночное стентирование желчных протоков // Анн. хирург. гепатолог. 2007. Т.12. №1. С.53-61. Шевченко Ю.Л., Ветшев П.С., Стойко Ю.М. и др. Диагностика и хирургическая тактика при синдроме механической желтухи // Анн. хирург. гепатолог. 2008. Т.13. №4. С.96-105.

15. Baron T.H. Palliation of malignant obstructive jaundice // Gastroenterol. Clin. North. Am. 2006. V.35. № 1. Pp. 101-112.

16. Mucai H. Early complication of endoscopic sphincterotomy // Digest. Endoscop. Supplem. 2002. V.4.

17. Yushidome H., Miyazaki M., Shimizu H. et al. Obstructive jaundice impairs hepatic sinusoidal endothelial cell function and renders liver susceptible to hepatic ischemia/ reperfusion // J. Hepatology. 2000. V.33 (1). Pp. 59-67.

#### References

1. Galperin E.I., Vetshev P.S. Guidelines for biliary tract surgery. Publishing House Vidar. M., 2006 .

2. Gusev A.V., Borovkov I.N., Martins Ch.T. et al. New technologies in the genesis of benign obstructive jaundice // Ann. surg. hepatolog. 2008. Vol.13. № 1. Pp.72 -75 .

3. Danilov M.V., Fedorov V.D. Repeated and reconstructive surgery for pancreatic diseases . Moscow, Medicine, 2003 .

4. Zatevakhin I.I., Tsitsiashvili M.Sh., Dzarasova G.J. et al. Features of Doppler sonography in the evaluation of the functional state of the liver in obstructive jaundice // Ann. surg. hepatolog. 2001. V.6. Number 1. Pp. 113-124.

5. Kubyshkin V.A., Wisniewski V.A. Cancer of the pancreas. Moscow, 2003.

6. Maystrenko N.A., Stukalov V.V. Choledocholithiasis. St. Petersburg.: ELBI SPb, 2000 .

7. Machulin E.G. Jaundice non-tumor genesis. Minsk, 2000 .

8. Okhotnikov O.I., Grigoriev S.N., Yakovleva M.V. Endovascular treatment of Mirizzi syndrome in patients with a high degree of operational and anesthetic risk // Ann. surg. hepatolog. 2009. Vol.14. № 3. Pp. 22-29.

9. Okhotnikov O.I., Yakovleva M.V., Grigoriev S.N., Pakhomov V.I. Antegrade endobiliary intervention in the treatment of uncomplicated gallstone disease // Ann. surg. hepatolog. 2013. Vol.18. № 1. Pp. 29-37.

10. Patyutko Y.I., Kotelnikov A.G. Cancer surgery of biliopancreatoduodenal zone. Moscow, Medicine , 2007 .

11. Putov N.V., Artemyeva N.N., Kohanenok N.U. Cancer of the pancreas. St. Petersburg.: Peter, 2005.

12. Saveliev V.S., Revjakin V.I. Mirizzi syndrome . Moscow, Medicine, 2003. 112c .

13. Tarasenko S.V., Bryantsev E.M., Marakhovsky S.L. et al. Complications of endoscopic transpapillary interventions in patients with benign diseases of the biliary // Ann. surg. hepatolog. 2010. V.15. № 1. Pp. 21-26.

14. Tulin A.I., Zerafs N., Kupchs K. Endoscopic stenting and percutaneous transhepatic biliary // Ann. surg. hepatolog. 2007. Vol.12. № 1. Pp. 53-61.

15. Shevchenko Y.L., Vetshev P.S., Stojko Y.M. et al. Diagnosis and surgical tactics in the syndrome of jaundice // Ann. surg. hepatolog. 2008. Vol.13. № 4. Pp. 96 -105.

16. Baron T.H. Palliation of malignant obstructive jaundice // Gastroenterol. Clin. North. Am. 2006. V.35. № 1. Pp. 101-112.

17. Mucai H. Early complication of endoscopic sphincterotomy // Digest. Endoscop. Supplem. 2002. V.4.

18. Yushidome H., Miyazaki M., Shimizu H. et al. Obstructive jaundice impairs hepatic sinusoidal endothelial cell function and renders liver susceptible to hepatic ischemia/ reperfusion // J. Hepatology. 2000. V.33 (1). Pp. 59-67.



**И.В. АНТОНОВА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра «Социальная работа и педагогика профессиональной деятельности», Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Орловский филиал)  
E-mail: orel2006@rambler.ru

**I.V. ANTONOVA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of "Social work and pedagogic professional activities", Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation (Orel branch)

## ЗДОРОВЬЕ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ САМОТЕСТИРОВАНИЯ

### HEALTH OF STUDENTS ACCORDING TO SELF-TESTING RESULTS

*В статье рассматривается состояние здоровья молодежи на примере результатов самотестирования студентов вуза. Автор на фактическом материале констатирует низкие показатели состояния здоровья молодежи и обосновывает необходимость интегративного подхода к воспитанию самосохранительного поведения.*

*Ключевые слова:* состояние здоровья молодежи, самотестирование, самосохранительное поведение.

*The article examines the health of young people on the example of the self-test results of the students in the university. The Author establishes low health indicators of youth and justifies the need for an integrative approach to the education of self-keeping behavior.*

*Keywords:* health status of young people, self-test, self-keeping behavior.

Будущее ближайших десятилетий целиком определяется современным состоянием молодежи. Но социоэкономическая и общественно-политическая деятельность невозможны без соответствующего, а именно, как минимум хорошего состояния здоровья индивидуума.

Между тем, состояние здоровья населения России в целом и молодежи в частности оставляет желать лучшего. Такие глобальные медико-демографические показатели, как рождаемость, средняя продолжительность жизни, говорят о депопуляции [4]. Очевидна важность укрепления и сохранения здоровья молодежи как важнейшего условия реализации позитивных целей поколения.

Система мер, направленных на оптимизацию молодежной сферы в целом, включает и меры по укреплению здоровья молодежи. Перспективен именно интегрированный подход к решению проблемы сохранения здоровья нации.

В этой связи особую актуальность приобретают коммуникативные компании по продвижению здоровья молодежи, адаптированные по форме и содержанию к соответствующей возрастной группе. Важность внедрения в сознание молодежи установок ЗОЖ и принципов гигиенического поведения очевидна.

Долгое время охрана здоровья считалась обязанностью исключительно систем здравоохранения и социальной защиты, в результате критерии эффективности самих систем заменили критерии состояния здоровья населения. Пересмотр этой политики начался с концепции приоритетного развития доступных для населения видов и формирования программ здорового образа жизни [2, с.48]

Реформы систем здравоохранения как в развитых, так и в развивающихся странах, начинались с решения задачи управления здоровьем населения путем дифференцированной адресной поддержки населения и

перераспределения средств и кадровых ресурсов, направляемых на развитие здравоохранения и медицинской науки. Основная цель этих реформ – сохранение и укрепление здоровья нации.

Здоровье конкретного человека и общества в целом зависит от общего уровня культуры, образования, психологической установки, условий жизни, состояния системы здравоохранения и др. Характер и объем оказываемой медико-социальной помощи определяется не только возможностями системы здравоохранения, необходимо учитывать мнение людей о своем здоровье и влияние на него факторов риска [3, с.123]

Ключом улучшения общественного здоровья являются стимулирование самосохранительного поведения и здоровый образ жизни.

Самосохранительное поведение включает в себя регулярность питания, занятия физкультурой и спортом, отказ от вредных привычек, соблюдение гигиенических норм, санитарную грамотность, гигиенические привычки, своевременность обращения в медицинские учреждения, в том числе в профилактических целях, строгое выполнение медицинских рекомендаций, соблюдение техники безопасности на работе и в быту и т. д.

Ничто не в состоянии способствовать укреплению здоровья больше, чем знание людьми основных факторов, вызывающих болезни или способствующих их возникновению, и принятие мер по ослаблению негативного влияния этих факторов на здоровье. Лучший способ предотвращения заболеваний – здоровый образ жизни и поддержание условий среды обитания, уменьшающих вероятность болезней.

Здоровье можно считать даром природы, но от человека и от общества зависит, сохранится, умножится или растратится этот бесценный дар. Особенно беззаботно относятся к своему здоровью молодые люди, не обремененные болезнями. Непонимание значимости здоро-

вья для полноценной жизни – признак не только низкой общей культуры и медицинской неграмотности, но и социального инфантилизма [1, с. 12].

Самосохранительное поведение определяется вниманием к собственному здоровью и своевременной профилактикой заболеваний, сознательной ориентацией на здоровый образ жизни. Однако, нередко на практике дело ограничивается лишь борьбой с факторами риска, что само по себе очень важно, но это преодоление явлений, лежащих на поверхности, достаточно хорошо известных и измеряемых. Гораздо сложнее создавать факторы здорового образа жизни, в частности через кооперативные или коммуникативные программы здоровья. В целом такие программы ориентируют население на сознательное активное участие в создании условий, способствующих сохранению здоровья.

Если к этому добавить рекомендации по соблюдению гигиенического распорядка труда, отдыха, учебы, снижению уровня социального и профессионального стресса, повышению физической активности, то перечисленное можно определить как медицинскую программу формирования здорового образа жизни. Общеизвестно, что именно образ жизни является определяющим в формировании здоровья. От характеристик образа жизни в 50% случаев зависит наличие болезней цивилизации.

Логично предположить, что позиция молодежи по отношению к своему здоровью является определяющей быть или не быть нашему государству в целом.

Преподавание в ОФ РАНХ и ГС ряда дисциплин валеологической направленности служит целям информирования студентов, изучения их собственного здоровья и формирования установки на ЗОЖ, причем целесообразно усиление и акцентуация именно внутреннего локуса контроля ОЖ.

Теоретическая подготовка в сочетании с самотестированием выявляет низкие уровни здоровья, причем это характерно как для 17-летних, так и для заочников зрелого возраста. Для многих выявление низких показателей является открытием и поводом провести коррекцию собственной жизни с точки зрения сохранения и улучшения здоровья.

Исследование проводилось методом самотестирования по следующим методикам:

1. Массово-ростовой индекс по Кетле (частное от деления массы человека в граммах на рост в см). Использовались поправочные коэффициенты А.А.Покровского с дополнениями В.А.Орлова и Н.А.Фудина.
2. Пульс в покое.
3. Артериальное давление по общепринятой методике
4. Жизненный показатель (частное от деления жизненной емкости легких в мл на массу тела в кг).
5. Гипоксическая проба Штанге (задержка дыхания на вдохе).

Физиологические резервы выражаются разницей в показателях функциональных систем организма в покое и при максимальном мышечном напряжении. Чем больше разница, тем больше у человека резер-

вов. Для выявления физиологических резервов физической работоспособности используются упражнения, рекомендованные ВОЗ в качестве тестов и оценочных нормативов. Они широко используются в науке и практике физической культуры и спорта в различных странах мира.

1. Зрительно-двигательная реакция оценивается в тесте с захватом падающей линейки.
2. Гибкость крестцово-поясничного отдела позвоночника измеряется в тесте с наклоном вперед из положения стоя.
3. Силовая выносливость мышц рук и плечевого пояса измеряется количеством отжиманий от пола, выполненных за 30 сек.
4. Силовая выносливость мышц брюшного пресса определяется количеством выполненных за 30 сек движений из положения лежа на спине в положение сидя в группировке с обхватом коленей ног двумя руками.
5. Координированность движений (ловкость) определяется в тесте с бросанием в стену в обозначенный круг диаметром 50 см и ловлей отскочивших от стены мячей на расстоянии 3 м.
6. Восстанавливаемость пульса (проба Руффье) начинается с измерения ЧСС в покое, затем сразу после 30 приседаний за 45 сек. и через минуту в положении сидя. Оценка скорости восстановления пульса (индекс Руффье) производится по формуле:

$$\text{Индекс} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 - 200}{10}$$

Основную группу составили студенты с удовлетворительным состоянием здоровья, их 41%, 28% студентов имеют хорошее здоровье, 26% плохое, 3% отличное и 2% очень плохое.

Анализ показателя МРИ в младшей возрастной группе 17 – 22 года обнаружил преобладание низких показателей в 48 % 4 и 3 б, в группе 23 – 30 лет низкие показатели встречались реже, и в 46 % МРИ оценивался в 5б; в 27 % 4 и 3 б (с превышением показателей). В группе студентов старше 30 лет повышенные показатели МРИ регистрировались в 39 % (4 и 3 б), в 28 % – 5 и 6 б и в 22 % – 4 и 3 б (низкие показатели); в 11 % 2 и 1 б (высокий МРИ), что демонстрирует очевидное нарастание массы тела с возрастом.

Пульс в покое имел очевидную тенденцию к учащению с возрастом: в группе студентов 17-22 года в 66 % он оценивался в 6 и 5 б, 23 – 30 лет эту оценку получили 52 % респондентов и в группе старше 30 – только 42 %.

Артериальное давление характеризуется значительной долей гипотонии, в группе 17-22 года – 30 %, 23-30 лет – 22 %, старше 30 лет – 18 %. Группа повышенного давления была максимальной среди студентов старше 30 лет.: давление выше 130/90 регистрировалось в 22 % случаев по сравнению с 5 % в группе студентов 17-22 лет.

Жизненный показатель оценивался максимальным количеством баллов (6 и 5) только в 40 % случаев во всех возрастных группах студентов, дополнительный

анализ выявил значительное его снижение в группе курильщиков старше 30 лет.

Коррелировала с этим показателем и гипоксическая проба Штанге (задержка дыхания на вдохе), которая также была минимальной у курильщиков со стажем.

Зрительно-двигательная реакция в тесте с захватом падающей линейки была в целом хорошей с незначительной долей (22 %) удовлетворительных оценок (4 б и ниже).

Гибкость крестцово-поясничного отдела позвоночника была заметно снижена у 30 % студентов старше 30 лет (в 30 % случаев 4 б и ниже).

Силовая выносливость мышц рук оказалась отличной и хорошей (6 и 5 б) у 17-25 – 22 % респондентов в соответствующих возрастных группах, таким образом превалировали низкие показатели.

При анализе силовой выносливости мышц брюшного пресса отмечалась примерно та же закономерность.

Координированность движений (ловкость) характеризовалась преобладанием средних показателей во всех возрастных группах: 4 и 3 б в 42-39 – 35 % в соответствующих группах.

Проба Руффье показала откровенно низкие возможности сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке: отличные показатели (6 б) составили только 5 – 5 – 4 % в соответствующих возрастных группах, хорошие (5 б) 9 – 9 – 8 %, 4 и 3 б 35 – 34 – 30 %, 2 и ниже 51 – 52 – 58 %.

Двигательная активность была явно недостаточной во всех возрастных группах и получила высокую оценку только у студентов, посещающих специальные секции (спорт, аэробика и др), или при работе, требующей постоянного движения (патрульно-постовая служба, например).

Частота и активность курения нарастали с возрастом и были максимальными в группе 23-30-летних. Половозрастной анализ показал следующее: среди девушек частота курения в трех возрастных группах

характеризовалась цифрами 25 – 35 – 24 %, при этом интенсивность курения была невысокой: до 5 сигарет выкуривали 52 % курящих, от 6 до 10 – 26 %, от 11 до 15 12 % и от 16 10 %. Среди юношей аналогичные показатели выглядели следующим образом: 35 % - 44 % - 40%, при этом интенсивность курения была выше: до 5 сигарет выкуривали 35 % курящих, 6-10 – 30 %, 11-15 сигарет 20 % и 16 и более сигарет 25 % человек.

Что касается употребления алкогольных напитков, для молодежи свойственно преобладание пива и тоников, тогда как среди студентов более солидного возраста нарастает частота употребления крепких напитков, что коррелирует с оценкой их в баллах.

Обнаружение очевидно низких показателей и сравнение себя с более физически развитыми товарищами и книжной нормой для большинства испытуемых было неожиданным, иногда шокирующим и сопровождалось бурной эмоциональной реакцией, к сожалению, кратковременность этой реакции обнаруживала недостаточность ее для мотивации самосовершенствования.

При обсуждении результатов самотестирования в группе делается акцент на необходимость и возможность коррекции особенно низких показателей, самоизбавления от вредных привычек (курение).

К сожалению, катамнеза тестируемых нет. Проведение повторной самодиагностики (в конце обучения) было бы интересным, однако, осложняется отсутствием планового занятия в учебном расписании.

Представляется целесообразным персистентный характер преподавания валеологических дисциплин с целью поддержания мотивации на ЗОЖ. Наличие практических занятий с элементами соревновательности и комплексных диагностических методик индивидуального – собственного здоровья делает преподавание здравоохранительных дисциплин особенно наглядным и впечатляющим. В конечном счете, здоровье молодежи – это будущее России.

#### Библиографический список

1. Алкогольная катастрофа и возможности государственной политики в преодолении алкогольной сверхсмертности в России / Отв. ред. Д. А. Халтурина, А. В. Коротаев. М.: ЛЕНАНД, 2008. 376 с.
2. Брехман И. И. Валеология – наука о здоровье. М.: 2010. 208 с.
3. Вайнер Э. Н. Валеология: учебник для вузов. М.: Флинта: Наука, 2007. 416 с.
4. [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main) (дата обращения: 20.09.2014).

#### References

1. Alcohol catastrophe and the possibility of public policy in overcoming alcohol high mortality in Russia / Ed. D.A. Halturina, A.V. Korotaev. M.: LENAND, 2008. P.376.
2. Brehman I.I. Valeology - the science of health. M.: 2010. P.208.
3. Weiner E.N. Valeology: a textbook for high schools. M.: Flinta: Nauka, 2007. P.416.
4. [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main) (date accessed: 20.09.2014).

УДК 616.9-022:913

UDC 616.9-022:913

**С.А. АРХИПИНА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет

**Е.Ф. МЕЛЬНИКОВА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра иммунологии и специализированных клинических дисциплин, Орловский государственный университет

**S.A. ARKHIPINA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Internal Diseases, Orel State University

**E.F. MELNIKOVA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Immunology and specialized clinical disciplines, Orel State University

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СЛУЧАЕВ САЛЬМОНЕЛЛЕЗА У ГОСПИТАЛИЗИРОВАННЫХ ПАЦИЕНТОВ

### CLINICAL ANALYSIS OF SALMONELLESIS AT PATIENTS

*В статье представлены результаты собственного исследования этиологии, эпидемиологии, особенностей клинической симптоматики, а также диагностики и терапии сальмонеллеза в Орловской области.*

*Ключевые слова:* сальмонеллёз, особенности этиологии, эпидемиологии, клиники и лечения.

*The present study contains the results of the research of etiology, epidemiology, clinical, diagnosis and treatment salmonellosis in the Orel region.*

*Keywords:* salmonellosis, features etiology, epidemiology, clinical and therapy.

**Введение.** В настоящее время сальмонеллез не только остается одной из важнейших гигиенических и эпидемиологических проблем, но и приобретает все большее значение в связи с экологическим и экономическим неблагополучием во многих регионах, интенсивной миграцией населения [1]. Сальмонеллез – острое зооантропонозное бактериальное инфекционное заболевание с фекально-оральным механизмом передачи возбудителя. Характеризуется преимущественным поражением желудочно-кишечного тракта, интоксикацией и протекает чаще всего в виде гастроинтестинальных, реже генерализованных форм [3]. Согласно современному общепринятому представлению, термин «сальмонеллез» объединяет группу заболеваний, вызываемых множеством сероваров бактерий, объединенных в вид *S. enterica* рода *Salmonella* семейства *Enterobacteriaceae*. В настоящее время описано более 2300 сероваров сальмонелл, из них у человека – более 700 [1]. В России ежегодно регистрируется около 300 различных сероваров сальмонелл, при этом от 20 до 40 из них оказываются выявленными впервые. Важно отметить, что независимо от числа выделяющихся на той или иной территории сероваров основную массу заболеваний и носительства у людей обуславливают 10-12, а нередко – только 1-2 ведущих серовара. Этиологическая структура сальмонеллез у людей на отдельных территориях страны в значительной мере сходная [2]. Основными источниками инфекции являются животные, изредка люди. Основной путь заражения – пищевой, при этом факторами передачи инфекции могут быть различные пищевые продукты – мясо млекопитающих, птиц, рыба, яйца и яичные продукты, молоко и молочные продукты и др. В некоторых продуктах (молоко, мясо) сальмонеллы могут даже размножаться, не вызывая видимых изменений. Низкую температуру переносят хорошо, при высокой погибают мгновенно. Сальмонеллы способны продуцировать экзотоксины: энтеротоксины (термола-

бильный и термостабильный), усиливающие секрецию жидкости и солей в просвет кишки, и цитотоксин, нарушающий белково-синтетические процессы в клетках слизистой оболочки кишечника и воздействующий на цитомембраны. При разрушении бактерий выделяется эндотоксин, с которым связано развитие интоксикационного синдрома [3, 4].

В настоящее время заболеваемость сальмонеллезом имеет тенденцию к некоторому росту и остается относительно высокой в течение всего года с некоторым подъемом в теплое время, особенно это касается крупных городов с централизованной системой продовольственного снабжения [3, 7]. Причина этого явления, по мнению большинства исследователей, связана с интенсификацией животноводства на промышленной основе, изменившимся характером и масштабами реализации пищевых продуктов, значительным увеличением экспортно-импортных связей между странами, интенсификацией миграционных процессов. Другой эпидемиологической особенностью сальмонеллеза является преимущественно спорадический характер его распространения. Установлено, что спорадическая заболеваемость по существу является следствием возникновения вспышек сальмонеллеза, характер которых изменился, вследствие чего эпидемиологическая расшифровка их затруднена. Они возникают преимущественно в результате поступления в торговую сеть различных пищевых продуктов, инфицированных сальмонеллами [3]. Диагностика основывается на клинических данных, тщательно собранном эпидемиологическом анамнезе и лабораторных исследованиях: основополагающего бактериологического и иммунологических методов [4, 5].

**Целью** нашего исследования явилось выявление этиологических и клинико-эпидемиологических особенностей сальмонеллеза у взрослых пациентов, госпитализированных в БУЗ «Городская больница им. С.П. Боткина» в период с 2006 по 2014 годы. Были сформу-



лированы следующие задачи исследования:

1. Определение полового и возрастного состава больных сальмонеллезом.
2. Выявление многолетней и внутригодовой динамики заболеваемости.
3. Уточнение ведущих путей и факторов передачи у госпитализированных пациентов.
4. Изучение клинических особенностей сальмонеллеза у взрослых.
5. Выявление спектра возбудителей сальмонеллеза;
6. Определение чувствительности к антибиотикам изолированных штаммов сальмонелл и оценка эффективности назначения антибактериальных препаратов.

**Дизайн исследования.** Проведен ретроспективный анализ 835 историй болезни взрослых пациентов, находившихся на лечении в БУЗ «Городская больница им. С.П. Боткина» в период с 2006 по 2014 год с диагнозом «сальмонеллез». При оценке случаев заболевания нами были использованы следующие методы исследования.

**Общеклинические методы:** анамнез заболевания и жизни больного, клиническая картина заболевания на момент госпитализации.

**Лабораторные данные:** общий анализ крови, общий анализ мочи, биохимическое исследование крови, бактериологическое исследование испражнений и рвотных масс, серологическое исследование сыворотки крови.

**Инструментальные данные:** ЭКГ, УЗИ органов брюшной полости.

### Результаты исследования

При анализе случаев сальмонеллеза в течение 9 лет было установлено, что в 2006 г. госпитализировано 47 больных (5,7 %), в 2007 г. – 93 (11,2 %), в 2008 г. – 101 (12,2 %), в 2009 г. – 94 (11,3 %), в 2010 г. – 104 (12,5 %), в 2011 г. – 74 (8,9 %), в 2012 г. – 118 (14,2%), в 2013 г. – 112 (13,5%) и в 2014 г. – 87 пациентов (10,5%) (рис. 1).

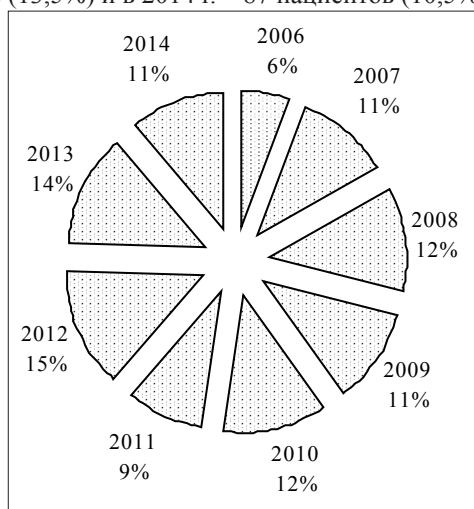


Рис. 1. Процентное соотношение количества пациентов в течение периода исследования.

Распределение случаев заболеваний по месяцам показало, что из 835 заболевших 34,8% пациентов были госпитализированы в июле и августе. Таким образом, наблюдается выраженная летняя сезонность с пиком

заболеваемости в августе, что соответствует современным литературным данным (рис. 2).

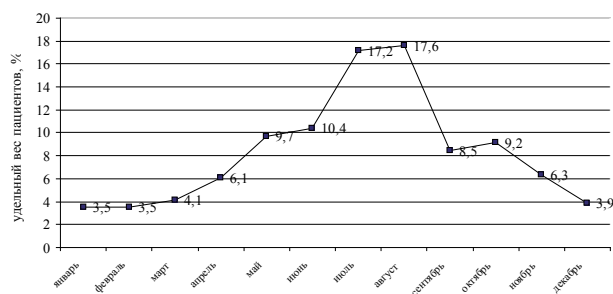


Рис. 2. Внутригодичная динамика заболеваемости сальмонеллезом.

Результаты проведения анализа возрастного состава заболевших представлены на рис. 3, из которого видно, что большинство пациентов были в возрасте до 30 лет.

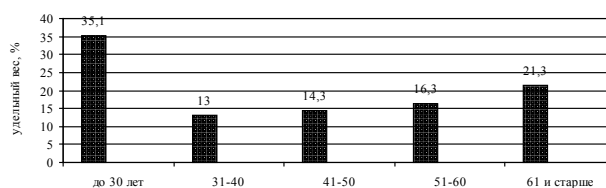


Рис. 3. Возрастной состав больных сальмонеллезом.

Анализируя половой состав пациентов, установили, что преимущественно болели мужчины и составили 59,8%. Среди всех больных 258 человек (30,9%) являлись жителями села, 577 (69,1%) – жителями города.

При проведении детального анализа направительных диагнозов было выявлено, что при направлении в стационар в 77,3 % случаев больным выставлялся направительный диагноз острый гастроэнтерит, в 7,7 % – сальмонеллез, в 3,3 % – ОРВИ, в 0,7% – лихорадка неясного генеза, в 9,2 % случаев больные обращались самостоятельно без предварительного диагноза.

Выяснение эпидемиологического анамнеза позволило установить, что основным путем передачи сальмонеллеза в течение 9 лет был пищевой – у 90,7% пациентов. Факторами передачи послужили сырые, вареные и жареные куриные яйца, мясо и мясные продукты, а также некоторые другие продукты питания (молоко, перепелиные яйца) (рис. 4).

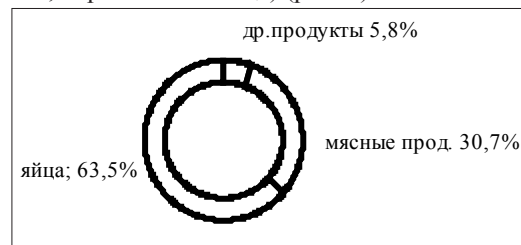


Рис. 4. Ведущие факторы передачи сальмонеллеза.

Анализ клинических симптомов заболевания позволил определить характерные проявления сальмонеллеза. У всех госпитализированных пациентов наблюдалось острое начало заболевания. Из клинических симптомов ведущими оказались диарея у 97,8% больных и лихорадка у 93,6 % больных, причем более чем у половины больных – фебрильная 38-39 °С. Частота встречаемости других ведущих клинических

симптомов при сальмонеллезе представлена на рис. 5.

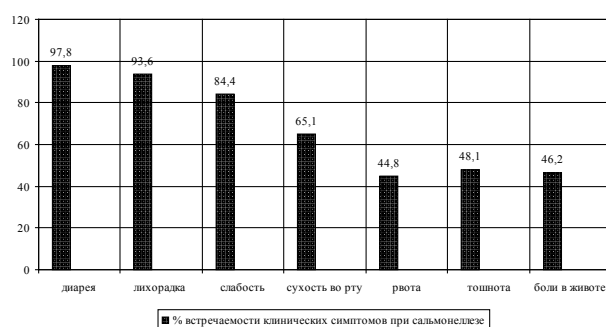


Рис. 5. Частота встречаемости клинических симптомов.

Гастроинтестинальная клиническая форма заболевания наблюдалась у 96,7% больных, генерализованная – у 1,4%, бактериовыделение – у 1,9%. Самым распространенным вариантом гастроинтестинальной формы явился гастроэнтеритический – у 90,1% пациентов, у 8,3% имел место гастроэнтероколитический вариант, у 1,6% – гастритический.

Преобладала средняя степень тяжести течения заболевания (94,2% больных), случаи тяжелого сальмонеллеза отмечены в 2,8%, у 25 пациентов (3%) сальмонеллез протекал в субклинической форме.

Оценивая клиническую картину заболевания, установили, что более половины случаев (56,1%) сопровождались развитием осложнений, распространенность которых среди пациентов представлена в таблице 1.

Таблица 1.

#### Осложнения сальмонеллеза

Осложнения	Удельный вес пациентов
Реактивный панкреатит	46,8%
Токсическая нефропатия	15,7%
Токсический гепатит	6,1%
Сочетание нефропатии с панкреатитом	21,2%
Сочетание нефропатии с гепатитом	3,6%
Сочетание панкреатита с гепатитом	2,4%
Сочетание панкреатита с гепатитом и нефропатией	0,4%
Инфекционно-токсический шок	1,4%
Гиповолемический шок	1,0%
Острая почечная недостаточность	1,4%

Для установления этиологического диагноза заболевания у всех госпитализированных пациентов применялись микробиологические методы диагностики: бактериологическое исследование испражнений, рвотных масс и промывных вод желудка с целью обнаружения возбудителя; серологическое исследование сыворотки крови с целью обнаружения нарастания титра антител к сальмонеллам. После проведения бактериологического анализа установлено, что *S. enterica* серовар enteritidis был обнаружен у 81,9% обследованных пациентов, на втором месте по частоте обнаружения *S. enterica* серовар typhimurium – 7,6% от всех обследованных, на третьем – *S. enterica* серовар infantis и *S. enterica* серовар mission: по 3 % соответственно. Другие серовары (virchow, kentucky, brandenburg, potsdam, boreis moribificans, cholera suis, muenchen) опреде-

лялись гораздо реже, суммарно у 4,5% обследованных.

Субклиническая форма сальмонеллеза диагностировалась на основании выделения сальмонелл из фекалий в сочетании с выявлением диагностических титров противосальмонеллезных антител в серологических реакциях.

Всем госпитализированным пациентам назначалась эмпирическая антибиотикотерапия с использованием ципрофлоксацина. После получения результатов бактериологического анализа проводили коррекцию антибиотикотерапии с учетом чувствительности бактерий. Применение диско-диффузионного метода определения антибиотикорезистентности позволило установить, что более 90% выделенных штаммов оказались чувствительны к указанному препарату. Однако, учитывая тяжесть состояния больного и выраженность клинических симптомов, применялась комбинированная антибиотикотерапия: ципрофлоксацин и фуразолидон у 32,6 % пациентов, ципрофлоксацин и цефотаксим – у 25,8 %.

Нормализация температуры тела у всех госпитализированных больных наблюдалась на второй-третий день лечения, стула – на пятый-шестой день.

Помимо этиотропной терапии применяли патогенетическое и симптоматическое лечение: инфузионная терапия в объеме 1,5 литра в сутки, спазмолитики, ферментные препараты, обволакивающие средства, витамины и препараты кальция.

Для контроля санации и исключения формирования носительства применяли повторное бактериологическое исследование биоматериала от пациентов. При повторном обнаружении сальмонелл был назначен специфический сальмонеллезный бактериофаг, однако такая ситуация прослеживалась лишь у 25 пациентов (3%) в течение всего периода наблюдения.

#### Заключение

Несмотря на успехи, достигнутые в борьбе с инфекционными болезнями, проблема снижения заболеваемости острыми кишечными инфекциями, в том числе сальмонеллезами, и улучшения результатов их лечения продолжает оставаться весьма актуальной. Это объясняется широким распространением сальмонеллеза, все еще недостаточной изученностью многих сторон его патогенеза, высокой частотой возможных осложнений. Кроме того, это заболевание наносит большой экономический ущерб, что также заставляет заниматься этой проблемой практическое здравоохранение. Рост заболеваемости в мире наиболее выражен среди населения в возрасте 20-39 лет. Это может происходить либо потому, что употребляемые данной возрастной группой продукты чаще бывают обсемененными, либо потому, что в данном возрасте люди чаще путешествуют [6].

В последние годы отмечается значительный рост заболеваемости сальмонеллезом, связанный с распространением возбудителя (*S. enteritidis*) через мясо птицы и яйца. Во многих странах этот путь заражения сейчас является ведущим [7].

На протяжении последних лет проблема сальмо-

неллезов продолжает оставаться актуальной и для Орловской области. Данные настоящей работы показали, что за последние 9 лет в Орловской области выявлена тенденция к небольшому росту заболеваемости сальмонеллезом. Анализ возрастной и половой структуры заболевших в нашем исследовании показал, что отмечалось преобладание лиц мужского пола в возрасте до 30 лет, преимущественно городских жителей, что подтверждает общемировые тенденции. В инфекционное отделение больные доставлялись преимущественно машиной скорой помощи из дома с диагнозом «острый гастроэнтерит».

Анализ результатов нашей работы показал, что основной путь передачи сальмонеллеза был пищевой, факторами передачи более чем половины случаев заболевания послужили куриные яйца, что также подтверждает данные современных авторов. Выявлена летняя сезонность с пиком заболеваемости в июле-августе.

У всех пациентов наблюдалось острое начало забо-

левания. Заболевание чаще протекало в гастроэнтерическом варианте средней степени тяжести, с четкой клинической симптоматикой, с возможностью развития осложнений у половины пациентов.

При оценке спектра возбудителей сальмонеллеза было установлено, что *S. enterica* серовар *enteritidis* обнаружен более чем у 80% пациентов. Полученные нами результаты совпадают с общемировыми и российскими показателями и свидетельствуют о значимости данного серовара в развитии заболевания.

Применение этиотропной и патогенетической терапии приводило к купированию основных клинических симптомов заболевания.

Таким образом, проведенный ретроспективный анализ заболеваний позволяет установить клинко-эпидемиологические особенности сальмонеллеза у госпитализированных пациентов в настоящее время и обуславливает необходимость дальнейшего пристального внимания к этой инфекции.

#### Библиографический список (References)

1. <http://infekcionnye-zabolevaniya.ru/aktualnost/>
2. <http://medicalplanet.su/620.html> MedicalPlanet
3. <http://medkarta.com/?cat=article&id=20446>
4. <http://www.medicalj.ru/diseases/infectious/772-salmonelljoz-simptomy-lechenie>
5. <http://www.medn.ru/statyi/salmonellez-simptomy.html>
6. [http://humbio.ru/humbio/infect\\_har/00364301.htm](http://humbio.ru/humbio/infect_har/00364301.htm)
7. <http://infectology.ru/nosology/infectious/bacteriosis/salmonelles.aspx>

УДК 616.24-002-073.916

UDC 616.24-002-073.916

**И.Б. БЕЛОВА**

доктор медицинских наук, профессор, зав. курсом лучевой диагностики и терапии, кафедра иммунологии и специализированных клинических дисциплин, Орловский государственный университет

E-mail: ib-belova.belowa2012@yandex.ru

**Т.А. СОТНИКОВА**

аспирант, кафедра иммунологии и специализированных клинических дисциплин, Орловский государственный университет

E-mail: trsvtanja@rambler.ru

**I.B. BELOVA**

Doctor of Medicine, Professor, Head of the Radiologic course, Orel State University

E-mail: ib-belova.belowa2012@yandex.ru

**T.A. SOTNIKOVA**

Graduate student, Department of the Radiologic course, Orel State University

E-mail: trsvtanja@rambler.ru

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ОСЛОЖНЕННОЙ ПНЕВМОНИИ, ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ, РАКА ЛЕГКИХ

### DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF COMPLICATED PNEUMONIA, LUNG TUBERCULOSIS, LUNG CANCER

*В статье приведены данные дифференциальной диагностики 78 больных осложненной пневмонией, туберкулезом легких, раком легких с использованием мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ). Представлено сравнение частоты встречаемости МСКТ-симптомов осложненной пневмонии, туберкулеза легких, рака легких.*

*Ключевые слова:* лучевая диагностика, дифференциальная диагностика, осложненная пневмония, мультиспиральная компьютерная томография.

*In the article the data of differential diagnosis of 78 patients of complicated pneumonia, lung tuberculosis, lung cancer by using high resolution multispiral computer tomography (MSCT) were evaluated. Comparison of frequency of MSCT-symptoms of the complicated pneumonia, lung tuberculosis, lung cancer has been made.*

*Keywords:* radiological diagnosis, differential diagnosis, complicated pneumonia, multispiral computer tomography.

В настоящее время очень тяжело дифференцировать пневмонию и туберкулез легких. Разнообразие клинических и рентгенологических проявлений туберкулеза легких часто обуславливает установление неверного первоначального диагноза.

По данным академика А.Г. Чучалина и соавторов [5], в РФ в 2002 г. было зарегистрировано 390,5 случаев пневмонии на 100 тыс. населения, при этом ошибки при дифференциации пневмоний и других воспалительных заболеваний легких составляют более 30% случаев. Высокий процент поздней диагностики туберкулеза легких в лечебных учреждениях общей лечебной сети. Примерно у 20% больных туберкулезом легких заболевание диагностируют в первые 2-3 недели заболевания, а у остальных 80% – в сроки от 1 до 2 месяцев [1]. Трудности, с которыми приходится сталкиваться клиницистам, вполне естественны. Они обусловлены многообразием возбудителей и клинических вариантов течения внебольничной пневмонии, появлением множества новых лекарственных средств, неправильным приемом антибиотиков, необходимостью начинать лечение до идентификации возбудителя, нередко стертой клинической картиной заболевания в последние годы.

Всегда следует исходить из того, что в большинстве случаев пневмония является серьезным и тяжелым недугом, требующим немедленного начала лечения. В то же время под её маской нередко скрываются туберкулез и рак легкого.

Наряду с клиническими и лабораторными исследованиями рентгенологический метод является основным в

диагностике изменений в легких.

Лучевое исследование больных пневмонией должно начинаться с обзорной рентгенографии органов грудной полости в передней прямой, при необходимости в боковой проекции. У небольшой части больных внебольничной пневмонией рентгенологическая картина нетипична или клинические проявления, сходные с пневмонией, обусловлены другим патологическим процессом. В этих случаях рентгенографическое исследование может быть дополнено рядом специальных методик. Среди них наибольшее значение имеет компьютерная томография (КТ). КТ обязательно должна быть выполнена пациентам с очевидными клиническими симптомами пневмонии, у которых изменения в легких на рентгеновских снимках отсутствуют. КТ необходима во всех случаях осложненного течения пневмонии, для своевременного выявления деструкции, плеврального выпота, эмфиземы, увеличения внутригрудных лимфатических узлов. КТ должна выполняться при медленном разрешении, рецидивирующем течении и при отсутствии рентгенологической динамики в ответ на антибактериальную терапию [3, 5, 7].

Цель настоящего исследования – улучшить диагностику осложненной внебольничной пневмонии. Задачи: 1) уточнить частоту встречаемости МСКТ-симптомов осложненной, медленно разрешающейся или неразрешающейся пневмонии; 2) провести сравнительный анализ частоты встречаемости основных МСКТ-симптомов осложненной пневмонии, туберкулеза легких, рака легких для выявления достоверных



различий.

Материалы и методы. Проанализирована медицинская документация и данные лучевых методов обследования 78 больных, поступивших с мая по ноябрь 2013 г. в отделение дифференциальной диагностики БУЗ «Орловский противотуберкулезный диспансер» (БУЗ ОПТД), направленных из других ЛПУ Орловской области с подозрением на туберкулез и после малоэффективного антибактериального лечения по поводу пневмонии.

При поступлении в БУЗ ОПТД всем больным были выполнены обзорная рентгенография в прямой, при необходимости в боковой проекциях, а также мультиспиральная компьютерная томография на аппарате Brilliance 16 (Phillips). Подготовка к исследованию и методика выполнения процедуры являлись стандартными, выполнялись согласно протоколу исследования грудной полости (табл. 1). Просмотр изображений выполнен на профессиональном мониторе с использованием реконструкций, проекций минимальной и максимальной интенсивностей, качественной и количественной оценки очаговых теней в легких.

Таблица 1.

Параметры сканирования органов грудной полости Brilliance 16 (Phillips)

№ п/п	Характеристика сканирования	Значение параметра
1	Время вращения трубки	0,6с
2	Коллимация слоя	Реконструкция 1-5 мм Реконструкция 2-1,25мм Реконструкция 3-0,625 мм
3	Смещение стола за один оборот трубки	5мм
4	Шаг спирали	0,6713
5	напряжение	120кВ
6	Экспозиция	200мА
7	Наклон гентри	0о
8	Н а п р а в л е н и е сканирования	Кранио-каудальное
9	Д л и т е л ь н о с ь сканирования	12с
10	Величина поля исследования (FOV)	От верхней апертуры до реберно-диафрагмальных синусов
11	Алгоритм реконструкции	МПР
12	Окно: легкие	1 5 0 0 / - 6 5 0 , средостение-400/-40
13	Дыхание пациента	Задержка дыхания на высоте вдоха
14	Положение пациента	На спине, руки вверх за головой
15	Контрастное усиление (в/в болюсно)	Не проводились

Выполнено сравнение частоты встречаемости МСКТ-симптомов у больных осложненной пневмонией, туберкулеза и рака легких по следующим признакам: изменения по типу матового стекла, внутридольковые ретикулярные затемнения, консолидации, утолщение междольковых перегородок, уплотнения по ходу сосудов и бронхов, утолщение бронхиальной стенки, центрилобулярные и перибронховаскулярные очаги,

расширение бронхов, узлы, полости распада, плевральный выпот, увеличении лимфатических узлов.

Согласно предварительным диагнозам больные распределены следующим образом: туберкулез – у 53(68%) человек, пневмония – у 15(19,2%) человек, злокачественные опухоли – у 10(12,8%) человек (табл. 2).

Таблица 2.

Распределение больных по предварительным диагнозам, n=78

Предварительный диагноз	Количество больных	
	Абс.	%
Туберкулез легких	53	68
Внебольничная пневмония	15	19,2
Злокачественные опухоли	10	12,8
Всего	78	100

Возраст больных варьировал от 18-85 лет, средний возраст – 55 лет, наибольшее количество больных составили пациенты в возрасте 50-59 лет 37(47,4%) человек. Соотношение женщин и мужчин – 1:3.

Среди сопутствующих патологических состояний и заболеваний, имевших место в анамнезе пациента при его поступлении в стационар, мы отметили: алкогольную и никотиновую зависимость, заболевания сердца, мочевыделительной системы, желудочно-кишечного тракта, сахарный диабет, злокачественные опухоли не легочной локализации, иммунодефициты, травмы и другие состояния (табл. 3).

Таблица 3.

Распределение больных в соответствии с сопутствующими и фоновыми заболеваниями, n=78

Сопутствующие фоновые заболевания	Количество больных	
	Абс.	%
Фоновых заболеваний и состояний нет	3	3,8
Алкогольная зависимость	18	23
Никотиновая зависимость	27	34,6
Заболевания сердца	20	25,6
Сахарный диабет	5	6,4
Заболевания мочевыделительной системы	4	5,1
Заболев желудочно-кишечного тракта	7	9
Злокачественные опухоли не легочной локализации	0	0
Иммунодефициты	3	3,8
Травма	3	3,8
Другие	33	42
Всего	78	100

Среди сопутствующей патологии лидирующее место занимали никотиновая зависимость и заболевания сердца, 27(34,6%) и 20(25,6%) больных соответственно. Несколько меньшую долю составила алкогольная зависимость – 18 (23%) больных.

По срокам от начала заболевания до поступления в БУЗ ОПТД больные распределились следующим образом: на 5-14 день от начала заболевания поступили 25 больных, 15-21 день – 42 больных, 22 и более дней – 11 больных (табл. 4).

Все больные на момент поступления в БУЗ ОПТД

имели сохраняющиеся легочные жалобы. Из анамнеза было известно острое начало заболевания и повышение температуры до 38-39°C у 6(7,7%) больных.

Таблица 4.

Распределение больных в зависимости от срока начала заболевания, n=78

Количество дней от начала заболевания	Количество больных	
	Абс.	%
5-14	25	32,1
15-21	42	53,8
22 и более	11	14,1
Всего	78	100

При внебольничной пневмонии установлено преобладание поражения правого легкого – 14 (93,3%) и его верхних долей – 7 (46,7%). Двустороннее полисегментарное поражение легких имело место у 5 (33,3%) больных, одностороннее поражение больше одной доли было обнаружено у 4 (26,7%) больных. Наиболее часто встречалось периферическое распределение патологических изменений в паренхиме у 10 (66,7%) больных.

Симптом матового стекла – область снижения воздушности легочной ткани различной протяженности, не перекрывающая изображения сосудистых структур, и внутридольковые ретикулярные затемнения наиболее часто встречались – по 14 (93,3%) больных (рис. 1). Однако, как основной симптом матовое стекло встречался у 2 (13,3%) больных, а внутридольковые ретикулярные затемнения у 1 (6,7%) (рис. 2).



Рис. 1. Больной О., 50 лет. Симптом матового стекла – на фоне сниженной воздушности легкого видны сосуды.

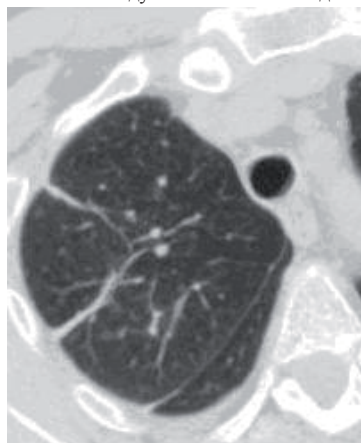


Рис. 2. Больной П., 62 года. Внутридольковые ретикулярные затемнения – линейные участки уплотнения.

Симптом матового стекла в нашем исследовании в большом проценте случаев сопровождал симптом консолидации – у 11 (73,3%) больных (рис. 3).

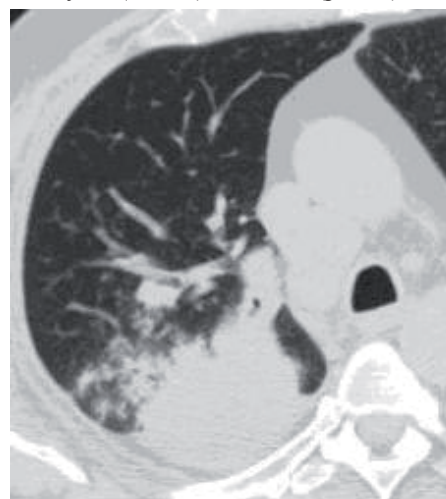


Рис. 3. Больной Г., 55 лет. Симптом консолидации – затемнение, на фоне которого не виден сосудистый рисунок.

При развитии значительного отека на микроуровне происходит заполнение альвеол экссудативной жидкостью, в результате чего они теряют свою воздушность, изменяя и свой объем, который на первом этапе немного увеличивается, но достаточно быстро в последующем уменьшается. Этими изменениями обусловлен симптом консолидации или альвеолярной инфильтрации, при котором выражена инфильтрация паренхимы и интенсивность затемнения не позволяет визуализировать изображения сосудов.

Симптом консолидации также довольно часто встречался в нашем исследовании и отмечен у 12 (80%) больных. На фоне различных по протяженности участков консолидации у такого же числа пациентов у 12 (80%) обнаруживали симптом расширения бронхов – симптом воздушной бронхограммы (рис. 4).

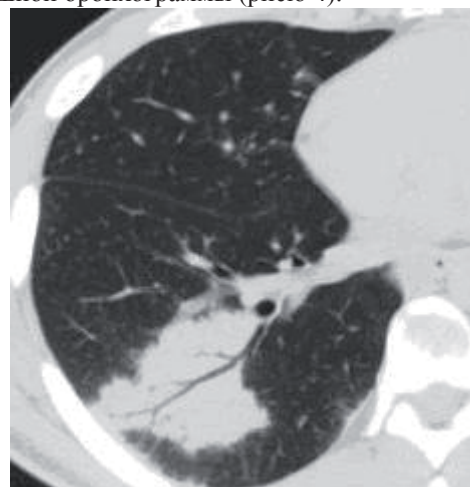


Рис. 4. Больной Ж., 24 года. Симптом воздушной бронхограммы – уплотнение, на фоне которого прослеживаются просветы бронхов.

Размеры пораженного участка легкого были различными и соответствовали сегменту, нескольким сегментам или доле легкого, в ряде случаев имело место

полисегментарное поражение. Как правило, симптом консолидации сопровождался объемным уменьшением пораженного отдела. Расширение бронхов в одних случаях было равномерным, в других сопровождалось деформацией бронхов и было неравномерным, бронхи прослеживались на фоне уплотнения до периферических отделов легких.

Симптом утолщения бронхиальной стенки (рис. 5) связан с переходом воспалительного процесса на стенку бронха, отеком его внутренней выстилки. Дальнейшее распространение процесса по ходу аксиального интерстиция приводит к появлению перибронхиальных уплотнений. В значительном количестве случаев мы визуализировали уплотнения по ходу сосудов и бронхов – у 11(73,3%) больных, заметно реже обнаруживалось изолированное утолщение бронхиальной стенки – у 1(6,7%).



Рис. 5. Больная И., 53 года. Утолщение бронхиальной стенки.

Одним из часто встречающихся МСКТ-симптомов у больных внебольничной пневмонией в нашем исследовании были очаговые изменения. Так, перибронховаскулярные очаги мы обнаружили у 5 (33,3%) человек. Наличие перибронховаскулярных очагов (рис. 6) свидетельствовало о распространении процесса по ходу сосудов и бронхов. Очаги характеризовались размерами от одного до нескольких миллиметров и располагались в виде цепочек по ходу сосудов и бронхов.



Рис. 6. Больная И., 53 года. Перибронховаскулярные очаги – очаги, расположенные вдоль сосудов и бронхов.

Другой тип очагов в нашем исследовании встречался значительно реже. Центрилобулярные очаги (рис. 7) обнаружены у 2 (13,3%) больных. Наличие центрилобулярных очагов свидетельствует о заполнении воспалительным экссудатом просвета центральной бронхиолы вторичной легочной дольки. Такие очаги располагаются вокруг периферических ветвей легочных артерий или на удалении 3-5 мм от плевры, междольковых перегородок или легочных вен. Утолщение междольковых перегородок (рис. 8) было выявлено у 1(6,7%) больного, что свидетельствовало о вовлечении в процесс междолькового отдела интерстиция каркаса легкого.

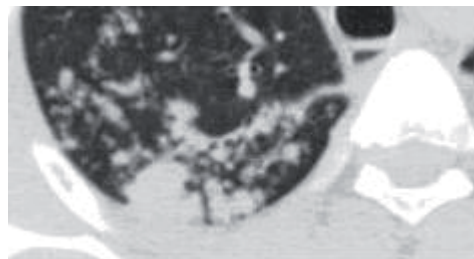


Рис. 7. Больной В., 46 лет. Центрилобулярные очаги – очаги, расположенные внутри или вокруг внутридольковых артерий и бронхов.

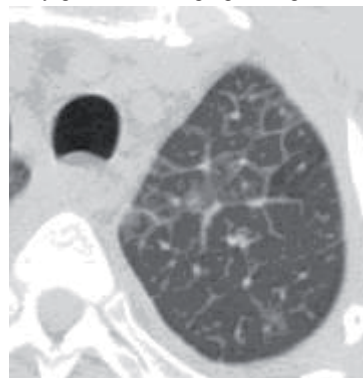


Рис. 8. Больная Б., 66 лет. Утолщение междольковых перегородок.

При высвобождении экзо- и эндотоксинов возбудителя, нередко обладающих протеолитической активностью, может происходить деструкция (рис. 9) части легкого с образованием полостей распада. В нашем исследовании данный МСКТ-симптом был обнаружен – у 7 (46,7%) больных.

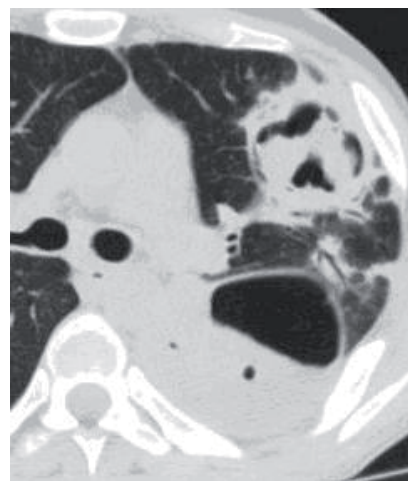


Рис. 9. Больной Б., 32г. Деструкция – разрушение с образованием полости распада.



Другие осложнения (помимо деструкции) пневмонии нередко сопровождалось выпотом в плевральную полость (рис. 10) и увеличением лимфатических узлов (рис. 11). Экссудативный плеврит был выявлен у 2(13,3%), увеличение лимфатических узлов средостения у 1(6,7%) больного.

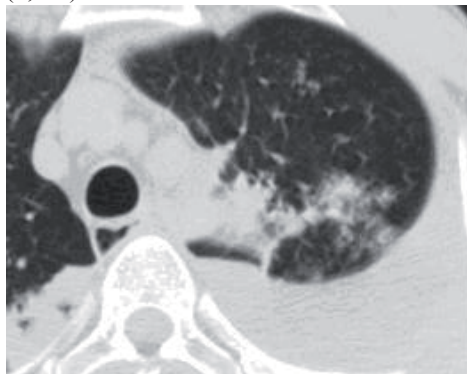


Рис. 10. Больной В., 46 лет. Выпот в плевральной полости – скопление жидкости в плевральной полости.

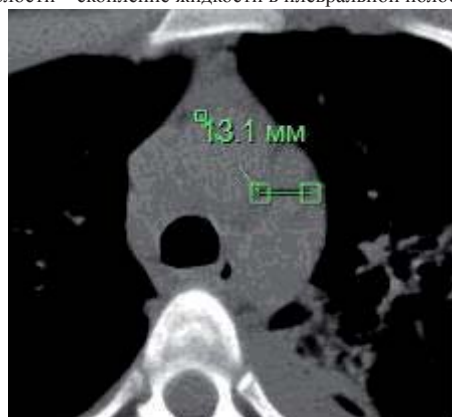


Рис. 11. Больная Г., 19 лет. Увеличение лимфатических узлов средостения.

Анализ полученных данных показал, что при внебольничной пневмонии самым частым МСКТ-симптомом в нашем исследовании был симптом матового стекла и внутридольковые ретикулярные затемнения – по 14 (93,3%) случаев. Симптомы консолидации и расширение бронхов по 12 (80%) больных. Среди других симптомов достаточно часто обнаруживали симптом уплотнения по ходу сосудов и бронхов – у 11 (73,3%), полости деструкции – у 7 (46,7%), перибронховаскулярные очаги – у 5 (33,3%).

Для изучения и сравнения частоты встречаемости МСКТ-симптомов, согласно предварительным диагнозам были сформированы следующие группы: внебольничная пневмония (группа 1), туберкулез легких (группа 2), злокачественные опухоли легких (группа 3) (табл. 5).

Таблица 5.

Распределение пациентов по группам, n=78

Группа	Предварительный диагноз	Количество больных	
		Абс.	%
Группа 1	Внебольничная пневмония	15	19,2
Группа 2	туберкулез легких	53	67,9
Группа 3	Злокачественные опухоли легких	10	12,9
	Всего	78	100

Далее в ходе исследования мы определили достоверность различий частоты встречаемости симптомов в группах с использованием точных значений доверительных интервалов.

Из таблицы 6 видно, что наиболее частыми МСКТ-симптомами пневмонии (группа 1) были: симптом матового стекла и внутридольковые ретикулярные затемнения – по 14 больных (93,3%), консолидация у 12 (80%), полости – у 7(46,7%), перибронховаскулярные очаги – у 5(33,3%), плевральный выпот у 2(13,3%), утолщение междольковых перегородок и увеличение лимфатических узлов по 1(по 6,7%).

Частота встречаемости данных симптомов у больных туберкулезом (группа 2) имела некоторые различия: симптом матового стекла встречался намного реже – у 22(41,5%), внутридольковые ретикулярные затемнения у 42(79,2%), консолидация у 21(39,6%), полости у 15(28,3%). Перибронховаскулярные очаги, плевральный выпот и увеличение лимфатических узлов встречались с похожей частотой – 19(35,8%), 5(9,4%) и 1(1,9%) соответственно. Но среди указанных МСКТ-симптомов не установлено достоверности различий частоты встречаемости в группе 1 и группе 2.

В то же время с вероятностью 95% установлено, что при пневмонии достоверно чаще встречались симптомы расширения бронхов – 12(80%) и симптом уплотнения по ходу сосудов и бронхов – 11(73,35), чем у больных туберкулезом легких, у которых эти симптомы встречались у 19(35,8%) и у 22(41,5%) соответственно. А центрилобулярные очаги достоверно чаще встречались при туберкулезе – 27(50,9%), чем у больных пневмонией – 2(13,3%).

Далее мы провели сравнение частоты встречаемости МСКТ-симптомов у больных пневмонией (группа 1) и у больных злокачественными опухолями легких (группа 3) (табл. 7).

Анализ таблицы 7 с вероятностью 95 % показал, что симптомы утолщенных междольковых перегородок и увеличение лимфатических узлов достоверно чаще встречаются при злокачественных опухолях легких, соответственно 2(20%) и 4(40%) больных, против 1(6,7%) и 1(6,7%) у больных внебольничной пневмонией.

В то же время с вероятностью 95% достоверно чаще встречался симптом матового стекла и расширения бронхов, соответственно 14(93,3%) и 12(80%), у больных внебольничной пневмонией, против 6(60%) и 4(40%) у больных злокачественными опухолями легких.

Достоверных отличий в частоте встречаемости других МСКТ-симптомов у больных внебольничной пневмонией и злокачественными опухолями легких выявлено не было.

Согласно окончательным диагнозам больные распределились следующим образом: внебольничная пневмония у 13(16,7%) больных, туберкулез легких – 54(69,2%), злокачественные опухоли легких – 11(14,1%) больных (табл. 8).



Таблица 6.

Сравнение частоты встречаемости МСКТ симптомов у больных внебольничной пневмонией (группа 1) и у больных туберкулезом легких (группа 2)

Симптомы	Группа1 n=15		Группа2 N=53		P <sup>^</sup>	P1-p2	Sp1-p2	1,96*S	Границы доверительного интервала	
	Абс.	%	Абс.	%					Нижняя	Верхняя
Симптом матового стекла (ground-glass opacity)	14	93,3	22	41,5	0,52	0,51	0,58	1,14	-0,63	1,65
Консолидация (consolidation)	12	80	21	39,6	0,49	0,07	0,15	0,30	-0,23	0,37
Внутридольк ретикул затемн (untralobular reticular opacity)	14	93,3	42	79,2	0,82	0,14	0,12	0,23	-0,09	0,37
Утолщ междольк перегородок (interlobular septal thickening)	1	6,7	2	3,8	0,04	0,03	0,06	0,12	-0,09	0,15
Уплотн по ходу сосуд и бронхов (bronchovascu bundle thickening)	11	73,3	22	41,5	0,49	0,31	0,15	0,29	0,02	0,60
Утолщ бронхиальной стенки (bronchial wall thickening)	1	6,7	0	0	0,07	0,07	0,07	0,14	-0,07	0,21
Центрилобулярные очаги (centrilobular nodules)	2	13,3	27	50,9	0,43	-0,38	0,15	0,29	-0,67	-0,09
Перибронховаскулярные очаги (peribronchovascular nodules)	5	33,3	19	35,8	0,35	-0,03	0,14	0,28	-0,31	0,25
Другие очаги			4	7,5	0,08	0,08	0,08	0,16	-0,08	0,24
Расширение бронхов (airway dilatation)	12	80	19	35,8	0,46	0,44	0,15	0,29	0,15	0,73
Узлы (более 1,5 см в диаметре) (nodules)			11	20,8	0,21	0,21	0,12	0,24	-0,03	0,45
Полости (деструкции) (cavity)	7	46,7	15	28,3	0,32	0,19	0,14	0,27	-0,08	0,46
Плевральный выпот (pleural effusion)	2	13,3	5	9,4	0,10	0,04	0,09	0,18	-0,14	0,22
Увеличенные лимфатические узлы (lymph node enlargement)	1	6,7	1	1,9	0,03	0,05	0,05	0,1	-0,05	0,15
Эмфизема (pulmonary emphysema)	4	26,7	12	22,6	0,24	0,04	0,13	0,25	-0,21	0,29

Таблица 7.

Сравнение частоты встречаемости МСК симптомов у больных внебольничной пневмонией (группа 1) и злокачественными опухолями легких (группа 3)

	Группа1 n=15		Группа3 N=10		P <sup>^</sup>	P1-p2	Sp1-p2	1,96*S	Границы доверительного интервала	
	Абс.	%	Абс.	%					нижняя	Верхняя
Симптом матового стекла (ground-glass opacity)	14	93,3	6	60	0,80	0,33	0,16	0,32	0,01	0,65
Консолидация (consolidation)	12	80	9	90	0,84	-0,1	0,15	0,30	-0,40	0,20
Внутридольк ретикул затемн (untralobular reticular opacity)	14	93,3	6	60	0,80	-0,1	0,15	0,30	-0,40	0,20
Утолщ междольк перегородок (interlobular septal thickening)	1	6,7	2	20	0,12	0,47	0,13	0,26	0,21	0,73
Уплотн по ходу сосуд и бронхов (bronchovascu bundle thickening)	11	73,3	8	80	0,76	-0,07	0,18	0,35	-0,42	0,28
Утолщ бронхиальной стенки (bronchial wall thickening)	1	6,7	3	30	0,16	-0,23	0,16	0,30	-0,53	0,07
Центрилобулярные очаги (centrilobular nodules)	2	13,3	4	40	0,24	-0,27	0,18	0,35	-0,62	0,08
Перибронховаскулярные очаги (peribronchovascular nodules)	5	33,3	4	40	0,38	-0,07	0,20	0,39	-0,46	0,32
Другие очаги			1	10	0,1	0,1	0,12	0,24	-0,14	0,34
Расширение бронхов (airway dilatation)	12	80	4	40	0,64	0,4	0,20	0,39	0,01	0,79
Узлы (более 1,5 см в диаметре) (nodules)			3	30	0,3	0,3	0,19	0,37	-0,07	0,67
Полости (деструкции) (cavity)	7	46,7	2	20	0,36	0,27	0,20	0,39	-0,12	0,66
Плевральный выпот (pleural effusion)	2	13,3	3	30	0,2	-0,17	0,16	0,32	-0,48	0,15
Увеличенные лимфатические узлы (lymph node enlargement)	1	6,7	4	40	0,2	-0,33	0,16	0,32	-0,65	-0,01
Эмфизема (pulmonary emphysema)	4	26,7	1	10	0,2	0,17	0,16	0,32	-0,15	0,49

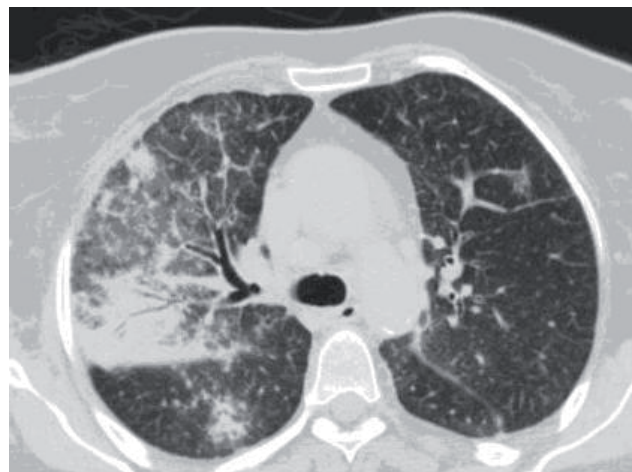
Таблица 8.

Распределение больных по  
окончательному диагнозу, n=78

Окончательный диагноз	Абс.	%
Внебольничная пневмония	13	16,7
Туберкулез легких	54	69,2
Злокачественные заболевания легких	11	14,1

Трудности дифференциальной диагностики демонстрируют следующие клинические наблюдения.

Больная Б., 66 лет. Заболела остро, предъявляла жалобы на повышение температуры до 38,0°C в течение 2 недель, кашель с мокротой. Была направлена в ОПТД после неэффективного курса неспецифического лечения. При КТ-исследовании выявлена пневмоническая инфильтрация в виде участка уплотнения легочной ткани, на фоне которого прослеживаются просветы бронхов. Предварительный диагноз: двусторонняя полисегментарная пневмония, затянувшееся течение (рис. 12а). При контрольном исследовании была выявлена отрицательная динамика: увеличение объема поражения легких, нарастание пневмонической инфильтрации (рис. 12б). При гистологическом исследовании были выявлены атипичные клетки и установлен диагноз бронхоальвеолярный рак.



А



Б

Рис. 12. Больная Б., 66 лет. А) Исследование при поступлении. Б) Исследование в динамике.

Больной Ж., 24 года. Заболел остро, жалобы на повышение температуры до 37,5°C в течение 10 дней. При неспецифическом лечении отмечалась медленная динамика, в связи с чем был направлен в ОПТД. При КТ-исследовании: с обеих сторон множественные полисегментарные участки консолидации легочной ткани разных размеров, широким основанием прилежащие к плевре, на фоне уплотнения в участках консолидации видны умеренно эктазированные бронхи – симптом воздушной бронхограммы (рис. 14). Предварительный диагноз: двусторонняя полисегментарная пневмония. При бактериологическом исследовании мокроты получен положительный посев на микобактерии туберкулеза.

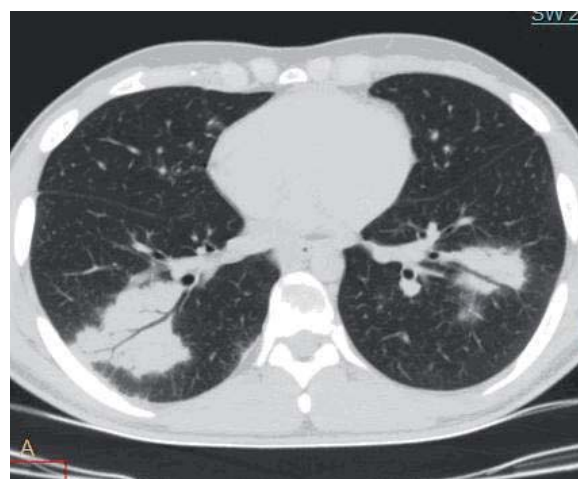


Рис. 13. Больной Ж., 24 года. Диагноз при поступлении: двусторонняя полисегментарная пневмония.

Внебольничную пневмонию при двустороннем полисегментарном поражении достаточно тяжело дифференцировать. В представленных случаях присутствует нетипичное острое начало заболевания, инфильтрация легочной ткани с симптомом воздушной бронхограммы. В первом случае на фоне противовоспалительной терапии отмечается отрицательная динамика. Патоморфологически при пневмонии происходит заполнение альвеол экссудатом и их отек, в то же время при бронхоальвеолярном раке имеет место заполнение альвеол опухолевыми клетками [4], однако, в лучевом изображении эти изменения выглядят одинаково. Во втором случае при туберкулезе легких происходит образование инфильтрата казеозно-некротического характера, что в лучевом изображении не представилось возможным отличить от пневмонического инфильтрата. Таким образом, окончательный диагноз должен основываться не только на рентгенологических, но и на клинических и лабораторных методах исследования.

Выводы. В нашем исследовании наиболее частыми МСКТ-симптомами пневмонии были: симптом матового стекла и внутридольковые ретикулярные затемнения, консолидация, полости. При пневмонии достоверно чаще встречались симптомы расширения бронхов и симптом уплотнения по ходу сосудов и бронхов, чем у больных туберкулезом легких. Также при пневмонии достоверно чаще встречался симптом матового стекла и расширения бронхов, чем у больных злокачественными опухолями легких.

**Библиографический список**

1. *Мишин В.Ю.* Выявление туберкулеза легких в лечебных учреждениях общей медицинской сети. Врач, 2002. №3. С.46-47.
2. *Прокоп М.* Спиральная и многослойная компьютерная томография: учебное пособие: В 2 т. / Матиас Прокоп, Михаэль Галански; пер. с англ.; под общ. ред. А.В. Зубарева, Ш.Ш. Шотемора. 3-е изд. Москва: МЕДпресс-информ, 2011.
3. *Струтинский А.В., Юдин А.А., Семенов Д.В.* Опыт применения компьютерной томографии высокого разрешения в диагностике и оценке результатов лечения внебольничных пневмоний. Пульмонология, 2011. №4. С.68-70.
4. *Труфанов Г.Е., Митусова Г.М.* Лучевая диагностика заболеваний и повреждений органов грудной полости. Санкт-Петербург: Элби-СПб, 2008.
5. *Тюрин И.Е.* Рентгенодиагностика внебольничных пневмоний. Лучевая диагностика ([http://www.policlin.ru/2013\\_Luchi/7-11, pdf](http://www.policlin.ru/2013_Luchi/7-11.pdf))
6. *Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Чернеховская Н.Е.* Пневмония. Москва, 2002.
7. *Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Козлов Р.С.* Внебольничная пневмония у взрослых. Практические рекомендации по диагностике, лечению, профилактике. Пособие для врачей. Российское респираторное общество. Межрегиональная ассоциация по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (МАКМАХ). Москва, 2010.
8. *Franquet T.* High-resolution computed tomography (HRCT) of lung infection in non AIDS immunocompromised patients. Eur. Radiol, 2006. 16. Pp.707-718.

**References**

1. *Mishin V. Y.* Revealing of tuberculosis in hospitals of General medical network. Doctor, 2002; № 3. Pp. 46-47.
  2. *Prokop M., Galanski M.* Spiral and multislice computed tomography; the manual; in 2 vol; translation from English; under general ed. A.V. Zubarev, S.S. Shotemor. 3th ed. Moscow: MEDpress-inform, 2011.
  3. *Strutynski A.V., Yudin, A. A., Semenov D. V.* Experience in the use of computed tomography in the diagnosis and assessment of results of treatment of community-acquired pneumonia. Pulmonology, 2011. № 4. Pp. 68-70.
  4. *Truphanov G. E., Mitusova G.M.* Radiological diagnosis of diseases and injuries of the chest cavity. St. Petersburg: Elbi-SPb, 2008.
  5. *Tyurin I.E.* Radiologic diagnosis of community-acquired pneumonia. Radiology ([http://www.policlin.ru/2013\\_Luchi\\_7-11, pdf](http://www.policlin.ru/2013_Luchi_7-11.pdf))
  6. *Chuchalin A. G., Sinopalnikov A. I., Chernichovsky N. E.* Pneumonia. Moscow, 2002. P.386
  7. *Chuchalin A. G., Sinopalnikov A. I., Kozlov R.C.* Community-acquired pneumonia in adults. Practical guidelines for diagnosis, treatment and prevention. The manual for doctors. The Russian respiratory society, inter-regional association on clinical microbiology and antimicrobial chemotherapy. Moscow, 2010.
  8. *Franquet T.* High-resolution computed tomography (HRCT) of lung infection in non AIDS immunocompromised patients. Eur. Radiol, 2006. 16. Pp.707-718.
-

УДК 616.33-006.6-072.7

UDC 616.33-006.6-072.7

**А.В. БОРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, директор, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленский государственный медицинский университет  
E-mail: bor55@yandex.ru

**Т.Г. МОРОЗОВА**

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленская государственная медицинская академия  
E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

**А.В. КОВАЛЕВ**

младший научный сотрудник, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленская государственная медицинская академия  
E-mail: alcoon@mail.ru

**A.V. BORSUKOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive Technologies", Smolensk State Medical University  
E-mail: bor55@yandex.ru

**T.G. MOROZOVA**

Candidate of Medicine, Senior researcher, Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive technologies", Smolensk State Medical Academy  
E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

**A.V. KOVALEV**

Junior Researcher, Problem Scientific-Research Laboratory "Diagnostic researches and miniinvasive technologies"  
E-mail: alcoon@mail.ru

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ, ЭНДОСОНОГРАФИИ И ЭНДСКОПИЧЕСКОГО БЛОКА ОБРАБОТКИ ОТРАЖЕННОГО СВЕТА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ГАСТРИТА И РАКА ЖЕЛУДКА\***

**COMPARATIVE DIAGNOSTIC OPPORTUNITIES OF MICROTELEVISIONAL SYSTEM, ENDOSONOGRAPHY AND ENDOSCOPY UNIT OF REFLECTING LIGHT PROCESSING IN DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF GASTRITIS AND STOMACH CANCER**

В статье приведены сравнительные данные по диагностической эффективности микротелевизионной системы NanEyeAwaiba, эндоскопического блока отраженного света-режима CBI (Compound Band Imaging) и эндосонаграфии при атрофическом гастрите (n=45, из них 9 полипов желудка, 5 из них с аномальной малигнизацией) и экзофитным раком желудка (n=33). Определено оптимальное место каждого из методов: эндосонаграфия – метод оценки рака желудка по системе TNM; эндоскопия с режимом CBI эффективна в выявлении и мониторинге атрофического гастрита; микротелевизионный блок нужен для выбора зоны пункции при полипозе желудка.

Ключевые слова: рак желудка, атрофический гастрит, эндосонаграфия, режим CBI, микротелевизионная система.

The paper presents the comparative data on the diagnostic efficiency of the microtelevisional system NanEyeAwaiba (mode CBI – Compound Band Imaging) at endoscopy and endosonography in atrophic gastritis (n = 45, 9 of stomach polyps, 5 – with anomalous malignancy) and exophytic gastric cancer (n = 33). The optimal use of each method: endosonography is the method of evaluating gastric cancer in the system TNM; endoscopy with CBI mode is effective in the detection and monitoring of atrophic gastritis; microtelevision block is need to select the puncture zone with polyposis of the stomach.

Keywords: stomach cancer, atrophic gastritis, endosonography, mode SBI, microtelevision system.

Эволюция диагностических подходов в эндоскопии при раннем выявлении рака желудка определила два основных вектора: развитие методик собственно в эндоскопии и создание комбинированных диагностических платформ, усиливающих друг друга [2, 4, 5, 10, 16].

Технология обработки отраженного света "I-scan", или CBI (compound band imaging) достаточно широко известна в последнее десятилетие [5, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 17]. Она оправдала себя даже в сравнении с классической методикой хромогастроскопии [7, 16, 18, 19, 20, 21]. Бурное развитие эндосонаграфии в начале 21 века сейчас приобретает более взвешенные оценки о роли и месте данного способа диагностики [1, 3, 9]. Имеют место и другие способы повышения диагностического спектра эндоскопии желудочно-кишечного тракта,

представленные сочетаниями различных способов получения и расшифровки изображения всех слоев стенок пищеварительного тракта, которые требуют клинической апробации и уточнения их места в диагностических алгоритмах при заболеваниях органов ЖКТ.

**Целью** настоящего исследования являлась сравнительная оценка диагностических возможностей микротелевизионной системы NanEyeAwaiba при эндоскопическом исследовании, режима CBI и эндосонаграфии при некоторых заболеваниях желудка.

**Материалы и методы.** С 2013 по 2015 гг. на базе Проблемной научно-исследовательской лаборатории СГМУ «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ОГБУЗ «Клиническая больница №1» обследовано 78 пациентов с некоторыми заболеваниями желудка (табл. 1).

\* Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ №13-0700602.



Таблица 1.

Общая характеристика клинических групп

Нозологические формы	Мужчины	Женщины	Всего	Средний возраст, лет
Атрофический гастрит	22 (*4)	23 (*5)	45	43,6±5,22
Рак желудка (экзофитный вариант аденокарциномы)	19	14	33	62,4±6,15
Всего	41	37	78	53,1±5,7

Примечание: \* – полипоз желудка, 5 из них с апикальной малигнизацией.

Всем пациентам была проведена эндосонография (на УЗ-сканере Hitachi Preirus + и эндосонографическом эндоскопе PentaxEG-3870UTK), проведено эндоскопическое исследование с применением режима СВИ (эндоскоп AohuaAQ-100) с одновременным телевизионным анализом изображения (микрокамера Nan Eye Awaiba). Основной задачей этих трех методик было улучшение качества оценки изображения слизистого, подслизистого слоев стенки желудка и оценку сосудистого рисунка на 1 этапе; уточнения границ необратимых патологических процессов и степень выраженности изменений и/или их динамику во время или после лечения на 2 этапе. Центральным звеном оценки распространенности была степень вовлеченности в патологический процесс стенок желудка и максимальные размеры патологической зоны (рис. 1).

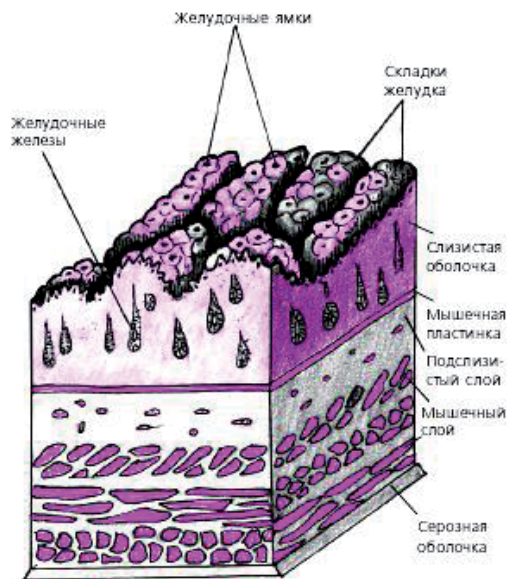


Рис. 1. Схематичное изображение слоев стенок желудка при эндосонографии (источник: Иванов И. Ф., Ковальский П. А. Цитология, гистология, эмбриология. М.: Колос, 1976.).

Неопластические изменения сосудистой сети и структуры поверхности патологической зоны для решения вопросов места биопсии – это 3 этап использования методики. За основу ангиоархитектоники взята теория Глотова В.А. [23], где в структурном анализе микрососудистых бифуркаций центральным звеном является так называемая система «микрососудистый узел и гемодинамический фактор» (рис. 2).

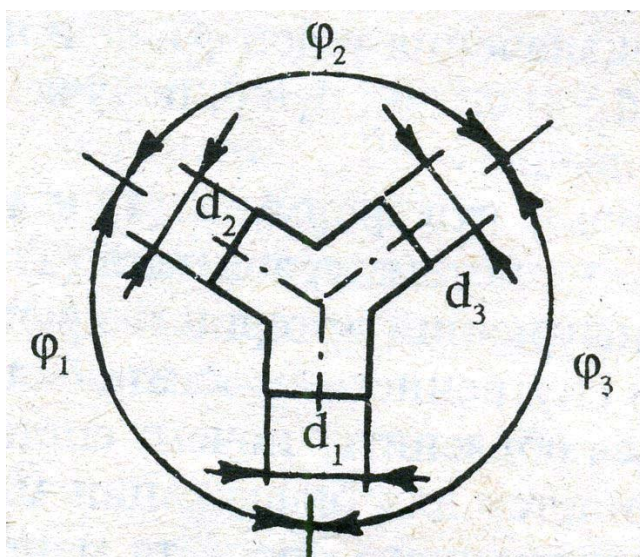


Рис. 2. Микрососудистый узел с учетом гемодинамического фактора (правила Ру в модификации В.А. Глотова, где d – диаметр сосуда, φ – угол между дочерними сосудами).

Возможность адекватной визуализации микрососудистого узла и правильной интерпретации полученных изображений и являлось центральным звеном настоящего исследования.

Референтными методами являлись эндоскопическая прицельная биопсия (78 человек – 100%), аутопсия (8 человек – 10,3%) и операционные данные (27 человек – 34,6%). В итоге все референтные данные суммировались в заключительном клиническом диагнозе.

### Результаты и их обсуждение

При анализе 1 диагностического этапа сравнению подвергались два метода: микротелевизионная система и режим СВИ. Особенности технологического режима микрокамеры позволяют оценить до 3 см<sup>2</sup> максимальной площади слизистой, что не позволило достоверно визуализировать все зоны интереса в группе с атрофическим гастритом (рис. 3).



Рис. 3. Изображение ангиоархитектоники слизистой желудка при микротелевизионном получении изображения.

Эндосонографический режим доплерографии в 86,4% всех случаев позволил только качественно оценить кровоток (обеднен или в норме), в 13,3% устойчивой доплеровской картины получено не было. Режим СВИ на 1 этапе был наиболее достоверным. Совпадение данных по атрофии в данном режиме и результатам гистологического исследования эндоскопического био-

птага достигли 96,3%.

На 2 этапе диагностическая эффективность эндосонографии в оценке распространенности патологического процесса (в группе с раком желудка) достигала: чувствительность 97,8%, специфичность 92,3 % (рис. 4).



**Рис. 4.** Эндосонографическая картина рака антрального отдела желудка: прорастание всех слоев стенки желудка ( $\Delta T4N1M0$ , аденокарцинома умеренной степени пролиферации, операционные данные).

Возможности режима СВИ были ограничены на этом этапе только подслизистым слоем, что характерно для ранних раков желудка. В нашем стационаре все пациенты из группы ЗНО были представлены по классификации TMN группами T2-T4.

Однако на третьем этапе диагностического поиска режим СВИ оказался максимально информативным в определении зоны прицельной биопсии (рис. 5).

Режим оценки микрососудистого звена гемодинамики при микротелевизионной системе на 3 этапе информативен только в оценке места возникновения неопластической ангиоархитектоники полипа желудка на фоне атрофии при полипах не более 10 мм и при первичном отказе пациента от полипэктомии. При микротелевизионном прицельном осмотре определялась зона биопсии, что позволяло верифицировать диагноз малигнизации полипа на 22,4% чаще, чем при стандартной биопсии.

Режим СВИ при полипозе не позволял устойчиво оценить ангиоархитектонику, т.к. имелось искажение изображения на неровной поверхности полипа. Напротив, микрокамера с наличием режима визуализации мелких площадей полностью убрала фактор искажения изображения малых неровных площадей. В таблице

2 приведены итоговые данные по чувствительности и специфичности методов, применяемых в настоящем исследовании.



**Рис. 5.** Оценка ангиоархитектоники слизистой, окружающей препилорическую хроническую язву желудка для выбора биопсии: режимом СВИ определена зона максимальной дисплазии и проведена прицельная биопсия.

Как следует из таблицы 2, оптимальное применение микротелевизионной системы в оценке ангиоархитектоники полипа – для выбора зоны пункции. В других целях данная система неэффективна. Режим СВИ оптимален для оценки выраженности атрофии и менее эффективен в диагностике ЗНО желудка (распространенность патологического процесса). Эндосонография – метод выбора для предоперационного уточнения по системе TNM: категория Т – распространенность процесса по площади и глубине прорастания слоев стенки желудка; категория N – выявление регионарного метастазирования в лимфоузлы. В уточняющей диагностике атрофических процессов диагностическая эффективность эндосонографии сомнительна.

### Выводы

1. Эндосонография – основной метод верификации ЗНО желудка по системе TMN.
2. Эндоскопия с использованием режима СВИ оптимальна в диагностике и мониторинге атрофического гастрита с позиции оценки ангиоархитектоники в стенке желудка.
3. Микротелевизионная система при эндоскопии может использоваться для выбора зоны пункции при полипозе желудка.

Таблица 2.

Сравнительные данные по диагностической эффективности микротелевизионной системы оценки изображения, режима СВИ и эндосонографии

Нозологические формы	Микротелевизионная система	Режим СВИ	Эндосонография
Хронический атрофический гастрит	Чувствительность – 70,6 (*90,6) Специфичность – 62,7 (*89,5) Точность – 66,7 (*90,6)	Чувствительность – 93,6 Специфичность – 88,3 Точность – 91,0	Чувствительность – 86,4 Специфичность – 71,0 Точность – 78,7
Экзофитный рак желудка	Чувствительность – 50,3 Специфичность – 46,7 Точность – 48,5	Чувствительность – 89,4 Специфичность – 81,5 Точность – 85,5	Чувствительность – 97,8 Специфичность – 92,3 Точность – 95,1

Примечания: \* для полипов на фоне атрофического гастрита.



Библиографический список (References)

1. Glotov V.A. Structural analyses of microcirculation bifurcations. SmolenskAO «Amipress», 1995, 251p.
2. Kruglova I.I., Kozlov S.V., Maliyova O.A. Endosonographic diagnostics of epithelial and non-epithelial malignant tumors of the stomach // Samara Medical Journal. 2008. №1 (41). Pp. 57-60.
3. Kruglova I.I., Morozova M.A. The experience of endoscopic monitoring of patients with malignant tumors of the gastrointestinal tract after radical treatment / Collection of abstracts «Days of RCRC. N.G. Blokhin in the Samara region.» 2005. Pp. 163-164.
4. Maliyova O.A., Kruglova I.I., Mahotina M.S., Poddubnaya I.V. Ultrasound diagnosis and assessment of the treatment of stomach malignant tumors effectiveness // Experimental and clinical gastroenterology. 2008. №1. Pp. 43-48.
5. Bansal A, Ulusarac O, Mathur S, et al. Correlation between narrow band imaging and nonneoplastic gastric pathology: a pilot feasibility trial. *Gastrointest Endosc* 2008; N67. Pp. 210-6.
6. Basford PJ, Longcroft-Wheaton G, Higgins B, et al. High-definition endoscopy with i-Scan for evaluation of small colon polyps: the HiSCOPE study. *Gastrointest Endosc* 2014; N 79. Pp. 111-8.
7. Becker V, von Delius S, Bajbouj M, Karagianni A, Schmid RM, Meining A. Intravenous application of fluorescein for confocal laser scanning microscopy: evaluation of contrast dynamics and image quality with increasing injection-to-imaging time. *Gastrointest Endosc.* 2008;68(2):319–323.
8. Cha JM, Lee JI, Joo KR, Jung SW, Shin HP. A prospective randomized study on computed virtual chromoendoscopy versus conventional colonoscopy for the detection of small colorectal adenomas. *Dig Dis Sci* 2010; 55: 2357-2364 [PMID: 19834809. DOI: 10.1007/s10620-009-1003-1]
9. De Palma GD. Confocal laser endomicroscopy in the “in vivo” histological diagnosis of the gastrointestinal tract. *World J Gastroenterol.* 2009;15(46): Pp/ 5770–5775.
10. Ganpathi I.S., So J.B., Ho K.Y. Endoscopic ultrasonography for gastric cancer: does it influence treatment? // *Surgical Endoscopy.* 2006. Vol. 20. P. 559-562.
11. Gheorghe C., Lacob R., Dumbrava M., Becheanu G., Lonescu M. Confocal laser endomicroscopy and ultrasound endoscopy during the same endoscopic session for diagnosis and staging of gastric neoplastic lesions // *Chirurgia (Bucur).* 2009. Vol. 104 (1). Pp. 17-24.
12. Hoffman A, Basting N., Goetz M. et al. “High-definition endoscopy with i-Scan and Lugol’s solution for more precise detection of mucosal breaks in patients with reflux symptoms,” *Endoscopy*, vol. 41, no. 2, pp. 107–112, 2009. View at Publisher · View at Google Scholar · View at Scopus.
13. Kantsevov S.V., Adler D.G., Conway J.D. et al. (2009) ASGE technology committee. Confocal laser endomicroscopy. *Gastrointestinal Endoscopy.* 70; 2: 197-200.
14. Kiesslich R, Neurath M.F. Endomicroscopy is born – do we still need the pathologist? *Gastrointest Endosc.* 2007;66(1):150–153.
15. Lee CK, Lee SH, Hwangbo Y. Narrow-band imaging versus I-Scan for the real-time histological prediction of diminutive colonic polyps: a prospective comparative study by using the simple unified endoscopic classification. *Gastrointest Endosc* 2011;74:603-9.
16. Neumann H, Fujishiro M, Wilcox CM, Mönkemüller K. Present and future perspectives of virtual chromoendoscopy with i-scan and optical enhancement technology. *Dig Endosc* 2014; 26 Suppl 1: 43-51 [PMID: 24373000 DOI: 10.1111/den.12190].
17. Nguyen NQ, Leong RWL. Current application of confocal endomicroscopy in gastrointestinal disorders. *J Gastroenterol Hepatol.* 2008;23(10):1483–1491.
18. Pigo F, Bertani H, Manno M, et al. i-Scan high-definition white light endoscopy and colorectal polyps: prediction of histology, interobserver and intraobserver agreement. *Int J Colorect Dis* 2013;28:399-406.
19. Polglase A, McLaren W, Skinner S, Kiesslich R, Neurath M, Delaney P. A fluorescence confocal endomicroscope for in vivo microscopy of the upper- and the lower-GI tract. *Gastrointest Endosc.* 2005;62:686–695.
20. Tontini G.E., Vecchi M., Neurath M.F., Neumann H. Review article: newer optical and digital chromoendoscopy techniques vs. dye-based chromoendoscopy for diagnosis and surveillance in inflammatory bowel disease. *Aliment Pharmacol Ther* 2013; 38:1198-1208 [PMID: 24117471 DOI: 10.1111/apt.12508].
21. Yoshida N, Naito Y, Kugai M, et al. Efficacy of magnifying endoscopy with flexible spectral imaging color enhancement in the diagnosis of colorectal tumors. *J Gastroenterol* 2011;46:65-72.
22. Yoshida Y, Matsuda K, Sumiyama K, et al. A randomized crossover open trial of the adenoma miss rate for narrow band imaging (NBI) versus flexible spectral imaging color enhancement (FICE). *Int J Colorect. Dis* 2013;28:1511-6.
23. Zhang Q.L., Nian W.D. Endoscopic ultrasonography diagnosis in submucosal tumors of stomach // *Endoscopy.* 1998. Vol.30 (Suppl.). Pp. 69-71.

УДК 616.12-008.331.1-082.5

UDC 616.12-008.331.1-082.5

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней, Орловский государственный университет

**А.И. ЛУЩИК**

аспирант, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет

E-mail: ermor@yandex.ru

**Н.И. ГРОМНАЦКИЙ**

член-корреспондент РАЕН, доктор медицинских наук, профессор, кафедра внутренних болезней № 2, Курский государственный медицинский университет

**V. I. VISHNEVSKIY**

Doctor of Medicine, Professor, Head of department of internal diseases, Orel State University

**A. I. LUSCHIK**

Graduate student, Department of internal diseases, Orel State University

E-mail: ermor@yandex.ru

**N. I. GROMNATSKIY**

Corresponding member RANS, Doctor of Medicine, Professor, Department of internal diseases № 2, Kursk state medical University

**ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ  
ВЫСОКОГО И ОЧЕНЬ ВЫСОКОГО РИСКА НА ФОНЕ СОЧЕТАННОЙ АНТИГИПЕРТЕНЗИВНОЙ ТЕРАПИИ\***

**THE DYNAMICS OF HEALTH RELATED QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH THE ARTERIAL  
HYPERTENSION OF HIGH AND VERY HIGH RISK WITHIN THE COMBINATION OF ANTIHYPERTENSIVE DRUGS**

У 105 больных артериальной гипертензией высокого и очень высокого риска сердечно-сосудистых осложнений проведено исследование влияния 8-недельной сочетанной антигипертензивной терапии (лозартан+индапамид и рамирил+индапамид) на показатели качества жизни. Исходно выявлено значительное снижение показателей по шкалам физического и психического компонентов здоровья. На фоне лечения, наряду с положительной динамикой параметров суточного мониторирования АД, отмечено улучшение качества жизни в подавляющем большинстве шкал, что проявилось в расширении повседневной активности, повышении бытовой, социальной адаптации, улучшении переносимости физических нагрузок, эмоционального состояния в равной степени в обеих группах.

Ключевые слова: артериальная гипертензия; качество жизни, связанное со здоровьем; суточное мониторирование АД; лозартан; рамирил.

105 patients with arterial hypertension and high and a very high risk of cardiovascular complications have undergone a study of the effects of 8-week combined antihypertensive therapy (losartan+indapamide and rami-pril+indapamide) on the indicators of life quality. Initially the patients had a significant reduction in performance related to components of physical and mental health. Under the influence of the treatment, along with the positive dynamics of parameters concerning daily monitoring of arterial pressure, in both groups equally there was observed the improvement of the quality of life related to the vast majority of scales that was followed by better everyday activity including improvement of household and social adaptation, increased tolerance to physical load, better emotional state.

Keywords: arterial hypertension; health related quality of life; ambulatory blood pressure monitoring; losartan; ramipril.

Раннее выявление и лечение артериальной гипертензии (АГ) до настоящего времени является одной из основных проблем практической кардиологии. Заболеваемость АГ неуклонно растет. Так, в Российской Федерации по состоянию на 2010 г. повышенное артериальное давление (АД) имели 42,5 млн. человек, что составляет до 40% населения страны [4]. Распространенность АГ с возрастом увеличивается, среди женщин несколько выше, чем среди мужчин [5].

Поскольку АГ является хроническим заболеванием, то целью лечения является не выздоровление, а уменьшение сердечно-сосудистого риска и осложнений при сохранении физического, психического и социального благополучия [4].

В последние годы в медицине растет интерес к оценке качества жизни (КЖ) больных, то есть качества жизни, связанного со здоровьем (англ. health related quality of life, HRQL) [1,2,3,6,7] У пациентов с АГ значительно

снижаются показатели КЖ по сравнению со здоровыми лицами [2]. В понятие КЖ входит также и хорошая переносимость антигипертензивной терапии (АГТ), поэтому при ее назначении важно оценивать влияние лекарственных препаратов на уровень АД, функциональные параметры органов-мишеней, в том числе на КЖ пациентов.

С одной стороны, у больных АГ мы имеем изначально сниженные показатели КЖ, а с другой – АГТ не должна вызывать ухудшение самочувствия пациента и снижение его КЖ, поскольку это скажется на приверженности к лечению. В клинической практике нередки случаи самостоятельной отмены препараты из-за субъективного ухудшения самочувствия больного, что увеличивает частоту осложнений АГ.

Ведущим механизмом развития и прогрессирования АГ является гиперактивация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС), и ее роль

Статья подготовлена в рамках базовой части Государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего профессионального образования «Орловский государственный университет» на 2015 год (Задание № 2014/369), проект № 1602.



прослеживается на всех этапах сердечно-сосудистого континуума. Блокаторы различных звеньев РААС – ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ) и блокаторы рецепторов ангиотензина II (БРА) – относятся к препаратам первой линии лечения АГ и являются оптимальными в аспекте протекции органов-мишеней [4]. Рамиприл и лозартан широко назначаются в качестве моно- и сочетанной АГТ у больных АГ, механизм их действия хорошо изучен, однако в доступной литературе недостаточно данных по их влиянию на КЖ этой категории пациентов.

Целью настоящего исследования явилась оценка показателей КЖ больных АГ высокого и очень высокого риска сердечно-сосудистых осложнений на фоне сочетанной АГТ рамиприлом + индапамидом и лозартаном + индапамидом.

**Материалы и методы.** Обследовано 105 больных АГ в возрасте от 43 до 70 лет, средний возраст составил  $59,8 \pm 6,4$  лет, из них мужчин 25 (23,8%) и женщин 80 (76,2%). Характеристика больных представлена в табл. 1.

Таблица 1.

Исходная характеристика больных

Клиническая характеристика	Данные n или $M \pm \sigma$
Число наблюдений (количество человек)	105
Мужчины	25 (23,8%)
Женщины	80 (76,2%)
Средний возраст (лет)	$59,8 \pm 6,4$
Длительность анамнеза АГ (лет)	$9,9 \pm 6,7$
Курение (количество человек)	10 (9,5%)
ИМТ ( $\text{кг}/\text{м}^2$ )	$30,2 \pm 4,0$
В т.ч. ожирение I ст. (количество человек)	37 (35,2%)
Общий холестерин (ммоль/л)	$5,6 \pm 1,0$
ХС ЛНП (ммоль/л)	$2,6 \pm 0,3$
ТГ (ммоль/л)	$2,0 \pm 0,8$
Глюкоза (ммоль/л)	$5,0 \pm 0,4$
Калий (ммоль/л)	$4,5 \pm 0,4$
Креатинин (мкмоль/л)	$87,6 \pm 13,7$

Критерии включения в исследование: возраст пациентов 40-70 лет, наличие АГ 1-2 стадии, 1-3 степени, высокого и очень высокого риска ССО и получение информированного согласия пациента.

Критерии исключения были следующие: симптоматическая АГ, 3 стадия АГ, сердечная недостаточность выше I ст., ИБС, нарушения мозгового кровообращения, сахарный диабет, тяжелая соматическая патология, перенесенные острые заболевания или хирургическое вмешательство менее чем за 3 месяца до исследования, ожирение выше I ст., беременность, лактация, непереносимость иАПФ, БРА, участие в другом клиническом исследовании.

Исходно всем пациентам выполнялось двукратное измерение АД в амбулаторных условиях, расчет индекса массы тела (ИМТ), скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле MDRD, дополнительного риска по шкале SCORE, суточное мониторирование АД (СМАД), биохимическое исследование крови (креатинин, АЛТ, АСТ, калий, мочевая кислота, общий холестерин, холестерин липопротеидов низкой плотности,

триглицериды, глюкоза).

После определения исходных параметров пациенты были разделены на 2 группы. В соответствии с рекомендациями по лечению АГ у больных высокого и очень высокого дополнительного риска изначально была назначена сочетанная АГТ с последующей титрацией доз препаратов в зависимости от уровня АД [4]. Средние дозы препаратов составили для лозартана  $77,3 \pm 29,6$  мг/сут., для рамиприла  $7,6 \pm 2,8$  мг/сут. в комбинации с индапамидом 2,5 мг/сут. Все препараты назначались однократно в утренние часы.

Оценка КЖ проводилась в исходном состоянии и через 8 недель после начала АГТ с использованием опросника «SF - 36 Health Status Survey» [9]. Опросник SF-36 не является строго специфическим и может применяться у больных с различной патологией. Он широко используется в США, Европе и последние годы в РФ, включает в себя 36 вопросов, сгруппированных по 8 шкалам, где показатели измеряются в баллах от 0 до 100, где 100 представляет собой полное благополучие по данному показателю.

В анализе использовались следующие шкалы:

1. **Физическое функционирование (Physical Functioning - PF)** – отражает степень, в которой физическое состояние ограничивает выполнение физических нагрузок (самообслуживание, ходьба, подъем по лестнице, переноска тяжестей и т.п.).

2. **Рольное функционирование, обусловленное физическим состоянием (Role-Physical Functioning - RP)** – влияние физического состояния на повседневную рольную деятельность (работу, выполнение повседневных обязанностей).

3. **Интенсивность боли (Bodily pain - BP)** и ее влияние на способность заниматься повседневной деятельностью, включая работу по дому и вне дома.

4. **Общее состояние здоровья (General Health - GH)** – оценка больным своего состояния здоровья в настоящий момент и перспектив лечения.

5. **Жизненная активность (Vitality - VT)** подразумевает ощущение себя полным сил и энергии или, напротив, обессиленным.

6. **Социальное функционирование (Social Functioning - SF)** определяется степенью, в которой физическое или эмоциональное состояние ограничивает социальную активность (общение).

7. **Рольное функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (Role-Emotional - RE)**, предполагает оценку степени, в которой эмоциональное состояние мешает выполнению работы или другой повседневной деятельности (включая большие затраты времени, уменьшение объема работы, снижение ее качества и т.п.).

8. **Психическое здоровье (Mental Health - MH)**, характеризует настроение, наличие депрессии, тревоги, общий показатель положительных эмоций.

Для статистического анализа результатов проведенного исследования использовались программы Statistica 10,0 и Microsoft Excel 2007.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В

таб. 2 приведены показатели СМАД до лечения и через 8 недель на фоне АГТ.

Как следует из таблицы 2, в обеих группах отмечена сопоставимая положительная динамика основных параметров СМАД.

При анализе КЖ (табл. 3) исходно наблюдалось значительное снижение всех показателей в обеих группах, что в целом проявляется невысокой оценкой пациентами своего состояния здоровья (GH).

Таблица 2.

Параметры СМАД через 8 недель на фоне АГТ

Показатели	I группа		II группа	
	Исходно	8 нед.	Исходно	8 нед.
Дневные показатели				
Среднее САД	151,9±1,8	129,3±1,1**	151,3±2,0	130,5±1,1**
Среднее ДАД	90,2±1,5	79,5±1,1**	91,9±1,7	80,1±1,1**
Индекс времени САД	76,6±3,1	21,5±2,3**	77,0±3,5	24,1±2,6**
Индекс времени ДАД	50,2±4,6	15,7±2,9**	56,4±5,1	17,8±3,3**
Вариабельность САД	14,7±1,2	11,7±0,4**	14,1±0,6	12,3±0,4*
Вариабельность ДАД	12,6±2,5	9,0±0,4*	10,7±0,4	8,9±0,3*
Индекс площади САД	180,9±22,3	27,9±5,2**	217,3±30,8	48,4±12,0**
Инд площади ДАД	66,6±11,1	11,0±2,6**	97,6±14,1	21,0±4,6**
Ночные показатели				
Среднее САД	137,1±2,2	118,1±1,5**	137,5±3,3	117,9±2,0**
Среднее ДАД	79,0±1,4	69,6±1,0**	79,6±2,9	69,1±1,3**
Индекс времени САД	74,4±4,2	27,7±3,2**	72,4±5,0	28,8±4,5**
Индекс времени ДАД	60,9±5,1	25,9±3,1**	61,7±6,2	26,4±3,9**
Вариабельность САД	13,1±0,6	11,1±0,5*	13,7±0,7	10,5±0,5**
Вариабельность ДАД	10,1±0,5	8,8±0,4*	10,3±0,4	8,3±0,4*
Индекс площади САД	137,1±20,2	28,7±6,0**	146,1±27,2	41,9±11,2**
Инд площади ДАД	54,5±7,9	25,9±6,1*	72,3±12,7	24,3±6,1**
Общее за сутки				
Пульсовое давление	60,4±1,7	49,3±1,0*	58,7±1,8	48,6±1,1**
ЧСС	71,3±1,5	70,6±1,3	72,4±1,0	71,4±1,3
Ночное снижение САД	9,1±1,0	9,1±1,0	9,5±1,6	10,2±1,2
Ночное снижение ДАД	12,5±1,3	11,7±1,0	113,8±1,2	13,5±1,2
Величина утреннего подъема САД	45,5±3,0	34,0±1,5*	53,3±3,0	39,2±2,4**
Величина утреннего подъема ДАД	35,8±1,7	28,9±1,5*	40,0±2,4	28,5±1,4**
Скорость утреннего подъема САД	28,0±3,1	14,9±1,4**	21,4±2,8	18,0±1,8
Скорость утреннего подъема ДАД	20,8±2,5	11,7±1,1*	17,9±2,3	12,6±1,5
Индекс утренних часов САД	1264,5±149,2	795,7±89,2*	1253,6±141,4	692,2±74,6*
Индекс утренних часов ДАД	539,8±46,4	376,0±45,6*	677,6±64,3	389,8±39,3**

Примечание: \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,001$ , САД – систолическое АД, ДАД – диастолическое АД, ЧСС – частота сердечных сокращений.

Таблица 3.

Динамика показателей качества жизни на фоне сочетанной антигипертензивной терапии

	I группа (M±m), балл		II группа (M±m), балл	
Шкала	Исходно	Через 8 нед.	Исходно	Через 8 нед.
GH	44,5±14,6	50,22±15,4	48,9±14,2	51,1±12,9
PF	66,1±19,1	75,2±18,3*	72,2±16,5	76,8±12,2
RP	36,3±19,3	60,7±14,1**	36,1±18,5	62,4±13,7**
RE	53,5±14,5	74,7±18,1*	54,1±17,0	72,7±16,2*
SF	45,4±13,0	47,5±10,6	48,1±12,1	46,4±8,2
BP	52,9±10,0	64,4±12,2*	55,6±12,4	70,7±13,0*
VT	49,9±18,4	59,6±14,3*	54,4±14,1	62,1±12,2*
MN	59,24±15,3	67,1±13,1*	61,0±14,1	67,4±12,3*

Примечание \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,001$ .

При анализе отдельных шкал КЖ в обеих группах пациентов отмечено снижение показателя физического компонента здоровья RP-функционирования, обусловленного физическим состоянием, что выражалось в ограничении повседневной деятельности (работа, до-

машние дела и т.п.), связанное с наличием хронического заболевания, ухудшением физического состояния. При этом степень выполнения физических нагрузок RF оставалась удовлетворительной.

Уменьшение количества баллов по шкале BP свидетельствовало о наличии болевого синдрома, связанного с хроническим заболеванием – АГ. Это сказывалось на способности заниматься повседневной деятельностью, включая работу по дому и вне дома, и в целом на КЖ.

При оценке психического компонента здоровья (шкалы MN и RE) наблюдалось умеренное снижение числа баллов, что указывало на ухудшение эмоционального состояния, ограничение социальных контактов, уменьшение положительных эмоций, возможное наличие таких состояний, как тревожность, астения, депрессия.

На фоне 8-недельной АГТ отмечалось улучшение показателей КЖ пациентов в обеих группах.

Наиболее выраженная положительная динамика наблюдалась по шкалам RP: в I группе увеличение на

24,4 балла ( $p = 0,0009$ ), во 2 группе – на 26,3 балла ( $p = 0,0002$ ) и RE: в 1 группе – на 21,3 балла ( $p = 0,006$ ), во 2 группе – на 18,6 балла ( $p = 0,0008$ ), что говорило о расширении повседневной активности, улучшении бытовой и социальной адаптации.

Выявлено увеличение жизненной активности – VT: на 9,7 балла ( $p = 0,008$ ) и на 7,6 балла ( $p = 0,02$ ), улучшение психического и эмоционального состояния – MH: на 7,9 балла ( $p = 0,01$ ) и 6,4 балла ( $p = 0,04$ ) в 1 и 2 группе соответственно.

В целом динамика параметров КЖ проявлялась в улучшении общего самочувствия и более положительной оценке состояния своего здоровья и эффекта от проводимой терапии.

При сравнении степени прироста показателей между обеими группами статистически достоверных различий отмечено не было.

Хотя проблема оценки КЖ у больных АГ недостаточно широко освещена в литературе, полученные нами результаты согласуются с рядом работ о положительном влиянии иАПФ и БРА на показатели КЖ у этой категории пациентов [6,8]. Имеются отдельные публикации, подтверждающие положительное влияние лозартана (как представителя класса БРА) на КЖ у больных АГ. Влияние рамирилла на КЖ преимущественно изучалось при ХСН, ИБС.

По данным мета-анализа, проведенного D.B. Matchar и соавт. на основании базы данных MEDLINE и Кокрановского центрального реестра, при сравнении иАПФ и БРА по их влиянию на КЖ не было выявлено

значимого различия [8].

Исследований по влиянию сочетанной АГТ лозартан + индапамид и рамирил + индапамид на КЖ больных АГ в доступной литературе мы не нашли. В нашей работе на фоне 8-недельной АГТ у пациентов АГ обеих групп отмечено, наряду с положительной динамикой параметров СМАД, улучшение показателей КЖ без достоверного различия между группами.

С учетом результатов проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. У пациентов с артериальной гипертензией наблюдается значительное ухудшение качества жизни, что проявляется в снижении показателей по шкалам физического и психического компонентов здоровья.

2. Сочетанная антигипертензивная терапия лозартан + индапамид и рамирил + индапамид в течение 8 недель у больных артериальной гипертензией высокого и очень высокого риска оказывает сопоставимый гипотензивный эффект с достоверной положительной динамикой средних показателей СМАД, показателей вариабельности АД, нагрузки давлением, пульсового давления. В группе лозартана улучшение показателей утренней динамики АД было более выраженным.

3. Одновременно отмечено улучшение качества жизни этой категории пациентов в подавляющем большинстве шкал, что проявляется в расширении повседневной активности, повышении бытовой, социальной адаптации, улучшении переносимости физических нагрузок, эмоционального состояния, в равной степени в обеих группах.

#### Библиографический список

1. Дворецкий Л.И. Качество жизни пожилого больного. Consilium Medicum. 2009. 11.С. 98-102.
2. Еникеев А.Х., Замотаев Ю.Н., Коломоец Н.М. Анализ поведенческих и эмоциональных характеристик личности больных гипертонической болезнью и влияние терапевтического обучения на качество жизни. Клиническая медицина. 2009. 1. С.58-62.
3. Кешишян И.В., Шребко А.Н. Исследования качества жизни – важный компонент клинических исследований и клинической практики. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2009. 10. С. 55-57.
4. Рекомендации по диагностике и лечению артериальной гипертензии экспертов ВНОК, 2010 (4 пересмотр). Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2010. 6 (Прил. 2).
5. Чазов Е.И., Беленков Ю.Н.(ред.). Рациональная фармакотерапия сердечно-сосудистых заболеваний. Руководство для практикующих врачей. М.: Литтерра; 2005. С. 972.
6. Чазова И.Е., Мартынюк Т.В. Первые результаты международного клинического исследования ГЕМЕРА: два терапевтических режима для эффективного лечения пациентов с артериальной гипертензией 1-2-й степени. Системные гипертензии. 2012. 3. С. 5-13.
7. Шевченко Ю.Л.(ред.), Новик А.А., Ионова Т.И. Руководство по исследованию качества жизни в медицине. 2-е издание. М.: ЗАО «ОЛМА Медиа Групп», 2007. 320 с.
8. Matchar D.B., McCrory D.C., Orlando L.A., et al. Systematic review: comparative effectiveness of angiotensin-converting enzyme inhibitors and angiotensin II receptor blockers for treating essential hypertension. Ann Intern Med. 2008;148(1). Pp. 16-29.
9. Ware J.E., Kosinski M., Keller S.D. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual. The Health Institute, New England Medical Center. Boston, Mass. 1994.

#### References

1. Dvoretzky L. I. Quality of life of the elderly patient. Consilium Medicum. 2009. 11. Pp. 98-102.
2. Enikeev A.K., Kolomoets N.M., Zamotaev Yu.N. The analysis of behavioural and emotional characteristics of the identity of patients with arterial hypertension and influence of therapeutic training on quality of life. Clinical Medicine. 1. Pp.58-62.
3. Keshishyan I.V., Shkrebko A.N. Researches of quality of life is an important component of clinical trials and clinical practice. Physiotherapy and sports medicine. 2009. Pp.55-57.
4. Chazova I.E., Ratova L.G., Boitsov S.A., Nebieridze D.V. Recommendations for the management of arterial hypertension Russian Medical Society of Arterial Hypertension and Society of Cardiology of the Russian Federation, 2010. System Hypertension. 2010. 3. Pp. 5-2.
5. Chazov E.I., Belenkov U.N. Rational Pharmacotherapy for Cardiovascular Diseases. M.: Litterra; 2005. 972 p
6. Chazova I.E., Martynyuk T.V. The first results of the international clinical trial GEMERA: two therapy regimens for the effective treatment of patients with grades 1-2 hypertension. System Hypertension. 2012. 3. Pp.5-13.
7. Shevchenko U.L., Novik A.A., Ionova T.I. Guide to the study of quality of life in medicine. M.:ZAO "OLMA MEDIA GROUP"; 2007. 320 p.
8. Matchar D.B., McCrory D.C., Orlando L.A., et al. Systematic review: comparative effectiveness of angiotensin-converting enzyme inhibitors and angiotensin II receptor blockers for treating essential hypertension. Ann Intern Med. 2008;148(1). Pp.16-29.
9. Ware J.E., Kosinski M., Keller S.D. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual. The Health Institute, New England Medical Center. Boston, Mass. 1994.

УДК 616.33-002.44-089.8

UDC 616.33-002.44-089.8

**А.Б. ГОРПИНИЧ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общей хирургии и анестезиологии, Орловский государственный университет  
E-mail: doc.goralex@mail.ru

**A.B. GORPINICH**

Doctor of Medicine, Professor, Head of department of the general surgery and anesthesiology, Orel State University  
E-mail: doc.goralex@mail.ru

## ОПЫТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ ОПЕРИРОВАННОГО ЖЕЛУДКА

### THE EXPERIENCE OF OPERATED STOMACH SURGICAL TREATMENT

*Проанализирован опыт хирургического лечения 81 больного, в возрасте от 25 до 82 лет, которым были выполнены повторные операции по поводу болезней оперированного желудка. Наиболее частой причиной повторной операции после ваготомии явился рецидив язвы, а после резекции желудка – пептическая язва анастомоза. Методом выбора операции при пептической язве является редуоденизация, а при отсутствии условий к ее выполнению – реконструкция по Ру.*

Ключевые слова: болезни оперированного желудка, рецидив язвы, пептическая язва анастомоза.

*The experience of surgical treatment of 81 patients aged from 25 to 82 who had been re-operated for the operated stomach diseases was analyzed. The most often cause of reoperation after vagotomy was ulcer recurrence, and peptic ulcer anastomosis was observed after gastric resection. Reduodenisation of peptic ulcer is the operation of choice and in the absence of the conditions for its implementation is reconstruction by Roux.*

Keywords: operated stomach diseases, ulcer recurrence, peptic ulcer anastomosis.

Наряду с очевидными успехами желудочной хирургии, обусловленными накопленным коллективным опытом, лечение больных с болезнями оперированного желудка представляет собой сложнейший раздел абдоминальной хирургии и относится к реконструктивно-восстановительной хирургии органов пищеварения. В первую очередь это постгастрорезекционные и постваготомические синдромы.

Резекция желудка при язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и ее осложнениях наиболее радикальна и до сих пор широко распространена [1,2,4,7]. Однако у 15-30% больных после резекции желудка развиваются различные патологические синдромы, почти у половины из них сочетанные. Вопросы диагностики, классификации этих синдромов, причин возникновения, лечения и профилактики остаются актуальными, так как многие из них требуют сложных реконструктивных операций [1,5,7,9,13,16].

Использование органосохраняющих операций при дуоденальной язве позволило значительно улучшить как непосредственные, так и отдаленные результаты [1,11,14,15]. Однако по мере накопления клинического опыта выяснилось, что ваготомия и сочетаемые с ней дренирующие желудок операции не лишены недостатков, в их числе опасность развития в отдаленные сроки так называемых постваготомических синдромов, которые отмечаются у 10-40% больных и в целом ряде наблюдений требуют оперативного лечения [3, 6, 12].

Этиология и патогенез основных синдромов болезней оперированного желудка в настоящее время достаточно хорошо изучены. В первую очередь они подразделяются на функциональные и органические. В зависимости от выраженности клинических проявлений различают три степени тяжести постгастрорезекционных и постваготомических синдромов. При легкой

степени больные сохраняют трудоспособность, клинические проявления купируются диетой или консервативной терапией. Средняя степень сопровождается снижением трудоспособности, иногда существенным, периодически необходимо стационарное лечение. При тяжелой степени трудоспособность практически утрачивается, больные нуждаются в регулярном стационарном лечении. Клинический опыт свидетельствует, что болезни оперированного желудка легкой степени тяжести, как правило, носят функциональный, а средней и тяжелой степени – органический характер. Наиболее тяжелое клиническое течение наблюдается при сочетанном характере патологических синдромов. Анализ клинических наблюдений свидетельствует, что преимущественно постгастрорезекционные и постваготомические синдромы обусловлены техническими особенностями выполненных оперативных вмешательств, нарушением основных технических правил. В ряде случаев болезни оперированного желудка развиваются независимо от ранее перенесенной операции или в связи с созданием предпосылок для их развития и прогрессирования. Это, прежде всего, такие заболевания, как грыжи пищеводного отверстия диафрагмы с рефлюкс-эзофагитом, хроническое нарушение дуоденальной проходимости, рефлюкс-гастрит, желчнокаменная болезнь, хронический панкреатит, дивертикулы двенадцатиперстной кишки и др. У пациентов со средней и тяжелой степенью тяжести болезней оперированного желудка неизбежно возникает необходимость реконструктивной операции. Успех ее зависит от целенаправленного комплексного обследования больного с использованием современных диагностических возможностей для уточнения всех морфофункциональных нарушений. Повторные оперативные вмешательства сопряжены с техническими трудностями хирургиче-



ского доступа и ориентации в брюшной полости из-за наличия спаечного процесса различной степени выраженности. Высокий риск развития гнойно-септических осложнений, обусловленных наличием инфильтратов, «дремлющей» инфекции. Операции носят высшую степень сложности, травматичны. Наиболее часто выполняются реконструктивные резекции различными способами в зависимости от конкретной ситуации. При сочетанных патологических синдромах выполняются комбинированные, а в отдельных случаях simultaneous оперативные вмешательства [8]. Основной особенностью реконструктивных операций в желудочной хирургии является необходимость творческого подхода хирурга в каждом конкретном клиническом наблюдении, т.е. индивидуализация вмешательства в зависимости от способа первичной операции и характера развившихся послеоперационных осложнений. Кроме того, выполнение сложных реконструктивных вмешательств, направленных на восстановление пассажа пищи по двенадцатиперстной кишке, нередко представляет определенные технические трудности вследствие выраженного спаечного процесса в области культи двенадцатиперстной кишки и, как правило, сопряжено с риском развития ранних специфических осложнений [1]. Таким образом, проблема хирургического лечения болезней оперированного желудка остается актуальной.

Под нашим наблюдением находился 81 больной в возрасте от 25 до 82 лет, которым были выполнены повторные операции по поводу болезней оперированного желудка. Всем пациентам при поступлении в стационар проводился подробный анализ клинико-объективных данных, результатов лабораторных и специальных методов исследования, патогенетического консервативного лечения. Изучение морфофункционального состояния оперированного желудка заключалось в оценке моторно-эвакуаторной и секреторной его функций, эндоскопии желудка, двенадцатиперстной кишки, анастомоза тощей кишки с биопсией и гистологическим изучением биоптатов.

После различных видов ваготомии в сочетании с дренирующими желудок операциями или без таковых оперировано 20 больных: у 5 (25%) пациентов ваготомия была дополнена гастродуоденоанастомозом по Жабуле, у 4 (20%) – пилоропластикой по Гейнеке-Микуличу, у 2 (10%) – гастрозентероанастомозом на длинной петле, у 2 (10%) – экономной резекцией по Бальфуру. Селективная проксимальная ваготомия (СПВ) была выполнена 7 (35%) больным.

Наиболее частой причиной повторной операции явился рецидив язвы (13 пациентов), причем у 9 из них он возник в сроки от 3 месяцев до 1 года, а у 4 – спустя много лет. У 5 больных ваготомия в сочетании с гастродуоденоанастомозом по Жабуле не принесла облегчения, и они были оперированы повторно в первые 6 месяцев. В связи с этим мы считаем ошибкой выполнение подобных операций при больших пенетрирующих, а тем более кровоточащих язвах.

У 4 больных после более чем полугодового перио-

да стойкой ремиссии возобновился симптомокомплекс язвенной болезни, при этом язва рецидивировала на прежнем месте. К пептическим язвам анастомоза в этой группе больных отнесли 4 пациентов, у которых язвенный симптомокомплекс развился после многолетней ремиссии. Всем 13 больным с рецидивом язвенной болезни была выполнена резекция желудка.

Среди 56 больных, которым в прошлом была выполнена резекция желудка, 45 (80,3%) оперированы по поводу пептической язвы анастомоза, 6 (10,7%) – по поводу синдрома приводящей петли, 2 (3,6%) – вследствие демпинг-синдрома, 2 (3,6%) – по поводу рака культи желудка и один (1,8%) – в связи с рубцовым сужением анастомоза. Наиболее частой причиной пептической язвы в этой группе больных явилась экономная резекция желудка.

Методом выбора операции при пептической язве мы считаем редуоденизацию, а при отсутствии условий к выполнению таковой – реконструкцию по Ру.

При механическом синдроме приводящей петли накладываем энтероэнтероанастомоз. 5 больным с пептическими язвами после предшествовавшей гастрозентеростомии была выполнена резекция желудка.

Известно, что нарушение моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта – одно из самых частых осложнений после операций на органах брюшной полости. Среди причин эвакуаторных расстройств ЖКТ в раннем послеоперационном периоде ведущее место занимает нарушение сложных нервных и гуморальных механизмов регуляции двигательной функции пищеварительного тракта. Эти нарушения усугубляются относительной серотониновой недостаточностью как следствием применения в послеоперационном периоде препаратов – антагонистов серотонина (промедол, димедрол, ампициллин, гентамицин и др.).

Как ранее нами указывалось [10], эти нарушения сократительной способности гладкой мускулатуры ЖКТ следует называть гладкомышечной недостаточностью (ГМН). Термин «гладкомышечная недостаточность» является наиболее физиологичным понятием, так в основе всех клинических проявлений функциональных расстройств моторно-эвакуаторной деятельности желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) лежит нарушение сократительной способности гладкой мускулатуры. Одним из представителей гуморальных регуляторов сократительной активности гладкой мускулатуры ЖКТ является серотонин. Нами с целью устранения гладкомышечной недостаточности ЖКТ и профилактики нарушений моторно-эвакуаторной его функции в раннем послеоперационном периоде использовалась лекарственная форма эндогенного вещества серотонина – серотонина адипинат. Это позволило сократить время восстановления двигательной активности желудка и уменьшить осложнения после данного оперативного вмешательства.

После повторной операции на желудке умерли 3 (3,7%) больных.

Таким образом, наиболее частой причиной повторной операции после ваготомии является рецидив язвы,

а после резекции желудка – пептическая язва анастомоза. Методом выбора операции при пептической язве является редуоденизация, а при отсутствии условий к ее выполнению – реконструкция по Ру. Профилактикой

пептической язвы анастомоза после резекции желудка является ее правильное техническое выполнение с соблюдением общепринятых границ удаления секреторной зоны.

#### Библиографический список

1. Аскерханов Г.А., Загиров У.З., Гаджиев А.С. Болезни оперированного желудка. М.: Медпрактика, 1999.
2. Вальтер В.Г., Кутуков В.Е., Зурнадзьянц В.А. и др. Методы хирургического лечения прободных язв. Ближайшие и отдаленные результаты // Труды Астраханской государственной медицинской академии. Т.ХII. Актуальные вопросы хирургии. Астрахань, 1998. С. 52-54.
3. Вахидов В.В., Хаджибаев А.М. Выбор способа реконструктивных и корригирующих операций при постгастрорезекционных и постваготомических синдромах. Анналы. Т.1. Ташкент: Изд-во Ибн Сина 1994. С. 18-24.
4. Волков В.Е., Волков С.В. Болезни оперированного желудка. Чебоксары, 2001.
5. Горбашко А.И., Козлов В.П., Михайлов А.П. Лечение больных с патологическими синдромами после пилоросохраняющей резекции желудка // Труды городской научно-практической конференции, посвященной 130-летию Государственного Обуховского завода. Ст-Петербург, 1993. С. 54-57.
6. Клименко В.Н., Грушка В.А., Клименко А.В. Применение дуоденопластики и селективной проксимальной ваготомии в хирургическом лечении дуоденальных язв. Клини. хир. 1998; 5: 3-4.
7. Михайлов А.П. Сочетанные постгастрорезекционные синдромы (диагностика, лечение, профилактика): автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Ст-Петербург, 2000.
8. Михайлов А.П., Данилов А.М., Земляной В.П. и др. Основные принципы хирургического лечения болезней «оперированного желудка». Бюллетень ВСНЦ СО РАМН 2011; 4(80). С. 69-70.
9. Помелов В.С., Смагин В.А. Надпиривратниковая резекция желудка у больных язвенной болезнью. Хирургия 1999; 1. С. 21-24.
10. Симоненков А.П., Федоров В.Д., Федоров А.В. и др. Механизм эндогенной вазомоторики и гладкомышечной недостаточности микроциркуляторного русла. Вестн. РАМН 1994; 7:11-15.
11. Черноусов А.Ф., Богдольский П.М. Хирургическое лечение язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Клини. мед. 2000; 78: 8: С.88-91.
12. Chang T.M., Chan D.C., Liu Y.C. et al. Long-term results of duodenectomy with highly selective vagotomy in treatment of complicated duodenal ulcer. Am J Surg 2001; 181: 4. Pp. 372-376.
13. Csendes A., Maluenda F., Braghetto I., Schutte H. Prospective randomized study comparing three surgical techniques for treatment of gastric outlet obstruction secondary to duodenal ulcer. Am J Surg 1993; 166 : 1. Pp. 45-49.
14. Ohman C., Imhof M., Roher H. Trends in peptic ulcer bleeding and surgical treatment. Wld J Surg 2000; 24 : 3. Pp. 284-293.
15. Svanes C. Trend in perforated peptic ulcer: incidence, etiology, treatment and prognosis. Wld J Surg 2000; 24 : 3. Pp. 250-255.
16. Vecht J., Masclee A., Lamers C. The dumping syndrome. Current in sights into pathophysiology, diagnosis and treatment. Scand J Gastroenterol (Suppl) 1997; 223 : 21-27.

#### References

1. Askerhanov G. A., Zagirov U. Z., Gadzhiev A. S. Operated stomach diseases. M.: Medpractice, 1999.
2. Valter V. G., Kutukov V. E., Zurnadzhants V. A. et al. Surgical treatment methods of perforated ulcers. Immediate and long-term results // The works of Astrakhan state medical academy/ V.XII. Urgent questions of surgery. Astrakhan, 1998. Pp. 52-54.
3. Vahidov V. V., Hadzhiyev A. M. The choice of reconstructive and correcting operations method on post gastric resection and post vagotomy syndromes. Annals. V. I. Tashkent: Publishing house Ibn Syno 1994. Pp. 18-24.
4. Volkov V. E., Volkov S. V. Operated stomach diseases. Cheboksary, 2001, 17. 1994. Pp. 18-24.
5. Gorbashko A. I., Koslov V. P., Mikhailov A. P. Treatment of patients with pathology syndromes after pyloric saving resection of the stomach. // Works of the town scientific and practical conference devoted to the 130<sup>th</sup> anniversary of the Obukhov plant. St. Petersburg, 1993. Pp. 54-57.
6. Klimenko V. N., Grushka V. A., Klimenko A. V. Using of duodenoplastic and selective proximal vagotomy in surgical treatment of duodenal ulcers. Clin. Sur. 1988; 5. Pp. 3-4.
7. Mikhailov A. P. Combined post gastric resection syndromes (diagnosis, treatment, prophylactics): thesis abstract ... Doctor of Medical Sciences. St-Petersburg, 2000.
8. Mikhailov A. P., Danilov A. M., Zemljanoi V. P. et al. Basic principles of surgical treatment of “operated stomach” diseases. Bulletin ESSC SD of RAMS 2011; 4(80). Pp. 69-70.
9. Pomelov V. S., Smagin V. A. Over the pyloric resection of stomach in patients with peptic ulcer. Surgery 1999; 1. Pp. 21-24.
10. Simonenkov A. P., Fedorov V. D., Fedorov A. V. et al. Mechanism of endogenic vasomotor and smooth muscle deficiency of micro circulatory bed. Vestnik RAMS 1994; 7. Pp. 11-15.
11. Chernousov A. F., Bogdolskii P. M. Surgical treatment of peptic ulcer and duodenal ulcer disease. Clin. med. 2000; 78: 8. Pp. 88-91.
12. Chang T. M., Chan D. C., Liu Y. C. et al. Long-term results of duodenectomy with highly selective vagotomy in treatment of complicated duodenal ulcer. Am J Surg 2001; 181: 4. Pp. 372-376.
13. Csendes A., Maluenda F., Braghetto I., Schutte H. Prospective randomized study comparing three surgical techniques for treatment of gastric outlet obstruction secondary to duodenal ulcer. Am J Surg 1993; 166 : 1. Pp. 45-49.
14. Ohman C., Imhof M., Roher H. Trends in peptic ulcer bleeding and surgical treatment. Wld J Surg 2000; 24 : 3. Pp. 284-293.
15. Svanes C. Trend in perforated peptic ulcer: incidence, etiology, treatment and prognosis. Wld J Surg 2000; 24 : 3. Pp. 250-255.
16. Vecht J., Masclee A., Lamers C. The dumping syndrome. Current in sights into pathophysiology, diagnosis and treatment. Scand J Gastroenterol (Suppl) 1997; 223. Pp. 21-27.

УДК 61(4БЕЛ)52:614.253

**М.Г. ДАЛГАТОВ**

врач-стоматолог, медицинский центр «Дантист»  
E-mail: dalgatov65@rambler.ru

**А.П. АЛЕКСАНДРОВА**

кандидат филологических наук, доцент, кафедра англий-  
ской филологии Орловский государственный университет  
E-mail: arnold71@inbox.ru

**Д.П. АЛЕКСАНДРОВА**

магистр прикладной этики, Орловский государственный  
университет  
E-mail: arnold71@inbox.ru

**Е.В. КОРОЛЁВА**

ассистент, кафедра анатомии, оперативной хирургии и  
медицины катастроф, Орловский государственный уни-  
верситет  
E-mail: katarios\_sol@rambler.ru

UDC 61(4BRI)52:614.253

**M.G. DALGATOV**

Dentist, Medical center "Dentist"  
E-mail: dalgatov65@rambler.ru

**A.P. ALEXANDROVA**

Candidate of Philology, Associate Professor, Department of  
English Philology, Orel State University  
E-mail: arnold71@inbox.ru

**D.P. ALEXANDROVA**

Master of Applied Ethics, Orel State University  
E-mail: arnold71@inbox.ru

**E.V. KOROLEVA**

Assistant, Department of anatomy, operative surgery and  
medicine of catastrophes, Orel State University  
E-mail: katarios\_sol@rambler.ru

### MEDICAL AID IN THE VICTORIAN ERA МЕДИЦИНСКАЯ ПОМОЩЬ В ВИКТОРИАНСКУЮ ЭПОХУ

*The purpose of the article is to outline the problem of medical aid in the Victorian period; it considers the doctors' attitude to patients and vice versa; it gives a brief description of the different types of hospitals that existed.*

*Keywords:* medical aid, hospital, illness, incurable disease, infectious disease, Victorian era.

*Цель статьи – представить краткий обзор проблемы оказания медицинской помощи в Викторианский период; в ста-  
тье также рассматривается отношение докторов к пациентам и пациентов к докторам и медицинским учреждениям,  
дается описание разных типов больниц, существовавших в то время.*

*Ключевые слова:* медицинская помощь, больница, болезнь, неизлечимая болезнь, инфекционная болезнь, Victorian era.

The Victorian period was obviously a time of both medical progress and intense human suffering and physical pain.

At the beginning of the Victorian period, medical help was limited, whatever the budget.

It may be harsh to say so, but to the modern eye medical practice in the early 1800s looks pretty medieval.

Diseases such as pulmonary tuberculosis were endemic; others such as cholera, were frighteningly epidemic. In the morbidity statistics, infectious and respiratory causes predominated. Epidemics of diseases caused thousands of deaths. This was especially true in the growing cities. It was one threat no Victorian could ignore, as the diseases affected rich and poor alike; even if you had money there was no cure to buy. Throughout most of the century, doctors can be said to have been conceptually helpless about the cause and treatment of the disease. At the beginning of the Victorian period, only a few treatments were available to doctors and these had not changed very much since the Middle Ages. The same medicines (herbal cures, cod liver oil and purgatives) were given, regardless of the ailment.

Diseases such as phthisis (pulmonary tuberculosis or 'consumption'), typhoid, cholera, smallpox, measles, diphtheria and diseases of the circulatory system were still common, especially among the populous urban working classes, yet fatalities from these diseases had dropped dramatically since the mid-Victorian period. [12]

The rich were just as likely to catch diseases as the poor. For example, in December 1861 Prince Albert fell ill and

died. He had caught typhoid, a disease that was caused by drinking either dirty water or milk, or eating dirty food. The usual cause of typhoid was allowing drinking water to be polluted by sewage.

Shifting paradigms of contagion combined with enhanced public health legislation improved attempts to quarantine infectious disease: the homes of the dead and diseased were stripped, disinfected and lime-washed; individuals could be removed to hospital on warrant; and medical officers could instigate the closure of shops and schools thought to harbour germs. [13] Access to the hospital also expanded in this period, especially among the lower classes, whilst the transfer of some poor law medical facilities to the control of the Local Government Board in 1871 encouraged a degree of reform and modernization in health services. [10]

Nonetheless, access to healthcare during this period remained uneven. Insurance schemes may have increased access to medical care but subscription was biased towards families with steady incomes and the health of the male breadwinner.

Shifting paradigms of preventative and palliative medicine in the second half of the nineteenth century made a considerable impact upon elite cultures of death. [4:77-97] Among working-class families, however, relationships with formal medical care services are difficult to measure. Few would have known the easy and equitable doctor/patient relations experienced by the affluent. Moreover, associations between the hospital and the workhouse combined to make working class access to healthcare

problematic. Likewise, despite an overall increase in wages during this period, medical provision represented a drain on the domestic budget. Notably, recourse to professional medical assistance was far from uniform. Charitable dispensaries had long provided medicines to the poor. Helen Bosanquet noted that in the metropolis medical practitioners' fees were often adapted to suit the pockets of patients.

Nonetheless, the perceived lack of interest in health insurance encouraged a contemporary stereotype that poorer families prioritised death over life.

Upbraiding the poor for failing to summon medical help assumed that a decision-making process had taken place that excluded this option, yet choices were shaped by circumstance. Even after the 1911 Insurance Act<sup>1</sup>, personal medical services remained limited. Instead, family and home-centred care for the sick was 'the usual and obvious resort' for the working classes. [2:31]

Reliance on home-based care was also rooted in perceptions of disease, understandings of contagion and the probability of death. Measles, for instance, was notoriously perceived to be a childhood rite of passage rather than a potentially deadly illness. Some practitioners recognized that they were not summoned to the homes of the poor simply because they were not considered necessary; it was 'ignorance' of health and hygiene, not parsimony, that caused 'enormously high' rates of sickness and mortality which were, otherwise, preventable. Indeed, some medical officers of health advocated the introduction of far-reaching education programmes among working-class adults as the best means of combating infectious disease. [9: 192–196] Highhandedness and an apparent lack of interest in the patient could foster deep-seated bitterness against the medical profession as a whole. Public health measures could be interpreted as prejudice against the working classes en masse.

The standard of care in hospitals across Britain during the latter half of the nineteenth century varied widely. To begin with, medical practitioners often failed to agree a policy for hospital admission. The Medical Officer of Health for Lambeth in 1895 noted that out of 2,685 notified cases of infectious disease that year, only 816 were admitted to hospital. This was not so much on account of working-class resistance to medical institutions, but, rather, inadequate hospital accommodation and the absence of shared criteria for choosing which cases were fit for removal from home. [1:36] Despite attempts to reform medical provision within the workhouse (such as the establishment of the Workhouse Nurses Association in 1879), access to services partly depended on the local administration of the poor law and the resources available for medical care. Hospitals that were affiliated to the workhouse also carried, however loosely, associations with pauperism and were thus perceived as a 'final resort' by the sick. The medical staff was not numerous (for example, in York Workhouse Hospital 1901 nine nurses cared for three hundred patients), and only a few were qualified. In this connection it is interesting to point out that medical training became more formalised with the establishment of medical schools, and the number of

doctors rose considerably, from 14,415 in 1861 to 35,650 in 1900. Nursing became one of the few occupations a middle-class girl might contemplate. However, women remained largely unwelcome in the medical world but nursing was the exception to this.

The following illustration gives a clear idea of what was happening in hospitals during the Victorian period: "In June 1884, the Assistant Medical Officer of Health for Liverpool, Edward Hope, visited Thomas and Mary Farrington, aged twelve and fourteen, who were both sick with smallpox. Their parents 'strongly desired and urged' the removal of the children to hospital. On application to the relieving officer, however, they were informed that 'they would have to pay, also that they would have to go to the workhouse, also that they would be "pauperised", and that they would be on the list of paupers for a year'. They brought their children home. E. Hope's emphasis that the family were 'clean and respectable' indicates the influence of the practitioners' own values on interactions with the sick... Yet it also illustrates the sense of shame inherent in equating admission to the hospital with the workhouse. [6] The humiliation of applying for parochial medical aid was tenacious." [11: 41–42]

In light of such problems, it is not surprising that families might express reluctance to admit sick relatives to hospital. It was usual for families issued with orders for the removal of the sick to hospital to ignore them. [5] Even in cases where the patient wanted to be taken to hospital, some relatives were reluctant to sanction admission. Medical Officers of Health had powers that both permitted the compulsory removal of the sick to hospital and the closure of any business operating from the home. Such measures could, however, be construed as evidence of the oppressive hand of local government. Indeed, some relatives avoided calling a doctor for fear of incurring a notification of infectious disease, although some practitioners were accused of colluding with the sick in failing to alert the local authorities of disease. [8: 189]

Prejudice against hospitalisation was particularly virulent with regard to children because it challenged parental authority, restricted access to offspring and ruptured relationships. Moreover, some families thought that the best place for a child to die was in the home surrounded by their parents and siblings. This attitude should not be regarded as indifference to the child's death. The family acted in what they believed to be the best interests of the child, namely that the child should remain within familiar and familial space.

When children were admitted to hospital, parents might object to the bureaucracy that impeded contact with offspring and information about their welfare. One mother whose two children had been removed to Netherfield Hospital in November 1885 complained that when one child was dying, she had been refused permission to see him. [7] During the same month, Robert Barnett complained that his child had been admitted to hospital some weeks previous but he had since been unable to obtain a satisfactory account of his condition.

Stories of antagonism towards medical practitioners



and institutions indicate the imbalance of power between physician and patient. Yet it is important to note that relationships with medical professionals were varied. Some practitioners expressed despair, sympathy and compassion for their patients, visiting them regularly and listening to the troubles of their carers. Importantly, however, analysis of the relationship between the sick and medical professionals should not obscure the significance of domestic nursing. Formal and household patterns of care were not mutually exclusive.

But in general, the Victorian medical scene was not bad at all. The emergence of modern nursing coincided with changes in hospitals. While initially hospitals just stuck in more beds, newer hospitals were being built. These were often more specialist in orientation, providing treatment for certain patients (eg children), body regions – like ear, nose and throat – or diseases, such as cancer. Funding became an increasing problem and hospitals began to take richer, fee-paying patients to subsidise others. [16]

Many hospitals were founded to research into, and care for sufferers from, specific diseases such as tuberculosis. Their titles were grand – the Royal National Hospital for Chest Diseases, for example – but since they were privately funded they frequently ran out of money. [17]

In the early part of the period, hospitals, rather than being seen as “places of healing” were more often viewed as “gateways of death”. A visitor to such an establishment would see overcrowded wards, surgery being performed without anesthesia and his having placed himself at risk of catching a deadly infection or virus.

The wealthy were able to pay a doctor to attend them at home, while the poor had no choice but to go to a charitable hospital or workhouse infirmary. At that time a hospital was either a charity or run by local authorities and there were only a handful of such facilities in all of England.

Before 1850, there was a high potential for the spreading of disease within the hospital environment itself. It was believed that foul air, or miasma, caused infection. It wasn't until the middle of the century that the idea was challenged blaming the spreading of disease on germs.

Hospitals were designed with small rooms off a main corridor as it was thought that the smaller wards would help prevent the spread of disease and infection. This, however, did little in the prevention as these rooms would also be overcrowded with patients due to the lack of space. Few surgeries were performed as success rate was extremely low and prior to anesthesia extremely painful.

Advances started to be made in the field when Joseph Lister<sup>2</sup> discovered “antisepsis” to prevent wounds and incisions from becoming infected. The Medical Act of 1858<sup>3</sup> made a group called the General Medical Council responsible for establishing a register of qualified doctors. Prior to that time, they were elected by a commission with no control or defined standard of qualification.

Several different types of hospitals evolved out of need as voluntary hospitals did not treat all diseases or the mentally ill. These hospitals consisted of the Voluntary hospitals, Specialist and cottage hospitals, Poor Law infirmaries, Hospitals for Infectious Diseases and Asylums for the

mentally ill.[15]

The voluntary hospital began as a charitable establishment initially developed to serve the poor without charge. They were funded by donations and subscriptions from wealthy benefactors. It was governed by a committee of benefactors who appointed the staff. Admission was not initially determined by the doctor, but upon the receipt of a letter of recommendation by the committee of benefactors who accepted this assignment of power as influencing their social status in the community. The letter system was later dropped as it was regarded as an obstacle to the admission of urgent and deserving cases. The patient now presented himself at the hospital where he was examined and evaluated by a doctor regarding the extent of medical attention required and then interviewed as to financial circumstances. These hospitals turned away the truly destitute as well as those who could afford to pay for the services. Also turned away were the incurables, the chronically or mentally ill, and those with infectious diseases. Doctors working in these types of hospitals were not compensated. They made their living from private practice.

By 1860 medical advances contributed to many more successful operations and more of the wealthier people wanted to be treated in the hospital. This type of hospital included in addition to the patient wards, an operating theatre, an anesthesia room as well as a pharmacy. Patients needed to pay something for the medicines they receive. There was also a kitchen, a laundry, a mortuary and a chapel.

Benefactor donations began to diminish and the cost of operating put these types of facilities in crisis making it necessary to find alternate means for financing. Hospital Saturdays and Hospital Sundays were founded as appeals for fund-raising and also the charging of fees for a bed as well as subscription programs for future service.

Around 1850-1860, Specialist hospitals began to evolve out of the need for caring for certain medical conditions which were excluded by the Voluntary hospitals. These types of hospitals were started occasionally by relatives of those who had been afflicted by one of these conditions as well as doctors themselves who had an interest in a particular medical issue. In these hospitals, it was the doctor who determined admission to these facilities. Also, the benefit of treating many cases of a particular disease enabled further inroads in medical research.

It was believed that the best doctors were those who were competent in everything and in the 1860s the “British Medical Journal” ran a campaign against specialist hospitals. It argued that it drew away interesting cases from the general hospitals harming the education of medical students.

The 1850s-1860s also brought the creation of the Cottage Hospital which began to develop in the rural areas to reduce the distance people had to travel to get to a hospital. The patients were serviced by a general practitioner and had between six to twenty-five beds. Modest weekly sums were charged for the services provided by these facilities.

The Poor Law infirmaries were hospitals within the workhouses. The 1834 Poor Law required that all who wanted public relief enter the workhouse. By 1845 a law set

forth in Scotland made these types of facilities responsible for maintaining medical care. As it was the desire at the time to keep these facilities as severely poor, conditions at the workhouse infirmary were far worse than at any other type of medical facility. In these hospitals the aged or incurable sick often ended up. The doctors in these workhouse infirmaries were salaried; however, it was difficult to recruit doctors for these posts. Doctors visited these facilities only once or twice a week with the daily care the responsibility of nurses. The Poor Law Infirmary ranked lowest in the performance of medical care.

In order to prevent the spread of infection, special hospitals were established to isolate patients with contagious diseases. In many cases, there was no charge to the patient to encourage them to enter the hospital in order to protect the public from exposure. Some of these hospitals were under the control of the local Medical Officer of Health,

and others within the workhouse.

The mentally ill were accommodated in asylums, provided for by public funds as the result of the 1808 County Asylums Act<sup>4</sup>. During Victorian period, mental disease was not recognized as an illness and those afflicted were treated as criminals, paupers and vagrants.

Hygiene greatly improved in hospitals. In hospitals, new working practices based on those of Florence Nightingale<sup>5</sup>, which placed an emphasis on orderliness and hygiene, were gradually introduced. There were properly trained nurses and hospitals became places where people went to recover, not just to die. [14]

The 1875 Public Health Act comprehensively encompassed housing, sewage and drainage, water supply and contagious diseases and provided Britain with the most extensive public health system in the world.

#### Comments

<sup>1</sup> *The 1911 Insurance Act* is an Act of Parliament of the United Kingdom. The Act is often regarded as one of the foundations of modern social welfare in the United Kingdom and forms part of the wider social welfare reforms of the Liberal Government of 1906-1915.

<sup>2</sup> *Joseph Lister* (1827 – 1912) was a British surgeon and a pioneer of antiseptic surgery. By applying Louis Pasteur's advances in microbiology, he promoted the idea of sterile portable ports while working at the Glasgow Royal Infirmary. He successfully introduced carbolic acid to sterilise surgical instruments and to clean wounds, which led to a reduction in post-operative infections and made surgery safer for patients.

<sup>3</sup> *The Medical Act*, An Act to Regulate the Qualifications of Practitioners in Medicine and Surgery, was an Act of the Parliament of the United Kingdom which created the General Medical Council to regulate doctors in the UK. It notes that "it is expedient that Persons requiring Medical Aid should be enabled to distinguish qualified from unqualified Practitioners."

<sup>4</sup> *The County Asylums Act* was introduced in the UK Parliament to establish places to care for people with mental health problems. Each county in the land was required to construct asylums to house people judged to be insane. Many counties failed to do this.

<sup>5</sup> *Florence Nightingale* (1820-1910) was a foundational philosopher of modern nursing, statistician, and social reformer. Nightingale was put in charge of nursing British and allied soldiers in Turkey during the Crimean War. She spent many hours in the wards, and her night rounds giving personal care to the wounded established her image as the "Lady with the Lamp." Her efforts to formalize nursing education led her to establish the first scientifically based nursing school – the Nightingale School of Nursing, at St. Thomas' Hospital in London (opened 1860).

#### References

1. *Bosanquet H.* Rich and Poor. P. 36.
2. *Chamberlain and Richardson*, 'Life and Death'. P.31.
3. *Hardy A.* Epidemic Streets. P. 84, 273.
4. *Jalland P.* Death in the Victorian Family, Oxford, 1997. Pp. 77–97.
5. LVRO 352 HEA 2/1, 16 October 1883.
6. LVRO 352 HEA 2/1, 24 June 1884.
7. LVRO 352 HEA 2/2, 5 November 1885.
8. Public Health, March 1893, p. 189.
9. Public Health, March 1897. Pp. 192–196.
10. *Smith F. B.* The People's Health. London, 1871.
11. *Strange Julie-Marie.* Death, Grief and Poverty in Britain, 1870-1914. Cambridge university press. 2005.
12. *Woods R., Shelton N.* An Atlas of Victorian Mortality (Liverpool: Liverpool University Press, 1997)
13. *Worboys M.* Spreading Germs: Disease Theories and Medical Practice in Britain, 1865–1900 (Cambridge: Cambridge University Press, 2000).
14. <http://cookit.e2bn.org/historycookbook/23-117-victorians-Health-facts.html>
15. <http://logicmgmt.com/1876/overview/medicine/vicmedicine.htm>
16. [http://www.bbc.co.uk/history/british/victorians/victorian\\_medicine\\_01.shtml](http://www.bbc.co.uk/history/british/victorians/victorian_medicine_01.shtml)
17. <http://www.bl.uk/learning/histcitizen/victorians/health/victorianhealth.html>

УДК 614.27

UDC 614.27

**К.В. ДАНИЛОВА**

аспирант, кафедра управления и экономики фармации,  
Курский государственный медицинский университет  
E-mail: Kaida\_05@mail.ru

**И.М. РАЗДОРСКАЯ**

доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой  
управления и экономики фармации, Курский государствен-  
ный медицинский университет  
E-mail: razdorski@yandex.ru

**K.V. DANILOVA**

Graduate student, Department of pharmaceutical marketing  
and management, Kursk State Medical University  
E-mail: Kaida\_05@mail.ru

**I.M. RAZDORSKAYA**

Doctor of pharmaceutical sciences, Professor, Head of the  
department of Pharmaceutical Marketing and management,  
Kursk State Medical University  
E-mail: razdorski@yandex.ru

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ ПОЗИЦИЙ АССОРТИМЕНТА ИНТРАНАЗАЛЬНЫХ ГЛЮКОКОРТИКОСТЕРОИДОВ

### EVALUATION OF MARKETING POSITIONS OF THE ASSORTMENT OF INTRANASAL GLUCOCORTICOSTEROIDS

В статье представлены исследования по разработке алгоритма определения маркетинговой позиции терапевтической группы. Определены стадии жизненных циклов препаратов группы интраназальных глюкокортикостероидов, представлены результаты анализа данной группы по матрице BCG и основные группы потребителей препаратов каждого квадранта матрицы. Препараты ИнГкс классифицированы по ролевым значениям. Предлагаемый алгоритм может быть использован для трансформации потребительских предпочтений в товарах любой терапевтической группы.

**Ключевые слова:** жизненный цикл товара, группы потребителей, ролевые значения препарата, терапевтическая группа.

In the article we present the research on working out the algorithm of evaluation of the therapeutic group's marketing position. The stages of the life cycle of the remedies from the group of intranasal glucocorticosteroids are defined, the results of the analysis of the group under study by means of BCG matrix and the main groups of the consumers of each remedy of each quadrant of the matrix are presented. Intranasal glucocorticosteroids are classified according to their role indexes. The algorithm offered by us can be used for transformation of the consumers' preferences among the goods of each therapeutic group.

**Keywords:** product's life cycle, groups of consumers, remedy's role indexes, therapeutic group.

Одним из способов увеличения рентабельности аптечного предприятия является оптимизация процессов управления ассортиментом, запасами и ценообразованием [3]. Сегодня большинство аптечных сетей не имеют четкого понимания ассортиментной политики, а ассортиментная матрица носит условный характер и формируется в момент составления заказа [2,4]. Для формирования в аптеках Липецкого региона оптимального товарного портфеля интраназальных глюкокортикостероидов нами разработан алгоритм определения маркетинговых позиций терапевтической группы, представленный на рисунке 1.



Рис. 1. Алгоритм определения маркетинговых позиций ассортимента.

Под терапевтической группой понимают аптечные товары, применяемые при лечении одной нозологии, в нашем случае – аллергического ринита. Разработанный алгоритм мы применили при изучении препаратов терапевтической группы интраназальных глюкокортикостероидов (ИнГкс), представленных на фармацевтическом рынке Липецкой области в исследуемом периоде с 2010

по 2013 годы.

На первом этапе нами рассчитаны стадии жизненных циклов (ЖЦ) препаратов ИнГкс, получены нижеследующие результаты. Препарат Назонекс находится на стадии зрелости, объем продаж стабилен (средний рост 8,85%), но несколько сокращается. Возможно, это связано с тем, что на рынок вышел конкурентный оригинальный препарат Авамис, который находится на стадии роста с увеличивающимся объемом продаж (средний рост 11,2%). Это можно объяснить тем, что препарат Авамис фирма-производитель запустила в конце 2010 года.

Препарат Фликсоназе показывает стабильный сбыт в течение двух лет, однако его доля на рынке значительно падает в 2012 году. Препарат Насобек имеет успешные продажи на рынке и находится на стадии зрелости. Джеренировые препараты, такие как Ринокленил, Назарел, Тафен и Беклометазон, находятся на стадии зрелости и спада, так как их продажи имеют стабильный и сокращающийся рост. Оригинальный, первый препарат из класса ИнГкс, появившийся на рынке нашей страны, Альдецин имеет небольшие объемы продаж, но с рынка пока не уходит.

В результате анализа нами выявлено, что стабильные позиции на фармацевтическом рынке Липецкого региона с 2010 по 2012 гг. занимают три препарата из класса ИнГкс: Назонекс, Авамис и Альдецин, данные препараты имеют положительные тенденции изменения объема продаж.

Данные, полученные в результате анализа по матрице BCG основных препаратов класса ИнГкс на рынке Липецкого региона, подтверждают приоритет Назонекса, Авамиса и Альдецина и представлены на рисунке 2.

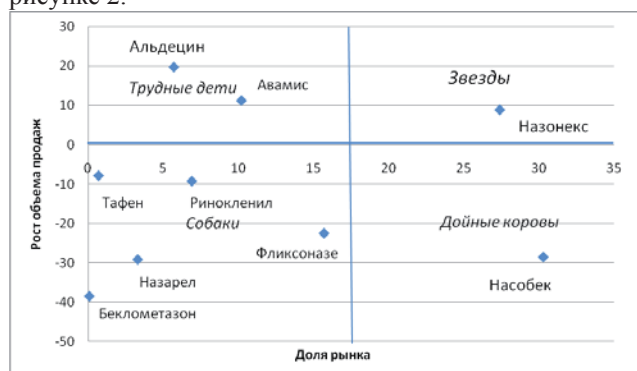


Рис. 2. Матрица BCG «ИнГкс на фармацевтическом рынке Липецкого региона».

Анализ группы ИнГкс по матрице Бостонской консультативной группы показал, что «трудным ребенком» на рынке ИнГкс Липецкого региона являются препараты Авамис и Альдецин, у этих препаратов невысокая рыночная доля при относительно высоком темпе роста объемов продаж. Препарат Авамис находится на начальной стадии роста, требует материальных затрат; определить его рыночную перспективу затруднительно. Основными потребителями «трудных детей» являются покупатели-«новаторы» – законодатели мод, лидеры мнений, по проведенным нами опросам они составляют около 5,5 % потребителей. Маркетинг фармацевтической фирмы на данном этапе направлен на завоевание позиций Авамиса и Альдецина на рынке: укрепление приверженности врачей, провизоров и конечных потребителей через рекламу, увеличение продолжительности этапа устойчивого роста.

Со стороны аптеки требуется постоянная поддержка и формирование спроса на «трудного ребенка», поскольку именно такой товар может вырасти в «звезду». Показатель темпов роста Авамиса – 11,2% и Альдецина – 19,7 % – выше среднерыночных (темп роста среднерыночный = -10,5%) и указывает на то, что данные товары с точки зрения врачей, провизоров и потребителей обладают качествами, необходимыми для эффективного лечения аллергического ринита.

В категорию «звёзды» попал препарат Назонекс. У данного препарата положительный рост объема продаж (8,82%) и высокая рыночная доля (27,4%), «звезда» приносит значительную прибыль. Основными потребителями этой группы являются покупатели-«адепты», их, по данным нашего исследования, на рынке г.Липецка около 30%.

В категорию «дойные коровы» попал препарат Насобек. Этот препарат находится на стадии зрелости, рост объемов продаж незначителен, однако товар имеет максимальную долю в товарных портфелях фирм. С одной стороны, он позволяет генерировать высокую прибыль, а с другой – бесперспективен с долгосрочной точки зрения. Товары-«коровы» активно покупаются,

что и отражает их значительная рыночная доля (рыночная доля Насобека = 30,3%), но темпы роста (темп роста Насобека = -28,52) ниже среднерыночных и указывают на то, что покупатель «устал» от данного товара и доход от продаж этих ЛП будет неуклонно падать. Для поддержания данной категории товаров возможно проведение увещательной или напоминающей рекламы.

Основными потребителями «дойных коров» являются «скептики» или «запоздалое большинство», что, по данным наших исследований, составляет 15%. Избыток «коров» в товарном портфеле аптеки часто приводит к последующему снижению прибыли, хотя и позволяет получить устойчивую прибыль в текущий момент. Несмотря на ценность «дойных коров», они относятся к зоне обязательного регулярного контроля, и по мере уменьшения их рыночной доли и значимости для аптечной организации они должны исключаться из аптечного ассортимента. В течение всего времени нахождения в товарном портфеле эта группа товаров должна усиливаться кросс-продажами (метод продаж, при котором потребителю в дополнение к основным покупкам предлагаются другие товары) и дополнительными продажами. Только при этом условии «коровы» могут выступать в качестве генератора прибыли и клиентского потока.

Большая часть ИнГкс препаратов входит в категорию «собаки» – это такие препараты, как Фликсоназе, Назарел, Беклометазон, Ринокленил, Тафен. Препараты данной категории имеют относительно малую рыночную долю (с тенденцией к сокращению) и характеризуются низкими темпами роста объемов продаж или отсутствием роста как такового. Данные товары бесперспективны и уходят с рынка. Характеризуются этапом ЖЦ «спад» или «провал». Потребителями данной группы препаратов являются покупатели-«консерваторы» (49,5%), на которых достаточно трудно оказать влияние и трансформировать их потребительское поведение.

Маркетинг на данном этапе направлен на управление ценами, придание товару рыночной новизны, поиск новых сфер использования товара и новых рынков, переход к выпуску и продвижению нового и перспективного препарата. Последний ход фармацевтических компаний легко проследить: компания MSD на этапе спада препарата Альдецин вывела на рынок препарат Назонекс; компания GSK вместо препарата Фликсоназе выпустила на рынок новую молекулу – Авамис. В ряде случаев «собаки» приносят некоторую прибыль, однако являются балластом для компании. «Собаки» требуют тратить на их продвижение нерационально много времени и сил, выделения под них удобного места на прилавке в ущерб другим, перспективным товарам. Спасти их невозможно, они, как «черная дыра», поглощают ресурсы аптеки, жизненно необходимые для развития и выживания. Поэтому товарная политика по отношению к этой группе товаров может быть только одна – от «собак» нужно избавляться; перегруженность ассортимента аптеки товарами-«собаками» обычно приводит к снижению доходности аптечного предприятия.

Следующий этап анализа маркетинговых позиций



– распределение препаратов по ролевым значениям в зависимости от торговой наценки, товарооборота и прибыли генерируемой товарной позиции. Препараты группы ИнГКС сгруппированы нами [1] в три класса по методу ролевого анализа ассортимента, получены следующие группы: «генераторы потока», «генераторы наличности», «генераторы имиджа». По результатам наших исследований, «генераторами потока» являются препараты-дженерики Насобек, Бенарин, Ринокленил, Назарел. Они хорошо известны покупателям и имеют стабильный спрос. Поскольку эти товары представлены во всех аптеках, потребитель, как правило, хорошо ориентируется в ценах. Соответственно, наценка на эти товары устанавливается на уровне рынка или чуть ниже среднерыночной. Основная задача «генераторов потока» – формировать поток покупателей в аптеки. Товарооборот по «генераторам потока» высокий и выше среднего. Оригинальные препараты (Авамис и Фликсоназе) и только один дженерик (Тафен) являются «генераторами наличности» и препарат Назонекс – «генератором имиджа». Данные препараты менее известны и имеют более высокую цену, однако позволяют позиционировать аптеку в сознании потребителей как инновационную и реализующую высококачественную фармацевтическую помощь. Следовательно, задача персонала аптечной организации: увеличивать продажи «генераторов наличности» и «генераторов имиджа» до уровня «генераторов потока». Этот процесс возможен при условии взаимодействия врачей, принимающих решение о назначении того или иного препарата, па-

циентов, осознающих необходимость применения для лечения высококачественных препаратов, и аптечных работников, способных формировать необходимый ассортимент.

Полученные результаты представлены в таблице 1. Торговые наценки на препараты зависят от наличия препарата в списке ЖНВЛП и ценовой политики аптечной организации. Аптечным работникам важно понимать, что ценообразование в аптеке оказывает существенное влияние на ролевую категорию товара. Абсолютная величина наценки определяет возможность смены товаром ролевой категории. Так, товар с минимальной наценкой не сможет стать «генератором наличности», а товар с максимальной – «генератором потока».

Результаты пилотного исследования ассортимента ИнГКС и, в частности, его ролевых значений в Липецком регионе можно представить формулой: «Генераторы потока 50% + генераторы наличности 37,5% + генераторы имиджа 12,5%».

Определение маркетинговых позиций товарных групп ассортимента с помощью разработанного нами алгоритма может служить успешным инструментом для текущего анализа и планирования оптимального ассортимента, обеспечения максимальной экономической эффективности аптечных организаций, а также для оптимизации формирования потребительских предпочтений. Предлагаемый алгоритм представляет собой вариант методического обеспечения системы управления знаниями, использующей и максимизирующей человеческий капитал сотрудников аптечной организации.

Таблица 1.

Распределений препаратов ИнГКС по ролевым значениям

Наименование препарата	Торговая наценка, %	Товарооборот тыс. руб.	Прибыль, руб.	Ролевое значение
Назонекс /Мометазонафуроат	12	323	76780	Генератор имиджа
Насобек/Беклометазон	18	6	1944	Генератор потока
Тафенназал/Будесонид	18	140	40659	Генератор наличности
Альдецин/Беклометазон	18	7	2131	Генератор потока
Ринокленил/Беклометазон	18	9	2696	Генератор потока
Авамис/Флутиказонафуроат	24	74	14400	Генератор наличности
Фликсоназе/ Флутиказонапропионат	15	42	5400	Генератор наличности
Назарел/Флутиказонпропионат	17	3	600	Генератор потока

#### Библиографический список

1. Раздорская И.М., Данилова К.В. Исследование регионального рынка интраназальных глюкокортикостероидов. Фармация. 2014. № 4. С. 24-26
2. Петров В.И. Прикладная фармакоэпидемиология: учеб. для вузов. М.: ГЭОТАР – Медиа, 2008. 384 с.
3. Фармацевтический маркетинг / А.Ю. Юданов, Е.А. Вольская, А.А. Ишмухаметов, М.Н. Денисова. М.: Ремедиум, 2008. 601 с.
4. Фармацевтический маркетинг. Принцип, среда, практика: пер. с англ. / М.С. Смит, Е.М. Коласса, Г. Перкинс, Б. Сикер. М.: Литерра, 2005. 392 с.

#### References

1. Razdorskaya I.M., Danilova K.V. Research of the regional market of intranasal glucocorticosteroids. Pharmacy. 2014. № 4. Pp. 24 – 26.
2. Petrov V.I. Applied pharmacoepidemiology: textbook for higher educational establishments. M.: GEOTAR – Media, 2008. 384 p.
3. Pharmaceutical marketing / A.Yu. Yudanov, E.A. Vol'skaya, A.A. Ishmukhametov, M.N. Denisova. M.: Remedium, 2008. 601 p.
4. Pharmaceutical marketing. Principle, environment, practice: translated from English / M.S. Smith, E.M. Kolassa, G. Perkins, B. Siker. M.: Literra, 2005. 392 p.

УДК 616.9-084:362.156

UDC 616.9-084:362.156

**С.Д. ЕГОРИЧЕВА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей гигиены, Смоленский государственный медицинский университет

E-mail: gigien@smolgm.ru

**S.D. EGORICHEVA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of General Hygiene, Smolensk State Medical University

E-mail: gigien@smolgm.ru

## ПРОФИЛАКТИКА ИНФЕКЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОКАЗАНИЕМ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В РОДОВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ (ОБЗОР)

### PREVENTION OF HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS IN OBSTETRICS INSTITUTIONS (REVIEW)

*Представлен обзор отечественной и зарубежной литературы, посвященной вопросам этиологии и эпидемиологии инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в родовспомогательных учреждениях. Подробно рассмотрены основные направления и санитарно-гигиенические мероприятия по профилактике внутрибольничных инфекций в акушерских стационарах.*

*Ключевые слова:* инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, профилактика, родовспомогательные учреждения, новорожденные, гнойно-септические инфекции.

*The articles presents a review of national and foreign published data on etiology and epidemiology of healthcare associated infection in obstetrics institutions. The major directions and sanitary measures for prevention of nosocomial infections in obstetrics hospitals are described in detail.*

*Keywords:* healthcare associated infections, prevention, maternity home, newborns, purelent-septic infections.

В настоящее время, несмотря на прогресс в области инфекционного контроля, появление и внедрение в клиническую практику новых антимикробных препаратов, более быстрых и совершенных методов диагностики, повышение общего уровня ухода за больными, проблема профилактики и контроля инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП) сохраняет свою актуальность как в нашей стране, так и за рубежом [8, 9, 21, 28]. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи – это термин, для обозначения группы инфекций, в котором отображается современное представление о внутрибольничных инфекциях в соответствии с международными подходами. Данная группа заболеваний включает инфекции, возникшие в результате оказания медицинской помощи пациентам: в период госпитализации; в амбулаторно-поликлинических условиях; в других организациях, осуществляющих медицинскую деятельность. Общим критерием для отнесения инфекций к ИСМП служит то, что их возникновение связано с оказанием медицинской помощи (лечение, диагностика, профилактика и т.п.) [15].

По данным ряда ведущих эпидемиологов ежегодно в России ИСМП развиваются у 7-8% госпитализированных пациентов, что составляет около 25-30 тыс. случаев инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в то же время данные выборочных исследований свидетельствуют о том, что их реальное количество в 30-50 раз больше, т.е. учету подлежит всего 1-4 % случаев заболеваемости [9, 22]. Развитие этой группы инфекций увеличивает продолжительность пребывания пациентов в стационаре в среднем на 8-10 дней, что влечет за собой существенные экономические потери, которые могут достигать по некоторым подсчетам 10-15 млрд. руб. в год, а также возрастает риск летального исхода в 5-7 раз [6].

Наибольшее число ИСМП в РФ ежегодно регистрируется в родовспомогательных учреждениях и составляет 33,4 % от всех случаев данной группы инфекций. По-прежнему риск инфицирования госпитальными штаммами микроорганизмов остается высоким в отделениях новорожденных и недоношенных детей, отделениях реанимации и интенсивной терапии. В родовспомогательных учреждениях РФ, согласно официальной статистике, частота ИСМП у новорожденных составляет 16,7%, а среди родильниц эта группа инфекций достигает 13,7%. Известно, что истинная заболеваемость ИСМП в учреждениях родовспоможения в несколько раз превышает официально зарегистрированную [13]. Причины неполного учета заболеваемости ИСМП новорожденных и родильниц заключаются в том, что в нашей стране до настоящего времени не разработаны стандартные критерии определения подобной группы инфекций, нередки случаи сокрытия случаев заболеваемости.

Что касается этиологии ИСМП, то, начиная с 1990 г., удельный вес стафилококков в этиологической структуре заболеваемости новорожденных начал увеличиваться [3, 13]. При этом сохраняется высокий процент заболеваний (42,5%), вызванных внутрибольничными штаммами *St. Aureus* [1]. Согласно данным отдельных авторов в настоящее время среди новорожденных возрастает число инфекций, вызванных коагулозонегативными стафилококками, доля которых составляет 30 % от общего числа возбудителей [13, 17]. Существенно изменилась и чувствительность к антибиотикам стафилококков, вызывающих данные инфекции [17, 24]. В то же время групповые случаи и вспышки ИСМП как правило обусловлены грамотрицательными бактериями (*E. coli*, *Enterococcus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella* spp., *Proteus* spp.), доля которых в структуре

ГСИ составляет не более 25% [1, 12, 23, 26]. По мере увеличения длительности пребывания в стационаре возрастает число детей с инфекциями, обусловленными дрожжеподобными грибами рода *Candida*, с 35,9 % (с момента госпитализации) до 61,0% [4].

Основными нозологическими формами ГСИ новорожденных являются пиодермии (37,8%), конъюнктивиты (29,2%), омфалиты (9,8%) [1, 6]. Удельный вес системных инфекций в среднем составляет 4,9%. В число прочих инфекций входят внутрибольничные пневмонии и ОРЗ, доля которых составляет около 10,4% [1, 5]. Кроме того, по результатам исследований установлено, что до 2/3 случаев внутриутробных инфекций следует отнести к ИСМП.

В структуре послеродовой заболеваемости у родильниц наиболее часто встречаются воспалительные заболевания молочных желез, нагноения послеоперационной раны, послеродовый эндометрит [11].

По мнению ряда исследователей [5, 14], к группам риска развития ИСМП среди новорожденных относятся: недоношенные; перенесенные; дети от матерей, имеющих острые и хронические соматические и инфекционные заболевания, а также от матерей, перенесших во время беременности острые инфекции; родившиеся путем операции кесарева сечения; с врожденными аномалиями развития; с родовой травмой; с синдромом дыхательных расстройств; перенесшие хроническую внутриутробную гипоксию или асфиксию в родах. Также необходимо учитывать незрелость иммунной системы новорожденных и детей раннего возраста в целом, что делает их особенно восприимчивыми к инфекциям, особенно вызванным полирезистентными внутрибольничными штаммами микроорганизмов.

Факторами риска развития ИСМП в акушерских стационарах являются инвазивные лечебно-диагностические вмешательства (инъекции, трансфузии, катетеризация сосудов и мочевыводящих путей, забор крови, пункции, искусственная вентиляция легких, и т.д.). Кроме того, в настоящее время значительный вклад вносит широкое, подчас бесконтрольное применение антибиотиков. Не всегда продуманная тактика применения антибиотиков и химиопрепаратов для лечения и профилактики инфекций способствует появлению резистентных микроорганизмов, обладающих селективными преимуществами, высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды (ультрафиолетовое облучение, высушивание, действие дезинфицирующих препаратов). Отсутствие микробиологического мониторинга приводит к поздней диагностике инфекций, неадекватной антимикробной терапии, недооценке эпидемиологической ситуации в отделении. [2, 16, 19].

Одним из важных факторов, способствующих возникновению ИСМП, является несоблюдение и нарушение правил гигиены рук медицинским персоналом. Вопросы гигиены рук в лечебных учреждениях в настоящее время широко обсуждаются в зарубежной и, в меньшей степени, отечественной литературе [7, 20, 25, 27]. Многочисленными исследованиями доказано, что улучшение практики гигиены рук медицинским пер-

соналом коррелирует со снижением частоты ИСМП. Несмотря на это, уровень соблюдения гигиены рук (мытьё рук до и после контакта с пациентами) в детских и родовспомогательных учреждениях остается крайне низким (в среднем 25,6%) [7]. В то же время гигиена рук (мытьё и дезинфекция, использование перчаток) медицинского персонала является самым простым, но в то же время наиболее важным мероприятием, позволяющим предотвратить возникновение и распространение ИСМП.

Больничная среда также оказывает существенное влияние на скорость распространения ИСМП. Ухудшение эпидемиологической обстановки в родовспомогательных учреждениях может быть связано с двумя группами факторов. Одни факторы имеют отношение к санитарно-техническому состоянию стационара, другие – к организации работы медицинского персонала с роженицами, родильницами и новорожденными.

К первой группе гигиенических факторов, способствующих развитию ВБИ в родовспомогательных учреждениях, относятся: низкое материально-техническое оснащение оборудованием, инструментарием, перевязочным материалом, недостаточный набор и площади помещений; перекрест технологических потоков, особенно в период переполненности стационара, нарушения в работе приточно-вытяжной вентиляции, аварийные ситуации в водопроводной и канализационной системах, современных дезинфицирующих средств. Неудовлетворительное состояние подвальных помещений (нарушение гидроизоляции, поражение патогенными грибами и пр.) создает благоприятные условия для колонизации больничных помещений патогенной и условно-патогенной флорой. [2, 25].

Вторая группа факторов включает: переполненность стационара и возникающий при этом дефицит врачей и среднего медперсонала; нарушение цикличности заполнения палат; несвоевременный перевод новорожденных в соответствующие лечебные учреждения, поздняя выписка родильниц и новорожденных [2, 7, 11].

Особенностью последних лет является прекращение обследования на носительство золотистого стафилококка и санации носителей среди медицинского персонала. Как оказалось, это не сказалось отрицательно на эпидемиологической обстановке и позволило предотвратить немалый экономический ущерб. Обследование медицинского персонала на носительство данного возбудителя и санацию носителей стали считать оправданными лишь в особо сложной эпидемиологической обстановке. Было выявлено, что широкомасштабная неоднократная санация – мера не только неэффективная, но и вредная, приводящая к нарушению нормального биоценоза слизистых оболочек носа, к ускорению темпов эволюции возбудителей, а также колонизации слизистой носа другими патогенными возбудителями. В зарубежных странах обследование на носительство стафилококка и стрептококка отменено еще в середине прошлого века [11].

В целом, для повышения эффективности мероприятий в области контроля ИСМП, по мнению ряда ведущих

эпидемиологов – необходимо внедрить в клиническую практику следующее: чёткое выделение целей программ в области инфекционного контроля и определение на этой основе приоритетных задач; официальное признание этих задач в качестве стратегических для родовспомогательных учреждений; вовлечение медицинского персонала в работу по улучшению качества оказания медицинской помощи на основе комплексного подхода с учётом достоверных эпидемиологических данных по стационару; обеспечение общей ответственности руководства родовспомогательных учреждений и практических врачей за улучшение качества оказания медицинской помощи; проведение независимого анализа экономических последствий неадекватного назначения антибиотиков; ограничение числа инвазивных диагностических процедур, максимальное сокращение сроков пребывания пациентов в стационаре [2, 25].

Кроме этого, необходимо более широкое внедрение организации работы роддомов по принципу «мать-дитя» (это позволяет добиться снижения заболеваемости новорожденных и матерей в 1,5-2 раза); ранняя выписка родильниц и новорожденных; наряду с традиционным патронажем новорожденных, необходимо отлаженно организовать патронаж родильниц со стороны женской консультации с своевременным выявлением послеродовых осложнений; в связи с ростом инфекционной и соматической патологии новорожденных и снижением рождаемости является оправданной организация в каждом родильном доме отделения дневного пребывания беременных для целенаправленной профилактики инфекционной заболеваемости, снижения послеродовой и неонатальной инфекционной и соматической заболеваемости [10, 11, 19, 21].

Так как больничная среда оказывает существенное влияние на степень распространения ИСМП, то существует необходимость создания особых гигиенических требований к архитектурно-планировочным решениям, микроклиматическим условиям, освещению, водоснабжению, вентиляции, организации питания, уборке

помещений, удалению медицинских отходов, личной гигиене пациентов и медицинских работников.

При рассмотрении проектов родовспомогательных учреждений необходимо обращать внимание, прежде всего, на соблюдение поточности больных и здоровых лиц, пациентов и персонала, «чистых» и «грязных» технологических потоков, обеспеченность необходимым количеством транспортных лифтов; оценивать рациональность размещения помещений по степени «чистоты» и функциональному назначению, наличие шлюзов, отделяющих блоки помещений с разной степенью «чистоты»; достаточность вспомогательных и бытовых помещений, правильность устройства вентиляционной системы учреждения [2, 18]. Микробиологический мониторинг в отделениях реанимации и интенсивной терапии новорожденных в системе эпидемиологического надзора за ИСМП является одним из ведущих методов оценки этиологии госпитальных инфекций в родовспомогательных учреждениях, что позволяет выявлять и контролировать этиологическую структуру инфекций новорожденных, вовремя корректировать антибактериальную терапию и контролировать таким образом антибиотикорезистентность. Кроме того, это дает возможность проводить динамическую оценку эпидемиологической ситуации в отделении и своевременно вмешиваться в эпидемический процесс с целью коррекции противоэпидемических мероприятий, а также осуществлять на основе ретроспективного анализа разработку и корректировку комплекса профилактических мероприятий, оценивать их эффективность [11].

Таким образом, реализация программ инфекционного контроля и мероприятий, направленных на предотвращение появления и распространения госпитальных штаммов микроорганизмов в родовспомогательных учреждениях, в дополнение к санитарно-гигиеническим мерам, которые должны стать частью рутинной практики, позволят снизить частоту ИСМП и таким образом улучшить качество оказания медицинской помощи.

#### Библиографический список

1. Благоданова А.С., Шкаринов В.В., Алексеева И.Г. и др. Проблема обеспечения безопасности новорожденных и родильниц в учреждениях Нижнего Новгорода и Нижегородской области // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2010. № 5. С.9-14.
2. Венцел Р.П. (ред). Внутрибольничные инфекции. М.: Медицина, 2004.
3. Медведова В.В., Богданова О.Ю. Заболевания новорожденных и родильниц за 10 лет с 2000-по 2010 гг., вызванные бактериями рода Стафилококк, вида St. Neamolyticus в г. Мончегорске Мурманской области // ЗНИСО. 2011. № 9. С. 8-13.
4. Баранов А.Л., Корняков А.С. Эпидемиологический надзор за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в отделениях патологии новорожденных на основе нового подхода к организации микробиологического мониторинга // ЗНИСО. 2015. № 2. С. 42-44.
5. Сергеев В.И., Гусманов П.С., Хохряков Р.В. и др. Стандартное эпидемиологическое определение случая и факторы риска внутрибольничной пневмонии доношенных и недоношенных новорожденных // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2012. № 2. С. 4-8.
6. Маркович Н.И., Сергеев В.И., Шарфутдинов Р.Р. Экономический ущерб от ведущих внутрибольничных гнойно-септических инфекций новорожденных и родильниц // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2010. № 4. С. 4-8.
7. Кузин А.А. Обоснование санитарно-гигиенических мероприятий в системе профилактики госпитальных гнойно-септических инфекций // Гигиена и санитария. 2011. № 1. С.42-44.
8. Покровский В.И., Акимкин В.Г., Брико Н.И. Внутрибольничные инфекции: новые горизонты профилактики // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2011. № 1. С. 4-7.
9. Акимкин В.Г. Перспективные направления научных исследований в области неспецифической профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи // ЗНИСО. 2014. № 6. С. 23-27.
10. Сергеев В.И., Зуева Н.Г., Маркович Н.И., Варейка Т.А. Роль совместного пребывания новорожденного и родильницы в послеродовой палате акушерского стационара в формировании кожного микробиоценоза ребенка и профилактике гнойно-септических инфекций // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010. № 2 (51). С. 51-54.
11. Ковалева Е.П., Заргарьянц А.И. Принципы борьбы с внутрибольничными инфекциями и их профилактики в родовспомогательных учреждениях (Предложения к проекту новых санитарно-эпидемиологических правил) // Эпидемиология и вакцинопрофилактика.



тика. 2010. № 2 (51). С. 46-50.

12. Маркович Н.И., Сарометов Е.В. Вспышка синегнойной инфекции среди новорожденных в отделении реанимации и интенсивной терапии // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010. № 3 (52). С. 5-10.

13. Сергеев В.И., Маркович Н.И., Зуева Н.Г. Гнойно-септические инфекции новорожденных и родильниц: современные эпидемиологические особенности, пути оптимизации эпидемиологического надзора и контроля // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2011. № 3. С. 32-35.

14. Самодова О.В., Назаренко С.Ю., Петрова Е.Г., Титова Л.В. Внутрибольничные инфекции в многопрофильной детской больнице: превалентность, структура, факторы риска // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010. № 3 (52). С. 18-22.

15. Покровский В.И., Акимкин В.Г., Брико Н.И. и др. Основы современной классификации инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2011. № 6 (61). С. 55-61.

16. Любимова А.В., Зуева Л.П., Пули А.М., Сатосова Н.В. Микробиологический мониторинг в отделениях реанимации новорожденных // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2011. № 5 (60). С. 25-29.

17. Любасовская Л.А., Корниенко М.А., Припутневич Т.В. Микробиологическая и молекулярно-генетическая характеристика коагулазонегативных стафилококков, выделенных у новорожденных отделения реанимации и интенсивной терапии // Антибиотики и химиотерапия. 2013. Т.58. № 3-4. С.25-32.

18. Любимова А.В., Техова И.Г., Осмирко Т.В., Шалыпина Н.А. Эпидемиологический надзор за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи, в учреждениях родовспоможения // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2014. № 1 (74). С. 10.

19. Любимова А.В., Зуева Л.П., Пулин А.М., Александрович Ю.С. Основные компоненты инфекционного контроля в отделении реанимации и интенсивной терапии новорожденных // Эфферентная терапия. 2010. №3. С. 91 – 97.

20. Техова И.Г., Любимова А.В., Васильев К.Д. Обоснование необходимости переработки руководства по гигиене рук в России // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. № 1 (74). 2014. С. 25.

21. Rosenthal V.D., Lynch P., Jarvis W.R., Khader I.A., Richtmann R., Jaballah N.B. et al. International Nosocomial Infection Control Consortium members. Socioeconomic impact on device-associated infections in limited-resource neonatal intensive care units: findings of the INICC. Infection. 2011. V. 39(5). Pp. 439-450.

22. Rosenthal V.D., Jarvis W.R., Jamulitrat S., Silva C.P., Ramachandran B., Dueñas L. et al. International Nosocomial Infection Control Members. Socioeconomic impact on device-associated infections in pediatric intensive care units of 16 limited-resource countries: international Nosocomial Infection Control Consortium findings. Pediatr. Crit. Care Med. 2012. V. 13(4). Pp. 399-406.

23. Gabriel L. A. Beriot-Mathiot Hospitalization stay and costs attributable to Clostridium difficile infection: a critical review // Journal of Hospital Infection. 2014. V. 88, I. Pp. 12-21.

24. Lee H., Kim E., Choi C. et al. Outbreak among healthy newborns due to a new variant of USA300-related meticillin-resistant Staphylococcus aureus // Journal of Hospital Infection. 2014. V. 87, I. 3. Pp. 145-151.

25. Wolkewitz M., Barnett A.G. Palomar Martinez M. Interventions to control nosocomial infections: study designs and statistical issues // Journal of Hospital Infection. 2014. V. 86, I. 2. Pp. 77-82.

26. Walker J., Jhutti A., Parks S. et al. Investigation of healthcare-acquired infections associated with Pseudomonas aeruginosa biofilms in taps in neonatal units in Northern Ireland // Journal of Hospital Infection. 2013. V 86, I. 2. Pp. 16-23.

27. Higgins A., Hannan M.M. Improved hand hygiene technique and compliance in healthcare workers using gaming technology // Journal of Hospital Infection. 2013. V. 84, I. 2. Pp. 32-37.

28. Gray J., Oman N. Nosocomial infections in neonatal intensive care units in developed and developing countries: how can we narrow the gap? // Journal of Hospital Infection. 2013. V. 83, I. 3. Pp. 183-195.

#### Reference

1. Blagonravova A.S., Shkarin V.V., Alekseeva I.G. et al. The safety problem for neonates and puerperas in the facilities of nizhni Novgorod and its region // Epidemiology and infectious diseases. 2010. №5. Pp. 9-14.

2. Venzel R.P. (ed.). Nosocomial Infection. M.: Medicine, 2004.

3. Medvedeva V.V., Bogdanova O.U. Diseases of newly-born children and puerperant, during 10 years, from 2000 till 2010, caused by bacteroides staphylococcus, St. Heamolilyticus in Moncherorsk Murmansk region. // Health of the Population and the Environment. 2011. № 9. Pp. 8-13.

4. Barinov A.L., Kornachyov A.S. Epidemiological surveillance of healthcare associated infections in neonatal pathology units. Based on a new approach in microbiological monitoring organization // Health of the Population and the Environment. 2015. №2. Pp. 42-44.

5. Sergevnin V.I., Gusmanova P.S., Khokhryakov R.V. et al. Standart epidemiological case definition and risk factors of nosocomial pneumonia term and preterm infants // Epidemiology and infectious diseases. 2012. №2. Pp. 4-8.

6. Markovich N.I., Sergevnin V.I., Sharafutdinova R.R. Economic damage caused by major nosomial pyoseptic infections in newborn babies and puerperas // Epidemiology and infectious diseases. 2010. №4. Pp. 26-29.

7. Kuzin A.A. Rationale for sanitary and hygienic measures to prevent nosocomial pyoseptic infections // Hygiene and Sanitation. 2011. № 1. Pp. 42-44.

8. Pokrovsky V.I., Akimkin V.G., Briko N.I. et al. Nosocomial infection: new vistas in their prevention // Epidemiology and infectious diseases. 2011. №1. Pp. 4-7.

9. Akimkin V.G. Promising research directions in the field of nonspecific prevetion of infections associated with medical care // Health of the Population and the Environment. 2014. №6. Pp. 23-27.

10. Sergevnin V.I., Zueva N.G., Markovich N.I., Vareckaya T.A. The Role of the Rooming-in Postnatal Ward in the Obstetrics Hospital to the Formation of Skin Microbiocenose Child and Prevention of Purulent-septic Infections // Epidemiology and Vaccination. 2010. №2 (51). Pp. 51-54.

11. Kovaleva E.P., Zargarjanc A.I. Principles of Control and Prevention of Nosocomial Infections in Maternity Homes (Proposals to draft new sanitary and epidemiological rules) Infections // Epidemiology and Vaccination. 2010. №2 (51). Pp. 46-50.

12. Markovich N.I., Sergevnin V.I., Sarmometov E.V. Outbreak of Infection Caused by Pseudomonas Aeruginosa in Intensive Care Department for Newborns // Epidemiology and Vaccination. 2010. №3 (52). Pp. 5-10.

13. Sergevnin V.I., Markovich N.I., Zueva N.G. Purulent-septic infection of newborn and postpartum: modern epidemiological features, ways to optimize the epidemiological surveillance and control // Epidemiology and infectious diseases. Current items. 2011. №3. Pp. 32-35.

14. Samodova O.V., Nazarenko S.Y., Petrova E.G., Titova Nosocomial L.V. Infections in a Multifield Children's Hospital: Prevalence, Structure, Risk Factors // Epidemiology and Vaccination. 2010. №3 (52). Pp. 18-22.

15. Pokrovsky V.I., Akimkin V.G., Briko N.I. et al. Bases of Modern Classification of the Healthcare-Associated Infections // Epidemiology and Vaccination. 2011. №6 (61). Pp. 55-61.

16. Lyubimova A.V., Zueva L.P., Pulin A.M., Satosova N.V. Microbiological Monitoring in Neonatal Intensive Care Init. // Epidemiology and Vaccination. 2011. №5 (60). Pp. 25-29.

17. Lubasovskaya L.A., Kornienko M.A., Priputnevich T.V. Microbiological and Molecular Genetic Characteristics of Coagulase-Negative Staphylococcus Isolates from Neonates in Intensive Care Unit // Antibiotics and Chemotherapy. 2013. Т.58. № 3-4. Pp. 25-32.

18. Lyubimova A.V., Tekhova I.G., Osmirko T.V., Schalyapina N.A. Healthcare-Associated Infections Surveillance in Maternity Homes // Epidemiology and Vaccination. 2014. №1 (74). Pp. 10.

19. Lyubimova A.V., Zueva L.P., Pulin A.M., Alexandrovich Yu.S. The main components of infection control in the Department of resuscitation and intensive care of newborns. Efferent therapy. 2010. № 3. Pp. 91 – 97.
  20. Tekhova I.G., Lyubimova A.V., Vasiliev K.D. Rationale of Development of New Guidelines of Hand Hygiene in Russia // Epidemiology and Vaccination. 2014. №1 (74). P. 25.
  21. Rosenthal V.D., Lynch P., Jarvis W.R., Khader I.A., Richtmann R., Jaballah N.B. et al. International Nosocomial Infection Control Consortium members. Socioeconomic impact on device-associated infections in limited-resource neonatal intensive care units: findings of the INICC. Infection 2011. V. 39(5). Pp. 439–450.
  22. Rosenthal V.D., Jarvis W.R., Jamulitrat S., Silva C.P., Ramachandran B., Dueñas L. et al. International Nosocomial Infection Control Members. Socioeconomic impact on device-associated infections in pediatric intensive care units of 16 limited-resource countries: international Nosocomial Infection Control Consortium findings. Pediatr. Crit. Care Med. 2012. V. 13(4). Pp. 399–406.
  23. Gabriel L. A. Beriot-Mathiot Hospitalization stay and costs attributable to Clostridium difficile infection: a critical review // Journal of Hospital Infection. 2014. V 88, I. Pp. 12-21.
  24. Lee H., Kim E., Choi C. et al. Outbreak among healthy newborns due to a new variant of USA300-related meticillin-resistant Staphylococcus aureus // Journal of Hospital Infection. 2014. V 87, I. 3. Pp. 145-151.
  25. Wolkewitz M., Barnett A.G. Palomar Martinez M. Interventions to control nosocomial infections: study designs and statistical issues // Journal of Hospital Infection. 2014. V 86, I. 2. Pp. 77-82.
  26. Walker J., Jhutti A., Parks S. et al. Investigation of healthcare-acquired infections associated with Pseudomonas aeruginosa biofilms in taps in neonatal units in Northern Ireland // Journal of Hospital Infection. 2013. V 86, I. 2. Pp. 16-23.
  27. Higgins A., Hannanb M.M. Improved hand hygiene technique and compliance in healthcare workers using gaming technology // Journal of Hospital Infection. 2013. V 84, I. 2. Pp. 32-37.
  28. Gray J., Oman N. Nosocomial infections in neonatal intensive care units in developed and developing countries: how can we narrow the gap? // Journal of Hospital Infection. 2013. V 83, I. 3. Pp. 183-195.
- 
-

УДК 159.923.33

UDC 159.923.33

**Н.Г. ЖАРКИХ**

кандидат психологических наук, доцент, кафедра социальной психологии и акмеологии, Орловский государственный университет

E-mail: natalya\_zharkih@list.ru

**N.G. ZHARKIH**

Candidate of psychological sciences, Associate Professor, Department of social psychology and acmeology, Orel State University

E-mail: natalya\_zharkih@list.ru

## ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

### EMOTIONAL BURNOUT OF MEDICAL TEACHERS

*В статье представлено эмпирическое исследование специфики эмоционального выгорания преподавателей медицинского вуза с разным стажем профессиональной деятельности.*

*Ключевые слова:* эмоциональное выгорание, преподаватели, стаж профессиональной деятельности.

*The article presents an empirical study of the specifics of burnout of Medical teachers with different experience of professional activity.*

*Keywords:* emotional burnout, teachers, experience of professional activity.

Актуальность исследования определяется современной социально-экономической ситуацией в стране, которая характеризуется возникновением условий, порождающих широкий спектр стрессовых ситуаций. Поэтому в настоящее время отмечается стремительный рост людей с выраженным эмоциональным выгоранием. Эмоциональное выгорание имеет целый ряд негативных последствий, которые проявляются в социальных, семейных отношениях, а также в рабочих конфликтах или деструктивном напряжении при общении с коллегами, деловыми партнерами, клиентами и т.д. «Выгоревшие» работники прибегают к неконструктивным или неэффективным моделям поведения, чем усугубляют собственное переживание дистресса и повышают напряженность вокруг себя, что сказывается на снижении качества работы и коммуникации [1].

Известно, что преподаватель в своей деятельности сталкивается с большим многообразием проблем, связанных со сверхурочной работой, наличием неприятных обязанностей, чрезмерной нагрузкой, несправедливостью в оплате труда, а также повышенной ответственностью [2]. С увеличением профессионального стажа спектр проблем преподавателя, как правило, становится еще более разнообразным. Постоянное увеличение трудностей способствует нарастанию напряжения и становится источником эмоционального выгорания. Исходя из этого цель нашего исследования – изучить эмоциональное выгорание преподавателей медицинского вуза с разным стажем профессиональной деятельности.

В исследовании приняли участие 50 преподавателей медицинского института Орловского государственного университета: 25 преподавателей со стажем деятельности 1-3 года и 25 преподавателей со стажем деятельности 20-25 лет.

Были использованы следующие методики: методика диагностики эмоционального выгорания (В.В. Бойко); методика диагностики профессионального выгорания (МБИ) (К. Маслач и С. Джексон). Статистическая значимость полученных различий устанавливалась при помощи расчета U-критерия Манна-Уитни.

Для определения степени выраженности эмоционального выгорания была проведена методика диагностики эмоционального выгорания В.В. Бойко. В результате исследования удалось получить данные о степени выраженности симптомов и фаз эмоционального выгорания.

Так, среди испытуемых со стажем деятельности 1-3 года эмоциональное выгорание оказалось наиболее выражено на фазе резистенции (45,4). Для данной фазы характерно стремление профессионала восстановить психологический комфорт, уменьшая влияние внешних обстоятельств с помощью имеющихся в его распоряжении средств. Другими словами, человек ищет любые пути выхода из стрессовой ситуации. Преобладающими симптомами у испытуемых данной выборки оказались: неадекватное избирательное эмоциональное реагирование (12,9) и редукция профессиональных обязанностей (12,8), которые проявляются в ограничении эмоциональной отдачи за счет выборочного реагирования в ходе рабочих контактов, а также в попытках облегчить или сократить обязанности, которые требуют эмоциональных затрат.

Менее выраженной у преподавателей со стажем деятельности 1-3 года оказалась фаза истощения (37,6), которая характеризуется падением общего энергетического тонуса и ослаблением нервной системы. Среди сложившихся симптомов эмоционального выгорания, диагностируемых у преподавателей на фазе истощения, можно отметить эмоциональный дефицит (10,5). Данный симптом проявляется в ощущениях невозможности эмоционально помогать субъектам своей деятельности. Предполагаем, что преподавателю кажется, что он не в состоянии войти в их положение, соучаствовать и сопереживать, отзываться на ситуации, которые должны трогать, усиливать интеллектуальную, волевую и нравственную отдачу.

Фаза напряжения является наименее выраженной у испытуемых со стажем деятельности 1-3 года. Данная фаза проявляется в возникновении и дальнейшем нарастании тревоги и депрессии. Доминирующими симптомами на фазе напряжения являются переживание психотрав-

мирующих ситуаций (11,2), тревога и депрессия (10,1), которые проявляются в усилении осознания психотравмирующих факторов профессиональной деятельности, которые трудно или вовсе не устранимы. Постепенно растёт и накапливается отчаяние и негодование.

Таким образом, можно отметить, что, несмотря на малый стаж профессиональной деятельности, у преподавателей имеется эмоциональное выгорание на стадиях резистенции и истощения, которые проявляются в падении энергетического тонуса, эмоциональном дефиците и упрощении профессиональной деятельности. По нашему мнению, причиной возникновения эмоционального выгорания служит неуверенность в своих профессиональных умениях, отсутствие опыта работы, затрудненная адаптация к новым условиям труда. Молодые преподаватели, поступая на место своей работы, испытывают неуверенность в своих знаниях. Если данная проблема не находит своего разрешения в деятельности преподавателя и личность сталкивается с большим объемом непреодолимых проблем, неуверенность личности усиливается и возникает нарастание тревоги, что может приводить к постепенному формированию эмоционального выгорания.

Сходные данные были получены на выборке респондентов со стажем деятельности 20-25 лет. Также наиболее выраженной оказалась фаза *резистенции* (53,2). Симптомы, доминирующие на этой фазе: неадекватное избирательное эмоциональное реагирование (15,1) и *редукция профессиональных обязанностей* (14,3). Менее сформированной оказалась фаза истощения (40,3), связанная с ощущением эмоционального дефицита (11,2), а также психосоматического и психовегетативного дискомфорта (11,2). Фаза *напряжения* (36,5) является наименее выраженной среди испытуемых данной выборки. Доминирующим симптомом является переживание психотравмирующих ситуаций (14,1), которое может служить источником тревожных и депрессивных состояний.

Итак, у преподавателей со стажем деятельности 20-25 лет преобладает эмоциональное выгорание в фазах резистенции и истощения, выражающихся в попытках облегчить или сократить обязанности, требующие эмоциональных затрат, неадекватном распределении эмоций и личностной отстраненности от субъектов деятельности. Данные переживания могут приводить к нарушениям взаимоотношений в системе «преподаватель-студент», проявляющихся в субъективной оценке знаний, деструктивном преподнесении нового учебного материала. Также стресс, переживаемый преподавателем, может стать источником психосоматических заболеваний. Эмоциональное выгорание у преподавателей с большим стажем деятельности может быть вызвано разными причинами, среди которых: необходимость выполнять новые или совершенно незнакомые задания, недостаточная поддержка со стороны руководства, необходимость пользоваться плохим или неподходящим для работы

оборудованием, несправедливость в оплате труда, а также отсутствие или недостаток времени для удовлетворения личных нужд.

Для определения выраженности различных сторон эмоционального выгорания также была проведена методика диагностики профессионального выгорания (MBI) К. Маслач и С. Джексона.

Среди преподавателей со стажем деятельности 1-3 года наиболее выраженным проявлением эмоционального выгорания оказалась *редукция личных достижений* (30,3), которая проявляется в отрицательном оценивании себя, своих профессиональных достижений и успехов. Затем по степени выраженности можно отметить наличие у испытуемых *эмоционального истощения* (19,0), которое характеризуется снижением эмоционального фона, равнодушием к субъектам деятельности и эмоциональным пресыщением. *Деперсонализация* (6,7) или личностная отстраненность, по данным исследования, оказалась выражена в наименьшей степени. Данная сторона эмоционального выгорания проявляется в широком диапазоне умонастроений и поступков преподавателя в процессе общения. Прежде всего, отмечается полная или частичная утрата интереса к субъекту профессионального действия. Он воспринимается как неодушевленный предмет. Объект тяготит своими проблемами, потребностями, неприятно его присутствие, сам факт его существования.

Аналогичные результаты были получены на преподавателях со стажем деятельности 20-25 лет. Наиболее выраженной стороной эмоционального выгорания у респондентов данной выборки оказалась *редукция личных достижений* (29,0), которая также проявляется в упрощении деятельности, в стремлении избежать дополнительной нагрузки. Менее выраженным является *эмоциональное истощение* (25,2), которое подразумевает утрату интереса к окружающим, а также может проявляться в агрессивных реакциях, вспышках гнева, появлении симптомов депрессии. Наименьшей степенью выраженности обладает *деперсонализация* (7,2), проявляющаяся в повышении зависимости от других или, напротив, в негативизме, циничности установок и чувств по отношению к ученикам.

При помощи U-критерия Манна-Уитни были выявлены статистически значимые различия выраженности эмоционального выгорания у преподавателей с разным стажем профессиональной деятельности. Так, у преподавателей со стажем деятельности 20-25 лет наиболее интенсивно выражено эмоциональное истощение по сравнению с их коллегами, имеющими маленький стаж профессиональной деятельности. Причиной такого различия, по нашему мнению, является многообразие трудностей, с которыми успели столкнуться преподаватели с большим стажем деятельности, в то время как респонденты с маленьким стажем на начальных этапах деятельности не до конца осознают весь спектр проблем, с которыми им еще только предстоит столкнуться.

#### Библиографический список (References)

1. *Vodopiyanova N.E., Starchenkova E.S.* Burnout syndrome: diagnosis and prevention. SPb.: Peter, 2008.
2. *Ledovskikh I.A., Panova T.V.* Emotional burnout of school teachers and university professors // Theory and Practice of Community Development. Penza State University. 2015. № 3.



УДК 612.416 (616-7)

UDC 612.416 (616-7)

**А.В. КОВАЛЕВ**

младший научный сотрудник, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленская государственная медицинская академия  
E-mail: alcoon@mail.ru

**А.В. БОРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, директор, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленский государственный медицинский университет  
E-mail: bor55@yandex.ru

**A.V. KOVALEV**

Junior Scientific Researcher, Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive Technologies" Smolensk State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia.  
E-mail: drkovalev@outlook.com

**A.V. BORSUKOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive Technologies", Smolensk State Medical University  
E-mail: bor55@yandex.ru

## ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МЕТОДИКИ ЭЛАСТОГРАФИИ СДВИГОВЫХ ВОЛН СЕЛЕЗЕНКИ В МНОГОПРОФИЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ

### FEATURES OF IMPROVED METHODOLOGIES OF ELASTOGRAPHY OF SHEAR WAVES SPLEEN IN MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL

*Проведено исследование 32 пациентов по усовершенствованию методики эластографии сдвиговых волн, из них 4 пациента с заболеваниями систем крови, инфекционных больных – 12, больных гастроэнтерологического отделения – 14 и пациентов с кардиологическими заболеваниями – 2, с первичными результатами показателей жесткости паренхимы селезенки. По результатам исследования сделаны выводы о повышении воспроизводимости и эффективности исследования при использовании усовершенствованной методики, при этом чувствительность составила 92,1%, специфичность 88,5% и точность 90,5%, в то время, как при использовании рутинного метода 69,1%, 93,7% и 80,3% соответственно. Также приведены первичные количественные результаты жесткости паренхимы селезенки при различных заболеваниях.*

*Ключевые слова:* эластография сдвиговых волн, селезенка, методика проведения.

*The study of 32 patients on improvement of elastography shear waves technique, of which 4 patients with blood diseases, 12 with infectious diseases, 14 patients of gastroenterological department and 2 patients with cardiologic diseases, with primary results of parenchyma rigidity of the spleen indicators was carried. According to the results of the research the findings on enhancing the efficiency and reproducibility study using an improved methodology were made, the sensitivity was 92.1%, the specificity – 88.5% and accuracy – 90.5%, while using a routine method the sensitivity, specificity and accuracy were 69.1%, 93.7% and 80.3%, respectively. So the primary quantitative results of the parenchyma rigidity of the spleen in various diseases were presented.*

*Keywords:* shear wave elastography, the spleen, the methodology.

В последние годы активно разрабатывается новое направление в ультразвуковой диагностике – соноэластография (СЭГ) [1, 2, 4 – 7, 10, 11, 16]. В основе этой методики визуализации тканей лежит различие эластических свойств (упругости, жесткости и растяжимости) нормальных и патологически измененных тканей, визуальная оценка их деформации, реализованная в современных ультразвуковых диагностических приборах [1, 2, 4-7, 10]. Патологически измененные ткани характеризуются изменениями в структуре, приводящими к увеличению жесткости и снижению способности к деформации под действием генерируемых ультразвуковых волн, что при помощи аппаратно-математического анализа отображается определенными цветами на экране [12-16]. Благодаря методике эластографии сдвиговых волн (ЭСВ) используется технология, позволяющая оценивать эластичность тканей дистанционно, причем результаты исследования можно выразить и в цифровых показателях (КПа) [1, 5-7, 10, 14, 17-20]. В клинической практике качественная эластография нашла применение при исследовании предстательной, щитовидной желез, печени, почек, лимфатических узлов, скелетно-мышечной системы [1, 2, 4, 7-10, 12-14, 17,

20]. Данные об эффективности использования ЭГ (эластографии) в ранней и дифференциальной диагностике заболеваний системы крови недостаточны [17].

**Цель исследования:** оценить клинико-диагностические возможности усовершенствованной методики эластографии сдвиговых волн при исследовании селезенки в многопрофильном стационаре.

#### **Материалы и методы исследования**

За 2014 год на базе ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» сотрудниками Проблемной научно-исследовательской лаборатории ГБОУ ВПО Смоленского государственного медицинского университета – были обследованы 32 пациента, которым была проведена эластография сдвиговых волн селезенки, из них 4 пациента с заболеваниями систем крови (2 пациента с диагнозом – железодефицитная анемия тяжелой степени тяжести, на фоне хронического атрофического гастродуоденита, средней степени тяжести; 2 пациента с диагнозом – лимфогранулематоз 2 стадия, категория В), инфекционных больных – 12 (2 пациентов с диагнозом инфекционный мононуклеоз; 10 пациентов с диагнозом – хронический вирусный ге-

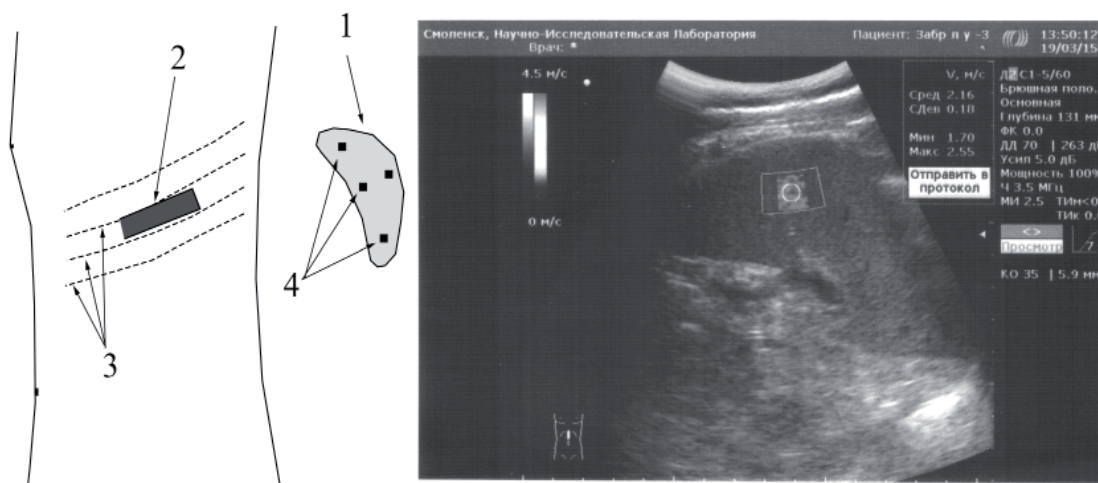
патит В, из них 4 пациента с гепатитом В стадии обострения с умеренными нарушениями функции печени (повышение АЛТ и АСТ соответственно до  $89 \pm 6$  Ед/л и  $86 \pm 4$  Ед/л) и 6 пациентов с выраженными нарушениями функции печени (повышение АЛТ до  $219 \pm 17$ , АСТ до  $234 \pm 14$  Ед/л, ЩФ до  $734 \pm 23$  Ед/л) и начальными проявлениями портальной гипертензии и эндоскопическими признаками варикозно расширенных вен пищевода 2-3 степени); больных гастроэнтерологического отделения – 14 (9 пациентов с диагнозом – цирроз печени смешанного генеза (алкогольной и вирусной природы) с выраженными нарушениями функции печени (повышение АЛТ до  $340 \pm 13$ , АСТ до  $298 \pm 18$  Ед/л, ЩФ до  $876 \pm 20$  Ед/л), класс В по Чайлд-Пью, портальной гипертензией и расширением вен пищевода; 5 пациентов с диагнозом – острый алкогольный гепатит, тяжелая форма, отечно-асцитический вариант) и пациентов с кардиологическими заболеваниями – 2 (диагноз – ИБС, атеросклеротический и постинфарктный коронарокардиосклероз, артериальная гипертензия 3 степени, риск

4; хроническая сердечная недостаточность 2 Б, постоянная форма мерцательной аритмии). Средний возраст пациентов составил  $57 \pm 9$  лет. Исследование проводилось на аппарате с возможностью применения эластографии сдвиговых волн конвексным датчиком (частотой 3,5-5 МГц) АНГИОДИН-Соно/П-Ультра НПФ БИОСС, Россия.

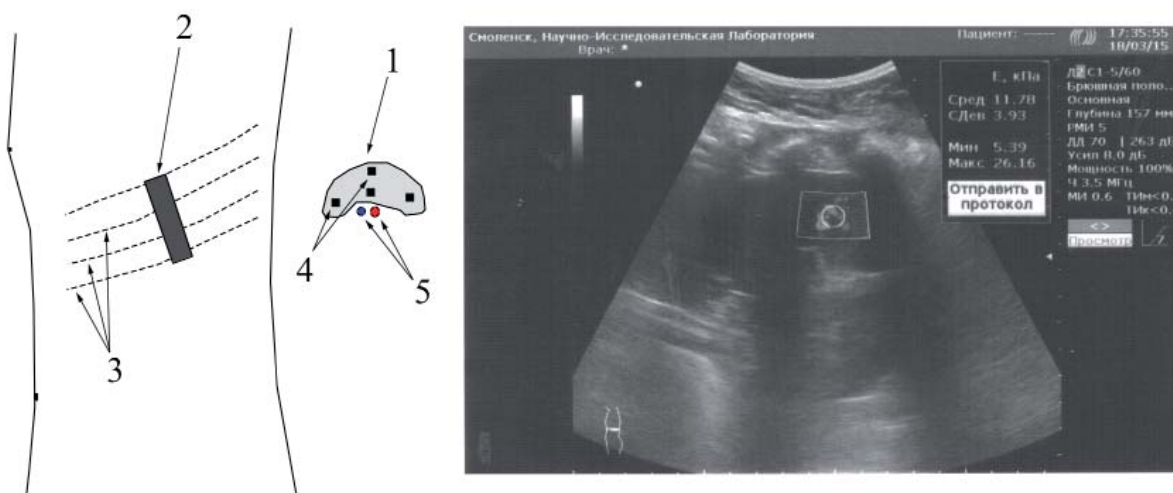
С учетом отсутствия стандартизированных этапов эластографии сдвиговых волн селезенки в предыдущих исследованиях [17], мы предложили усовершенствованную методику, основанную на четком, поэтапном применении СЭГ.

Первым (основной) этапом нашего исследования было проведение эластографии сдвиговых волн в стандартном положении пациента – лежа на правом боку с запрокинутой за голову левой рукой с положением ультразвукового датчика параллельно реберной дуге (рис. 1).

Вторым (основной) этапом нашего исследования было проведение эластографии сдвиговых волн в стандартном положении пациента – лежа на правом боку с запрокину-



**Рис. 1.** Первый этап стандартизированной методики: зона измерения эластографии сдвиговых волн при положении пациента лежа на правом боку, где 1 – схематичная визуализация селезенки при таком положении тела и датчика, 2 – положение датчика: параллельно ребрам, 3 – проекция расположения ребер, 4 – зоны исследования плотности селезенки – мультифокальность исследования.



**Рис. 2.** Второй этап стандартизированной методики: зона измерения эластографии сдвиговых волн при положении пациента лежа на правом боку, где 1 – схематичная визуализация селезенки при таком положении тела и датчика, 2 – положение датчика: перпендикулярно ребрам, 3 – проекция расположения ребер, 4 – зоны исследования плотности селезенки – мультифокальность исследования, 5 – проекция визуализации сосудов в воротах селезенки.

той за голову левой рукой с положением ультразвукового датчика перпендикулярно реберной дуге с получением максимального размера селезенки в поперечнике, с выведением сосудов ворот селезенки (рис. 2).

Третьим этапом (дополнительный) было применение разработанного нами алгоритма – проведение эластографии сдвиговых волн у пациента лежа на спине с запрокинутой за голову левой рукой, с возможностью ротировать датчик как параллельно реберной дуге, так и перпендикулярно

Принципиальными требованиями всех этапов являлось проведение ЭСВ в 7 различных точках селезенки, на расстоянии 4-5 мм от капсулы селезенки и от крупных сосудов (рис. 1-3).

Проведение исследования на спине необходимо в качестве уточняющего исследования при недостаточной визуализации селезенки на первом и втором этапах или трудностях при эластографии сдвиговых волн (неустойчивая фиксация изображения, смещение за счет дыхательных движений и др.). Данный этап не проводится, если все точки измерения на 1-2 этапах устойчивы при эластографии.

По итогам проводился анализ воспроизводимости методики, времени, затраченного на одно исследование при разных алгоритмах, и разницы в результатах исследования (ложноотрицательные (ЛО) и ложноположительные (ЛП) результаты) [3].

Также было проведено распределение полученных количественных результатов жесткости паренхимы селезенки в зависимости от нозологической формы. Референтным методом являлась цитологическое исследование биопсийного материала, аутопсии, заключительный клинический диагноз.

### Результаты исследования

При анализе двух этапов работы была выявлена тесная взаимосвязь времени, затраченного на исследование, появления ЛО и ЛП результатов и, как следствие, воспроизводимости методики в зависимости от применяемого алгоритма исследования.

Таблица 1.

Таблица воспроизводимости и диагностической значимости эластографии сдвиговых волн на разных этапах проведения исследования

Алгоритм исследования	Время, затраченное на исследование	Появление ложноотрицательных или ложноположительных результатов	Воспроизводимость алгоритма
Первый этап	15-20 мин	38%	97%
Второй этап	30-40 мин	19%	93%

Анализируя полученные данные, можно отметить, что с использованием разработанного нами алгоритма увеличивается время проведения исследования, это связано с тем, что увеличивается количество зон эластографии сдвиговых волн, что, в свою очередь, значительно уменьшает появление ЛП и ЛО результатов.

Первоначально врачам УЗД были представлены оба алгоритма исследования и проблем с воспроизводимостью методики выявлено не было. Однако второй алгоритм представлял большие трудности, так как необходимо было четко соблюдать представленные критерии. Но в большей степени это говорит о том, что данный алгоритм наряду со своей сложностью дает большую диагностическую информативность и временные затраты были сначала больше, но с течением времени ситуация по затраченному времени изменилась (рис. 3).

При анализе полученных количественных данных, выраженных в КПа, были получены следующие результаты: у пациентов с диагнозом железодефицитная анемия тяжелой степени тяжести на фоне хронического атрофического гастродуоденита средней степени тяжести показатель жесткости составил  $8,2 \pm 1,4$  КПа; у пациентов с диагнозом лимфогранулематоз 2 стадия, категория В –  $17,7 \pm 2,1$  КПа; у пациентов с диагнозом инфекционный мононуклеоз –  $5,4 \pm 1,9$  КПа; у пациентов с гепатитом В стадии обострения с умеренными нарушениями функции печени –  $9,7 \pm 2,7$  КПа, у пациентов с гепатитом В и выраженными нарушениями функции

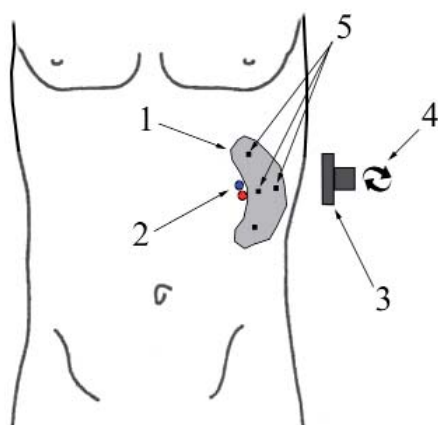


Рис. 3. Проведение исследования на спине: зона измерения эластографии сдвиговых волн при положении пациента лежа на спине, где 1 – селезенка, 2 – сосуды в воротах селезенки, 3 – датчик, 4 – при необходимости проведение ротации датчика, 5 – зоны исследования плотности селезенки – мультифокальность исследования.



печени, начальными проявлениями портальной гипертензии и умеренным узловатым расширением вен пищевода –  $29,9 \pm 3,9$  КПа; у пациентов с диагнозом цирроз печени смешанного генеза (алкогольной и вирусной природы) с выраженными нарушениями функции печени, портальной гипертензией и расширением вен пищевода –  $30,4 \pm 2,7$  КПа, у пациентов с диагнозом – острый алкогольный гепатит, тяжелая форма, отечно-асцитический вариант –  $15,7 \pm 2,5$  КПа и у пациентов с диагнозом – ИБС, атеросклеротический и постинфарктный коронарокардиосклероз, артериальная гипертензия 3 степени, (рис. 4); хроническая сердечная недостаточность 2 Б, постоянная форма мерцательной аритмии –  $8,3 \pm 3,1$  КПа. Все данные приведены в таблице 2.

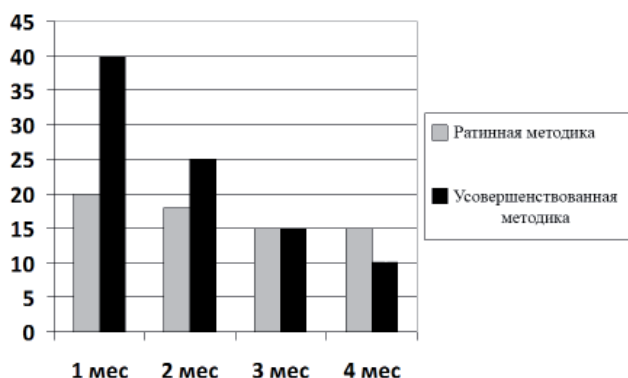


Рис. 4. Динамика временных затрат на рутинную и усовершенствованную методику СЭГ, где ось X – временной промежуток, ось Y – время на исследование.

Таблица 2.

Показатели эластографии сдвиговых волн селезенки при различных заболеваниях

Нозологическая форма	Значение эластографии сдвиговых волн селезенки
Железодефицитная анемия тяжелой степени тяжести	$8,2 \pm 1,4$ КПа
Лимфогранулематоз 2 стадия, категория В	$17,7 \pm 2,1$ КПа
Инфекционный мононуклеоз	$5,4 \pm 1,9$ КПа
Гепатит В в стадии обострения с умеренными нарушениями функции печени	$9,7 \pm 2,7$ КПа
Гепатит В. Выраженные нарушениями функции печени, начальные проявлениями портальной гипертензии и варикозное расширение вен пищевода	$29,9 \pm 3,9$ КПа

Цирроз печени смешанного генеза (алкогольной и вирусной природы) класс В по Чайлд-Пью	$30,4 \pm 2,7$ КПа
Острый алкогольный гепатит, тяжелая форма, отечно-асцитический вариант	$15,7 \pm 2,5$ КПа
ИБС. Атеросклеротический и постинфарктный коронарокардиосклероз. АГ 3 степени, риск 4. ХСН 2 Б. Постоянная форма мерцательной аритмии	$8,3 \pm 3,1$ КПа

При сравнении полученных данных с референтным методом были получены следующие данные чувствительности, специфичности и точности, представленные в таблице 3.

Таблица 3.

Сравнительные данные возможности рутинной и усовершенствованной методики

	Чувствительности	Специфичности	Точность
ЭСВ рутинная методика	69,1%	93,7%	80,3%
ЭСВ усовершенствованная методика	92,1%	88,5%	90,5%

### Выводы

При проведении эластографии сдвиговых волн по разработанной нами усовершенствованной методике выявляется уменьшение ЛО и ЛП результатов, вместе с тем, в начале освоения методики, повышается время на проведение исследования. Это говорит о том, что несмотря на простоту применения методики эластографии сдвиговых волн необходимо мультифокальное исследование селезенки. В таком случае специалист избежит неинформативных случаев обследования пациента. При применении усовершенствованной методики также качественно возрастает воспроизводимость данных эластографии.

Эластография сдвиговых волн селезенки позволяет определить жесткость, а, следовательно, и ее вовлеченность в патологический процесс, что непосредственно влияет на исход и прогноз заболевания.

Получены пилотные результаты информативности применения эластографии сдвиговых волн при различных заболеваниях: чувствительность 69,1%, специфичность 93,7%, точность 70,3%.

### Библиографический список

1. Борсуков А.В., Крюковский С.Б., Покусаева В.Н. с соавт. Эластография в клинической гепатологии (частные вопросы). Смоленск: Смоленская городская типография; 2011. 276 с.
2. Буверов А.О. Эластография – новый метод неинвазивной диагностики фиброза печени. // Гепатологический форум. 2007. № 2. С. 14-18.
3. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М., Практика, 1998. 459 с.
4. Зубарев А.В. Эластография – новый метод поиска рака различных локализаций / А.В. Зубарев, В.Е. Гаждонова, Е.Н. Хохлова, и др. // Радиология – практика. 2008. № 6. С. 6-18.
5. Митков В.В. Оценка воспроизводимости результатов количественной ультразвуковой эластографии / В.В. Митков, С.А. Хуако, Э.Р. Ампилова и др. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. № 2. С. 120.
6. Осипов Л.В. Технологии эластографии в ультразвуковой диагностике (обзор). Медицинский алфавит. Диагностическая радиология и онкотерапия. 2013; 3-4. С. 5-21.
7. Bamberg J., Cosgrove D., Dietrich C.F. et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part I: Basic Principles and Technology. Ultraschall in Med. 2013; 34: 169-184
8. Behler R.H. ARFI imaging for noninvasive material characterization of atherosclerosis. Part II: toward in vivo characterization /



- R.H. Behler, T.C.Nichols, H. Zhu et al. // *Ultrasound Med. Biol.* 2009. Vol. 35. Pp. 278-295.
9. *Bercoff J.* Supersonic shear imaging: a new technique for soft tissue elasticity napping. *IEEE Trans / J. Bercoff, M. Tanter, M. Fink // Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control.* 2004. Vol. 51, № 4. Pp. 396-409.
10. *Cosgrove D., Bamber J., Dietrich C.F., et al.* EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 2: Clinical Applications. DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1335375> Published on-line: 2013.
11. *Garra B. S.* Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound / B. S. Garra // *Ultrasound Q.* 2007. Vol. 23, № 4. Pp. 255-268.
12. *Giorgio A.* Sonographic recognition of intraparenchymal regenerating nodules using high-frequency transducers in patients with cirrhosis / A. Giorgio, G. Francia, G. de Stefano et al. // *J. Ultrasound. Med.* 1991. Vol. 10, № 7. Pp. 355-359.
13. *Giovannini M.* Endoscopic ultrasound elastography for evaluation of lymph nodes and pancreatic masses: a multicenter study / M. Giovannini, B. Thomas, B. Erwan et al. // *World. J. Gastroenterol.* 2009. Vol. 15, № 13. Pp. 1587-1593.
14. *Goertz R.S.* Measurement of liver elasticity with acoustic radiation force impulse (ARFI) technology: an alternative noninvasive method for staging liver fibrosis in viral hepatitis / R.S. Goertz, Y. Zopf, V. Jugl et al. // *Ultraschall. Med.* 2010. Vol. 31, № 2. Pp. 151-155.
15. *Gomez-Dominguez E.* Transient elastography: a valid alternative to biopsy in patients with chronic liver disease / E. Gomez-Dominguez, J. Mendoza, S. Rubio et al. // *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2006. Vol. 24. Pp. 513-518.
16. *Greenleaf J.F.* Selected methods for imaging elastic properties of biological tissues. / J.F. Greenleaf, M. Fatemi, M. Insana // *Ann. Rev. Biomed. Eng.* 2003. Vol. 5. Pp. 57-78.
17. *Leonardo R., Massimo A. et al.* A New Sampling Method for Spleen Stiffness Measurement Based on Quantitative Acoustic Radiation Force Impulse Elastography for Noninvasive Assessment of Esophageal Varices in Newly Diagnosed HCV-Related Cirrhosis Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International Volume 2014, Article ID 365982.
18. *Lupsor M.* Performance of a New Elastographic Method (ARFI technology) Compared to Unidimensional Transient Elastography in the Noninvasive Assessment of Chronic Hepatitis C. Preliminary Results / M. Lupsor, R. Badea, H. Stefanescu et al. // *J. Gastrointest. Liver Dis.* 2009. Vol. 3. Pp. 303-310.
19. *Nightingale K.* Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results / K. Nightingale, S. McAleavey, G. Trahey // *Ultrasound Med Biol.* 2003. Vol. 29, № 12. Pp. 1715-1723.
20. *Palmeri M.L.* Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) imaging of the gastrointestinal tract / M.L. Palmeri, K. Frinkley, L. Zhai et al. // *Ultrasonic Imaging.* 2005. Vol. 27. Pp. 75-88.

### References

1. *Borsukov A.V., Kryukovskij S.B., Pokusaeva V.N. et al.* Elastography in clinical hepatology (specific questions). Smolensk: Smolensk city printing; 2011; 276 p.
2. *Bueverov A.O.* Elastography - a new method for non-invasive diagnosis of liver fibrosis / A.O. Bueverov // *Hepatology forum.* 2007. № 2. Pp. 14-18.
3. *Glantz S.* Biomedical Statistics. Trans. from English. - M., Practice, 1998.
4. *Zubarev A.V.* Elastography - a new method of finding cancer of various localizations / A.V. Zubarev, V.E. Gazhonova, E.N. Khokhlov et al. // *Radiology. Practice.* 2008. № 6. Pp. 6-18.
5. *Mitko V.V.* Evaluation of the reproducibility of quantitative ultrasound elastography / Mitko V.V., Huaca S.A., Ampilogova E.R. et al. // *Ultrasonic and functional diagnostics.* 2011. № 2. P. 120.
6. *Osipov L.V.* Technology in ultrasound elastography (review). Medical alphabet. Diagnostic radiology and cancer therapy. 2013; 3-4: Pp. 5-21.
7. *Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F. et al.* EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 1: Basic Principles and Technology. *Ultraschall in Med.* 2013; 34: 169-184
8. *Behler R.H.* ARFI imaging for noninvasive material characterization of atherosclerosis. Part II: toward in vivo characterization / R.H. Behler, T.C.Nichols, H. Zhu et al. // *Ultrasound Med. Biol.* 2009. Vol. 35. Pp. 278-295.
9. *Bercoff J.* Supersonic shear imaging: a new technique for soft tissue elasticity napping. *IEEE Trans / J. Bercoff, M. Tanter, M. Fink // Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control.* 2004. Vol. 51, № 4. Pp. 396-409.
10. *Cosgrove D., Bamber J., Dietrich C.F., et al.* EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 2: Clinical Applications. DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1335375> Published on-line: 2013.
11. *Garra B. S.* Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound / B. S. Garra // *Ultrasound Q.* 2007. Vol. 23, № 4. Pp. 255-268.
12. *Giorgio A.* Sonographic recognition of intraparenchymal regenerating nodules using high-frequency transducers in patients with cirrhosis / A. Giorgio, G. Francia, G. de Stefano et al. // *J. Ultrasound. Med.* 1991. Vol. 10, № 7. Pp. 355-359.
13. *Giovannini M.* Endoscopic ultrasound elastography for evaluation of lymph nodes and pancreatic masses: a multicenter study / M. Giovannini, B. Thomas, B. Erwan et al. // *World. J. Gastroenterol.* 2009. Vol. 15, № 13. Pp. 1587-1593.
14. *Goertz R.S.* Measurement of liver elasticity with acoustic radiation force impulse (ARFI) technology: an alternative noninvasive method for staging liver fibrosis in viral hepatitis / R.S. Goertz, Y. Zopf, V. Jugl et al. // *Ultraschall. Med.* 2010. Vol. 31, № 2. Pp. 151-155.
15. *Gomez-Dominguez E.* Transient elastography: a valid alternative to biopsy in patients with chronic liver disease / E. Gomez-Dominguez, J. Mendoza, S. Rubio et al. // *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2006. Vol. 24. Pp. 513-518.
16. *Greenleaf J.F.* Selected methods for imaging elastic properties of biological tissues. / J.F. Greenleaf, M. Fatemi, M. Insana // *Ann. Rev. Biomed. Eng.* 2003. Vol. 5. Pp. 57-78.
17. *Leonardo R., Massimo A. et al.* A New Sampling Method for Spleen Stiffness Measurement Based on Quantitative Acoustic Radiation Force Impulse Elastography for Noninvasive Assessment of Esophageal Varices in Newly Diagnosed HCV-Related Cirrhosis Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International Volume 2014, Article ID 365982.
18. *Lupsor M.* Performance of a New Elastographic Method (ARFI technology) Compared to Unidimensional Transient Elastography in the Noninvasive Assessment of Chronic Hepatitis C. Preliminary Results / M. Lupsor, R. Badea, H. Stefanescu et al. // *J. Gastrointest. Liver Dis.* 2009. Vol. 3. Pp. 303-310.
19. *Nightingale K.* Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results / K. Nightingale, S. McAleavey, G. Trahey // *Ultrasound Med Biol.* 2003. Vol. 29, № 12. Pp. 1715-1723.
20. *Palmeri M.L.* Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) imaging of the gastrointestinal tract / M.L. Palmeri, K. Frinkley, L. Zhai et al. // *Ultrasonic Imaging.* 2005. Vol. 27. Pp. 75-88.

УДК 616.12-008.3-073.96 + 616-089.168.86

UDC 616.12-008.3-073.96 + 616-089.168.86

**Л.Ю. КОРОЛЁВА**

ассистент, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: koroleva-lilya@yandex.ru

**Д.И. ЕРМАКОВ**

студент, Орловский государственный университет  
E-mail: DenisErmakovMurmansk@yandex.ru

**L.YU. KOROLYOVA**

Assistant, Department of internal diseases, Orel State University  
E-mail: koroleva-lilya@yandex.ru

**D.I. ERMAKOV**

Student, Orel State University  
E-mail: DenisErmakovMurmansk@yandex.ru

**МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
У МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
(ПО ДАННЫМ ОРЛОВСКОГО ОБЛАСТНОГО ВРАЧЕБНО-ФИЗКУЛЬТУРНОГО ДИСПАНСЕРА)**

**MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAPHIC PARAMETERS**

**IN YOUNG ATHLETES OF OREL REGION (ACCORDING TO THE OREL REGIONAL MEDICAL AND SPORTS CLINIC)**

*Целью исследования явилось выявление жизнеугрожающих состояний путем проведения многомерного статистического анализа электрокардиографических параметров у спортсменов Орловской области в возрасте от 14 до 18 лет. По результатам проведенной работы выявлено, что инверсия зубца Т регистрировалась в 0,37%, удлинение интервала QT в 1,86%, укорочение интервала QT в 7,46% случаев. Данные ЭКГ-находки, в соответствии с критериями Вашингтонского университета (Сиэтл), указывают на возможное повышение риска внезапной смерти у молодых спортсменов и требуют проведения дальнейших диагностических процедур.*

*Ключевые слова:* ЭКГ, спорт, внезапная смерть.

*The aim of the study was to identify life-threatening conditions through multivariate statistical analysis of electrocardiographic parameters in case of athletes from Orel region at the age of 14-18 years old. According to the results of this study it was revealed that the T-wave inversion was detected in 0.37%, QT-interval prolongation in 1.86%, QT-interval shortening in 7.46% of cases. In accordance with the criteria of the University of Washington (Seattle) these ECG findings point to a possible increased risk of sudden death of young athletes and require further diagnostic procedures to prevent its development.*

*Keywords:* ECG, sport, sudden death.

Под термином «внезапная смерть в спорте» (ВСС) понимают наступление летального исхода во время физических нагрузок либо в течение ближайших 24 часов с момента появления первых симптомов, заставивших пациента изменить или прекратить свою деятельность. Частота случаев внезапной смерти в спорте составляет от 0,46 до 2,6 случаев на 100 тысяч человек в год, вовлеченных в активный спорт. Лидирующими причинами ВСС являются различные нарушения сердечно-сосудистой системы, большинство из которых заранее дают о себе знать необычными элементами, присутствующими на электрокардиограммах (ЭКГ).

Согласно критериям Вашингтонского университета (Сиэтл), наряду с нормальными, зависящими от тренировочного процесса и не требующими какого-либо ограничения физических нагрузок, изменениями в рисунке кардиограммы являются: высокая амплитуда комплекса QRS, схожая с симптомом гипертрофии левого желудочка; ранняя реполяризация; синусовая брадикардия; синусовая аритмия; атриовентрикулярная блокада первой степени. К числу же жизнеугрожающих, свидетельствующих о возможном риске развития ВСС изменений, относятся: инверсия зубца Т; депрессия интервала ST; патологические зубцы Q; отклонение электрической оси сердца влево; задержки проводимости. Пристального внимания заслуживают и сдвиги, характерные для первичных электрических расстройств,

такие как синдром удлиненного или укороченного интервала QT и синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта.

Несмотря на развитие новых методов функциональной диагностики, метод клинической электрокардиографии и сегодня ведущий в оценке электрофизиологической функции сердца как в норме, так и при сердечно-сосудистой патологии. Многомерный статистический анализ электрокардиографических параметров позволяет получить целый набор характеристик, которые используются при решении как диагностических, так и исследовательских задач, ведущей из которых является своевременное выявление различных нарушений сердечно-сосудистой системы из группы риска развития ВСС.

**Цель данного исследования** – выявление жизнеугрожающих состояний путем проведения многомерного статистического анализа электрокардиографических параметров у молодых спортсменов, проходивших обследование в БУЗ Орловской области «Орловский областной врачебно-физкультурный диспансер» в 2012-2014 гг.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 268 спортсменов в возрасте от 14 до 18 лет, занимающихся различными видами спорта и проходивших обследование в ООФВД в течение 2012-2014 гг., из них количество лиц женского пола составило 77 человек (28,8%), мужского – 191 (71,2%). Выборка амбулатор-

ных карт из архива ООФВД производилась случайным образом с учетом возрастного показателя.

В процессе анализа производилась оценка следующих параметров электрокардиограмм: частота сердечных сокращений, ритм, комплекс QRS, длительность интервала QT и QTc, амплитуда и вид зубца T, изменения сегмента ST.

**Результаты и обсуждение.** По итогам проведенного многомерного статистического анализа электрокардиографических параметров выявлены приведенные ниже изменения.

Синусовая аритмия регистрировалась у 123 человек (45,89%), синусовая тахикардия – у 17 (6,34%), синусовая брадикардия – у 34 (12,68%), экстрасистолия – у 8 (2,98%). Из разновидностей нарушений проводимости были выявлены блокады левой и правой ножек пучка Гиса, с преобладанием последней, у 61 пациента (22,76%). Миграция водителя ритма отмечалась у 11 человек (4,1%), нарушения процессов реполяризации определялись у 14 человек (5,22%) из общего числа обследованных. Однако, согласно критериям Вашингтонского университета (Сиэтл) с учетом уточнений от 2012 года, все перечисленные изменения относятся к группе нормальных, зависящих от тренировочного процесса, объясняемых тривиальными физиологическими причинами, и не требуют какого-либо ограничения физических нагрузок.

Из ЭКГ-находок, указывающих на возможное повышение риска внезапной смерти, согласно указанным критериям, нами были выявлены инверсия зубца T у 1 пациента (0,37%), удлинение интервала QT – у 5 (1,86%), укорочение интервала QT – у 20 (7,46%) из общего числа обследованных пациентов. Данные изменения электрокардиографических параметров относятся к перечню аномалий, каждая из которых, вне зависимо-

сти от уровня тренированности пациента, указывает на необходимость дальнейших диагностических процедур в плане обнаружения дефектов, способных привести к внезапному сердечному приступу, поэтому пациенты с такими изменениями ЭКГ подлежат усиленному врачебному контролю с возможным ограничением физических нагрузок.

**Выводы.** Среди молодых спортсменов, проходивших обследование в БУЗ Орловской области «Орловский областной врачебно-физкультурный диспансер» в 2012-2014 гг., в 9,69% случаев имели место ЭКГ-находки, которые, в соответствии с критериями Вашингтонского университета (Сиэтл), указывают на возможное повышение риска внезапной смерти у молодых спортсменов.

К ним относится укорочение интервала QT, которое определялось в 7,46% случаев. Удлинение интервала QT, являющееся наиболее опасным из всех жизнеугрожающих патологий ЭКГ, выявлялось в 1,86% случаев. Также в 0,37% случаев была зарегистрирована инверсия зубца T.

Полученные результаты указывают на необходимость повышенного внимания к данным электрокардиографического исследования у молодых спортсменов, своевременного обнаружения патологических состояний и, безусловно, требуют проведения дальнейших углубленных диагностических процедур с целью предупреждения внезапной смерти в спорте.

Наряду с этим особенности, выявленные в ходе многомерного статистического анализа электрокардиографических параметров у молодых спортсменов Орловской области, могут служить ценными диагностическими критериями для индивидуальной коррекции схемы тренировок и допуска лиц молодого возраста, занимающихся различными видами спорта, к соревнованиям.

#### Библиографический список

1. Гольтяпин В.В., Потуданская М.Г., Рогова М.А. Факторный анализ электрофизиологических параметров сердца при физических нагрузках // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 95-96.
2. Дошчипин В.Л. Внезапная аритмическая смерть и угрожающие аритмии. Российский кардиологический журнал, 1999, №1. С. 46-51.
3. Boraita A. Sudden Death and Sport. Is There a Feasible Way to Prevent it in Athletes? Rev Esp Cardiol. 2002. Vol.55, №4. Pp.333-336.
4. Cobb L.A. The mechanisms, predictors and prevention of sudden cardiac death. In Schlanf.R.C. Alexander RW eds.Harts the Heart N.Y. McCraw-Hill,1994. Pp. 947-954.
5. Maron B.J. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death / B.J. Maron, A. Pelliccia // Circulation. 2006. V. 114. № 15. Pp. 1633 – 1644.

#### References

1. Goltiaipin V.V., Potudanskaya M.G., Rogov M.A. Factor analysis of the electrophysiological parameters of the heart during exercise // Modern high technologies. 2005. № 10. Pp. 95-96.
2. Doschitsin V.L. Sudden arrhythmic death and threatening arrhythmias. Russian Journal of Cardiology, 1999, №1. Pp. 46-51.
3. Boraita A. Sudden Death and Sport. Is There a Feasible Way to Prevent it in Athletes? Rev Esp Cardiol. 2002. Vol.55, №4. Pp.333-336.
4. Cobb L.A. The mechanisms, predictors and prevention of sudden cardiac death. In Schlanf.R.C. Alexander RW eds.Harts, ts the Heart N.Y. McCraw-Hill, 1994. Pp. 947-954.
5. Maron B.J. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death / B.J. Maron, A. Pelliccia // Circulation. 2006. V. 114. № 15. Pp. 1633 – 1644.

УДК 616.65-002

UDC 616.65-002

**К.В. КОТЕНКО**

доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор, проректор по научной работе, Институт последипломного профессионального образования, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна

**Н.Б. КОРЧАЖКИНА**

доктор медицинских наук, профессор, зам. генерального директора по науке и медицинским технологиям, проректор по учебной работе, зав. кафедрой восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии с курсом сестринского дела, Институт последипломного профессионального образования, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна

**Т.Г. МАРКОСЯН**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии с курсом сестринского дела, Институт последипломного профессионального образования, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна

**С.С. НИКИТИН**

доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, отдел изучения нейрона, НИИ общей патологии и патофизиологии, Российская академия медицинских наук

**А.В. БОДРОВ**

аспирант, кафедра восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии с курсом сестринского дела, Институт последипломного профессионального образования, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна

E-mail: al\_bodrov@mail.ru

**K.V. KOTENKO**

Doctor of Medicine, Professor, CEO, vice rector for scientific work, Institute of Post-degree Professional Education, Federal Medical Biophysical Center of A.I. Burnazyan

**N.B. KORCHAZHKINA**

Doctor of Medicine, Professor, Deputy CEO on science and medical technologies, vice rector for study, Department of recovery medicine, sports medicine, balneology and physical therapy with a course of nurse business, Institute of Post-degree Professional Education, Federal medical biophysical center named after of A.I. Burnazyan

**T.G. MARKOSYAN**

Doctor of Medicine, Professor, Department of recovery medicine, sports medicine, balneology and physical therapy with a course of nurse business, Institute of Post-degree Professional Education, Federal medical biophysical center named after of A.I. Burnazyan

**S.S. NIKITIN**

Doctor of Medicine, chief researcher, Department of studying of neuron, scientific research institute of the general pathology and pathophysiology, Russian Academy of Medical Science

**A.V. BODROV**

Graduate student, Department of recovery medicine, sports medicine, balneology and physical therapy with a course of nurse business, Institute of Post-degree Professional Education, Federal medical biophysical center named after of A.I. Burnazyan

E-mail: al\_bodrov@mail.ru

## СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ, ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМУ ЛЕЧЕНИЮ И РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ АБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПРОСТАТИТОМ

### MODERN APPROACH TO RESTORATIVE TREATMENT AND REHABILITATION OF PATIENTS WITH CHRONIC ABACTERIAL PROSTATITIS

*Представлены результаты обследования и лечения 168 пациентов, больных хроническим абактериальным простатитом, и 20 здоровых добровольцев. В комплексное лечение пациентов включен комплекс физических упражнений для тренировки мышц промежности, магнитная стимуляция. С целью оценки эффективности проводимого лечения выполнялась игольчатая электромиография мышц тазового дна. Эффективность тренировки мышц тазового дна в лечении пациентов абактериальным простатитом подтверждается как клиническими, так и нейрофизиологическими исследованиями.*

*Ключевые слова:* нейрогенные расстройства мочеиспускания, хронический абактериальный простатит, сократимость мышц промежности, кортикоспинальный тракт, тренировка мышц тазового дна.

*The results of the examination and treatment of 168 patients with chronic abacterial prostatitis and 20 healthy volunteers are presented. Electromyography of the perineum muscles, magnetic stimulation are included in the complex treatment of patients. The needle electromyography of the pelvic floor muscles was performed in order to evaluate the effectiveness of the treatment. The effectiveness of pelvic floor muscle training in the treatment of abacterial prostatitis patients confirmed both clinical and neurophysiological studies.*

*Keywords:* neurogenic disorders of urination, chronic abacterial prostatitis, contractility of perineal muscles, corticospinal tract, pelvic floor muscle training.

#### Введение

Проблема хронического абактериального простатита в настоящее время не только не теряет своей актуальности, но и приобретает новое значение в связи с появлением тенденции к непрерывно текущему течению заболевания. Хронический абактериальный простатит является социально значимым заболеванием, отрицательно влияющим на качество жизни мужчин, и

нередко осложняется нарушением копулятивной и генеративной функций. Сведения по эпидемиологии хронического абактериального простатита ограничены и противоречивы, и, по данным различных авторов, им страдают от 8 до 35% мужчин в возрасте от 20 до 40 лет. Несмотря на многочисленные исследования в области этиопатогенеза, диагностики, клиники и лечения данного заболевания, многие клинко-патогенетические



аспекты остаются спорными, в связи с этим наблюдается тенденция к рассмотрению хронического абактериального простатита как мультидисциплинарной проблемы [2,4,5,6,7,11].

Расстройства мочеиспускания при хроническом абактериальном простатите часто приводят к длительной, малоэффективной лекарственной терапии, что, прежде всего, связано с недостаточной изученностью нейрофизиологических аспектов расстройств микции, вследствие многоуровневого характера нервной регуляции мочеиспускательных путей. В настоящее время придается важное значение скрытым расстройствам иннервации тазового дна в патогенезе расстройств мочеиспускания [1,3,4,6,8,12].

Несмотря на прогресс современной нейрофизиологии и инструментальной диагностики, оценка неврологических компонентов урологических заболеваний весьма затруднительна, так как в отличие от крупных соматических мышц, двигательные элементы тазового дна небольших размеров труднодостижимы для изучения. По этой причине до настоящего времени данные об электрической активности и сократимости мышц тазового дна единичные, а результаты неоднозначные и разрозненные [1,6,7,10,11,12].

Познание особенностей органной иннервации и кровообращения как тазовых органов, так и промежности, создает возможность патогенетически обоснованного воздействия, направленного на улучшение результатов лечения. Поиск механизмов развития функциональных расстройств мочеиспускания и лечения подобных состояний требует совместных усилий специалистов различных областей.

Широкое распространение и доступность в последние годы разнообразных фитнес-центров, спортивных залов, создает предпосылки к использованию гимнастических упражнений в реабилитации больных расстройствами мочеиспускания и нарушением сократительной активности мышц тазового дна [2,3,5,9].

**Цель работы:** оценить эффективность лечебно-реабилитационных мероприятий в комплексной терапии больных с абактериальным простатитом на основании оценки нейрофизиологических параметров мышц промежности

#### *Материалы и методы*

Нами изучены результаты обследования 168 лиц мужского пола в возрасте 22-47 лет (средний возраст  $33,2 \pm 8,8$  лет), из которых 20 здоровых лиц, ранее не страдающих урологическими и неврологическими заболеваниями, приняты нами в качестве группы контроля, и 168 пациентов, больных хроническим абактериальным простатитом, основным проявлением которого являлось расстройство мочеиспускания (табл. 1). Больные методом статической рандомизации разделены на 3 сопоставимые по клинико-функциональным характеристикам группы по 56 пациентов в каждой. В основной группе проводилась высокоинтенсивная импульсная магнитная миостимуляция на область промежности, а затем последовательно, без временного

интервала осуществляли воздействие импульсным магнитным полем на лобную область с помощью цилиндрического (S-образного) индуктора. Больным группы сравнения осуществляли магнитное воздействие только на область промежности. Больные контрольной группы получали процедуры «плацебо» от АМТ 2–«АГС» (Россия) без включения аппарата с полной имитацией проведения процедуры.

*Таблица 1.*

Распределение обследованных пациентов по группам (n=188)

Исследуемые группы	Мужчины (n/%)
Группа контроля	20 (10,6%)
Хронический абактериальный простатит	168 (89,4%)

Обследование пациентов включало сбор анамнеза, физикальное обследование, изучение дневника мочеиспускания, оценка кожной чувствительности и сакральных рефлексов. Качество мочеиспускания и жизни оценивалось с помощью опросников IPSS, QOL, NIH-CPSI. Проходимость уретры, при необходимости, оценивалась с помощью лучевых, эндоскопических, уродинамических исследований. Вегетативный статус определялся методом кардиоинтервалографии с оценкой основных показателей по Баевскому. Психосоциальное состояние оценивалось при помощи теста САН (самочувствие, активность, настроение).

Всем изученным лицам выполнены нейрофизиологические исследования с целью выявления скрытых денервационно-реиннервационных расстройств мышц тазового дна, участвующих в акте мочеиспускания. Использована разработанная нами методика игольчатой электромиографии (ЭМГ) с оценкой средней длительности и амплитуды потенциала действия мышечных единиц (ПДЕ), числа полифазных потенциалов, а также наличия спонтанной (денервационной) активности мышечных волокон (потенциалов фибрилляций и положительных острых волн). ЭМГ-активность мышц изучена с двух сторон (справа и слева) для оценки симметричности денервационных изменений. Исследовались мышцы промежности, формирующие диафрагму таза и участвующие в образовании замыкательного аппарата уретры: наружный сфинктер ануса, m. levator ani (m. puborectalis, m. pubococcygeus, m. iliococcygeus), наружный сфинктер уретры. Кроме того, выполнялись нейрофизиологические исследования мышц нижних конечностей с целью оценки распространенности денервационных процессов и вовлечения в процесс крупных нервных стволов и соматических мышечных структур, соответствующих изучаемым сегментам спинного мозга.

Для оценки проводящей способности кортико-спинального тракта в отношении мышц тазового дна выполнялась транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) с регистрацией времени моторного ответа (ВМО) с мышц нижних конечностей и промежности и расчетом времени центрального моторного проведения (ВЦМП).

В комплексной терапии выявленных расстройств

применены методики магнитотерапии в сочетании с комплексом физических упражнений по предложенной нами схеме. Все больные перед началом проведения магнитотерапии получали в течение 2-х недель медикаментозную терапию в соответствии со стандартом лечения при хроническом простатите. Манипуляции выполнялись с помощью аппарата для магнитотерапии импульсного двухрежимного АМТ 2-«АГС», предназначенного для воздействия импульсным магнитным полем на нервные, мышечные, костные структуры и внутренние органы. В качестве реабилитационных мероприятий в течение 30 дней проводился комплекс физических упражнений по предложенной нами схеме. Мы усовершенствовали физические упражнения за счет ротационных движений с целью стимуляции мышц внутренней поверхности бедер, т.е. приводящей группы.

Средствами контроля эффективности проводимой терапии в динамике заболевания являлись клинические проявления заболевания, данные уродинамических исследований, а также повторные нейрофизиологические исследования основных параметров.

### Результаты

В группе здоровых добровольцев большинство ПДЕ имели простую форму и представлены трехфазными колебаниями, полифазия не превышала 10%. Различий по стороне исследования не отмечено. ЭМГ-показатели для изучаемых мышц были идентичными (табл. 2).

При изучении тяжести состояния пациентов и выраженности клинических проявлений с помощью международных индексов и шкал нами получены следующие данные: IPSS – 7-10 баллов, QOL – 4, NIH-CPSI – 36,2 балла. Указанные показатели соответствовали средней степени выраженности проявления заболевания у изученной группы пациентов.

После курсового применения магнитной стимуляции выявлено преимущество комбинированной методики воздействия как на центральные участки головного мозга, ответственные за сократимость мышц тазового дна, так и на периферические мышечные структуры. Применение данных методик приводило к скорейшему купированию клинической симптоматики, прежде всего, болевого синдрома, уменьшению дизурии, снижению объема остаточной мочи и увеличению максимальной средней скорости мочеиспускания, что достоверно более значимо, чем в группе сравнения и особенно контроля (рис. 1).

При изучении результатов ТРУЗИ предстательной железы у больных хроническим абактериальным простатитом выявлены нарушения нормальной геометрии предстательной железы в виде изменения ее формы,

структуры, размеров и объема. При эходоплерографии сосудов простаты у пациентов хроническим абактериальным простатитом наблюдалось достоверное снижение кровообращения в артериальном звене, а также признаки венозной конгестии.

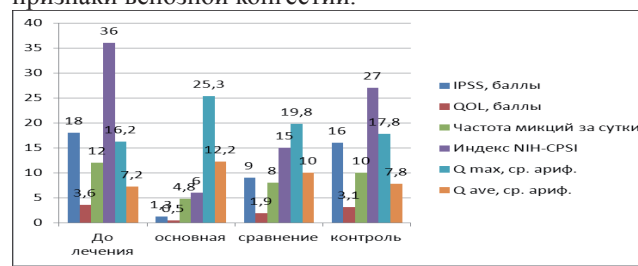


Рис. 1. Динамика основной клинической симптоматики у больных хроническим абактериальным простатитом под влиянием курса комплексной терапии.

При промежуточной электромиографии отмечено увеличение средней длительности и снижение амплитуды потенциалов действия мышечных единиц (ПДЕ), полифазия ПДЕ превосходила 15%, что гораздо выше нормативных показателей и является признаком скрытой реиннервации мышц. Нами обнаружены потенциалы фибрилляций и положительные острые волны (ПФ, ПОВ), свидетельствующие о наличии скрытых денервационных расстройств мышц тазового дна.

При изучении результатов транскраниальной магнитной стимуляции выявлены признаки нарушения проведения по кортикоспинальному тракту, о чем свидетельствует увеличение латентного коркового и сегментарного ВМО (10% и 14,3% соответственно), ВЦМП – удлинено на 20%. Наряду с этим у 25% больных выявлено угнетение сакральных рефлексов, что является свидетельством присутствия нейрогенного компонента заболевания.

Таким образом, при комплексном обследовании больных хроническим простатитом с применением нейрофизиологических методов диагностики, помимо выраженных клинических проявлений заболевания, обнаружены серьезные нейрогенные расстройства функционального состояния мышц тазового дна и проводимости кортикоспинального тракта.

В ходе оценки результатов кардиоинтервалографии с оценкой основных показателей по Баевскому у 91,7% больных выявлялась вегетативная дисфункция по типу гиперсимпатикотонии. Поскольку длительное течение хронического абактериального простатита, сопровождающегося болевым синдромом и дизурией, неизбежно приводит к нарушению психоэмоционального состояния больных и снижению качества жизни, проведено медико-психологическое тестирование больных с использованием теста САН. По данным исследова-

Таблица 2.

Результаты исследования кортикоспинального тракта для m. Puborectalis: контрольная группа

Параметры	Латентность коркового ВМО, мс	Латентность сегментарного ВМО, мс	Отношение амплитуд ВМО/сВМО	ВЦМП, мс	Разница сторон, мс
Пол					
Мужчины (n=20)	40,8±1,4	22,8±1,2	0,23/0,15	17,6±1,4	0,68±0,08

дования выявлены значительные психоэмоциональные нарушения, проявляющиеся в достоверном снижении всех изучаемых показателей – «самочувствия», «активности» и «настроения», свидетельствующие об ухудшении качества жизни больных за счет снижения функциональных резервов психического здоровья.

Таким образом, результаты комплексного обследования больных хроническим абактериальным простатитом подтвердили нейрогенный генез заболевания, отражающийся на развитии вегетативной дисфункции по типу гиперсимпатикотонии и приводящий к психоэмоциональным нарушениям.

После курсового применения магнитной стимуляции выявлено преимущество комбинированной методики воздействия как на центральные участки головного мозга, ответственные за сократимость мышц тазового дна, так и на периферические мышечные структуры, что приводило к скорейшему купированию клинической симптоматики, прежде всего, болевого синдрома, уменьшению дизурии, снижению объема остаточной мочи и увеличению максимальной средней скорости мочеиспускания, что достоверно более значимо, чем в группе сравнения и особенно контроля.

Анализ результатов динамики состояния эхографических характеристик и показателей игольчатой электромиографии мышц тазового дна у больных хроническим абактериальным простатитом под влиянием комплексной терапии подтвердил более значимые результаты у пациентов основной группы, что сопровождалось восстановлением как геометрии и органного кровотока, так и достижением до уровня здоровых лиц показателей средней длительности и амплитуды ПДЕ, а также восстановлением проводимости по кортикоспинальному тракту, чего не наблюдалось у больных контрольной группы (рис. 2,3).

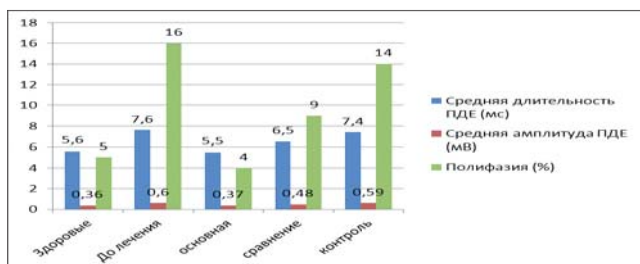


Рис. 2. Динамика показателей игольчатой электромиографии мышц тазового дна у больных хроническим абактериальным простатитом под влиянием курса лечения.

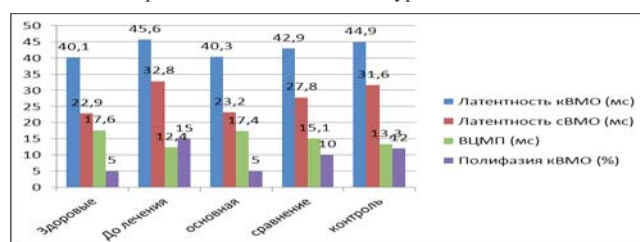


Рис. 3. Динамика показателей трансцеребральной и сегментарной магнитной стимуляции у больных хроническим абактериальным простатитом под влиянием курса лечения.

Аналогичные результаты получены при оценке влияния комплексной терапии на состояние вегетативной нервной системы и психоэмоциональный статус больных, проявляющиеся в полном устранении вегетативной дисфункции и психоэмоциональных нарушений (рис. 4, 5).

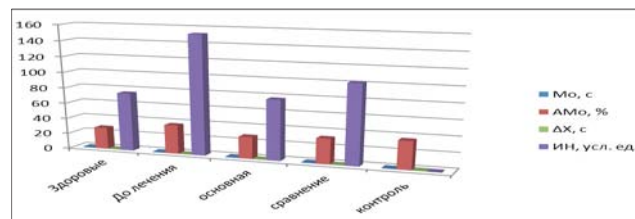


Рис. 4. Динамика показателей кардиоинтервалографии у больных хроническим абактериальным простатитом под влиянием курса комплексной терапии.

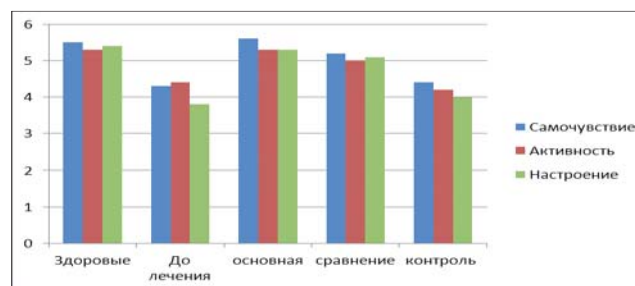


Рис. 5. Динамика показателей теста САН у больных хроническим абактериальным простатитом под влиянием курса комплексной терапии.

Высокая терапевтическая эффективность применения курса комплексной терапии подтверждается более длительным сохранением достигнутой ремиссии. В среднем у 85,4% всех обследованных нами пациентов эффект от поведенного комплексного лечения сохранен в течение 1 года после лечения, что достоверно более значимо, чем при применении только магнитной стимуляции (в среднем у 65% в течение 9-12 месяцев) и особенно изолированной медикаментозной терапии.

С целью закрепления полученного лечебного эффекта всем больным рекомендованы физкультурные упражнения по ранее описанной программе. Терапевтический эффект лечебной физкультуры связан с тем, что гимнастические упражнения, повышая тонус всей мускулатуры тела, повышают тонус и мышц дна полости малого таза, что значительно улучшает их функцию. Большое значение имеет и попеременное повышение, и понижение внутрибрюшного давления, наблюдающееся при выполнении упражнений, что также рефлекторно влияет на мышцы дна полости малого таза.



**Упражнение 1.**

Исходное положение – лежа на спине.

Поочередно прямой ногой выполнять круговые движения (наружу, внутрь) с полной амплитудой. Выполнить 5-6 раз.



Вдох



Выдох

**Упражнение 2. «Полумост».**

Исходное положение – лежа на спине, ноги согнуты в коленях.

Выполнять на счет: раз-два-три-четыре.

1-2-3 таз приподнять вверх, ягодицы сжать, втянуть анус, ноги развести в стороны.

На счет 4 – соединить ноги, опустить таз и расслабиться.

Выполнять 5-6 раз.



Вдох

Выдох

**Упражнение 3.**

Исходное положение – стоя, с опорой.

Приподняться на носки и присесть, держась за стул, развести ноги в стороны.

Затем соединить ноги и встать, держась за опору.

Выполнить 3-4 раза.



**Упражнение 4.**

Исходное положение – стоя на четвереньках (руки поставить на ладони, подальше от колен)

Перевести корпус в вертикальное положение, сесть на пятки и потянуться.

Выполнять 5-6 раз



**Упражнение 5.**

Исходное положение – стоя, на четвереньках.

Поднимать ноги поочередно (плечи – спина – нога должны создавать одну прямую).

Выполнять 6 раз каждой ногой.



**Упражнение 6.**

Исходное положение – лежа на спине.

На выдохе – втянуть живот, одновременно подтянуть колени к груди, разведя их в стороны.

На вдохе – расслабить живот, опустить ноги, одновременно сводя колени.

Выполнить 4-6 раз.



**Упражнение 7.**

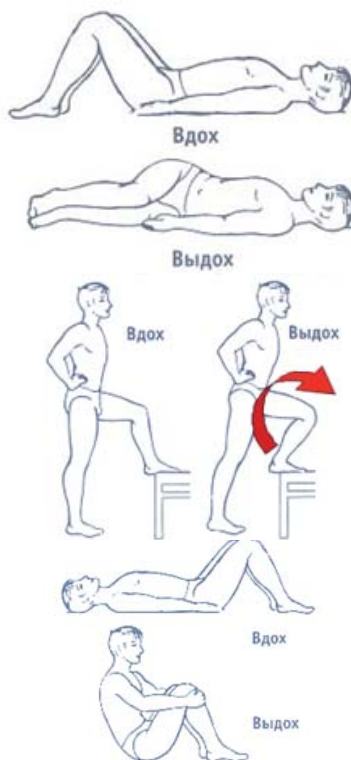
Исходное положение – стоя на четвереньках.

Делать на счет 1-2-3-4. На счет 1 – вытянуть левую ногу назад. На счет 2-3 нога отводится в сторону, параллельно полу.

На счет 4 – принять исходное положение. Повторить с другой ногой. Амплитуда движений подбирается индивидуально, по возможности.

Выполнять по 4 раза каждой ногой.





**Упражнение 8.**

Исходное положение – лежа на спине, согнуть колени.  
Повернуть колени направо, потом налево.  
Повторить 5-6 раз.

**Упражнение 9.**

Исходное положение – поставить ногу на стул, руки на бедра.  
Наклониться вперед и согнуть максимально ногу в колене. Отвести ногу кнаружи.  
Выполнять каждой ногой поочередно. Необходимо сохранять равновесие.  
Выполнять по 4 раза с каждой стороны.

**Упражнение 10.**

Исходное положение – лежа на спине, ноги согнуты в коленях.  
Сесть, обхватив колени руками. Затем вернуться в исходное положение и повторить упражнение.  
Выполнить 8-10 раз.

**Заключение**

Таким образом, нейрофизиологические методики являются неотъемлемой частью диагностики функциональных расстройств мочеиспускания у больных абактериальным простатитом. Игольчатая миография в комбинации с транскраниальной магнитной стимуляцией позволяет оценить как сократимость мышц тазового дна, так и проводимость по кортикоспинальному тракту, выявить дефицит неврологического контроля над периферическими соматическими структурами и предложить современные, рациональные методы лечения. Высокая терапевтическая эффективность от проведения магнитной стимуляции с комплексом физических упражнений у пациентов с абактериальным простатитом подтверждается более длительным сохранением достигнутой ремиссии. Результаты проведенного исследования позволяют предположить нейрогенный характер расстройств мочеиспускания у

больных хроническим абактериальным простатитом, преимущественно за счет скрытых денервационно-реиннервационных изменений мышц промежности. Эффективное лечение пациентов данной категории возможно лишь при учете нейрогенного компонента заболевания. Комбинированный метод магнитной стимуляции является патогенетически обоснованным и высокоэффективным методом лечения больных изученной нами группы пациентов. Внедрение в комплексную терапию методик лечебной физкультуры для тренировки мышц тазового дна и приводящей группы мышц внутренней поверхности бедер, позволило в значительной степени улучшить результаты лечения.

Пациенты, больные хроническим абактериальным простатитом со скрытыми нейрогенными расстройствами мочеиспускания, подлежат длительному динамическому наблюдению с выполнением контрольных нейрофизиологических исследований.

**Библиографический список**

1. Глыбочко П.В., Аляев Ю.Г., Маркосян Т.Г. и др. Роль функционального состояния мышц тазового дна и кортикоспинального тракта в нарушениях мочеиспускания при заболеваниях простаты. //Урология, 2011, №3. С. 18-22.
2. Елифанов В.А. ЛФК: справочник. М.: Медицина, 1987. 587 с.
3. Корчажкина Н.Б., Маркосян Т.Г., Никитин С.С. Современная диагностика, восстановительное лечение и реабилитация больных нейрогенными расстройствами мочеиспускания и эрекции. //Вестник восстановительной медицины. №1 (47) февраль, 2012, С. 30-37.
4. Корчажкина Н.Б., Маркосян Т.Г., Никитин С.С., Бодров А.В. Игольчатая тазовая миография у больных хроническим абактериальным простатитом в распознавании причин длительной дизурии. //X конгресс «Мужское здоровье» Сборник трудов, Минск, 2014. С. 255-257.
5. Маркосян Т.Г., Корчажкина Н.Б., Никитин С.С., Бодров А.В. Тренировка мышц промежности в восстановительном лечении больных хроническим простатитом со скрытыми нейрогенными расстройствами мочеиспускания. //Спортивная медицина: наука и практика. Москва, 2013 г, №2 (11). С. 36-41.
6. Корчажкина Н.Б., Маркосян Т.Г., Никитин С.С. Современная диагностика, восстановительное лечение и реабилитация больных нейрогенными расстройствами мочеиспускания и эрекции. //Вестник восстановительной медицины. №1 (47) февраль 2012. С. 30-37.
7. Кривобородов Г.Г., Касаткина Л.Ф., Школьников М.Е. Электромиография в диагностике нарушений мочеиспускания // Урология. 1999. №6. С. 46-54.

8. Кругин В.Н., Белова А.Н. Нейроурология. М., Изд. Антидор, 2005. 464 с.
9. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. Минск: Интерпрессервис, 2003. 512 с.
10. Bradley W.E. Urethral electromyography // J. Urol. 1972. Vol. 108. Pp. 363-364.
11. Fowler C.J. Pelvic floor neurophysiology // Meth. Clin. Neurophysiol. 1991. Vol. 2. P.4.
12. Fondacaro L., Pesce F. Manuale di Neuro-Urologia. Pacini Editore Pisa, 2007. P. 142.

#### References

1. Glybochko P.V., Alyaev Yu.G., Markosyan T.G., *al.* The role of the functional condition of muscles of a pelvic bottom and a corticospinal path in violations of an urination at prostate diseases.//Urology, 2011, № 3. Pp. 18-22.
  2. Yepifanov V.A. LFK: reference book. M.: Medicine, 1987. 587 p.
  3. Korchazhkina N. B., Markosyan T.G., Nikitin S. S. Modern diagnostics, recovery treatment and rehabilitation of patients with neurogenic frustration of an urination and erection.//Messenger of recovery medicine. № 1 (47) February, 2012, Pp. 30-37.
  4. Korchazhkina N. B., Markosyan T.G., Nikitin S. S., Bodrov A.V. A needle pelvic miografiya at patients with chronic abacterial prostatitis in recognition of the reasons of a long dysuria. X congress "Man's health". Collection of works, Minsk, 2014. Pp. 255-257.
  5. Markosyan T.G., Korchazhkina N. B., Nikitin S.S., Bodrov A.V. Training of muscles of a crotch in recovery treatment of patients with chronic prostatitis with the hidden neurogenetic frustration of an urination.//Sports medicine: science and practice. Moscow, 2013, No. 2 (11). Pp. 36-41.
  6. Korchazhkina N. B., Markosyan T.G., Nikitin S. S. Modern diagnostics, recovery treatment and rehabilitation of patients with neurogenic frustration of an urination and erection.//Messenger of recovery medicine. No. 1 (47) February, 2012. Pp. 30-37.
  7. Krivoborodov G.G., Kasatkina L.F., M. E. Shkol'nikov Electromyography's in diagnostics of violations of an urination//Urology. 1999. № 6. Pp. 46-54.
  8. Кругин В.Н., Белова А.Н. Нейроурология. М., Антидор, 2005. 464 с.
  9. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. Минск: Интерпрессервис, 2003. 512 с.
  10. Bradley W.E. Urethral electromyography // J. Urol. 1972. Vol. 108. Pp. 363-364.
  11. Fowler C.J. Pelvic floor neurophysiology // Meth. Clin. Neurophysiol. 1991. Vol. 2. P.4.
  12. Fondacaro L., Pesce F. Manuale di Neuro-Urologia. Pacini Editore Pisa, 2007. P. 142.
-

УДК 581.1

UDC 581.1

**Т.А. КУЗНЕЦОВА**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра внутренних  
болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: vradi@inbox.ru

**Д.В. КУКУШКИН**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра педиатрии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: asj\_a@mail.ru

**Т.М. НЕЧАЕВА**

кандидат психологических наук, доцент, кафедра социаль-  
ной психологии и акмеологии, Орловский государственный  
университет  
E-mail: nechaevatm@yandex.ru

**T.A. KUZNETSOVA**

Doctor of Medicine, Professor, Department of Internal Medicine,  
Orel State University  
E-mail: vradi@inbox.ru

**D.V. KUKUSHKIN**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Pedi-  
atrics, Orel State University  
E-mail: asj\_a@mail.ru

**T.M. NECHAYEVA**

Candidate of psychological sciences, Associate Professor,  
Department of social psychology and acmeology, Orel State  
University  
E-mail: nechaevatm@yandex.ru

## РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА: ОПЫТ СКРИНИНГОВОЙ ДИАГНОСТИКИ В УСЛОВИЯХ ПЕДИАТРИЧЕСКОГО УЧАСТКА

### THE DEVELOPMENT OF YOUNG CHILDREN: THE EXPERIENCE OF SCREENING DIAGNOSTICS IN A CHILDREN'S POLYCLINIC

*В условиях педиатрического участка у 114 детей раннего возраста с помощью клинико-психологической методики ГНОМ оценено нервно-психическое развитие по 5 сферам (моторной, сенсорной, познавательной, эмоциональной, поведенческой). Отклонения в основном выявлены в эмоциональной и поведенческой сферах. Предложен алгоритм диагностики отклонений нервно-психического развития у детей раннего возраста в амбулаторных условиях.*

*Ключевые слова:* нервно-психическое развитие детей раннего возраста, клинико-психологическое обследование, эмоциональные, поведенческие нарушения.

*In the children's clinic 114 children of early age with clinical and psychological methods GNOME neuropsychological development in 5 areas (motor, sensory, cognitive, emotional, behavioral) was evaluated. Deviations mainly identified emotional and behavioral spheres. We propose an algorithm for diagnosis of abnormalities of nervous and mental development in children of early age in an outpatient setting.*

*Keywords:* psychological development of children of early age, clinical-psychological examination, emotional, behavioural disorders.

#### Актуальность

Своевременная диагностика отклонений нервно-психического развития (НПР) детей раннего возраста является актуальной проблемой в свете возрастающей доли заболеваний, связанных с нарушениями данной сферы здоровья ребенка [1,3,4,6]. В подавляющем большинстве случаев явные нарушения НПР, не укладывающиеся в рамки психоневрологического диагноза, выявляются только в дошкольном возрасте, когда ребенок перед оформлением в школу проходит консультирование у психолога [3,5]. В нашей стране основная роль в патронаже детей раннего возраста отводится участковому педиатру, который наблюдает ребенка с периода новорожденности и к которому в первую очередь обращаются родители не только по вопросам о состоянии здоровья, но и развития ребенка. В связи с этим представляется весьма актуальным создания алгоритма диагностики НПР детей раннего возраста с использованием скрининговой методики в условиях педиатрического участка.

**Цель исследования:** оптимизация диагностики отклонений НПР в условиях педиатрического участка.

#### Объем и методы исследования

Обследованы 114 из 136 (83,8 %) детей раннего

возраста (от 1 месяца до 3 лет), проживающих в условиях одного педиатрического участка детской поликлиники г. Орла. В выборку не включены 2 ребенка с грубой патологией ЦНС и 15 детей, по разным причинам отсутствующих по месту жительства на момент обследования.

Диагностика НПР проводилась с помощью клинико-психологической методики «ГНОМ» – графика нервно-психического обследования младенца (Козловская Г.В., Горюнова А.В., Самохвалова В.И., 1989 г.), позволяющей оценить развитие детей первых трех лет жизни. Тесты состоят из 20 вопросов/заданий, оценивающих состояние и развитие пяти основных сфер: сенсорной, моторной, эмоционально-волевой, познавательной и поведенческой с балльной оценкой 25 баллов за каждую сферу. Методика «ГНОМ» позволяет распределить обследуемых детей по 3 группам НПР: группа здоровых – коэффициент психического развития (КПР) в пределах 110-90 баллов; группа риска задержки психического развития – 89-90 баллов; группа патологии – КПР ниже 80 баллов.

#### Обсуждение результатов

На рисунке 1 представлены результаты тестирования 114 детей по программе «ГНОМ» (в зависимости от

значений КПР).

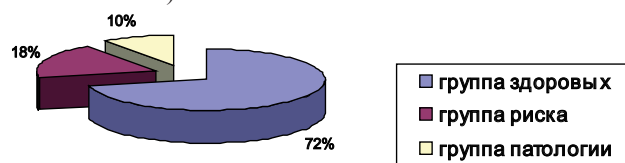


Рис. 1 Распределение детей по группам НПР (в зависимости от КПР).

По показателю КПР в группу здоровых вошло большинство детей (72%); в группу риска 18% (дети с отклонением НПР по отдельным сферам в пределах одного эпикризного срока); у каждого десятого ребенка были выявлены задержки в определенных сферах НПР более двух эпикризных сроков, что позволило отнести их к группе патологии.

На рисунке 2 представлена сравнительная характеристика отклонений НПР по различным сферам.

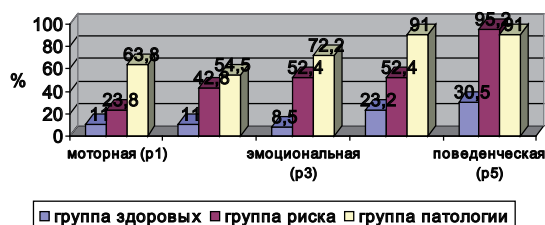


Рис. 2 Сравнительная характеристика отклонений НПР по различным сферам в группе здоровых, риска и патологии (по КПР).

В группе здоровых по КПР детей у каждого третьего ребенка были выявлены достоверно значимые отклонения в сфере поведения ( $P_{3,5}=0,006$ ), причем эти отклонения укладывались в диагноз синдрома дефицита внимания с гиперактивностью. У каждого пятого ребенка выявлены статистически значимые отклонения в когнитивной сфере, ( $P_{3,4}=0,04$ ) связанные с задержкой экспрессивной речи. По остальным сферам (моторной, сенсорной и эмоциональной) достоверных различий по частоте отклонений с другими сферами НПР не выявлено.

При анализе нарушений в сферах НПР детей группы риска выявлено статистически значимое преобладание отклонений в системе «мать-дитя», относящихся к поведенческой сфере-95% случаев ( $P_{1,5}=0,029$ ). Отклонения в эмоциональной и когнитивной сфере отмечались у каждого второго ребенка и касались в основном общих эмоций и спонтанной активности; в сенсорной сфере преобладали отклонения в индивидуальной тактильной чувствительности, а в моторной – нарушение тонкой моторики – соответственно 43% и 24%, без статистически достоверной разницы ( $P_{2,4}=0,069$ ).

В группе патологии отклонения во всех сферах НПР были наиболее частыми (от 55% до 91%), достоверной разницы по частоте нарушений в отдельных сферах не выявлено (рисунок 2).

На рисунке 3 представлено возрастное распределение детей по группам КПР.

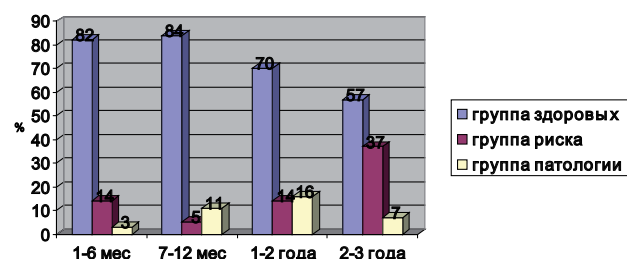


Рис. 3 Распределение детей по группам КПР в зависимости от возраста.

В возрастной группе первого года жизни абсолютное большинство детей (82%) имели показатели нервно-психического развития, соответствующие норме. На втором году жизни определилось снижение доли здоровых детей с достоверным увеличением числа детей группы риска и патологии, что свидетельствует о нарастании с возрастом отклонений в нервно-психическом статусе детей.

Таким образом, результаты обследования детей трех групп (здоровых, группы риска и патологии) выявили отклонения в развитии различных сфер НПР, начиная с грудного возраста с нарастающей частотой к 2-3 годам.

В этой связи нами предложен алгоритм диагностики отклонений НПР в условиях педиатрического участка (рис. 4).



Рис. 4 Алгоритм диагностики отклонений НПР в условиях педиатрического участка.

Алгоритм представляет собой модель взаимодействия участкового педиатра со специалистами (психологом и педагогом) на базе ППМС – центра (областного, городского, районного).

Так, всех детей, у которых в ходе обследования с помощью методики ГНОМ выявляются задержки НПР по отдельным сферам, педиатр направляет для консультации к детскому неврологу с целью исключения органической патологии центральной и периферической нервной системы; к офтальмологу – для офтальмоскопии глазного дна и определения остроты зрения; оториноларингологу – для проведения аудиологического



скрининга. После консультации врачей-специалистов дети направляются в ППМС – центр для проведения коррекционных мероприятий с участием психолога, который не только дифференцированно подходит к решению проблем, связанных, в частности, с девиантным поведением ребенка, но корректирует проблемы семейного микросоциума, улучшает коммуникативную деятельность при задержке экспрессивной речи с целью оптимизации возрастных возможностей ребенка. Дети с нарушением речи получают квалифицированную логопедическую помощь.

**Заключение.** Раннее выявление отклонений НПР детей раннего возраста должно стать неотъемлемой частью работы участкового педиатра как «педиатра развития», что возможно осуществить в рамках предложенного алгоритма, в основе которого лежит методика ГНОМ, позволяющая своевременно выявлять отклонения НПР по отдельным сферам. Раннее выявление отклонений позволяет предотвращать грубые нарушения психического статуса у ребенка в более старшем возрасте.

#### Библиографический список

1. Авдеева Н.Н. и др. Мозг и поведение младенца. М.: Институт психологии РАН, 1993. 229 с.
2. Барашнев Ю.И. Перинатальная неврология новорожденных. М., 1994. №4. С. 26-31.
3. Корнев А.Н. О классификации психических расстройств у детей раннего возраста // Сб. науч. трудов СПб Института раннего вмешательства. СПб., 1996. Т.1. С. 41-44.
4. Макарова З.С., Доскин В.А., Тонкова-Ямпольская Р.В., Голубева Л.Г. и др. Задачи педиатрической службы в обеспечении здоровья детей в современных условиях // Здоровый ребенок: Материалы V Конгресса педиатров России. М., 1999. С. 132-133.
5. Мухамедрахимов Р.Ж. Взаимодействие и привязанность матерей и младенцев групп риска // Вопросы психологии. 1998. № 2. С. 18-33.
6. Румянцев А.Г. Наблюдение за развитием и состоянием здоровья детей: Руководство для врачей. М.: Медпрактика-М, 2004. 388 с.

#### References

1. Avdeeva N.N. et al. Brain and behavior of the baby. M.: Institute of Psychology, Academy of Medical Sciences, 1993. 229 p.
  2. Barashnev Y.I. Perinatal neurology of newborns. M. 1994. №4. Pp. 26-31.
  3. Kornev A.N. On the classification of mental disorders in infants // Coll. scientific. Proceedings of St. Petersburg Institute of Early Intervention. SPb., 1996. Vol.1. Pp. 41-44.
  4. Makarov Z.S., Doskin V.A., Tonkova-Yampol'skaya R.V., Golubeva L.G. and others. The objectives of pediatric services to ensure the health of children in modern conditions // Healthy Child: Proceedings of the V Congress of Pediatricians of Russia. M., 1999. Pp. 132-133.
  5. Mukhamedrakhimov R.J. The interaction and affection of mothers and infants at-risk groups // Questions of psychology. 1998. № 2. Pp. 18-33.
  6. Rumyantsev A.G. Monitoring the development and the state of children's health: A Guide for Physicians. M.: Medpraktika-M, 2004. 388 p.
-

УДК 581.1

UDC 581.1

**Д.В. КУКУШКИН**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра педиатрии,  
Орловский государственный университет  
E-mail: asj\_a@mail.ru

**Н.В. ПУЗАНКОВА**

ассистент, кафедра внутренних болезней, Орловский госу-  
дарственный университет  
E-mail: 301299@list.ru

**Т.А. КУЗНЕЦОВА**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра внутренних  
болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: vradi@inbox.ru

**D.V. KUKUSHKIN**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Pedi-  
atrics, Orel State University  
E-mail: asj\_a@mail.ru

**N.V. PUZANKOVA**

Assistant, Department of Internal Medicine, Orel State University  
E-mail: 301299@list.ru

**T.A. KUZNETSOVA**

Doctor of Medicine, Professor, Department of Internal Medicine,  
Orel State University  
E-mail: vradi@inbox.ru

## ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ВИД ВСКАРМЛИВАНИЯ ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ

### PHYSICAL DEVELOPMENT AND THE TYPE OF FEEDING INFANTS

Проведена выкопировка из амбулаторных карт (форма 112у) 181 ребенка первого года жизни, находящихся на различных видах вскармливания. Оценивались показатели физического развития по Z-score. Грудное вскармливание обеспечивает гармоничное развитие 80 % детей. В то же время у 14% детей, находящихся на искусственном вскармливании, наблюдается избыточная масса тела, требующая коррекционных мероприятий.

Ключевые слова: грудное вскармливание, смешанное вскармливание, искусственное вскармливание, дети первого года жизни, физическое развитие по Z- score.

Carried out the copy of the outpatients (Form 112u) 181 the first year of the child's life at different types of feeding. Evaluates the performance of physical development on Z- score. Breastfeeding provides the harmonious development of 80% of children. At the same time, 14% of children who are bottle-fed, there is overweight, requiring corrective measures.

Keywords: breastfeeding, mixed feeding, bottle-feeding, children first year of life, physical development by Z- score.

Физическое развитие является одной из важнейших характеристик здоровья детей. В настоящее время установлено, что здоровье детей определяется не только наличием или отсутствием заболеваний, но и гармоничным и соответствующим возрасту развитием, нормальным уровнем основных функциональных показателей [5]. Рациональное питание детей первого года жизни является основой формирования его здоровья, обеспечивает гармоничность, оптимальные темпы роста и развития ребенка. Грудное вскармливание, успешно начатое в условиях родовспомогательных учреждений и поддержанное медицинскими работниками детских поликлиник, в большинстве случаев благоприятно влияет на физическое развитие детей [1,3]. При отсутствии грудного вскармливания, когда ребенка по разным причинам переводят на искусственные смеси, увеличивается риск дисгармоничного физического развития ребенка [2,4].

**Цель исследования:** оценить физическое развитие детей первого года жизни в зависимости от вида вскармливания.

**Объем и методы исследования.** Проведена выкопировка из амбулаторных карт (форма 112у) 181 ребенка первого года жизни (106 девочек и 75 мальчиков); все дети проживают на одном педиатрическом участке детской поликлиники. Рассчитывался показатель Z-score – масса тела к возрасту (WAZ) и рост к возрасту (HAZ) с использованием программы WHO ANTHRO 2009 г. Числовой диапазон  $-1 \leq z \leq +1$  оценивался как норма;

$-2 \leq z \leq -1$  или  $+1 \leq z \leq +2$  – соответственно как значения ниже или выше среднего – группа внимания;  $z < -2$  или  $z > +2$  – соответственно как низкие или высокие значения отклонения от нормы – группа риска. Критерии исключения: дети с врожденными пороками развития, органическими поражениями ЦНС, родившиеся недоношенными. В зависимости от вида вскармливания дети первого года жизни были распределены следующим образом (рис. 1):

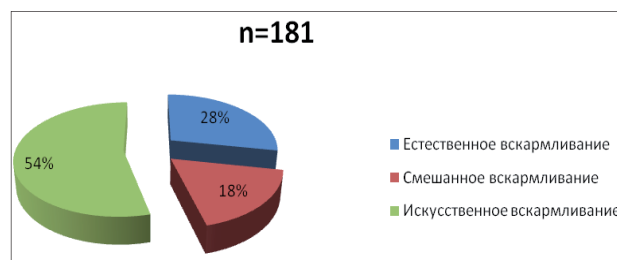


Рис.1. Распределение детей первого года жизни в зависимости от вида вскармливания.

На естественном вскармливании (ЕВ) находился 51 ребенок (28 %); на смешанном вскармливании (СВ) – 32 ребенка (18 %); на искусственном вскармливании (ИВ) – 98 детей (54 %).

**Результаты.** У большинства детей, находившихся на ЕВ (р1), -80,4% Z- score WAZ оказался в пределах возрастной нормы ( $-1 \leq z \leq +1$ ). По сравнению с детьми на СВ (р2) и ИВ (р3) показатели, соответствующие норме, выявлены в 62,5% и 40,8 % случаев соответственно (рис. 2),  $p_{1,3}=0.022$ ,  $p_{1,2}=0.592$ ,  $p_{2,3}=0.281$ .



Рис.2. WAZ -1 ≤ z ≤ +1 в зависимости от вида вскармливания.

В группе внимания при значениях WAZ -2 ≤ z ≤ -1 в сравниваемых группах достоверных различий не получено: ЕВ -9.8 %, СВ-не встретились, ИВ- 3.1 % (рис.3),  $p_{1,3}=0.212$ .

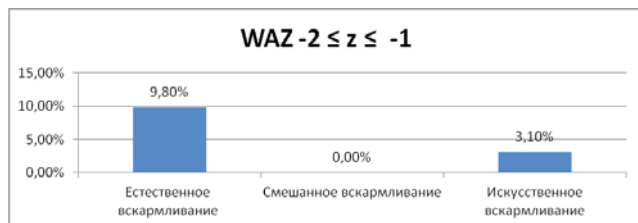


Рис.3. WAZ -2 ≤ z ≤ -1 в зависимости от вида вскармливания.

В то же время при значениях WAZ +1 ≤ z ≤ +2 оказалось достоверно больше детей на СВ- 31,5% и ИВ- 41.8%, по сравнению с детьми на ЕВ- 6.1% (рис.4),  $p_{1,2}=0.022$ ,  $p_{1,3}=0.004$ ,  $p_{2,3}=0.602$ .



Рис.4. WAZ +1 ≤ z ≤ +2 в зависимости от вида вскармливания.

Высокие значения отклонения от нормы при значениях WAZ  $z > +2$  – группа риска – выявлены на ИВ (14.3 %) и только в 1.9 % -6.25 % случаев на ЕВ и СВ соответственно (рис. 5),  $p_{1,3}=0.04$ ,  $p_{1,2}=0.706$ ,  $p_{2,3}=0.381$ .



Рис.5. WAZ z > +2 в зависимости от вида вскармливания.

Низкие значения отклонения от нормы (WAZ  $z > -2$ ) выявлены у одного ребенка (1.9 %) на ЕВ.

Были изучены (оценивались) анамнестические данные с учетом вида вскармливания (таблица 1).

При анализе анамнестических данных обследованных детей было выявлено следующее: на СВ и ИВ достоверно больше было детей от женщин, занимающихся домашним хозяйством,  $p_{1,2}=0.016$ ,  $p_{1,3}=0.018$ .

На ИВ преобладали дети от матерей, перенесших острые инфекционные заболевания ( $p=0.026$ ), а также от курящих родителей ( $p=0.004$ ).

**Заключение.** Показатель массы к возрасту у детей на ЕВ в 80 % случаях соответствует средневозрастным нормам. В то же время более половины детей на СВ и ИВ вошли в группу внимания и риска по избыточной массе тела, что в дальнейшем может отразиться на развитии детей и явиться, в частности, фактором формирования метаболического синдрома. При анализе анамнестических данных было выявлено, что социальный статус семьи, вредные привычки, а также перенесенные острые инфекционные заболевания матери значимо влияют на характер вскармливания.

Таблица 1.

Особенности анамнеза обследованных детей

Группы сравнения	ЕВ (n=51) p1		СВ (n=32) p2		ИВ (n=98) p3	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Анамнестические данные						
Хронические инфекционные заболевания матери	2	4	2	6	21 $p_{1,3}=0.026$	21
Оперативные роды	6	12	7	22	24	24.5
Масса при рождении > 4 кг	3	6	5	16	7	7
Неполная семья	5	10	2	6	9	9
Наличие в семье старших детей	22	43	16	50	43	44
Пассивное курение	2	4	3	9	29 $p_{1,3}=0.004$	30
Женщины, занимающиеся домашним хозяйством	4	8	12 $p_{1,2}=0.016$	37.5	30 $p_{1,3}=0.018$	31

#### Библиографический список

1. Вельтищев Ю.Е. Рост ребенка: закономерности, нормальные вариации, соматотипы, нарушения и их коррекция: (лекция для врачей). М., 1998. 90 с.
2. Гатиятуллин Р.Ф. Здоровый и больной ребенок. Вопросы клинической диагностики основных симптомов и синдромов. Уфа: Изд-во Дар, 2011. 207с.

3. Калмыкова А.С., Попова М.А., Феодосиади О.С. Значение грудного вскармливания для здоровья, физического развития детей раннего возраста (на примере Ставрополя) // Сборник материалов научно-практической конференции педиатров России «Фармакотерапия и диетология в педиатрии» Москва, 2007. 68 с.
4. Кулакова Г.А., Пигалова А.П., Курмаева Е.А. и др. Проблемы питания младенца на педиатрическом участке // Сборник материалов научно-практической конференции педиатров России «Фармакотерапия и диетология в педиатрии» Москва 2007. С.88-89.
5. Фатеева Е.М. Отдаленное влияние грудного вскармливания на здоровье и качество жизни человека // Вопр. детской диетологии. 2005. №4 С.34 - 37.

#### References

1. Veltishchev Y.E. Child's growth: patterns, normal variation, somatotype, violations and their correction: (lecture for doctors). M., 1998. 90 p.
  2. Gatiyatullin R.F. Healthy and sick child. Questions major clinical diagnosis of symptoms and syndromes. Ufa: Izd Dar, 2011. 207 p.
  3. Kalmikova A.S., Popova M.A., Feodosiadi O.S. The importance of breastfeeding for the health, physical development of young children (for example, Stavropol) // Proceedings of the scientific-practical conference of pediatricians of Russia "Pharmacotherapy and Dietetics in Pediatrics" - Moscow, 2007. 68 p.
  4. Kulakov G.A., Pigalova A.P. Kurmaeva E.A. and others. The problems in the baby food section of pediatric // Proceedings of the scientific-practical conference of pediatricians of Russia "Pharmacotherapy and Dietetics in Pediatrics" Moscow 2007. Pp. 88-89.
  5. Fateev E.M. Long-term effects of breastfeeding on the health and quality of life // Problems. infant nutrition. 2005. №4. Pp. 34 - 37.
-



УДК 615.9

UDC 615.9

**Е.С. КУЛЕШОВА**

кандидат биологических наук, ассистент, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет  
E-mail: katyamed20@mail.ru

**E.S. KULESHOVA**

Candidate of Biology, Assistant, Department of general, biological, pharmaceutical chemistry and pharmacognosy, Orel State University  
E-mail: katyamed20@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ИЗОЛИРОВАНИЯ АНИЛИНА

### APPLICATION OF CHROMATOGRAPHIC METHODS FOR ANILINE IDENTIFICATION

*Изучено хроматографическое поведение 2-нитроанилина в тонких слоях нормальнофазового и обращеннофазового сорбентов при использовании в качестве подвижных фаз моно- и бicomпонентных систем различной полярности. Проведена сравнительная оценка изолирования объектов исследования из биологического материала растворителями различной полярности.*

Ключевые слова: анилин, красители, нитропроизводные, 2-нитроанилин.

*The chromatographic behavior of 2-nitroaniline in thin layers and reversed normalofase sorbents for the use as a mobile phase of mono-and bicomponent systems of different polarity was studied. A comparative evaluation of studied insulating objects of biological material with different polarity solvents was carried out.*

Keywords: aniline, dyes, nitro-derivatives of 2-nitroaniline.

#### Введение

Различные моно- и полинитропроизводные анилина широко применяются в качестве лекарственных средств, полупродуктов органических синтезов, а также являются химическими реагентами, пестицидами и взрывчатыми веществами.

Эти вещества могут попадать в окружающую среду вместе с атмосферными выбросами, со сточными водами химико-фармацевтических предприятий, вследствие нарушения их производства, применения, хранения или в результате аварий на предприятиях или в крупных лабораториях.

Соединения данной группы обладают значительными токсическими свойствами по отношению к теплокровным животным и человеку. В доступных литературных источниках известны случаи острого отравления людей анилином и его нитропроизводными, в том числе с летальным исходом [1].

Важной составляющей химико-токсикологического исследования является изучение особенностей изолирования веществ данной группы из биологического материала и биожидкостей и объектов небиологического происхождения, их очистки, идентификации и количественного определения.

Для нитропроизводных анилина отсутствует нормативная документация, регламентирующая особенности их определения в биологических объектах при экспертизах случаев летального отравления. В то же время вопросы химико-токсикологического анализа данной группы соединений остаются недостаточно хорошо изученными.

В связи с вышеизложенным наши исследования можно считать актуальными.

#### Теоретическая часть

2-нитроанилин применяется как химическое промежуточное звено для антиоксидантов, красителей, пигментов, ингибиторов бензиновых смол и фармацевтических препаратов.

Синонимы: 1-Амино-2-нитробензол; орто-нитроанилин.

Получение: из орто-хлорбензола при нагревании с аммиаком.[2]

Физико-химические свойства: желто-оранжевые кристаллы при образовании из кипящей воды; пластины или игольчатые кристаллы; оранжевое твердое вещество.

Молекулярная масса (в а.е.м.): 138,1. Температура плавления (в °С): 71. Температура кипения (в °С): 284. Слаборастворим в воде, растворим в этаноле и ацетоне.

Опасность: при воспламенении выделяет токсичные пары оксидов азота, вещество – сильный окислитель и реагирует с горючими и восстанавливающими материалами, реагирует с органическими материалами в присутствии влаги, что порождает опасность возгорания [3].

Исследуемые изомеры нитроанилина, как и другие нитропроизводные анилина, являются токсичными для человека и животных. Летальные дозы для человека около 1000-5000мг [4]. Для 2-нитроанилина согласно ГОСТу 12.1.007-76 LD<sub>100</sub> от 800мг/кг для крыс при внутрибрюшинном введении [5]. ПДК согласно ГОСТу 12.1.005-76 для 2-нитроанилина в воздухе рабочей зоны составляет 0,5 мг/м<sup>3</sup>, в атмосферном воздухе 0,006 мг/м<sup>3</sup>.

#### Экспериментальная часть

Среди физико-химических методов установления подлинности анализируемых соединений широко применяются хроматографические методы[6].

Идентифицировать моонитроанилины предлагается с помощью метода ТСХ на сорбентах с гидроксильро-

ванной поверхностью[7].

Рекомендуется применять тонкослойную хроматографию на силикагеле для идентификации нитроанилинов и их производных в подвижных фазах малой полярности: гексан-этанол (9:1) с последующей детекцией их в УФ-свете.

Среди спектральных методов анализа для определения мононитроанилинов может быть применена спектрофотометрия в УФ-области[8].

#### *Идентификация 2- нитроанилина в тонких слоях сорбента*

Для идентификации использовали хроматографию в тонком слое нормальнофазового и обращеннофазового сорбентов.

В нормальнофазовом варианте тонкослойной хроматографии использовали хроматографические пластины «Сорбфил» с люминесцентным индикатором (7,5х10 см) со стандартным слоем сорбента (силикагель СТХ-1 ВЭ), связующее вещество – силикагель.

В качестве испытуемого вещества был взят 2-нитроанилин. Его наносили на линию старта в виде 0,02 % спиртовых растворов капилляром. Хроматографирование проводили в стеклянных камерах объемом 600 см<sup>3</sup>.

После прохождения фронтом растворителя определенного расстояния (80 мм) пластины извлекали, высушивали при комнатной температуре и детектировали в УФ-свете или по собственной окраске.

Подбор оптимальной хроматографической системы начинали с использования в качестве подвижных фаз индивидуальных веществ. Полученные данные показывают зависимость хроматографической активности исследуемых веществ от полярности применяемого в качестве подвижной фазы растворителя. В целом эта зависимость проявлялась как увеличение значений  $R_f$  для 2-нитроанилина при переходе от менее полярных растворителей к более полярным.

#### *Определение мононитроанилина методом ВЭЖХ*

Для количественного определения анализируемых соединений рассмотрена возможность применения метода ВЭЖХ. В работе использовали жидкостный хроматограф «Милихром».

Хроматографический процесс осуществляли в колонках размером 64 х 2 мм, заполненных прямофазным сорбентом «Силасорб-600» В качестве подвижной фазы использовали систему растворителей гексан – диоксан – пропанол-2 (40:5:1). Элюент подавали со скоростью 100 мкл в мин. Скорость диаграммной ленты составляла 720 мм в час.

#### *Построение калибровочного графика*

В хроматограф последовательно вводили по 8 мкл 0,00025% ; 0,0005% ; 0,001% ; 0,002% ; 0,004% ; 0,005% растворов анализируемого нитроанилина в элюенте. Оптическую плотность регистрировали при длине волны 238 нм. Рассчитывали площади хроматографических пиков как произведение полуширины основания на высоту. По результатам вычислений строили график, который представляет собой прямую линию, исходящую при экстерполяции примерно из начала координат и отражающий прямопропорциональную зависимость пло-

щади пика от концентрации анализируемого вещества.

Методом наименьших квадратов рассчитывали уравнения калибровочных графиков, которое имеет вид :

для 2-нитроанилина  $S = 22,071429 \cdot C + 0,1011905$ , где

$S$  – площадь хроматографического пика,

$C$  – концентрация вещества в хроматографируемом растворе.

Методика количественного определения.

Около 0,025 г анализируемого нитроанилина (точная навеска) растворяли в 100 мл элюента (раствор А). 2,5 мл раствора А переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили водой до метки элюентом (раствор Б). 8 мкл раствора Б вводили в хроматограф. Количественное содержание вещества определяли по уравнению калибровочного графика и пересчитывали на навеску.

Предложенная методика позволяет определить до 99,91% 2-нитроанилина при относительной ошибке 1,34%.

#### *Сравнительное изучение изолирования мононитроанилинов из трупного материала*

В качестве изолирующих агентов использовали: бензол, толуол, гексан, хлороформ, дихлорэтан, ацетон, ацетонитрил, этилацетат, метанол, 96% этанол, пропанол-1, 1,4-диоксан, диэтиловый эфир, уксусный ангидрид, ледяную уксусную кислоту, 8% раствор уксусной кислоты, воду, 0,1н. раствор гидроксида натрия, диметилформамид.

Изолирование проводили по следующей схеме: в ряд стаканов вносили по 5,0 г мелкоизмельченной ткани печени (размер частиц 3-5 мм) и по 2,5 мг исследуемого вещества. Печеночную ткань тщательно перемешивали с веществом и оставляли на 1,5 часа при температуре 20-25°C.

По истечении указанного времени к каждой из искусственных смесей прибавляли по 10 мл изолирующего агента. Настаивание биоматериала, содержащего анализируемое соединение, с изолирующим агентом осуществляли в течении 45 минут при периодическом перемешивании. Жидкое извлечение сливали с твердого остатка. Операцию настаивания в предлагаемых условиях повторяли еще раз. Извлечения, полученные для каждой искусственной смеси в результате первого и второго настаивания, объединяли и перемешивали.

На следующем этапе 0,3 мл объединенного извлечения наносили на хроматографическую пластину «Сорбфил» с люминесцентным индикатором и хроматографировали в системе гексан-ацетон (7:3) со стандартами веществ.

Детекцию пятен проводили по собственной окраске или детектировали в УФ-свете. Затем соответствующие стандартам пятна анализируемого вещества (2-нитроанилин  $R_f=0,69$ ) вырезали и элюировали 5 мл диметилформамида. Полученные растворы фотометрировали на спектрофотометре СФ - 46 в кювете с толщиной рабочего слоя 10 мм при длинах волн для 2-нитроанилина 281 нм.

### Выводы

1. Изучено хроматографическое поведение 2-нитроанилина в тонких слоях нормальнофазового и обращеннофазового сорбентов при использовании в качестве подвижных фаз моно- и бикомпонентных систем различной полярности.
2. Предложены условия и разработаны методики идентификации и количественного определения 2-ни-

троанилина методом нормальнофазовой ВЭЖХ. При количественном определении относительная ошибка среднего результата составляет 1,22 – 1,47%

3. Проведена сравнительная оценка изолирования объектов исследования из биологического материала растворителями различной полярности. Выявлено, что оптимальным изолирующим агентом для изучаемых веществ является 1,4-диоксан.

### Библиографический список

1. Алесковский В.Б. Физико-химические методы анализа. Практическое руководство / В.Б. Алесковский, В.В. Бардин, М.И. Булатов. Л.: Химия, 1988. 376 с.
2. Арзамасцев А.П. Фармацевтическая химия: Учеб. пособие. Под. ред. А.П. Арзамасцева. 2-е изд., испр. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005 г. 640 с.
3. Алиев А.М. Новая качественная реакция на синтомицин и левомицетин / А.М. Алиев // Аптечное дело. 1958. № 3. С. 47 - 48.
4. А.С. 362238 СССР, МКИ, G01 N 31/61. Способ количественного определения в сточных водах ароматических соединений с нитрогруппами. / М.Д. Белостоцкая, Е.А. Чистякова, СССР. Заявлено 17.03.71. Опубликовано 3.12.72. Бюл. № 2. С. 94.
5. А.С. 1075148 СССР, МКИ, G01 N 31/00, A6 1K 31/00. Способ количественного определения соединений, содержащих ароматические нитро- и аминогруппы в присутствии аскорбиновой кислоты. / Л.И. Погодин, СССР. Заявлено 12.08.82. Опубликовано 23.02.84. Бюл. № 7. С. 140.
6. А.С. 309238 СССР, МКИ, G01 N 21/21. Способ количественного определения нитросоединений. / Л.Е. Релин, Г.К. Соколова, СССР. Заявлено 20.04.70. Опубликовано 09.07.71. Бюл. № 2. С. 167.
7. А.С. 972344 СССР, МКИ, G01 N 21/78. Способ определения пикриновой и пикраминовой кислот в их смеси в водном растворе / Я.И.Коренман, Е.М.Тищенко, Т.А.Нефедова; Воронеж. технол. ин-т. - № 3269231/28 - 04; Заявл. 08.04.81; Опубл. 07.09.82. Бюл. № 41. 5 с.
8. Браун Д. Спектроскопия органических веществ / Д.Браун, А. Флойд, М. Сейшбери. М.: Мир, 1992. 300 с.

### References

1. Aleskovsky V.B. Physico-chemical methods of analysis. Practical Guide / V.B. Aleskovsky, V.V. Bardin, M.I. Bulatov. L.: Chemistry, 1988. 376 p.
2. Arzamastsev A.P. Pharmaceutical Chemistry: Textbook. Manual / Under. Ed. A.P. Arzamastsev. 2nd ed., Rev. M: GEOTAR Media, 2005 640 p.
3. Aliev A.M. New qualitative reaction to chloramphenicol and sintomitsina. // Pharmacy business. 1958. № 3. Pp. 47 - 48.
4. A.S. 362238 USSR, MCI, G01 N 31/61. A method of quantitative determination in the effluent of aromatic nitro compounds. / MD Belostotskaya, E.A. Chistyakov, USSR. Reported 17/03/71. Published on 03/12/72. Bul. № 2. P. 94.
5. A.S. 1075148 USSR, MCI, G01 N 31/00, 31/00 A6 1K. A method of quantitative determination of compounds containing aromatic nitro and amino groups in the presence of ascorbic acid. / L.I. Pogodin, USSR. Reported 08/12/82. Published on 02/23/84. Bulletin № 7. P. 140.
6. AS 309238 USSR, MCI, G01 N 21/21. A method of quantitative determination of nitro compounds. / L.E. Relin, G.K. Sokolava, USSR. Reported 20/04/70. Published on 07/09/71. Bulletin № 2. P. 167.
7. AS 972344 USSR, MCI, G01 N 21/78. A method for determining picric acid and picramic mixtures thereof in an aqueous solution / Ya.I. Korenman, E.M. Tischenko, T.A. Nefedova; Voronezh. Tehnological Institute. - № 3269231/28 - 04; Appl. 04/08/81; Publ. 07.09.82. Bulletin. № 41. 5 p.
8. Brown D. Spectroscopy of organic compounds / D.Braun, A. Floyd, M. Seyshberi. M.: Mir, 1992. 300 p.

УДК 616.13002-004.6-77:677.494.742.2

UDC 616.13002-004.6-77:677.494.742.2

**С.В. ЛАЗАРЕНКО**

ординатор, кафедра урологии, Курский государственный  
медицинский университет  
E-mail: dok.lazarenko@yandex.ru

**В.А. ЛИПАТОВ**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра оператив-  
ной хирургии и топографической анатомии, Курский госу-  
дарственный медицинский университет  
E-mail: drli@yandex.ru

**А.В. ИВАНОВ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой гисто-  
логии, эмбриологии, цитологии, Курский государственный  
медицинский университет  
E-mail: anatomy@mail.ru

**И.П. ПАРФЕНОВ**

доктор медицинских наук, зам. главного врача по  
медицинским вопросам, Городская клиническая больница  
им. С.П. Боткина, г. Москва  
E-mail: info@botkinmoscow.ru

**О.В. ЯКОВЛЕВ**

кандидат технических наук, профессор, кафедра физики и  
нанотехнологий, Курский государственный университет  
E-mail: nanotech@kursksu.ru

**Н.А. ЕМЕЛЬЯНОВ**

ассистент, кафедра физики и нанотехнологий, Курский  
государственный университет  
E-mail: nanotech@kursksu.ru

**S.V. LAZARENKO**

Intern, Department of Urology, Kursk State Medical University  
E-mail: dok.lazarenko@yandex.ru

**V.A. LIPATOV**

Doctor of Medicine, Professor, Department of Operative Surgery  
and Topographic Anatomy, Kursk State Medical University  
E-mail: drli@yandex.ru

**A.V. IVANOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of  
histology, embryology, cytology, Kursk State Medical University  
E-mail: anatomy@mail.ru

**I.P. PARFENOV**

Doctor of Medicine, deputy chief physician on medical matters,  
City Clinical Hospital named after S.P. Botkin, Moscow  
E-mail: info@botkinmoscow.ru

**O.V. YAKOVLEV**

Candidate of technical sciences, Professor, Department Physics  
and Nanotechnology, Kursk State University  
E-mail: nanotech@kursksu.ru

**N.A. EMELYANOV**

Assistant, Department of Physics and Nanotechnology, Kursk  
State University  
E-mail: nanotech@kursksu.ru

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАПЛАТ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА  
ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДАХ**

**MORPHOLOGICAL FEATURES OF PATCH OF DACRON FOR OPERATIONS IN GREAT VESSELS**

*В статье рассматривается вопрос сравнительной оценки морфологических особенностей новых образцов изделий ме-  
дицинского назначения, предназначенных для пластических целей при операциях на магистральных артериях. Авторами  
с применением световой и электронной растровой микроскопии изучены поверхностные характеристики основывающихся  
и плетеных эндопротезов производства фирм «Линтекс», «Север» и «B. Braun», полотно которых изготовлено из полиэ-  
тилентерефталатных нитей.*

*Ключевые слова:* сосудистая заплатка, лавсан, микроскопия, морфология, структура.

*The article discusses the comparative evaluation of the morphological features of new models of medical devices intended for  
plastic purposes during operations on the main arteries. The authors using light and electron scanning microscope investigated  
the surface characteristics of warp and woven implants produced by «Lintex», «Sever» and «B. Braun», which web is made of  
polyethylene terephthalate filaments.*

*Keywords :* vascular patch, dacron, microscopy, morphology, structure.

Продолжает оставаться актуальным вопрос совер-  
шенствования техники выполнения хирургических  
вмешательств с целью улучшения ближайших и от-  
даленных результатов, повышения качества жизни  
пациентов, перенесших хирургическую интервен-  
цию, снижения вероятности развития осложнений.  
Количество пациентов и пострадавших, нуждающихся  
во вмешательстве на магистральных сосудах, остается  
значительным и вследствие отсутствия консервативных  
мер профилактики и лечения заболеваний, и из-за рас-  
пространенности травм, и из-за повышения хирурги-  
ческой активности в отношении категорий пациентов,  
которые ранее получали лишь медикаментозное лече-  
ние [1, 4].

Современную ангиохирургию уже невозможно пред-

ставить без широкого выбора эндопротезов и пла-  
стических материалов. Основой эффективности и  
безопасности имплантов считаются их функциональ-  
ные и морфологические (структурные) свойства [2, 5,  
9-10]. Сравнительное изучение свойств сосудистых  
протезов и заплат позволяет выявить преимущества и  
недостатки отдельных типов изделий, выбрать наибо-  
лее оптимальный вариант, удовлетворяющий требова-  
ниям сосудистой хирургии [3, 7].

В доступной нам литературе мы не встретили све-  
дений о проводимых исследованиях микро- и ультра-  
микроструктуры материала, из которого изготовлены  
объекты нашего научного интереса, соответственно не  
встретилось и морфометрических данных относитель-  
но этого аспекта. Вместе с этим, многие морфологи-



ческие характеристики имплантов могут обусловить и степень реакции тканей на имплантацию, и темпы биоинтеграции заплаты, а также объяснить изменения физикомеханических свойств эндопротезов после их специальной обработки.

Целью исследования явилось сравнительное изучение морфологических (структурных) особенностей ряда сосудистых имплантов, изготовленных текстильным способом.

#### Материалы и методы исследования

В качестве материалов для экспериментальных исследований были использованы образцы сосудистых заплат, отличающиеся способом плетения полотна (тканое или основовязанное), составом нитей (лавсан или модифицированный лавсан) и пористостью стенки (пористая стенка или стенка, пропитанная желатином). Сведения о производителях, химическом составе волокон и способах плетения полотна трех сравниваемых образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика экспериментального материала

Наименование производителя образца	Химический состав нитей	Структура полотна
ООО «Линтекс», г. Санкт-Петербург	полиэтилен-терефталат	основовязанное полотно
ООО ПТГО «Север», г. Санкт-Петербург	полиэтилен-терефталатфторлон	тканое полотно
Группа компаний «B. Braun Melsungen AG» (Германия)	полиэтилен-терефталат	основовязанное полотно, пропитанное желатином

Учитывая неоднородность стенки тканых и основовязанных материалов, влияющую на её проницаемость, нами оценивались результаты измерения оптической плотности и коэффициента шероховатости. Для этого проводили микрофотографирование плетеных имплантов с помощью лабораторного микроскопа Levenhuk D320L при увеличении  $\times 10$  и  $\times 40$  в проходящем и отраженном свете. Фотосъемка велась с помощью входящей в комплект микроскопа цифровой камеры C310. С использованием программы Adobe Design Premium CS5.0 AOO License RU (1407-1009-5992-0029-8509-6197) измеряли отношение количества белых пикселей к количеству черных пикселей с последующим расчетом коэффициента оптической плотности и отношение черных пикселей к белым пикселям с последующим рас-

четом коэффициента шероховатости поверхности. Все цифровые изображения обрабатывали с использованием одинакового алгоритма действий, при максимальном разрешении фотокамеры (2048x1536), подключенной к микроскопу с расчетом размера пикселя 3.2 мкм x 3.2 мкм и количеством фотоприемных элементов 3 МП.

Также проводилось изучение структуры поверхности изучаемых имплантов методом электронной растровой микроскопии. Исследования проводились на базе лаборатории электронной микроскопии Междисциплинарного нанотехнологического центра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Курский государственный университет». Проводилось измерение диаметра переплетенных пучков и отдельных волокон.

Полученные в результате морфометрии цифровые данные обрабатывали статистически с целью установления наличия статистической значимости расхождений средних величин в сравниваемых сериях и группах исследования в соответствии со стандартами ИСО 3534-3-99 и ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534-1-93). После определения показателей описательной статистики (среднее арифметическое, медиана, мода) и обнаружении существенных отклонений от кривой Гауссова распределения, нами было принято решение в качестве основной методики определения уровня статистической значимости отличий использовать определение границ доверительного интервала при допустимом для экспериментальных медико-биологических исследований *in vivo* уровне  $P - 0,05$ .

#### Результаты исследования

При световой микроскопии образцы производства фирмы «Линтекс» характеризуются типичной структурой основовязанного полотна (рис. 1). Сосудистые заплаты, изготовленные фирмой «Север» представляют собой тканое полотно (рис. 2). Сосудистые импланты производства фирмы «B. Braun» являются пропитанным желатином основовязанным полотном (рис. 3).

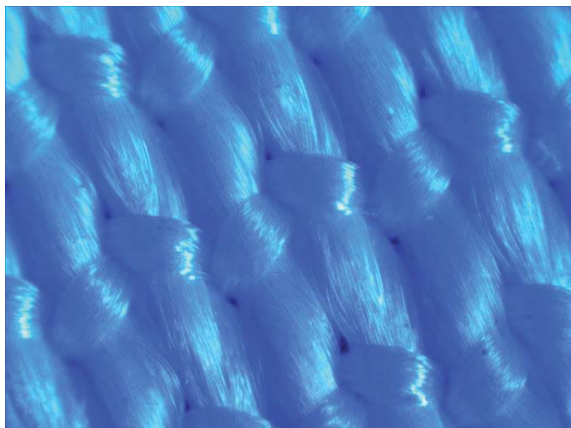
Посредством цифрового анализа серийных световых микрофотографий образцов сосудистых заплат определен коэффициент оптической плотности (в проходящем свете) и коэффициент шероховатости (в отраженном свете), которые представлены в таблице 2.

Коэффициент оптической плотности, отражающий количественное соотношение белых и черных пикселей при максимальном контрастировании, характеризует степень прозрачности и равномерности структуры (равномерности распределения плотности) по способности образца пропускать свет. Максимальным данный

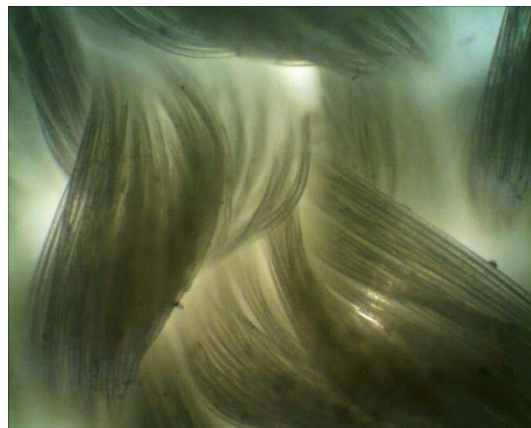
Таблица 2.

Морфологические характеристики образцов  
сосудистых заплат при световой микроскопии

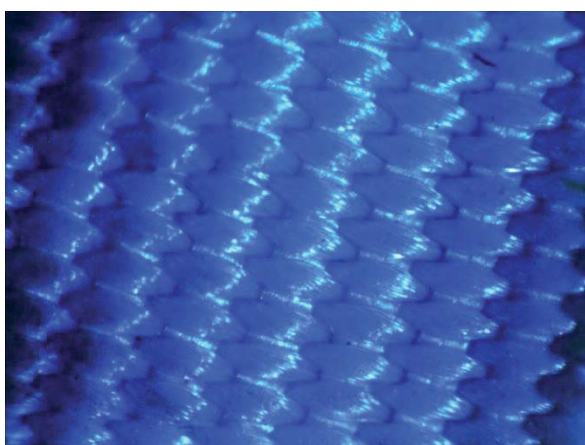
	Образец «Линтекс»	Образец «Север»	p	Образец «B. Braun»	p
Коэффициент оптической плотности	0,03±0,023	0,07±0,019	< 0,05	0,39±0,089	< 0,001
Коэффициент шероховатости	66,6±52,53	15,3±6,17	< 0,001	2,69±0,727	< 0,001



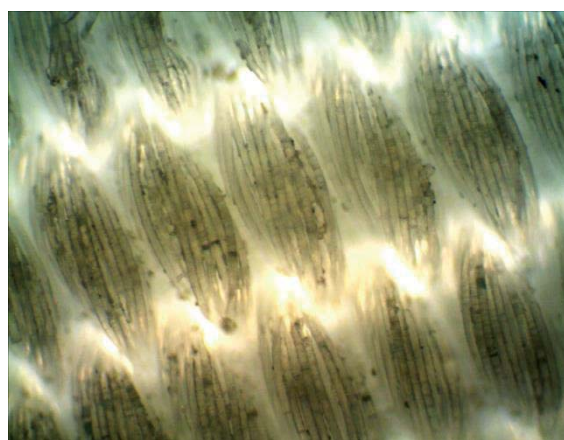
**Рис. 1а.** Фото поверхности образца сосудистой заплаты производства фирмы «Линтекс» в отраженном свете, ув. 10х.



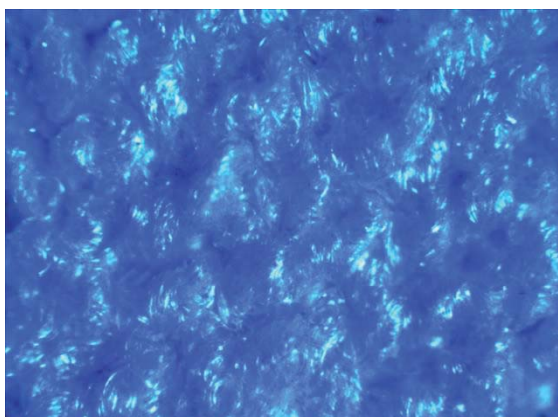
**Рис. 1б.** Фото поверхности образца сосудистой заплаты производства фирмы «Линтекс» в проходящем свете, ув. 40х.



**Рис. 2а.** Фото поверхности образца сосудистой заплаты производства фирмы «Север» в отраженном свете, ув. 10х.



**Рис. 2б.** Фото поверхности образца сосудистой заплаты производства фирмы «Север» в проходящем свете, ув. 40х.



**Рис. 3а.** Фото поверхности образца сосудистой заплаты производства фирмы «Б.Браун» в отраженном свете, ув. 10х.



**Рис. 3б.** Фото поверхности образца сосудистой заплаты производства фирмы «Б.Браун» в проходящем свете, ув. 40х.

показатель оказался у образцов «B. Braun» ( $0,4 \pm 0,08$ ). Существенно более низким оптическим коэффициентом обладали образцы фирм «Север» ( $0,07 \pm 0,02$ ) и «Линтекс» ( $0,02 \pm 0,02$ ). Существенно более высокий оптический коэффициент образцов «B. Braun» (в 5 раз больше, чем у образцов фирмы «Север» и в 20 раз больше, чем у образцов фирмы «Линтекс»,  $p < 0,005$  и  $p < 0,0005$  соответственно) можно объяснить большей их плотностью и жесткостью за счет пропитки желатином.

При световой микроскопии образцов в боковом

освещении определен коэффициент шероховатости, который отражает отношение черных пикселей к белым пикселям при одинаковых условиях съемки. При этом, данный показатель оказался максимальным при анализе поверхности образцов производства фирмы «Север» ( $31,6 \pm 22,6$ ), что почти в 3 раза превышало значения данного показателя при исследовании поверхности образцов производства фирмы «Линтекс» и фирмы «B. Braun» (в 2,95 и в 2,77 раз соответственно). Нами не обнаружено статистически значимых отличий между



степенью шероховатости образцов производства фирмы «Линтекс» и фирмы «B.Braun» ( $p > 0,05$ ).

Цифровые фотографии, сделанные при помощи электронного растрового микроскопа, подтверждают данные, полученные при изучении образцов посредством световой микроскопии, позволяют детализировать осо-

бенности рельефа образцов сосудистых заплат разных производителей. На ультрамикроскопическом уровне удалось тщательно проанализировать структуру пучков и отдельных волокон, определить их размеры, изучить фактуру и особенности переплетения нитей в структуре полотна (рисунки 4-12).

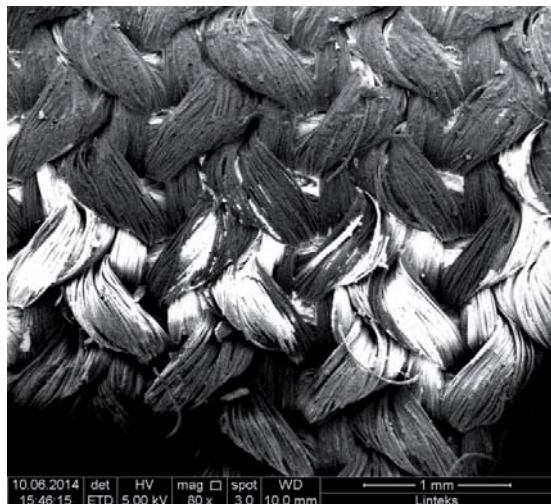


Рис. 4. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплата производства фирмы «Линтекс», ув. 80х.

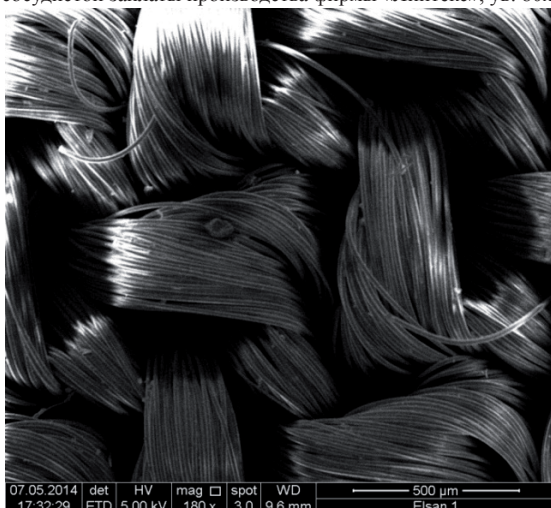


Рис. 5. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплата производства фирмы «Линтекс», ув. 180х.

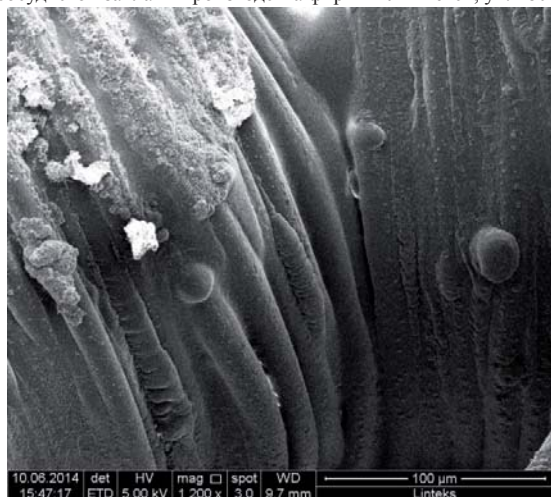


Рис. 6. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплата производства фирмы «Линтекс», ув. 1200х.

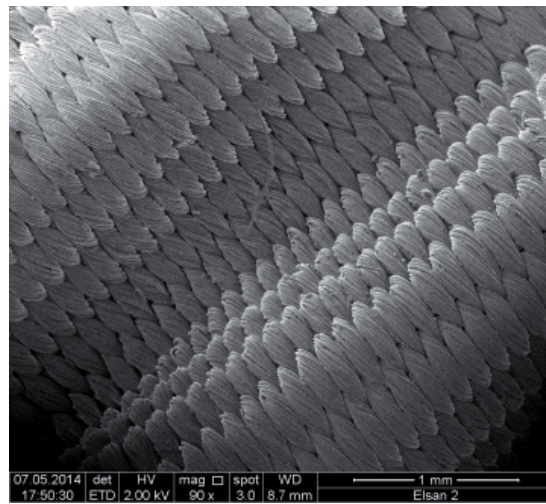


Рис. 7. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплата производства фирмы «Север», ув. 90х.

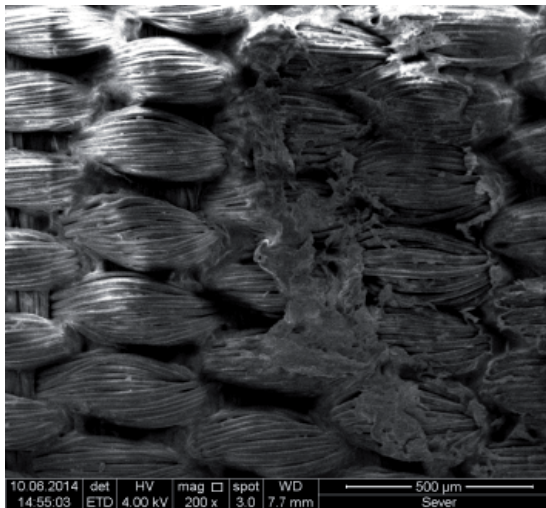


Рис. 8. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплата производства фирмы «Север», ув. 200х.

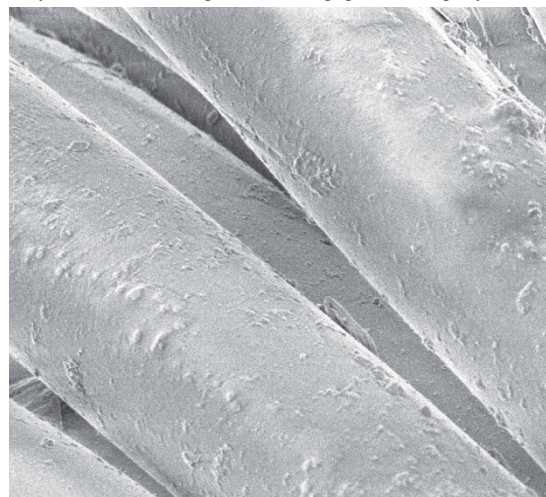


Рис. 9. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплата производства фирмы «Север», ув. 6000х.



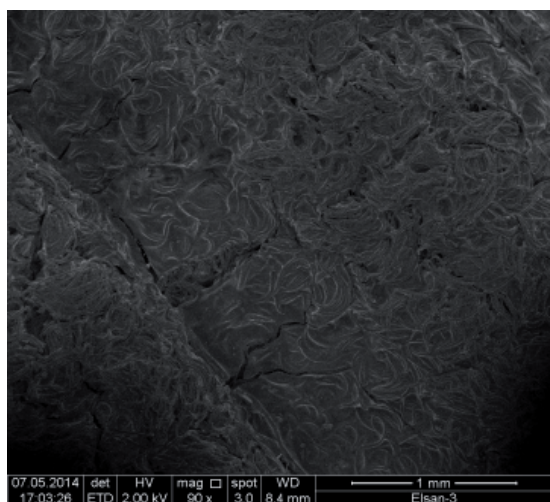


Рис. 10. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплаты производства фирмы «B. Braun», ув. 90х.

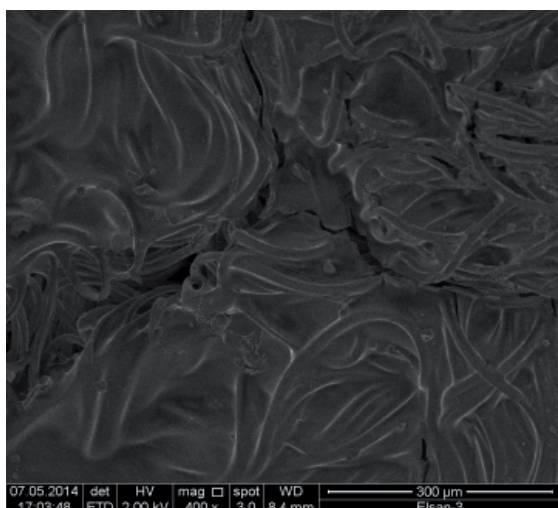


Рис. 11. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплаты производства фирмы «B. Braun», ув. 400х.

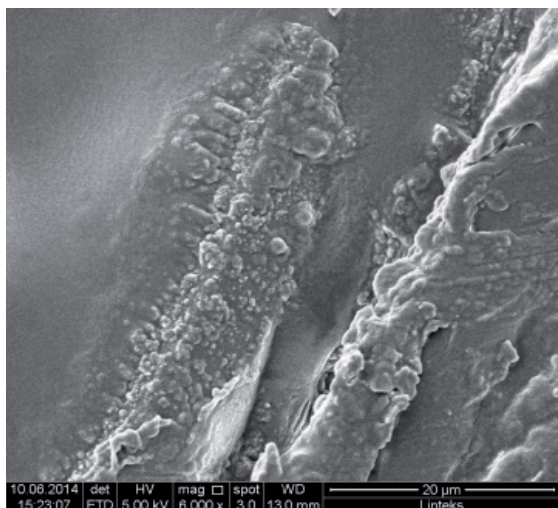


Рис. 12. Электронная растровая микроскопия поверхности сосудистой заплаты производства фирмы «B. Braun», ув. 6000х.



Рис. 13. Измерение диаметра волокон сосудистого импланта производства фирмы «Линтекс» при электронной растровой микроскопии, ув. 3000х.

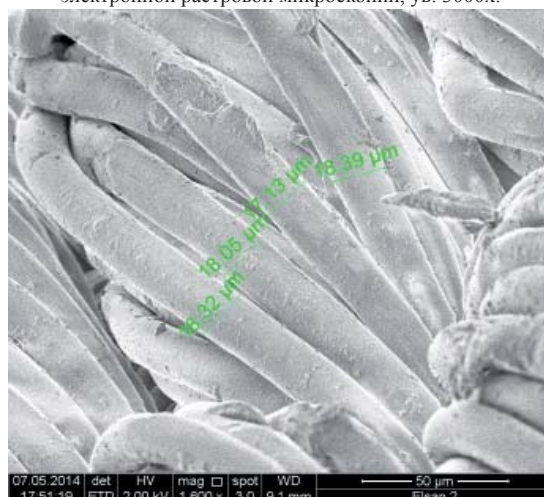


Рис. 14. Измерение диаметра волокон сосудистого импланта производства фирмы «Север» при электронной растровой микроскопии, ув. 1600х.

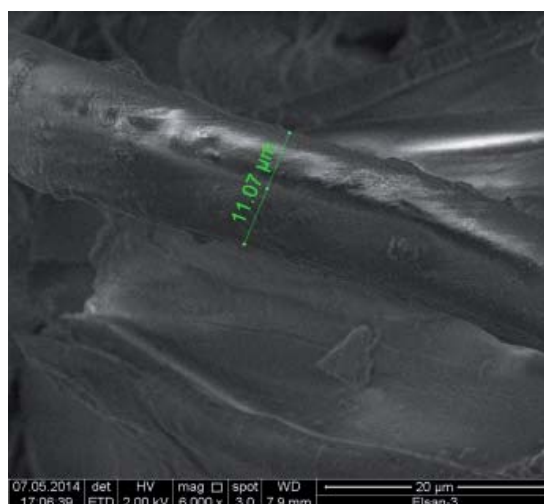


Рис. 15. Измерение диаметра волокон сосудистого импланта производства фирмы «B. Braun» при электронной растровой микроскопии, ув. 6000х.

Измерение диаметра волокон иллюстрируют рисунки 13-15.

Результаты измерений пучков и отдельных волокон, произведенных при обработке цифровых изображений, приведены в таблице 3.



Таблица 3.

Морфологические характеристики образцов сосудистых заплат при световой микроскопии

	Образец «Линтекс»	Образец «Север»	p	Образец «B. Braun»	p
Диаметр пучка (мкм)	6,66±0,451	1,43±0,127	< 0,001	5,20±0,605	< 0,05
Диаметр волокна (нм)	4,32±0,182	3,07±0,155	< 0,001	2,10±0,193	< 0,001

Приведенные в таблице 3 данные свидетельствуют о том, что диаметр нитей, из которого изготовлены образцы заплат производства фирмы «B. Braun» (0,56±0,06), в 1,93 раза больше ( $p < 0,001$ ) по сравнению с образцами фирмы «Линтекс» (0,29±0,16). Минимальным размером пучков обладали образцы, произведенные фирмой «Север» (0,03±0,01).

Однако, имеющие минимальный диаметр пучки, формирующие ткань образцов фирмы «Север», состояли из волокон максимального диаметра (106,19±58,46), что в 6,02 раза больше по сравнению с образцами производства фирмы «Линтекс» (17,63±9,7) и в 8,37 раз по сравнению с образцами фирмы «B. Braun» (12,68±1,17).

### Закключение

Таким образом, полученные в ходе измерений данные свидетельствуют о том, что наибольшими преимуществами обладают образцы производства фирмы «Линтекс».

Основной целью пропитывания образцов фирмы «B. Braun» желатином являлось снижение хирургической пористости и соответственно интраоперационной кровопотери. Однако, как показали наши предыдущие исследования, данная модификация объясняет наличие у образцов этой серии ряда существенных недостатков: высокая жесткость и низкая прочность, незначительная объемная пористость (одно из главных свойств, обуславливающих биологическую пористость и процессы биоинтеграции имплантата).

Имея минимальную поверхностную плотность, жесткость, небольшой диаметр филаментов, составляющих основу имплантата, образцы заплат фирмы «Линтекс» обладают более гладкой поверхностью и достаточной прочностью. Данные позитивные физико-механические и морфологические свойства будут способствовать процессам интеграции сосудистых заплат фирмы «Линтекс» в сосудистую стенку, минимизировать реакцию тканей организма на имплантацию.

### Библиографический список

1. Бойцов С.А., Оганов Р.Г. Опыт профилактики сердечно-сосудистых заболеваний в стране //Терапевтический архив. 2012. Т. 84. №. 9. С. 4-10.
2. Результаты 3000 операций с использованием эксплантатов и заплат «БАСЭК» в сердечно-сосудистой хирургии / Л.А. Бокерия [и др.] // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2012. № 3. С. 47-51.
3. Бызов Д. В. и др. Биотехнологические аспекты создания трансплантатов артерий //BIOTECHNOLOGIA ACTA. 2010. Т. 3.
4. Глянцев С. П., Щелкунов Н. Б., Гекова Т. Ю. Эволюция инноваций в сосудистой хирургии // Верхневолжский медицинский журнал. 2013. Т. 11, вып. 3.
5. Жуковский В. А. Новые направления и возможности совершенствования полимерных имплантатов для реконструктивно-восстановительной хирургии. // В сб.: Матер. II Международной научной конференции «Современные технологии и возможности реконструктивно-восстановительной и эстетической хирургии». М.: 2010. С. 90-93.
6. Иванов А.В., Липатов В.А., Лазаренко С.В., Жуковский В.А. К вопросу о биосовместимости новых образцов заплат для коррекции дефектов магистральных сосудов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6; URL: www.science-education.ru/113-11806 (дата обращения: 21.12.2014).
7. Михайлова А. П., Сынчикова А. П., Сандомирский А. П. Девиализированные сосудистые протезы: исследование in vivo // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2014. Т. 13. №. 4. С. 81-90.
8. Новикова С. П., Салохединова Р. Р., Лосева С. В., и др. Анализ физико-механических и структурных характеристик протезов кровеносных сосудов // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2012. №. 4. С. 27-33.
9. Eiberg J. P. et al. Fluoropolymer-coated dacron versus PTFE grafts for femorofemoral crossover bypass: randomised trial //European journal of vascular and endovascular surgery. 2006. V. 32. №. 4. Pp. 431-438.
10. Jensen L. P. et al. Dacron or PTFE for above-knee femoropopliteal bypass. a multicenter randomised study //European journal of vascular and endovascular surgery. 2007. V. 34. №. 1. Pp. 44-49.

### References

1. Boicov S.A., Oganov R.G. Experience in the prevention of cardiovascular diseases in the country // Therapeutic archive. 2012. V. 84. №. 9. Pp. 4-10.
2. Results of 3000 operations using explants and patches “BASEKS” in cardiovascular surgery / L.A. Bokeria [et al.] // Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2012. № 3. Pp. 47-51.
3. Byzov D.V. et al. Biotechnological aspects of arterial grafts // BIOTECHNOLOGIA ACTA. 2010. V. 3.
4. Glyantsev S.P., Shchelkunov N.B., Gokova T. Yu. Evolution of innovation in vascular surgery // Verhnevolzhskiy Medical Journal. 2013. V. 11, №3.
5. Zhukovsky V.A. New directions and opportunities for perfection of polymer implants for reconstructive surgery. // In .: Mater. II International scientific conference. “Modern technologies and capabilities reconstructive and aesthetic surgery.” M .: 2010. Pp. 90-93.
6. Ivanov A.V., Lipatov V.A., Lazarenko S.V., Zhukovsky V.A. On the question of the biocompatibility of new models of patches to correct the defects of the main vessels // Modern problems of science and education. 2013. № 6; URL: www.science-education.ru/113-11806 (date accessed: 12/21/2014).
7. Mikhailov A. P., Synchikova A. P., Sandomirskiy A. P. Devitalized vascular prosthesis: a study in vivo // Bulletin of Transplantation and Artificial Organs. 2014. V. 13. №. 4. Pp. 81-90.
8. Novikov S.P., Salohedinova R.R., Loseva S.V., et al. Analysis of the mechanical and structural characteristics of prostheses blood vessels // Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2012. №. 4. Pp. 27-33.
9. Eiberg J.P. et al. Fluoropolymer-coated dacron versus PTFE grafts for femorofemoral crossover bypass: randomised trial //European journal of vascular and endovascular surgery. 2006. V. 32. №. 4. Pp. 431-438.
10. Jensen L. P. et al. Dacron or PTFE for above-knee femoropopliteal bypass. a multicenter randomised study //European journal of vascular and endovascular surgery. 2007. V. 34. №. 1. Pp. 44-49.

УДК 14.00.40

UDC 14.00.40

**О.Б. ЛОРАН**

доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАМН, кафедра урологии и хирургической андрологии, Российская медицинская академия последипломного образования

E-mail: oleg\_loran@gmail.com

**Л.А. СИНЯКОВА**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра урологии и хирургической андрологии, Российская медицинская академия последипломного образования

E-mail: l.a.sinyakova@mail.ru

**Л.В. ГУНДОРОВА**

доктор медицинских наук, зав. патологоанатомическим отделением, Городская клиническая больница №68 г. Москвы

E-mail: ludovik-213@mail.ru

**В.А. КОСОВ**

врач уролог- онколог, ведущий специалист, Коми республиканский онкологический диспансер

E-mail: zinaidakosova@yandex.ru

**И.В. КОСОВА**

кандидат медицинских наук, врач-уролог, Городская клиническая больница №68 г. Москвы

E-mail: kosovainga@mail.ru

**Д.Н. КОЛБАСОВ**

кандидат медицинских наук, врач-уролог, зав. урологическим отделением, Городская клиническая больница №68 г. Москвы

E-mail: urology68@rambler.ru

**O.B. LORAN**

Doctor of Medicine, Professor, Member-correspondent of the Russian Academy of Medical Sciences, Department of urology and surgical andrology, Russian Academy of Postgraduated Education

E-mail: oleg\_loran@gmail.com

**L.A. SINYAKOVA**

Doctor of Medicine, Professor, Department of urology and surgical andrology, Russian Academy of Postgraduated Education

E-mail: l.a.sinyakova@mail.ru

**L.V. GUNDOROVA**

Doctor of Medicine, Head of the Pathology department Moscow City Hospital № 68

E-mail: ludovik-213@mail.ru

**V.A. KOSOV**

Urologist-oncologist, Leading Specialist, Komi Republican Oncologic Hospital

E-mail: zinaidakosova@yandex.ru

**I.V. KOSOVA**

Candidate of Medicine, urologist, Moscow City Hospital № 68

E-mail: kosovainga@mail.ru

**D.N. KOLBASOV**

Candidate of Medicine, Urologist, Head of the Urology Department, Moscow City Hospital № 68

E-mail: urology68@rambler.ru

**ВИРУСЫ: ОТ БЕССИМПТОМНОГО НОСИТЕЛЬСТВА ДО ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

**VIRUSES: FROM ASYMPTOMATIC CARRIAGE TO CANCER**

*В статье рассматриваются взаимоотношения уровней противовирусных антител, патоморфологических результатов, наличия вирусных ДНК в опухоли у больных раком мочевого пузыря. Выявлено повышение уровня антител у больных рецидивным, местно-распространенным раком мочевого пузыря высокого потенциала злокачественности. Наличие вирусной ДНК в опухоли определялось в 30% случаев.*

*Ключевые слова:* рак мочевого пузыря, вирус Эпштейна-Барр, цитомегаловирус, герпесвирусы I и II типов, вирус папилломы человека высокого онкогенного риска.

*The article deals with the relationship of levels of antiviral antibodies, pathological results, the presence of viral DNA in tumors in patients with bladder cancer. Increased levels of antibodies in patients with recurrent, locally advanced bladder cancer high potential of malignancy are revealed. The presence of viral DNA in the tumor was determined in 30% of cases.*

*Keywords:* bladder cancer, Epstein-Barr virus, cytomegalovirus, herpes viruses type I and II, human papilloma virus HPV.

В настоящее время в литературе обсуждается вопрос об этиологической роли инфекционных агентов, в частности, вирусов, в генезе развития опухолей мочевого пузыря, их влиянии на частоту рецидивирования и развития инвазивных и метастатических его форм. Вирус Эпштейна-Барр (EBV) является представителем онкогенных ДНК-содержащих вирусов, и диапазон онкологических заболеваний, ассоциированных с ним, постоянно увеличивается: доказано участие EBV в развитии лимфомы Беркитта, назофарингеальной карциномы, волосатой лейкоплакии, рака желудка [1,2]. В литературе есть указания на выявление лимфоцитов, содержащих EBV, у пациентов с более высокими стадиями опухолевого процесса мочевого пузыря [3,4]. Онкомодулирующий эффект CMV при глиобластомах,

опухолях кишечника считается доказанным. Для оказания такого эффекта необходима длительная персистенция вируса в организме. При этом CMV не способен инициировать подобные изменения в неопухолевых клетках [5]. Высокие титры антител IgG CMV у больных раком мочевого пузыря, особенно рецидивным, свидетельствуют о длительной персистенции этого вируса и периодической его активации.

Проведено обследование и лечение 79 больных, страдающих раком мочевого пузыря (58 мужчин и 21 женщина), в возрасте от 38 до 90 лет (средний возраст 65±10), поступивших в урологическое отделение ГКБ №68 и урологическое отделение КРОД в большинстве случаев в экстренном порядке в связи с макрогематурией. Проведено обследование: общий анализ крови,

мочи, УЗИ почек, мочевого пузыря, анализ крови на IgG, М к герпесу (HSV) I и II типов, цитомегаловирусу (CMV), вирусу Эпштейна-Барр (EBV), ПЦР мочи к вышеуказанным вирусам, соскоб из уретры на выявление вируса папилломы человека (HPV) высокого онкогенного риска, МРТ по показаниям, Р-графия органов грудной клетки. Проведена ПЦР – диагностика на наличие вирусов HSV I и II типов, HPV, CMV, EBV в ткани опухоли мочевого пузыря.

Стадия процесса соответствовала T1NxM0 в 52% случаев (у 41 больного), в одном случае имела место папиллома мочевого пузыря, T2NxM0 – у 20 больных (25% случаев), в 16 случаях выявлен местнораспространенный процесс. Трансуретральная резекция стенки мочевого пузыря с опухолью выполнена 61 больному (77,2%), 10 больным – радикальная цистэктомия с формированием гетеротопического резервуара (в ряде случаев с сигмостомией), 8 пациентам – резекция мочевого пузыря. При патоморфологическом исследовании уротелиальный рак с высокой степенью злокачественности выявлен в 65,8% случаев (у 52 больных), в одном случае – папиллома, у 23 больных – рак с низким потенциалом злокачественности, у 2 больных – выявлен плоскоклеточный рак и в одном случае имела место аденокарцинома сигмовидной кишки. Опухоль была рецидивная у 21 пациента.

Заболевания, обусловленные вирусом семейства Herpesviridae, называются герпесвирусными инфекциями (HSV I,II типов, CMV, EBV) и характеризуются поражением кожи, слизистых оболочек, нервной системы, глаз, внутренних органов, мочеполовой системы [2]. Латентное состояние вирусов герпеса характеризуется практически полным отсутствием репликации вирусных генов и синтеза белков, выделения вирионов, а также персистенцией и обратимостью [6]. При этом вирусный геном обнаруживается в ядре и цитоплазме в виде эписом (не интегрирован в геном клетки, ассоциирован с нуклеосомами), как показано для большинства герпесвирусов человека, так и в интегрированном в хромосомы виде (ВЭБ, ВГЧ6). Механизмы, приводящие к реактивации транскрипции вирусного генома, изучены недостаточно полно. Находясь в состоянии латентности, вирус практически “уходит” из-под иммунного надзора. Поэтому состояние латентности является ключевым событием в формировании персистентных герпесвирусных заболеваний [7].

По результатам нашего исследования, антитела класса иммуноглобулинов М (IgM) к цитомегаловирусу не были выявлены ни у одного пациента. Уровни антител класса G к цитомегаловирусу представлены на рисунке 1.

Как видно из диаграммы, у пациентов с высокодифференцированным, первично выявленным, не мышечно-инвазивным уротелиальным раком мочевого пузыря уровень антител к IgG был практически в два раза ниже, чем у больных с низкодифференцированным ( $p=0,07$ ), рецидивным ( $p=0,0017$ ), местнораспространенным процессом ( $p=0,0026$ ). Различий между уровнем IgG к CMV у пациентов с единичными или множественными опухолями мочевого пузыря

не выявлено. Отмечается умеренная корреляция между уровнем anti-CMV IgG и стадией процесса ( $R=0,281$ ,  $p=0,014$ ), уровнем антител к ранним антигенам к EBV ( $R=0,285$ ,  $p=0,015$ ). Выявлено наличие высоких коррелятивных связей уровня антител IgG к CMV и рецидивного характера опухоли ( $R=0,351$ ,  $p=0,002$ ) и наличия ДНК CMV в опухолевой ткани ( $R=0,354$ ,  $p=0,001$ ).

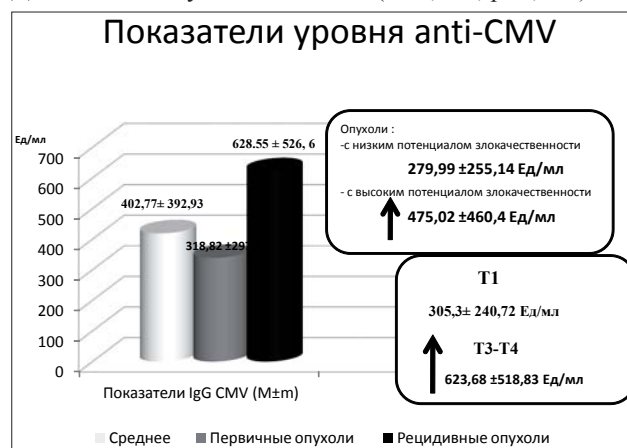


Рис. 1. Показатели уровня антител IgG-CMV у больных раком мочевого пузыря.

Michaelis M. и соавт. считают, что CMV может инфицировать опухолевые клетки (не являясь онкогенным вирусом) и модулировать свойства опухоли в сторону появления инвазивных свойств и способности её к метастазированию, тем самым оказывая онкомодулирующий эффект [5]. Для оказания такого эффекта необходима длительная персистенция вируса в организме. При этом CMV не способен инициировать подобные изменения в неопухолевых клетках. Высокие титры антител IgG к CMV у больных раком мочевого пузыря, особенно рецидивным, свидетельствуют о длительной персистенции этого вируса и периодической его активации.

Вирус Эпштейна-Барр относится к семейству человеческих герпес-вирусов, он персистирует в клетках хозяина в течение всей жизни. Внедрение EBV в организм приводит к развитию различных состояний, от бессимптомного носительства до развития тяжелых форм EBV-инфекций, лимфопролиферативных и онкологических заболеваний. Несмотря на то, что у большинства носителей EBV инфекция протекает в виде бессимптомного пожизненного носительства, вирус имеет высокий потенциал трансформации клеточной пролиферации. При поддержании баланса между иммунной системой человека и процессами репликации EBV в латентную фазу персистенция вируса в клетках может длиться долгое время. Реактивация EBV-инфекции происходит в результате воздействия различных внешних факторов на организм хозяина, в том числе иммунокомпрометирующих. Реактивация латентной инфекции может сопровождаться развитием хронической активной EBV-инфекции, при которой происходит внедрение EBV в Т-лимфоциты и NK-клетки. Клинически это может проявляться рецидивирующими мононуклеозоподобными симптомами. Лабораторные тесты выявляют



высокие титры противовирусных антител (анти-VCA, анти-EBNA), вирусную ДНК в большом количестве. Прогрессирование процесса ведет к быстрой смерти больных от тяжелых инфекционных процессов и кровотечений в результате развития гемофагоцитарного синдрома. Причинами летальных исходов могут стать фульминантный гепатит, осложнения гемоваскулита и **злокачественные процессы** [8].

Мы выявили статистически достоверное повышение уровня нуклеарных anti-EBV IgG-EBNA ( $p=0,037$ ) у пациентов с рецидивным течением заболевания (Диаграмма 2). Антитела класса иммуноглобулинов G (IgG) к ядерному антигену вируса (EBNA) (более 20 ед/мл – положительно) появляются через 1–6 месяцев после первичной инфекции. Затем их титр уменьшается и сохраняется в течение всей жизни. При реактивации Эпштейна-Барр вирусной инфекции происходит повторное увеличение их титра [2,9,10], возможно развитие различных клинических форм (аутоиммунных процессов, генерализованной инфекции, гемофагоцитарного синдрома и т.д.), в том числе и развитие онкологических заболеваний [9].

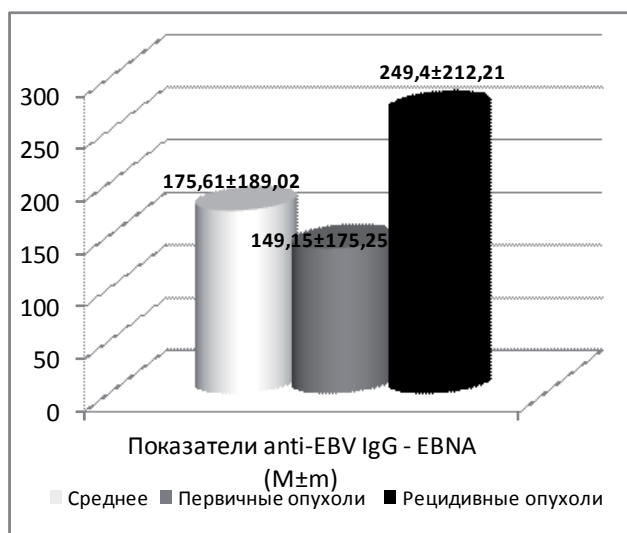


Рис. 2. Показатели уровня антител IgG-EBNA у больных раком мочевого пузыря.

Как видно из рисунка 2, уровень антител IgG - EBNA у больных с рецидивными опухолями примерно в два раза выше, чем с первичными. То есть реактивация вирусной инфекции у этой категории больных в течение жизни происходит чаще, что, возможно, и обуславливает возникновение рецидива. Кроме того, при наличии позитивных лимфоузлов уровень anti-EBV IgG-EBNA был выше ( $p=0,0257$ ), чем при их отсутствии, т.е. способность к метастазированию у этой категории больных была выше.

Что касается повышения показателя антител к капсидному антигену, то он был значительно повышен (средний уровень составил  $371,51 \pm 296,26$  ед/мл), однако статистически достоверных различий между уровнем антител в зависимости от стадии процесса, степени анаплазии и характера опухолевого поражения мы не выявили.

Антитела класса иммуноглобулинов G (IgG) к ран-

нему антигену (early antigen – EA) достигают высокого титра на 3–4-й неделе острой Эпштейна-Барр вирусной инфекции и исчезают через 2–6 месяцев. Они появляются при реактивации, отсутствуют при атипичной форме заболевания. Высокие титры антител к раннему антигену выявляют при хронической Эпштейна-Барр вирусной инфекции, вызванных вирусом раковых и аутоиммунных заболеваниях, иммунодефицитных состояниях [2,9,10]. В нашем исследовании мы выявили статистически достоверное повышение уровня ранних антигенов anti-EBV IgEA ( $p=0,02$ ) у больных с местно-распространенным процессом (средний уровень  $27,25 \pm 40,49$  ед/мл) по сравнению с уровнем антител с неинвазивным раком мочевого пузыря (средний уровень  $9,89 \pm 13,10$  ед/мл). Несмотря на то, что уровень этих антител по оценочной шкале является отрицательным (менее 20 ед/мл) или сомнительным (от 20–40 ед/мл), определяется тенденция роста этого показателя в зависимости от стадии процесса. В нашем исследовании Ig-EA более 40 ед/мл (положительный) был выявлен у 6 больных с низкодифференцированными опухолями, в одном случае опухоль была рецидивная, у 3 больных был выявлен мышечно-инвазивный рак (T2-T4), в остальных случаях имело место множественное поражение мочевого пузыря. У троих больных в опухоли была выявлена ДНК EBV.

Ранее в нашей работе мы не выявляли какой-либо статистически достоверной зависимости уровня антител Ig G к HSV I, II типов у больных раком мочевого пузыря. Однако, по мере накопления клинического материала мы обнаружили статистически достоверную разницу в уровне антител к вышеуказанным вирусам у пациентов с опухолями высокого и низкого потенциала злокачественности ( $p=0,03$ ). Так, средние показатели уровня Ig G к HSV I, II типов у больных с высокодифференцированными опухолями составили  $17,32 \pm 7,69$  инд.поз. vs.  $21,32 \pm 6,99$  инд.поз. у пациентов с низкодифференцированными опухолями. Уровень IgG к HSV I, II типов коррелировал с уровнем ранних антигенов к EBV ( $R=0,306$ ,  $p=0,009$ ).

Наличие вирусных ДНК в опухолевой ткани было выявлено у 24 больных (30% случаев). У 15 больных в опухоли выявлено наличие ДНК EBV, у 2 – CMV, в 4 случаях – HPV высокого онкогенного риска (16, 39, 45, 52, 59), в 1 случае – HSV I, II типов, в двух случаях выявлено 2 вируса (HPV+EBV и EBV+CMV). Чувствительность ПЦР для определения наличия ДНК EBV составляет 70–75 %, что значительно ниже, чем при других герпесвирусных инфекциях (95–100 %). Это связано с появлением вируса Эпштейна-Барр в биологических жидкостях лишь **при иммуноопосредованном лизисе инфицированных В-лимфоцитов** [2, 10]. Следует сразу оговориться, что в большинстве случаев выполнялась ТУР стенки мочевого пузыря с опухолью. При небольших размерах опухоли возможна недостаточная для определения концентрация ДНК вируса в материале, вследствие чего даже при наличии высоких уровней антител ДНК вируса в опухоли не выделялось.

Наличие ДНК CMV в опухоли коррелировало с уров-



нем нуклеарных антител к EBV ( $R=0,3$ ,  $p=0,008$ ), а ДНК EBV-с уровнем капсидных антител ( $R=0,354$ ,  $p=0,002$ ) и ранних антигенов ( $R=0,261$ ,  $p=0,027$ ) к EBV. Такое взаимодействие вирусов свидетельствует о возможном онкомодулирующем эффекте CMV для клеток опухоли как инфицированных EBV, так и не инфицированных указанным вирусом, с развитием рецидивных и местно-распространенных форм рака мочевого пузыря.

Таким образом, все возрастающая роль вирусных инфекций в этиологии опухолей различной локализации, их влияние на частоту рецидивирования и течение заболевания диктует необходимость более тщательного

изучения их роли в этиологии развития рака мочевого пузыря. В нашей работе выявлено статистически достоверное повышение уровня вирусных антител у больных рецидивным, местно-распространенным раком мочевого пузыря высокого потенциала злокачественности; статистически значимые коррелятивные связи между наличием вирусных ДНК CMV и EBV в опухоли, уровнем их антител, стадией процесса и рецидивным характером опухоли. Все вышеизложенное диктует необходимость продолжения исследования для получения статистически достоверных данных по другим показателям.

#### Библиографический список

1. Takada K. Epstein-Barr virus and gastric carcinoma. Mol Pathol. 2000; 53(5):255
2. Исаков В.А., Архипова Е.И., Исаков Д.В. Герпесвирусные инфекции человека. Руководство для врачей. СПб.: СпецЛит, 2006. 303 с.
3. Abe T., Shinohara N., Tada M., Harabayashi T., Sazawa A., Maruyama S., Moriuchi T., Takada K., Nonomura K. Infiltration of Epstein-Barr virus-harboring lymphocytes occurs in a large subset of bladder cancers. Int J Urol. 2008 May; №15(5): C.429-34.
4. Chuang K.L., Pang S.T., Liao S.K., Wu C.T., Chang Y.H., Chuang H.C., Chuang C.K. Epstein-Barr virus DNA load in tumor tissues correlates with poor differentiation status in non-muscle invasive urothelial carcinomas. BJU Int. 2011 Jan; №107(1): C. 150-4.
5. Michaelis M., Doerr H.W., Cinatl J.Jr. The story of Human Cytomegalovirus and Cancer Increasing Evidence and Open Questions. Neoplasia. 2009 Jan; №11(1): C.1-9.
6. Speck S.H et al. Viral latency and its regulation: lessons from the  $\gamma$ -Herpesviruses. Cell Host and Microbe.-2010.-Volume 8.-Issue 1. Pp.100-115.
7. Исаков В.А., Архипова Е.И., Исаков Д.В. Герпесвирусные инфекции человека. Руководство для врачей. СПб.: СпецЛит, 2013. 2-е изд., перераб. и доп. 670 с.:ил.
8. Кондратенко И.В. Блоггов А.А. Первичные иммунодефициты. М.: Изд МЕДПРАКТИКА-М, 2005. 232 с.
9. Осипова Л.С. Особенности течения и лечения инфекции, вызванной вирусом Эпштейна - Барр. Новости медицины и фармации. 18(387) 2011.
10. Казмирчук В.Е., Мальцев Д.В. Клиника, диагностика и лечение герпесвирусных инфекций человека. К.: Феникс, 2009. 248 с.

#### References

1. Takada K. Epstein-Barr virus and gastric carcinoma. Mol Pathol. 2000; N53(5): Pp.255.
2. Isakov V. A., Arkhipova E. I., Isakov D. V. Human Herpesvirus infections. A guidelines for physicians. St. Petersburg.: Spec lit, 2006. 303 p.
3. Abe T., Shinohara N., Tada M., Harabayashi T., Sazawa A., Maruyama S., Moriuchi T., Takada K., Nonomura K. Infiltration of Epstein-Barr virus-harboring lymphocytes occurs in a large subset of bladder cancers. Int J Urol. 2008 May; N15(5): Pp.429-34.
4. Chuang K.L., Pang S.T., Liao S.K., Wu C.T., Chang Y.H., Chuang H.C., Chuang C.K. Epstein- Barr virus DNA load in tumor tissues correlates with poor differentiation status in non-muscle invasive urothelial carcinomas. BJU Int. 2011 Jan; No107(1): Pp.150-4.
5. Michaelis M., Doerr H. W., Cinatl J. Jr. The story of Human Cytomegalovirus and Cancer Increasing Evidence and Open Questions. Neoplasia. 2009 Jan; N 11(1). Pp. 1-9.
6. Speck S.H et al. Viral latency and its regulation: lessons from the  $\gamma$ -Herpesviruses. Cell Host and Microbe. 2010. Volume 8. Issue 1.Pp.100-115.
7. Isakov V. A., Arkhipova E. I., Isakov D. V. human Herpesvirus infections. A guidelines for physicians. St. Petersburg.: Spec lit, 2013. 670 p.
8. Kondratenko V. I. Blogov A. Primary immunodeficiencies. M.: Publishing house of medical practice-M, 2005. 232 p.
9. Osipova L. S. Course and treatment of infection caused by the Epstein- Barr. News of medicine and pharmacy. 18(387) 2011.
10. Kazmirchuk V. E., Maltsev D. V. Clinical features, diagnosis and treatment of herpesvirus infections of man. K.: Phoenix, 2009. 248 p.

УДК 616.12-008.331.1: 615.225.2

UDC 616.12-008.331.1: 615.225.2

**А.И. ЛУЩИК**

аспирант, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: ermor@yandex.ru

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней, Орловский государственный университет

**A.I. LUSCHIK**

Graduate student, Department of internal diseases, Orel State University  
E-mail: ermor@yandex.ru

**V.I. VISHNEVSKIY**

Doctor of Medicine, Professor, Head of internal diseases, Orel State University

**ДИНАМИКА УРОВНЯ МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ И АГРЕГАЦИИ ТРОМБОЦИТОВ  
У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ ВЫСОКОГО И ОЧЕНЬ ВЫСОКОГО РИСКА  
НА ФОНЕ СОЧЕТАННОЙ АНТИГИПЕРТЕНЗИВНОЙ ТЕРАПИИ\***

**THE DYNAMICS OF LEVEL OF URIC ACID AND PLATELET AGGREGATION IN PATIENTS WITH  
THE ARTERIAL HYPERTENSION OF HIGH AND VERY HIGH RISK WITHIN  
THE COMBINATION OF ANTIHYPERTENSIVE DRUGS**

*Проведено сравнительное исследование эффективности сочетанной антигипертензивной терапии лозартан + индапамид и рамиприл + индапамид у 105 больных артериальной гипертензией высокого и очень высокого риска сердечно-сосудистых осложнений. Отмечена их сопоставимая гипотензивная эффективность, положительное влияние на показатели СМАД. У пациентов с артериальной гипертензией степень агрегации тромбоцитов достоверно превышала аналогичные показатели контрольной группы. Лозартан снижал уровень мочевой кислоты плазмы крови и степень агрегации тромбоцитов, чего не было выявлено на фоне приема рамиприла.*

Ключевые слова: артериальная гипертензия, лозартан, рамиприл, гиперурикемия, агрегация тромбоцитов.

*We have conducted a comparative research of efficiency of antihypertensive therapy with the following drugs: losartan + indapamide and ramipril + indapamide in 105 patients with an arterial hypertension of high and very high risk of cardiovascular complications. We have noted their comparable hypotensive efficiency, positive influence on results of ambulatory blood pressure monitoring.*

*The level of platelet aggregation was significantly more in patients with an arterial hypertension than on control group. Losartan reduced level of uric acid and level of platelet aggregation, that was absent in group which took ramipril.*

Keywords: arterial hypertension, losartan, ramipril, hyperuricemia, platelet aggregation.

Влияние уровня мочевой кислоты (МК) плазмы крови на прогноз сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) давно является предметом научных исследований. Впервые эта связь была установлена Gertler и соавт. в 1951г.

В настоящее время гиперурикемия (ГУ) рассматривается как маркер повышенного риска развития осложнений ССЗ [1]. Так, повышение концентрации МК на 1 мг/дл повышает риск осложнений ССЗ на 32% [3].

Отмечено, что частота артериальной гипертензии (АГ) у больных с подагрой значительно выше, чем в популяции [1]. Окончательно не выяснен патофизиологический механизм влияния ГУ на развитие АГ, является это сопутствующим состоянием или звеном патогенеза АГ [9].

Обсуждается несколько механизмов влияния МК на развитие ССЗ. ГУ является маркером нарушения окислительных процессов и отражает активность процесса свободно-радикального окисления. Как известно, их активация и хронический оксидативный стресс являются одной из основных причин развития эндотелиальной дисфункции (ЭД) и начальным звеном в патогенезе АГ и ишемической болезни сердца (ИБС). ГУ вызывает также ЭД за счет нарушения образования NO [8].

Обсуждается влияние МК на ЭД через фермент ксантиноксидазу, который участвует в пуриновом обмене. При окислении пуринов до МК в сопряженной реакции образуются реактивные формы кислорода, способные вызывать оксидативный стресс, что в свою очередь усугубляет ЭД [9].

ГУ вызывает повышение уровня воспалительных медиаторов-маркеров воспаления СРБ, ИЛ-6, растворимых молекул адгезии – 1, ФНОα, индуцирует пролиферацию гладкомышечных клеток (ГМК) in vitro, активирует факторы транскрипции и сигнальные молекулы, вызывая гиперэкспрессию циклооксигеназы и моноцитарного хемоаттрактантного белка [10]. Ранняя коррекция ГУ может служить профилактикой развития АГ и осложнений ССЗ.

Для коррекции ГУ основным лекарственным средством является аллопуринол, прием которого вместе со снижением уровня МК по данным некоторых исследований вызывал снижение САД и ДАД [5, 6, 7, 9].

Среди всех антигипертензивных препаратов (АГП) значимое снижение уровня МК отмечено только для лозартана [6]. Впервые его способность увеличивать экскрецию МК была описана в 1992г. Nakashima M. и соавт., что является следствием особой молекулярной

\* Статья подготовлена в рамках базовой части Государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего профессионального образования «Орловский государственный университет» на 2015 год (Задание № 2014/369), проект № 1602.

структуры препарата и не связано с влиянием на АГ<sub>1</sub>-рецепторы.

У больных АГ имеется тенденция к повышению агрегационной способности тромбоцитов, что играет важную роль в развитии осложнений и ухудшении прогноза ССЗ. Повышение агрегационной способности тромбоцитов связано, прежде всего, с ЭД [4].

Одним из факторов, повышающих агрегационную способность тромбоцитов, является ГУ. Еще в 1976 г. Wyngaarden J.B. и соавт. было отмечено, что повышенный уровень МК в крови ускоряет адгезию и агрегацию тромбоцитов.

Среди АГП наиболее выраженным положительным эффектом на ЭД обладают блокаторы ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС) - иАПФ и БРА [2].

Целью данной работы явилась сравнительная оценка влияния сочетанной терапии лозартан + индапамид и рамирил + индапамид на уровень мочевой кислоты и агрегацию тромбоцитов у больных АГ высокого и очень высокого риска сердечно-сосудистых осложнений (ССО).

**Материалы и методы.** Обследовано 105 больных артериальной гипертонией в возрасте от 43 до 70 лет, средний возраст составил  $59,8 \pm 6,4$  лет. Характеристика больных представлена в табл. 1.

Таблица 1.

Исходная характеристика больных

Клиническая характеристика	Данные n или M $\pm$ σ
Число наблюдений (количество человек)	105
Мужчины	25 (23,8%)
Женщины	80 (76,2%)
Средний возраст (лет)	59,8 $\pm$ 6,4
Длительность анамнеза АГ (лет)	9,9 $\pm$ 6,7
Курение (количество человек)	10 (9,5%)
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	30,2 $\pm$ 4,0
В т.ч. ожирение I ст. (количество человек)	37 (35,2%)
Общий холестерин (ммоль/л)	5,6 $\pm$ 1,0
ХС ЛНП (ммоль/л)	2,6 $\pm$ 0,3
ТГ (ммоль/л)	2,0 $\pm$ 0,8
Глюкоза (ммоль/л)	5,0 $\pm$ 0,4
Калий (ммоль/л)	4,5 $\pm$ 0,4
Креатинин (мкмоль/л)	87,6 $\pm$ 13,7
Мочевая кислота (мкмоль/л)	364,4 $\pm$ 95,0
Средний балл по шкале SCORE	6,4 $\pm$ 6,0

Критерии включения в исследование: возраст пациентов 40-70 лет, наличие АГ 1-2 стадии, 1-3 степени, высокого и очень высокого риска ССО и получение информированного согласия пациента.

Критерии исключения были следующие: симптоматическая АГ, 3 стадия АГ, сердечная недостаточность выше I ст., ИБС, нарушения мозгового кровообращения, сахарный диабет, тяжелая соматическая патология, перенесенные острые заболевания или хирургическое вмешательство менее чем за 3 месяца до исследования, ожирение выше I ст., беременность, лактация, непереносимость иАПФ, БРА, участие в настоящее время в другом клиническом исследовании.

Исходно всем пациентам выполнялось двукратное измерение АД в амбулаторных условиях, расчет индекса массы тела (ИМТ), скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле MDRD, дополнительного риска ССО по шкале SCORE, суточное мониторирование АД (СМАД), биохимическое исследование крови (креатинин, АЛТ, АСТ, калий, мочевая кислота, общий холестерин, холестерин липопротеидов низкой плотности, триглицериды, глюкоза).

Биохимические и функциональные методы исследования проводились по общепринятым методикам, что позволило оценить функцию различных органов, выявить осложнения терапии и сопутствующие заболевания.

Исследование агрегации тромбоцитов в плазме крови проводилось турбодиметрическим методом по Борну с помощью анализатора агрегации тромбоцитов AP 2110 фирмы «SOLAR», при этом оценивался коэффициент светопропускания в перемешиваемой и термостатируемой, а также стандартизированной по количеству тромбоцитов (Тц) (200-250 $\times$ 10<sup>9</sup>/л), суспензии клеток. В качестве индуктора агрегации использовались растворы АДФ (НПО «Ренам») в конечной концентрации 5,0 и 10,0 мкмоль/л. Выбор данных концентраций АДФ обусловлен тем, что при концентрации 5,0 мкмоль/л в группе контроля наблюдается двухфазная агрегация и при 10,0 мкмоль/л – необратимая агрегация тромбоцитов. Учитывалась степень агрегации тромбоцитов в процентах ( $A_{\max}$  %).

Кровь для исследования брали утром натощак из локтевой вены не ранее чем через 12-14 часов после приема пищи. Свертываемость крови предупреждали 3,8% раствором цитрата натрия, добавляемым в соотношении 1:9. Использовалась только пластмассовая посуда (куветы, пробирки, пипетки).

Для получения плазмы, богатой тромбоцитами (ПБТ) цитратную кровь центрифугировали в течение 10 мин при 1000 об/мин. ПБТ отсасывалась в пластиковые пробирки. Затем оставшуюся кровь снова центрифугировали в течение 15 мин при 3000 об/мин. Образующийся после повторного центрифугирования верхний слой является бестромбоцитарной плазмой.

ПБТ использовалась для исследования функциональной активности Тц, бестромбоцитарная плазма – для калибровки шкалы оптической плотности прибора и, при необходимости, для разведения ПБТ до стандартного содержания Тц от 200 до 250 $\times$ 10<sup>9</sup>/л.

После определения исходных параметров пациенты были разделены на 2 группы. В соответствии с рекомендациями по лечению АГ у больных высокого и очень высокого дополнительного риска изначально была назначена сочетанная антигипертензивная терапия (АГТ) [2]. Пациенты 1 группы получали лозартан в начальной дозе 50 мг/сут. + индапамид 2,5 мг/сут.; пациенты 2 группы – рамирил в начальной дозе 2,5 мг/сут. + индапамид 2,5 мг/сут. Все препараты назначались однократно в утренние часы.

Оценка качества проводимой терапии проводилась на основании анализа динамики клинических показате-

лей, параметров СМАД. Осмотр пациентов и при необходимости коррекция дозы препаратов проводились с промежутком в 1 неделю до достижения целевых цифр АД (менее 140/90 мм рт. ст.) при амбулаторном измерении или более низких при индивидуальной переносимости в соответствии с российскими и европейскими рекомендациями по диагностике и лечению АГ [2].

Через 8 недель после начала лечения всем пациентам выполнялось повторное СМАД, оценка лабораторных показателей с расчетом СКФ.

Для статистического анализа результатов проведен-

ного исследования использовалась программа Microsoft Excel 2007, Statistica 10,0.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Средние дозы препаратов составили для лозартана 77,3±29,6 мг/сут., для рамиприла 7,6±2,8 мг/сут. в комбинации с индапамидом 2,5 мг/сут.

В табл. 2 приведены показатели СМАД до лечения и через 8 недель на фоне АГТ.

Как следует из таблицы 2, в обеих группах отмечалась сопоставимая положительная динамика основных параметров СМАД.

Таблица 2.

Параметры СМАД через 8 недель на фоне АГТ

Показатели	I группа		II группа	
	Исходно	8 нед	Исходно	8 нед
Дневные показатели				
Среднее САД	151,9±1,8	129,3±1,1**	151,3±2,0	130,5±1,1**
Среднее ДАД	90,2±1,5	79,5±1,1**	91,9±1,7	80,1±1,1**
Индекс времени САД	76,6±3,1	21,5±2,3**	77,0±3,5	24,1±2,6**
Индекс времени ДАД	50,2±4,6	15,7±2,9**	56,4±5,1	17,8±3,3**
Вариабельность САД	14,7±1,2	11,7±0,4**	14,1±0,6	12,3±0,4*
Вариабельность ДАД	12,6±2,5	9,0±0,4*	10,7±0,4	8,9±0,3*
Индекс площади САД	180,9±22,3	27,9±5,2**	217,3±30,8	48,4±12,0**
Инд площади ДАД	66,6±11,1	11,0±2,6**	97,6±14,1	21,0±4,6**
Ночные показатели				
Среднее САД	137,1±2,2	118,1±1,5**	137,5±3,3	117,9±2,0**
Среднее ДАД	79,0±1,4	69,6±1,0**	79,6±2,9	69,1±1,3**
Индекс времени САД	74,4±4,2	27,7±3,2**	72,4±5,0	28,8±4,5**
Индекс времени ДАД	60,9±5,1	25,9±3,1**	61,7±6,2	26,4±3,9**
Вариабельность САД	13,1±0,6	11,1±0,5*	13,7±0,7	10,5±0,5**
Вариабельность ДАД	10,1±0,5	8,8±0,4*	10,3±0,4	8,3±0,4*
Индекс площади САД	137,1±20,2	28,7±6,0**	146,1±27,2	41,9±11,2**
Индекс площади ДАД	54,5±7,9	25,9±6,1*	72,3±12,7	24,3±6,1**
Общее за сутки				
Пульсовое давление	60,4±1,7	49,3±1,0*	58,7±1,8	48,6±1,1**
ЧСС	71,3±1,5	70,6±1,3	72,4±1,0	71,4±1,3
Ночное снижение САД	9,1±1,0	9,1±1,0	9,5±1,6	10,2±1,2
Ночное снижение ДАД	12,5±1,3	11,7±1,0	11,3±1,2	13,5±1,2
Величина утреннего подъема САД	45,5±3,0	34,0±1,5*	53,3±3,0	39,2±2,4**
Величина утреннего подъема ДАД	35,8±1,7	28,9±1,5*	40,0±2,4	28,5±1,4**
Скорость утреннего подъема САД	28,0±3,1	14,9±1,4**	21,4±2,8	18,0±1,8
Скорость утреннего подъема ДАД	20,8±2,5	11,7±1,1*	17,9±2,3	12,6±1,5
Индекс утренних часов САД	1264,5±149,2	795,7±89,2*	1253,6±141,4	692,2±74,6*
Индекс утренних часов ДАД	539,8±46,4	376,0±45,6*	677,6±64,3	389,8±39,3**

Примечание: \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,001$ , САД – систолическое АД, ДАД – диастолическое АД, ЧСС – частота сердечных сокращений.

В обеих группах не выявлено значимых изменений в метаболизме глюкозы, липидов (ХС, ХС ЛПНП, ТГ) и уровня трансаминаз (табл. 3).

На фоне АГТ в обеих группах отмечена тенденция к снижению концентрации креатинина сыворотки крови и увеличению СКФ.

В I группе наблюдалось снижение уровня мочевой кислоты в плазме крови на 12,8 % ( $p=0,02$ ), а также небольшое повышение калия с 4,4±0,1 до 4,7±0,1 ммоль/л ( $p=0,02$ ). Во II группе изменения данных показателей не были статистически достоверными.

Анализ исходных параметров агрегации тромбоцитов выявил, что у пациентов I и II групп степень агрега-

ции тромбоцитов достоверно превышает аналогичные показатели контрольной группы ( $p<0,001$ ).

На фоне АГТ к исходу 8 недель лечения в I группе отмечена положительная динамика  $A_{\max}$  – снижение с 59,3±11,9% до 52,2±8,3% ( $p<0,01$ ) на средней концентрации индуктора агрегации (АДФ 5 мкмоль/л), и с 67,9±10,9% до 59,6±8,3% ( $p<0,01$ ) на высокой концентрации индуктора агрегации (АДФ 10 мкмоль/л; табл. 4.).

Во II группе  $A_{\max}$  значимо не изменилась.



Таблица 3.

Динамика некоторых лабораторных показателей на фоне приема АГП

Показатель	I группа (M±m)		II группа (M±m)	
	Исходно	8 нед.	Исходно	8 нед.
ХС (ммоль/л)	5,5±0,1	5,4±0,1	5,7±0,1	5,6±0,1
ТГ (ммоль/л)	2,08±0,1	1,8±0,1	2,0±0,1	1,8±0,1
ХС ЛПНП (ммоль/л)	2,6±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1	2,6±0,1
Глюкоза натощак (ммоль/л)	5,0±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
АЛТ (ЕД/л)	22,1±1,0	21,8±0,9	23,3±1,0	21,8±1,0
АСТ (ЕД/л)	22,4±1,0	21,9±0,8	22,7±0,9	22,0±0,6
Калий (ммоль/л)	4,4±0,1	4,7±0,1*	4,5±0,1	4,6±0,1
Мочевая кислота (мкмоль/л)	374,6±15,9	326,5±12,7*	351,6±12,9	333,1±14,3
Креатинин (мкмоль/л)	91,1±2,6	86,5±1,8	82,9±1,6	79,2±1,4
СКФ (мл/мин/1,73 м2)	66,4±2,2	69,5±1,9	67,8±1,5	71,8±2,2

Примечание \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,001$ .

Таблица 4.

Динамика параметров агрегационной способности тромбоцитов на фоне приема АГП

Концентрация АДФ (мкмоль/л)/ степень агрегации тромбоцитов в %	Контроль (n=20)	I группа			II группа		
		исходно	8 нед.	p	исходно	8 нед.	p
5 A <sub>max</sub> (%)	47,1±3,4	59,3±11,9	52,2±8,3*	0,002	60,9±9,3	58,5±7,0	0,22
10 A <sub>max</sub> (%)	51,4±4,4	67,9±10,9	59,6±8,3*	0,0001	67,8±10,6	64,7±5,0	0,12

Примечание \* –  $p < 0,01$ .

При сравнении полученных нами результатов с данными в доступной литературе отмечено, что в большинстве исследований прослеживается связь между повышением уровня МК в плазме крови и риском развития ССЗ [1, 3, 5–9]. Частота развития АГ у больных с ГУ значительно выше, чем в популяции. Так, по данным Института ревматологии РАМН, сочетание АГ с подагрой встречается у 25–50% больных.

При обсуждении связей между АГ, ГУ и дисфункцией эндотелия нельзя не упомянуть об исследовании LIFE [6], в котором показана статистически значимая достоверная связь между повышением концентрации МК в крови и увеличением риска ССО. По результатам этого же исследования лозартан по сравнению с атенололом показал более высокую эффективность по влиянию на основной комбинированный показатель частоты развития инфаркта миокарда, инсульта и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), что могло быть связано со снижением концентрации МК в крови и улучшением функции эндотелия.

Связь между развитием АГ и ГУ подтверждают экспериментальные работы Kanbay и соавт. [7, 9]. На фоне лечения аллопуринолом у мышей с экспериментальной моделью ГУ наблюдалось параллельное снижение уровня МК и показателей АД [9].

В исследованиях на пациентах, прием аллопуринола вместе со снижением концентрации МК вызвал значимое снижение САД и ДАД [7].

Данную взаимосвязь также подтверждают данные двойного слепого рандомизированного плацебо-контролируемого исследования у подростков с ожирением, АГ и ГУ [5]. Аллопуринол статистически

достоверно снижал уровень МК параллельно со снижением АД.

Есть ряд исследований, в которых четко не доказана связь между ГУ и риском ССО, в частности Фремингемское исследование и исследование ARIC (Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study).

Снижение уровня МК на фоне приема лозартана является дозозависимым и может достигать от 3 до 30% [6, 10]. В нашем исследовании снижение концентрации МК в группе приема лозартана составило 12,8%.

Исследование агрегационной способности тромбоцитов при ССЗ чаще проводится при ИБС, чем при АГ. В отношении больных АГ все же имеются данные о повышении агрегации тромбоцитов по сравнению со здоровыми лицами. Повышение агрегационной способности тромбоцитов, вероятно, связано с ЭД, далеко не всегда представляется возможным определить является ли нарушение функции тромбоцитов следствием течения заболевания или патогенетическим механизмом развития АГ. В этой связи представляют интерес результаты исследования Dockrell MEC и соавт. [4], в которое включали молодых людей с повышенным АД и различной наследственной предрасположенностью к АГ (учитывались уровни АД испытуемых и их родителей). Было установлено, что у пациентов, чьи родители имели АГ, повышение АД коррелировало с повышением в крови уровня эндотелина-1 и агрегации тромбоцитов по сравнению с группой пациентов, родители которых имели нормальное АД. Таким образом, можно предположить, что нарушение функции эндотелия способствовало развитию АГ и повышению агрегационной способности тромбоцитов.

**Заключение.** Сочетанная антигипертензивная терапия лозартан + индапамид и рамирил + индапамид у больных артериальной гипертензией высокого и очень высокого риска оказывает сопоставимый гипотензивный эффект, положительно влияет на показатели вариабельности АД, нагрузку давлением, пульсовое давление.

У больных артериальной гипертензией высокого и очень высокого риска сердечно-сосудистых осложнений по сравнению с группой контроля отмечено повышение агрегационной способности тромбоцитов. Кроме того, у этой категории пациентов повышен уровень мочевой кислоты в плазме крови, что, вероятно, является дополнительным фактором, усугубляющим эндотелиальную дисфункцию и способствующим повышению агрегации тромбоцитов.

Снижение уровня мочевой кислоты на фоне лечения лозартаном сопровождается улучшением агрегацион-

ной способности тромбоцитов.

Эта способность среди препаратов блокаторов рецепторов ангиотензина II свойственна только лозартану и не является класс-специфичным эффектом, а следствием молекулярной структуры лозартана.

Лозартан является препаратом выбора у больных артериальной гипертензией, гиперурикемией и повышенной агрегационной способностью тромбоцитов. Лозартан позволяет добиться лучшего контроля уровня мочевой кислоты в крови, уменьшить степень агрегации тромбоцитов, что в конечном итоге может способствовать улучшению сердечно-сосудистого прогноза у данной категории больных.

Рамирил, наряду с сопоставимым с лозартаном гипотензивным эффектом, не оказывает влияния на концентрацию мочевой кислоты в плазме крови и агрегационную способность тромбоцитов.

#### Библиографический список (References)

1. Gilyarevsky S.R., Kuzmina I.M., Kelekhsayev Kh.R. Uric acid and cardiovascular diseases: a new C-reactive protein? System Hypertension. 2010.2. Pp. 18-21.
2. Chazova I.E., Ratova L.G., Boitsov S.A., Nebieridze D.V. Recommendations for the management of arterial hypertension Russian Medical Society of Arterial Hypertension and Society of Cardiology of the Russian Federation, 2010. System Hypertension. 2010. 3.Pp. 5-27
3. Alderman M.H., Cohen H., Madhavan S. Distribution and determinants of cardiovascular events during 20 years of successful antihypertensive treatment. J Hypertens. 1998. 16. Pp. 761–769.
4. Dockrell MEC et al. Platelet aggregation in young men with contrasting predisposition to high blood pressure. AmJ Hypertens. 1999.12. Pp. 115-119.
5. Feig D.I., Soletsky B., Johnson R.J. Effect of allopurinol on blood pressure of adolescents with newly diagnosed essential hypertension: a randomized trial. JAMA. 2008. 300.Pp. 924-932.
6. Høiegggen A., Alderman M.H., Kjeldsen S.E. et al. LIFE Study Group. The impact of serum uric acid on cardiovascular outcomes in the LIFE study. Kidney Int. 2004. 65. P. 1041-1049.
7. Kanbay M, Ozkara A, Selcoki Y et al. Effect of treatment of hyperuricemia with allopurinol on blood pressure, creatinine clearance, and proteinuria in patients with normal renal functions. Int Urol Nephrol. 2007. 39. P. 1227-33.
8. Kanellis J., Kang D.H. Uric acid as a mediator of endothelial dysfunction, inflammation, and vascular disease. Semin Nephrol. 2005. 25. P. 39-42.
9. Mazzali M., Kanbay M., Segal M.S. et al. Uric acid and hypertension: cause or effect? Curr Rheumatol Rep. 2010. 12. P. 108-17.
10. Zhang W., Doherty M., Bardin T., et al. EULAR evidence based recommendations for gout. Part II: Management. Report of a task force of the EULAR Standing Committee For International Clinical Studies Including Therapeutics (ESCISIT). Ann Rheum Dis. 2005. 65(10). Pp. 1312-24.

УДК 616.12-009.72-08

UDC 616.12-009.72-08

**А.Е. МАКЛАКОВ**

аспирант, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет

E-mail: antonmaklako@yandex.ru

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней, Орловский государственный университет

**A.E. MAKLAKOV**

Graduate student, Department of internal diseases, Orel State University

E-mail: antonmaklako@yandex.ru

**V.I. VISHNEVSKIY**

Doctor of Medicine, Professor, Head of department of internal diseases, Orel State University

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ АНТИАГРЕГАНТОВ  
(АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, КЛОПИДОГРЕЛЯ, ТИКАГРЕЛОРА)  
У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА\***

**COMPARATIVE EFFICACY OF SOME OF ANTIPLATELET AGENTS (ACETYLSALICYLIC ACID,  
CLOPIDOGREL, TICAGRELOL) IN PATIENTS WITH ISCHEMIC HEART DISEASE**

*Представлен обзор литературы об эффективности основных антиагрегантных препаратов (ацетилсалициловой кислоты, клопидогреля, тикагрелора) у больных ишемической болезнью сердца.*

*Ключевые слова:* ишемическая болезнь сердца, антиагрегантные препараты, ацетилсалициловая кислота, клопидогрель, тикагрелор.

*The article provides an overview of the literature on the efficacy of antiplatelet drugs (aspirin, clopidogrel, ticagrelor) in patients with coronary heart disease.*

*Keywords:* ischemic heart disease, antiplatelet drugs, aspirin, clopidogrel, ticagrelor.

Ишемическая болезнь сердца (ИБС), являющаяся одной из важнейших медицинских проблем практической кардиологии XXI века, известна человечеству на протяжении многих столетий. Еще в 1772г. английский врач У. Геберден в своем докладе Лондонскому королевскому обществу подробно и точно охарактеризовал клиническую картину «грудной жабы» – стенокардии: «...У тех, кто подвержен ей, при ходьбе, особенно после еды, возникают болезненные, наиболее неприятные ощущения в груди, которые, кажется, отнимут жизнь, если только они усилятся или будут продолжаться, но стоит остановиться, как эта скованность исчезает. Во всех других отношениях пациенты в начале этой болезни чувствуют себя хорошо и, как правило, отсутствует укороченное дыхание, от которого это состояние полностью отличается». Геберден отмечал, что стенокардия может возникнуть при дефекации, волнении, в покое, в положении лежа; зимой заболевание протекает тяжелее, чем летом, и ею чаще болеют пожилые мужчины с избыточной массой тела; описывал иррадиацию боли в левую руку и случаи внезапной смерти во время приступа.

В настоящее время тромботические осложнения атеросклероза, наряду с сахарным диабетом (СД) и хронической обструктивной болезнью легких, являются ведущими среди заболеваний, характеризующих фенотип современного больного. Ежегодно в Российской Федерации от сердечно-сосудистых заболеваний умирает более 1 млн. человек, т.е. примерно 700 человек на 100 000 населения. ИБС часто развивается у трудоспо-

собных, творчески активных лиц, существенно ограничивая их социальную и трудовую активность, усугубляя социально-экономические проблемы в обществе [1–3].

Доказано, что атеросклеротические бляшки, часто с тромботическими наложениями, располагаются обычно в проксимальном отделе коронарного сосуда. Наиболее часто поражаются передняя межжелудочковая и огибающая ветви левой коронарной артерии (до 60%), правая коронарная артерия (до 40%). При повреждении эндотелия сосудов различной этиологии происходит формирование тромба и вследствие этого – частичная и полная окклюзия. Тромбоциты первыми реагируют на разрыв атеросклеротической бляшки, запускают коагуляционный каскад и составляют основу формирования артериального тромба.

Таким образом, тесная взаимосвязь процессов атерогенеза и тромбообразования делает патогенетически оправданным проведение долговременной антитромбоцитарной терапии у больных ИБС. Назначение антиагрегантов при отсутствии противопоказаний является обязательным звеном терапии больных ИБС. Антиагреганты препятствуют агрегации тромбоцитов, уменьшают их способность к склеиванию и прилипанию к эндотелию сосудов. Кроме того, они облегчают деформирование эритроцитов при прохождении через капилляры, улучшают текучесть крови [4].

Классификация антиагрегантных препаратов представлена в таблице 1.

\* Статья подготовлена в рамках базовой части Государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего профессионального образования «Орловский государственный университет» на 2015 год (Задание № 2014/369), проект № 1602.

Таблица 1.

Классификация антиагрегантов

Классы антиагрегантов	Препараты
Ингибиторы метаболизма арахидоновой кислоты	Неселективные ингибиторы ЦОГ – АСК, индобуфен, трифлузал. Блокаторы тромбоксана – пикотамид, ридогрел
Препараты, увеличивающие содержание циклического аденозинмонофосфата в тромбоцитах	Ингибиторы фосфодиэстеразы тромбоцитов – дипиридамол, трифлузал Стимуляторы аденилатциклазы – илопрост
Блокаторы АДФ-рецепторов	Тиенопиридины (непрямые) – тиклопидин, клопидогрель. Прямые – тикагрелор
Антагонисты P <sub>2</sub> Y <sub>12</sub> /P <sub>2</sub> U <sub>12</sub> гликопротеиновых рецепторов	Абиксимаб, эптифибатид, тирофибан, ламифибан, фрамон

Ацетилсалициловая кислота (АСК) – наиболее старый и известный антиагрегант, который является нестероидным противовоспалительным препаратом и используется в медицинской практике более 100 лет. Механизм его действия связан с неселективной блокадой циклооксигеназы (ЦОГ-1) тромбоцитов, вследствие чего в тромбоцитах блокируется синтез тромбоксана A<sub>2</sub> (TxA<sub>2</sub>), который является мощным индуктором агрегации тромбоцитов и сужения сосудов [5]. АСК при приеме внутрь быстро всасывается из желудка и кишечника, циркулирует в неизмененном виде в течение 20 минут, после чего превращается в печени в салицилат. Так как АСК необратимо ингибирует ЦОГ-1, агрегация восстанавливается после того, как костный мозг секреторирует новые тромбоциты.

Клопидогрель – самый известный представитель группы тиенопиридинов, который относится к пролекарствам. Образование метаболитов, обладающих антиагрегантной активностью, происходит в печени [6]. Активный метаболит клопидогреля селективно ингибирует связывание АДФ с его рецептором P<sub>2</sub>Y<sub>12</sub> на тромбоцитах и последующую АДФ-опосредованную активацию комплекса GPIIb/IIIa, приводя к подавлению агрегации тромбоцитов. Благодаря необратимому связыванию, тромбоциты остаются невосприимчивыми к стимуляции АДФ в течение всего оставшегося срока своей жизни (примерно 7–10 дней), а восстановление нормальной функции тромбоцитов происходит со скоростью, соответствующей скорости обновления тромбоцитов. В настоящее время клопидогрель является наиболее рекомендуемым базовым антиагрегантом, который назначают у больных ИБС.

Тикагрелор – антиагрегантный препарат, который, как и тиенопиридины, является ингибитором тромбоцитарных P<sub>2</sub>Y<sub>12</sub> рецепторов к АДФ, но отличается от них прямой (без образования активного метаболита путем печеночного метаболизма) и обратимой блокадой рецептора [7].

В 2002 г. были опубликованы результаты крупного метаанализа по оценке эффективности антиагрегантных препаратов, включившего 287 исследований (из них – 195 контролируемых) у более, чем 135 тыс. пациентов высокого риска [11]. У 77 тыс. больных сравнивалась эффективность лечения различными антиагрегантами. Результаты метаанализа показали, что назначение антиагрегантов снижал суммарный риск развития сосудистых эпизодов на 22%, нефатального

инфаркта миокарда (ИМ) – на 34%, сосудистой смерти – на 15%.

В ходе исследования Physicians Health Study аспирин в дозе 325мг через день значительно снижал риск первого ИМ в подгруппе пациентов с ИБС: стабильной стенокардией [14].

В другом исследовании Swedish Angina Pectoris Aspirin Trial добавление 75мг АСК к сotalолу у 2035 пациентов с ИБС: стабильной стенокардией вызвало снижение частоты первичных конечных точек (ИМ, внезапная смерть) на 34% и вторичных сердечно-сосудистых событий (ССС) на 32% [21].

Метаанализ данных, проведенный Сотрудничеством исследователей антиагрегантных препаратов и включавший данные 12 исследований с участием в общей сложности 18788 пациентов, перенесших ИМ и страдающих ИБС: стенокардией напряжения, показал, что антиагрегантная терапия АСК в среднем на протяжении 27 месяцев значительно снижала частоту возникновения основных ССС по сравнению с контролем. Эти однозначные результаты, классифицируемые как уровень доказательности А, позволили Американской коллегии кардиологов дать рекомендацию класса I для использования АСК при ИБС: стабильной стенокардии при отсутствии противопоказаний [8].

В проведенных 2-х крупных перспективных исследованиях АСК назначалась женщинам-медсестрам без предшествующего коронарного анамнеза и пациентам с подозрением на наличие ИБС [12]. Одно из этих исследований, продолжавшееся в течение 6 лет, проводилось у 87 678 женщин в возрасте 34-65 лет, которые регулярно принимали от одной до шести таблеток АСК в неделю. Риск развития нефатального ИМ и коронарной смерти достоверно снизился на 25%. Интересно отметить, что положительное влияние АСК не было выраженным у женщин моложе 50 лет. Соотношение количества ССС среди получавших и не получавших АСК составило 22 и 23 на 100 000. В то же время среди женщин от 50 до 54 лет частота ССС у принимавших и не принимавших АСК составила 62 и 121 на 100 000, а в группе от 55 лет и выше – 112 и 165 на 100 000 соответственно.

Известны данные 5 крупных контролируемых исследований, в ходе которых изучалось применение АСК с целью первичной профилактики. Это американское и английское исследования врачей, Thrombosis Prevention Trial (TPT), Hypertension Optimal Treatment



Study (HOT), Primary Prevention Project (PPP) [13–17]. Объединенный анализ результатов американского и английского исследований врачей выявил достоверное снижение риска развития нефатального ИМ на 32%, а всех CCC – на 13% [18]. Не было отмечено значимого влияния АСК на общую и сердечно-сосудистую смертность, однако наблюдалась тенденция к увеличению частоты нефатального мозгового инсульта (МИ). Доза АСК в данных исследованиях составляла 325 мг через день и 500 мг/сут. соответственно. В американском исследовании назначение АСК позволило избежать развития 4,4 ИМ на 1000 получавших лечение пациентов в год в «старшей» возрастной группе, тогда как в целом это снижение составило 1,9 на 1000 в год [13]. Эффект АСК был выше у лиц с СД, артериальной гипертензией (АГ), у курящих и ведущих малоподвижный образ жизни [13].

В исследованиях ТРТ и HOT АСК назначалась в значительно меньших дозах – 75 мг/сут. В ТРТ включались лица с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), получавшие монотерапию варфарином или АСК, комбинацию варфарина с АСК и плацебо [15]. Число фатальных и нефатальных случаев коронарной смерти на терапии варфарином и АСК снизилось приблизительно одинаково – на 20%, при этом действие варфарина в основном было связано с уменьшением частоты фатальных случаев ИБС (39%), а АСК – нефатальных (32%). Эффект АСК был значительно выше у лиц с исходным систолическим АД  $\leq 130$  мм рт. ст. (снижение риска на 45%) и практически не отмечался при систолическом АД  $\geq 145$  мм рт. ст. (– 6%) [19].

Исследование HOT было посвящено изучению эффективности и безопасности применения АСК у больных АГ в условиях подобранной гипотензивной терапии [16]. АСК уменьшала риск развития ИМ на 36%, а общее число CCC (ИМ, МИ, сердечно-сосудистая смерть) – на 15%. Самая низкая частота CCC отмечалась при достижении среднего диастолического АД – 82,6 мм рт. ст.; минимальный риск сердечно-сосудистой смертности при уровне ДАД – 86,5 мм рт. ст. Дальнейшее снижение ДАД также было безопасным. У больных СД частота CCC на терапии АСК снизилась на 51% при достижении ДАД 80 мм рт. ст. Как и в ТРТ, в исследовании HOT не было отмечено увеличения общего числа МИ на терапии АСК.

Несколько отличаются результаты исследования PPP, в ходе которого АСК назначалась в дозе 100 мг/сут пациентам с наличием одного и более факторов риска (ФР) ССЗ [17]. Риск развития ИМ и МИ снизился приблизительно одинаково – на 31% и 33%, соответственно. Отмечено достоверное уменьшение сердечно-сосудистой смертности на 44%, а всех CCC (сердечно-сосудистая смерть, нефатальные ИМ и МИ, преходящие нарушения мозгового кровообращения, стабильная стенокардия, периферический атеросклероз) – на 23%.

**Клопидогрель**, который действует как неконкурентный антагонист рецепторов АДФ и по антитромботической эффективности схож с АСК. Основным

исследованием по эффективности использования клопидогреля при стабильном течении хронической ИБС является CAPRIE (рис. 1). В группе пациентов, принимавших клопидогрель, риск развития сердечно-сосудистых осложнений (ССО) оказался на 9% меньше, чем у больных, принимающих монотерапию АСК. Согласно данным регистра REACH, риск повторения ишемического события в течении 1 года составляет 21%, затем он снижается до 17%. У пациентов со стабильным течением ИБС риск развития ССО около 12%, а у пациентов, обладающих большим количеством ФР, составляет 9%. Установлено, что монотерапия клопидогрелем оказывает выраженный положительный эффект у больных, страдающих периферическим атеросклерозом, а также у пациентов с СД. Но наиболее эффективным оказалось применение клопидогреля у больных, имеющих в анамнезе аортокоронарное шунтирование (АКШ). Препарат существенно снижал риск развития тромбоза, поскольку у пациентов, перенесших АКШ, шунты являются более уязвимым с точки зрения тромбообразования местом, нежели коронарные артерии. Частота сердечно-сосудистой смерти у таких больных на фоне приема клопидогреля снижалась на 43%. По данным исследования CAPRIE, прием клопидогреля в 2 раза реже сопровождался развитием таких осложнений, как гастрит, язвенное поражение ЖКТ и желудочно-кишечное кровотечение. В применении к реалиям повседневной клинической практики клопидогрель является альтернативой для больных с непереносимостью АСК. Не следует забывать и о такой проблеме, как резистентность к АСК. По данным ряда авторов, резистентность к АСК составляет от 10 до 45%, в то время как для клопидогреля данный показатель не превышает 8–10%. Кроме того, клопидогрель в меньшей степени, нежели АСК, взаимодействует с другими препаратами, а также с алкоголем. И наконец, в отличие от АСК, клопидогрель не оказывает прямого раздражающего воздействия на слизистую желудка и функцию тромбоцитов [9].

В исследовании CURE больные получали курс лечения продолжительностью до 1 года клопидогрелем или плацебо в сочетании со стандартной терапией, которая включала АСК. Первичным комбинированным критерием результата в исследовании CURE был ИМ, МИ или смерть от CCC. Взаимосвязь показателя риска с осложнениями, связанными с кровотечением, не оценивалась. Однако анализ показал, что увеличение числа событий, связанных с кровотечением, в случаях применения клопидогреля (по сравнению с плацебо) в дополнение к стандартной терапии с АСК было одинаковым для всех категорий риска.

Исследование CURE показало, что применение клопидогреля продолжительностью до 1 года в дополнение к стандартной терапии, включающей АСК, на 20% ( $p = 0,00009$ ) снижало риск наступления комбинированного конечного события (ИМ, МИ или смерть от CCC) у больных по сравнению с группой, получающей плацебо в дополнение к стандартной терапии с АСК.

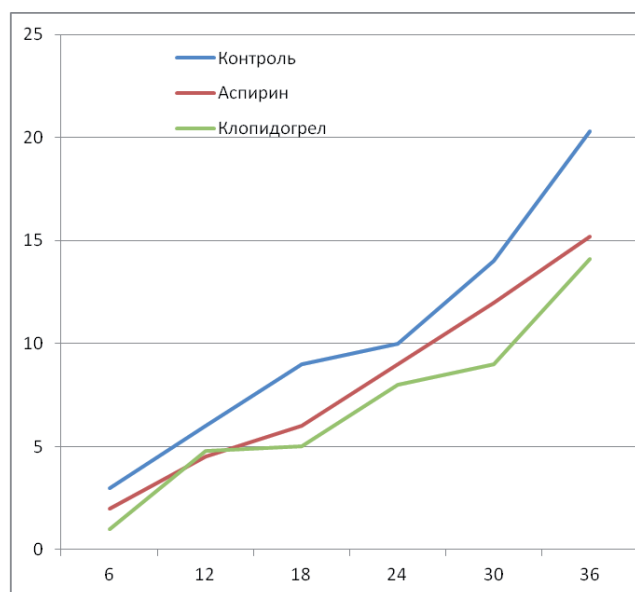


Рис. 1. Клопидогрель против аспирина – исследование CAPRIE (суммарный риск сердечной смерти, ИМ).

Прошло около 2-х десятилетий с того момента, когда кардиологи мира пришли к мнению относительно целесообразности назначения АСК с клопидогрелем, пациентам, страдающим хронической ИБС. Но не следует забывать, что мы живем в XXI веке, и, возможно, уже пришло время найти замену АСК и клопидогрелю.

**Тикагрелор**, как и клопидогрель, ингибирует тромбоцитарные P2Y<sub>12</sub> рецепторы к аденозиндифосфату, но отличается от него прямой (без образования активного метаболита путем печеночного метаболизма) и обратимой блокадой рецептора. Эти различия позволяют добиться более быстрого и более выраженного по сравнению со стандартными дозами клопидогреля подавления активности тромбоцитов с возможностью более быстрого прекращения действия препарата в случае развития кровотечения или ситуации с высоким риском

кровотечения.

В исследовании PLATO принимало участие 18624 больных, часть из которых принимали клопидогрель 75мг/сут., другие – тикагрелор 90мг х 2 раза в день (рис. 2). Длительность сравнения составила 12 месяцев.

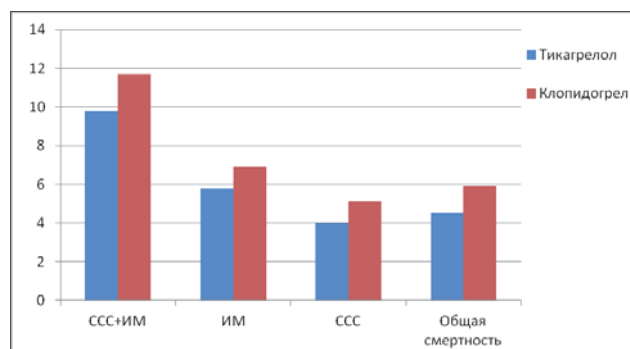


Рис. 2. Основная конечная точка наблюдения и её составляющие в исследовании PLATO.

Основная конечная точка наблюдения традиционно была составной и включала в себя смерть от ССС и ИМ. В итоге исследования суммарная частота событий составила 9,8% у получавших тикагрелор и 11,7%, у получавших клопидогрель. Анализ по predetermined до начала исследования дополнительным конечным точкам наблюдения выявил другие достоверные отличия, включая разницу по частоте ИМ (5,8% в группе тикагрелора против 6,9% в группе клопидогреля), смерти от ССС (4,0% против 5,1%, соответственно) [10].

Таким образом, антиагрегантная терапия относится к важным компонентам первичной и, в особенности, вторичной профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений. Лекарственные препараты, улучшающие прогноз у больных ИБС, одними из которых являются антитромбоцитарные средства, рекомендуются всем больным с этим диагнозом при отсутствии противопоказаний.

#### Библиографический список

1. Гусев Е.И., Скворцова В.И. Ишемия головного мозга. М., 2010.
2. Бабанов С.А. Профессия и стресс: синдром эмоционального выгорания. Справочник поликлинического врача. М., 2010.
3. Косарев В.В., Бабанов С.А., Астахова А.В. Фармакология и лекарственная терапия. Под ред. В.К. Лепехина. М: Эксмо, 2011.
4. Ушкалова Е.А. Аспиринорезистентность: механизмы развития, методы определения и клиническое значение. Фарматека. 2010; 13: 8–14.
5. Панченко Е.П. Антитромботическая терапия острых коронарных синдромов без подъема сегмента ST. Consilium Medicum. 2010, Т. 3, № 10. С. 472.
6. Диагностика и лечение больных острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST кардиограммы. Всероссийское научное общество кардиологов. Российские рекомендации. М., 2007.
7. Wallentin L., Becker R.C., Budaj A. et al. Ticagrelor versus clopidogrel in patients with acute coronary syndromes. N Engl J Med. 2009; 361 DOI: 10/1056/NEJMoa0904327.
8. Bhatt D.L., Topol E.J. Scientific and therapeutic advances in antiplatelet therapy. Nature Rev. 2011; 2: 15.
9. Effect of clopidogrel in addition to aspirin in patients with acute coronary syndromes without ST elevation. The CURE trial investigators. N Engl J Med. 2010; 345: 494–502.
10. Shneider D.J. Mechanisms Potentially contributing to the reduction in Mortality Associated with ticagrelor therapy. J Am Coll Cardiol. 2011; 57 (6): 685 – 7.
11. McConnel H. Collaborative meta-analysis of randomised trials of antiplatelet therapy for prevention of death, myocardial infarction, and stroke in high risk patients. Br. Med. J. 2002; 324: 71–86.
12. Manson J.E., Stampfer M.J., Colditz G.A. et. al. A prospective study of aspirin use and primary prevention of cardiovascular disease in women. JAMA. 1991; 266: 521–27.
13. Gum P.A., Thamaras M., Watanabe J. et. al. Aspirin use and all-cause mortality among patients being evaluated for known or suspected coronary artery disease: a propensity analysis. JAMA. 2001; 286: 1187–1194.
14. Final report on the aspirin component of the ongoing Physicians' Health Study. Steering Committee of the Physicians' Health Study Research Group. N. Engl. J. Med. 2001; 321: 129–35.
15. Peto R., Gray R., Collins R. et al. Randomized trial of prophylactic daily aspirin in British male doctors. Br. Med. J. 2007; 296: 313–6.
16. Thrombosis prevention trial: randomised trial of low-intensity oral anticoagulation with warfarin and low-dose aspirin in the primary prevention of ischaemic heart disease in men at increased risk. The Medical Research Council's General Practice Research Framework. Lancet. 1998; 351: 233–41.

17. Hansson L., Zanchetti A., Carruthers S.G. et al. Effects of intensive blood-pressure lowering and low dose aspirin in patients with hypertension: principal results of Hypertension Optimal Treatment (HOT) randomized trial. *Lancet*; 2004; 351: 1766–62.
18. Collaborative Group of the Primary Prevention Project. Low-dose aspirin and vitamin E in people at cardiovascular risk: a randomised trial in general practice. *Lancet* 2001; 357: 89–95.
19. Hennekens C.H., Buring J.E., Sandercock P. et al. Aspirin and other antiplatelet agents in the secondary and primary prevention of cardiovascular disease. *Circulation*; 2008; 80: 749–56.
20. Paré G., Mehta S.R., Yusuf S., Anand S.S., Connolly S.J., Hirsh J., Simonsen K., Bhatt D.L., Fox K.A.A., Eikelboom J.W. Effects of CYP2C19 Genotype on Outcomes of Clopidogrel Treatment. *New Engl J Med* 2010; 361: 236–258.
21. Berglund U., von Schenck H., Wallentin L. Effects of ticlopidine of platelet function in men with stable angina pectoris. *Thromb Haemost* 1999; 54: 808–12.

#### References

1. Gusev E.I., Skvortsova V.I. Cerebral ischemia. Moscow, 2010 .
2. Babanov S.A. Occupation and stress: burnout syndrome. Directory of outpatient physician. Moscow, 2010.
3. Kosarev V.V., Babanov S.A., Astakhov A.V. Pharmacology and Surgery- governmental therapy . Ed. V.K. Lepahina. M: Product, 2011.
4. Ushkalova E.A. Aspirin resistance: mechanisms of development, and methods for determining clinical significance. *Farmateka*. 2010; 13: 8–14.
5. Panchenko E.P. Antithrombotic therapy of acute coronary syndromes without ST elevation. *Consilium Medicum*. 2010, Vol. 3, № 10. P. 472 .
6. Diagnosis and treatment of patients with acute myocardial infarction with ST-segment elevation ECG. Russian Scientific Society of Cardiology. Russian recommendations. Moscow, 2007.
7. Wallentin L., Becker R.C., Budaj A. et al. Ticagrelor versus clopidogrel in patients with acute coronary syndromes. *N Engl J Med*. 2009; 361 DOI: 10/1056/NEJMoa0904327.
8. Bhatt D.L., Topol E.J. Scientific and therapeutic advances in antiplatelet therapy. *Nature Rev*. 2011; 2: 15.
9. Effect of clopidogrel in addition to aspirin in patients with acute coronary syndromes without ST elevation. The CURE trial investigators. *N Engl J Med*. 2010; 345: 494–502.
10. Schneider D.J. Mechanisms Potentially contributing to the reduction in Mortality Associated with ticagrelor therapy. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 57 (6): 685 – 7.
11. McConnel H. Collaborative meta-analysis of randomised trials of antiplatelet therapy for prevention of death, myocardial infarction, and stroke in high risk patients. *Br. Med. J*. 2002; 324: 71–86.
12. Manson J.E., Stampfer M.J., Colditz G.A. et. al. A prospective study of aspirin use and primary prevention of cardiovascular disease in women. *JAMA*. 1991; 266: 521–27.
13. Gum P.A., Thamarasana M., Watanabe J. et. al. Aspirin use and all-cause mortality among patients being evaluated for known or suspected coronary artery disease: a propensity analysis. *JAMA*. 2001; 286: 1187–1194.
14. Final report on the aspirin component of the ongoing Physicians' Health Study. Steering Committee of the Physicians' Health Study Research Group. *N. Engl. J. Med*. 2001; 321: 129–35.
15. Peto R., Gray R., Collins R. et al. Randomized trial of prophylactic daily aspirin in British male doctors. *Br. Med. J*. 2007; 296: 313–6.
16. Thrombosis prevention trial: randomised trial of low-intensity oral anticoagulation with warfarin and low-dose aspirin in the primary prevention of ischaemic heart disease in men at increased risk. The Medical Research Council's General Practice Research Framework. *Lancet*. 1998; 351: 233–41.
17. Hansson L., Zanchetti A., Carruthers S.G. et al. Effects of intensive blood-pressure lowering and low dose aspirin in patients with hypertension: principal results of Hypertension Optimal Treatment (HOT) randomized trial. *Lancet*; 2004; 351: 1766–62.
18. Collaborative Group of the Primary Prevention Project. Low-dose aspirin and vitamin E in people at cardiovascular risk: a randomised trial in general practice. *Lancet* 2001; 357: 89–95.
19. Hennekens C.H., Buring J.E., Sandercock P. et al. Aspirin and other antiplatelet agents in the secondary and primary prevention of cardiovascular disease. *Circulation*; 2008; 80: 749–56.
20. Paré G., Mehta S.R., Yusuf S., Anand S.S., Connolly S.J., Hirsh J., Simonsen K., Bhatt D.L., Fox K.A.A., Eikelboom J.W. Effects of CYP2C19 Genotype on Outcomes of Clopidogrel Treatment. *New Engl J Med* 2010; 361: 236–58.
21. Berglund U., von Schenck H., Wallentin L. Effects of ticlopidine of platelet function in men with stable angina pectoris. *Thromb Haemost* 1999; 54:808–12.

УДК 617.1

UDC 617.1

**А.В. МАМОШИН**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей хирургии и анестезиологии, Орловский государственный университет

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru

**А.В. БОРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, директор, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленский государственный медицинский университет

E-mail: bor55@yandex.ru

**В.Ф. МУРАДЯН**

главный врач, Орловская областная клиническая больница

E-mail: VF-m@mail.ru

**А.Л. АЛьяНОВ**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей хирургии и анестезиологии, Орловский государственный университет

E-mail: tantoras@mail.ru

**Р.П. ШАТАЛОВ**

врач-хирург, Орловская областная клиническая больница

E-mail: shatalovrp@mail.ru

**A.V. MAMOSHIN**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of General Surgery and Anesthesiology, Orel State University

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru

**A.V. BORSUKOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive Technologies", Smolensk State Medical University

E-mail: bor55@yandex.ru

**V.F. MURADYAN**

Head doctor, Orel Regional Clinical Hospital

E-mail: VF-m@mail.ru

**A.L. ALYANOV**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of General Surgery and Anesthesiology, Orel State University

E-mail: tantoras@mail.ru

**R.P. SHATALOV**

Doctor-surgeon, Orel Regional Clinical Hospital

E-mail: shatalovrp@mail.ru

**МИНИИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ДЕСТРУКТИВНОГО ПАНКРЕАТИТА**

**MINIINVASIVE TECHNIQUES OF ACUTE DESTRUCTIVE PANCREATITIS DIAGNOSTIC AND TREATMENT**

*В статье рассматриваются современные миниинвазивные методики диагностики и лечения острого деструктивного панкреатита и его осложнений. Описаны такие перспективные миниинвазивные методики, как миниинвазивная многочастотная биоимпедансометрия, кристаллография. Применялись различные по объему контролируемые миниинвазивные вмешательства в определенной последовательности в зависимости от клинико-морфологической формы патологического процесса. Перспективным направлением в развитии миниинвазивных методов при деструктивном панкреатите представляется эндокавитальное ультразвуковое исследование.*

*Ключевые слова:* ультразвуковая томография, миниинвазивные вмешательства, миниинвазивная биоимпедансометрия, кристаллографический метод, эндокавитальное ультразвуковое исследование.

*In the article the modern controlled miniinvasive techniques of acute destructive pancreatitis diagnostic and treatment and its complications are discussed. Perspective miniinvasive techniques as many-frequent bioimpedance and crystallography are described. Different controlled miniinvasive interventions were used in the particular sequence in dependence on clinico-morphological form of pathological process. Endocavitary ultrasound research is the perspective area in the development of miniinvasive techniques at the destructive pancreatitis.*

*Keywords:* ultrasound tomography, miniinvasive intervention, miniinvasive bioimpedance, crystallography, endocavitary ultrasound research.

Острый деструктивный панкреатит (ОДП) является одной из важнейших проблем неотложной хирургии органов брюшной полости. Это обусловлено, прежде всего, неуклонным ростом заболеваемости, увеличением частоты осложнений и высокой летальностью [1, 2, 3]. При ОДП летальность составляет 20-45% без дифференциации клинических форм, достигая при инфицированном панкреонекрозе 85%, а при фульминантном течении заболевания – 100% [1].

Анализ данных литературы позволяет признать, что клиника не располагает четкими критериями и методами дифференциального диагноза клинικο-морфологических форм ОДП и его постнекротических осложнений. Ни один из существующих сегодня методов диагностики сам по себе не может быть признан абсолютно точным для раннего распознавания панкре-

онекроза и его осложнений. Следовательно, требуется комплексный подход в диагностике данного заболевания с учетом клинических и лабораторных данных, ультразвуковой томографии (УЗТ), лапароскопии, рентгенологических методов исследования, компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии [1, 2, 3]. По нашему мнению, для ранней дифференциальной диагностики экссудативных образований, осложняющих течение ОДП, общепринятые методики обследования могут быть эффективно дополнены миниинвазивной многочастотной биоимпедансометрией, способной во время миниинвазивной манипуляции в режиме реального времени определить состояние метаболизма зоны деструкции [4].

На основании имеющихся сведений в отечественной и зарубежной литературе актуальным представляется



вопрос о своевременном выявлении инфицированного панкреонекроза и об аргументированном определении показаний к использованию контролируемых миниинвазивных хирургических методик на различных стадиях развития заболевания [5, 6, 7].

#### *Материалы и методы исследования*

Клинические наблюдения содержат анализ 293 больных с различными клинико-морфологическими формами ОДП. Всем больным выполнены малоинвазивные вмешательства под контролем УЗТ и РТВ. Мужчин было 224 (76,5%), женщин – 69 (23,5%). Возраст больных варьировал от 19 до 84 лет. В развитии заболевания алкогольный фактор выявлен у 225 (76,8%) больных, билиарный – у 25 (7,7%), другой этиологии (травма, послеоперационный, идиопатический) – у 42 (14,3%) больных.

В соответствии с классификацией острого панкреатита, принятой на Международном согласительном симпозиуме в Атланте (1992), больные распределены на группы, соответствующие клинико-морфологической форме заболевания. В исследуемой группе пациентов 87 (29,7%) больных были с острыми жидкостными скоплениями, 28 (9,6%) – с панкреатическим некрозом, 79 (26,9%) – с панкреатогенным абсцессом, 99 (33,8%) – с панкреатической ложной кистой.

Всем больным осуществлялась комплексная клинико-лабораторная диагностика и инструментальные исследования, основными целями которых были верификация клинико-морфологических форм ОДП, наличие и форма осложнений, абдоминального сепсиса и полиорганной недостаточности. Выявленные различия в симптоматике и данных лабораторных методов исследования позволили дифференцировать основные формы ОДП. Лучевые методы диагностики включали рентгенографию органов грудной клетки и органов брюшной полости, ультразвуковое исследование органов брюшной полости в режиме серой шкалы, цветового доплеровского картирования и энергетического доплера, пошаговую КТ. Ведущим методом, играющим основную роль в постановке диагноза, динамическом наблюдении за фазами течения патологического процесса и решении вопроса о применении диапевтических технологий, а также в динамическом контроле эффективности проводимого лечения являлась УЗТ. Для описания диффузных и очаговых поражений поджелудочной железы были использованы стандартизированные ультразвуковые критерии [4]. Эта оценка

предполагает стандартизацию в определении значимости качественных признаков описания изображения. КТ в основном выполнялась больным с распространенными гнойными осложнениями перед планируемыми лечебными миниинвазивными манипуляциями для уточнения распространенности патологического процесса и получения информации о состоянии парапанкреатической и забрюшинной клетчатки.

Всем больным были выполнены различные по объему диагностические и лечебные миниинвазивные вмешательства под контролем УЗТ и РТВ [4, 5, 6, 7]. В целях детализации этапа эволюции заболевания, морфологической и бактериологической верификации диагноза у всех пациентов применялись тонкоигольные диагностические пункции (ТДП) под УЗ – контролем [7, 8]. Показанием к ТДП считали наличие изменений, подозрительных в отношении деструкции, или очагового поражения поджелудочной железы, сальниковой сумки и/или забрюшинного пространства. Программа проведения ТДП была мультифокальной: забор производили из 4-х точек не менее 2-х отделов поджелудочной железы и зоны сальниковой сумки иглой типа Chiba и Angiomed G 19-20-21 с тангенциальным расположением биопсийного адаптера на конвексном датчике 3,5-7,5 МГц. Сопоставляли результаты УЗТ, цитологическую и бактериологическую картину заболевания.

Во время выполнения ТДП у 124 (42,3%) больных проведена миниинвазивная многочастотная биоимпедансометрия образования с использованием диэлектрической иглы с многочастотным биоимпедансным томографом «ИМТ», (г. Ярославль). Все показатели импеданса рассматривались относительно полярности (моно- и биполярно) электродов и частоты переменного тока. Измерение электрического импеданса проводилось на трех частотах 1, 10 и 100 кГц. Показатели импеданса, снимаемые в режимах *in vivo* и *in vitro* имели свои особенности. Система измерения *in vivo* состоит из изолированных пункционных игл, электродов и регистрирующего биоимпедансные параметры устройства, последовательно подключенных между собой. Небольшие размеры игл (G22) с диэлектрическим наконечником благодаря ультразвуковому мониторингу предусматривали их точное позиционирование и фиксацию в интересующей зоне исследования. У всех пациентов с очаговым поражением мы исследовали биоимпеданс капсулы очага, периферии и центральной зоны образования (рис.1).



Рис. 1. УЗ-томограммы монополярной мультизональной БИМ жидкостного образования при остром деструктивном панкреатите.

Во время биполярной биоимпедансометрии диэлектрические иглы фиксировались таким образом, чтобы максимально охватить исследуемый участок органа, при этом расстояние между ними составляло 10 мм. Исследование аспирата *in vivo* во время миниинвазивного вмешательства позволяет оценить характер жидкости в реальном времени, однако это зачастую дает ложноположительные и ложноотрицательные результаты, при этом использование методики биполярной импедансометрии *in vitro* позволяет уменьшить количество таких ошибок.

Наряду с другими исследованиями мы применяли метод клиновидной дегидратации аспирата, полученного при проведении миниинвазивных вмешательств под контролем УЗТ и РТВ [4]. Исследование структурообразующих элементов натуральных образцов высушенных капель (фации) проводился с помощью светового микроскопа, бинокулярной лупы при увеличениях  $\times 32$ ,  $\times 56$ ,  $\times 72$ . Определение параметров фации проводилось путем обработки цифровых фотографий с помощью компьютерной программы для морфометрии (рис. 2). Определялись следующие параметры: радиус периферической зоны, общий радиус, длина трещины (минимальная, максимальная), число трещин, описывалась форма трещин, порядок деления кристаллов, углы кристаллизации, длина осей кристаллизации, а также ста-

бильность указанных параметров в динамике [9].

Показанием к чрескожному дренированию считали экссудативные образования и зоны деструкции, осложняющие течение ОДП при рефрактерности их к комплексной консервативной терапии. Малокалиберное дренирование осуществляли одноразовыми пункционными нефростомическими дренажными наборами Rush (Teleflex Medical) по двухмоментной методике Сельдингера и одномоментной методике с помощью стилет-катетера с установкой дренажа с памятью формы типа «pigtail». При крупнокалиберном дренировании операционный доступ осуществляли с помощью известной техники телескопической дилатации дренажного канала от 8Fr до 36Fr (рис. 3).

У 61 (20,8%) пациента с гнойно-некротическими осложнениями ОДП использованы возможности эндосонографии для интракавитальной ультразвуковой оценки состояния гнойных полостей. С целью повышения точности оценки динамики патологического процесса, прогнозирования дальнейшего течения заболевания производилась интракавитальная УЗТ патологического очага с определением структуры капсулы, экоструктуры стенки очага и его ультразвуковой пальпации. УЗТ выполнялась с использованием конвексного эндоскопического ультразвукового датчика (5,0 МГц) на аппарате Aloka SSD-630 и линейных лапароскопи-

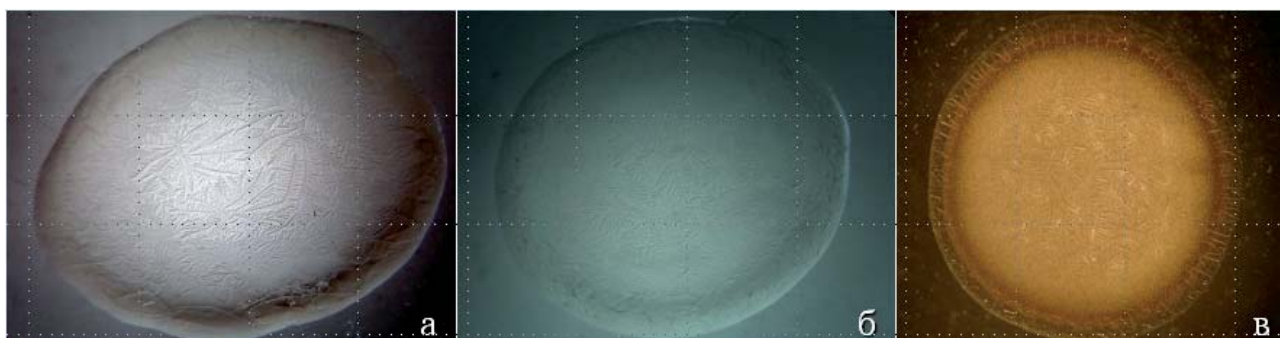


Рис. 2. Кристаллографическое исследование фации острого жидкостного скопления (а), ложной кисты (б), панкреатогенного абсцесса (в).

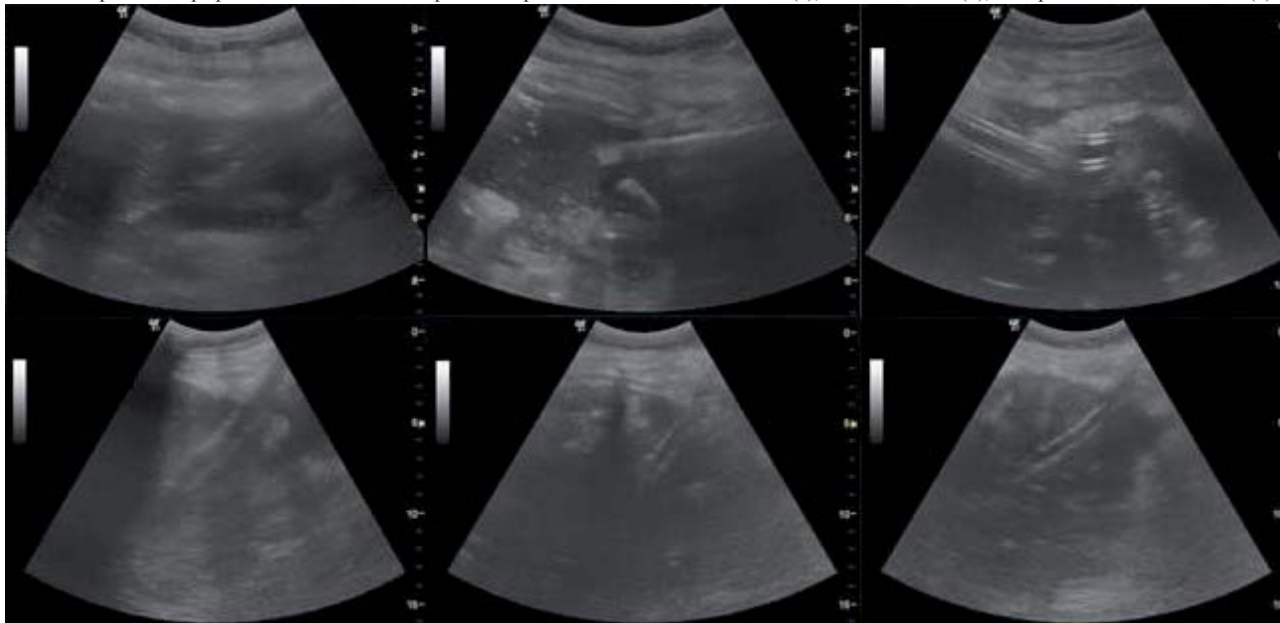


Рис. 3. Крупнокалиберное дренирование зоны деструкции.



Рис. 4. Интракавитальная УЗТ гнойной полости.

ческого датчика – частотой 7,5 МГц, сопряженного со сканером SonoScape S8, MyLab 50 (рис. 4).

Статистическая обработка данных проводилась с указанием числа наблюдений для каждого признака, с вычислением уровня достоверности, доверительного интервала (для основных результатов исследования) и частоты выявления признака. Описательная статистика представлялась следующими показателями  $M \pm SD$ ,  $Me$  (LQ;UQ), % (n/N). Проверка статистических и корреляционных гипотез осуществлялась на уровне значимости  $\alpha=0,05$ .

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

У больных, поступивших в клинику, наблюдались различные клинические формы течения ОДП. Обращала на себя внимание зависимость выраженности и характера клинической картины заболевания от фазы патологического процесса. Так на ранних стадиях деструктивного процесса преобладали признаки ферментной токсемии (83,7%). Клиническая картина более позднего периода заболевания характеризовалась развитием гнойно-септических осложнений (95,2%).

Изменения при лабораторном исследовании крови (красная кровь, развернутая лейкоцитарная формула, лейкоцитоз, повышение СОЭ) не были специфичными и являлись вспомогательными признаками заболевания. При биохимическом исследовании определялись нарушения функции поджелудочной железы, печени разной степени в зависимости от стадии патологического процесса.

Миниинвазивные вмешательства под контролем УЗТ и РТВ осуществляли в определенной последовательности: в виде сочетания разных по кратности пункционных и дренажных вмешательств с постановкой дренажей различного диаметра и типа. Выбор вмешательства определялся этапом развития патологического процесса в соответствии с современной классификацией острого панкреатита преимущественно на основании эхографической картины [10, 11].

Острое жидкостное скопление характеризовалось наличием одного или нескольких анэхогенных или гипоэхогенных образований неправильной формы с нечеткими или нечеткими, чаще неровными контурами, однородной структуры, расположенных внутри железы, в парапанкреатическом, забрюшинном пространствах и брюшной полости (64%). При инфицированном характере острого жидкостного скопления внутренняя структура образования была неоднородной с эхопозитивными включениями на стенках или в его просвете (36%). Учитывая то, что острые жидкостные скопле-

ния у больных острым деструктивным панкреатитом возникают рано, в фазе токсемии, а пациенты поступали в стационар в разные сроки от начала заболевания, ультразвуковая картина изменений со стороны поджелудочной железы и окружающих тканей характеризовалась спектром изменений, характерных для некротической, инфильтративно-некротической форм и асептической секвестрации.

При панкреатическом некрозе гнойное расплавление тканей панкреатического инфильтрата сопровождалось появлением в его структуре большого количества мелких эхонегативных неправильно расположенных структур с нечеткими контурами. При динамическом наблюдении отмечалось их слияние с исходом в более крупные включения неоднородной плотности. Распространение процесса на окружающие ткани сопровождалось потерей четкости визуализации их структуры [10, 11].

При абсцессах брюшной полости и забрюшинного пространства выявлялся единичный очаг неправильной формы, пониженной эхогенности. Внутренняя структура гнойника неоднородная с единичными равномерно или беспорядочно рассеянными мелкими эхопозитивными включениями. Позади очага имелась полоса отражений повышенной интенсивности [10, 11].

При формировании кистозных образований в паренхиме железы и/или парапанкреатической клетчатке определялось кистозное образование с однородной гипоэхогенной структурой, до 20-25 см в диаметре. Паренхима железы, окружающая кисту, имела неоднородную структуру [10, 11].

Чувствительность, специфичность и диагностическая эффективность ультразвукового исследования составила соответственно 85,47%, 90,4% и 89,6%.

Следующим этапом диагностики у всех больных было проведение ТДП зон деструкции в поджелудочной железе, сальниковой сумке и забрюшинном пространстве. ТДП с целью ранней микробиологической и морфологической верификации природы очаговых изменений проводились по диагностическим пункционным схемам [1]. Эти схемы заключались в последовательном применении различных игл, изменении кратности выполнения ТДП.

При статистической обработке результатов цитологических заключений аспирата из острых жидкостных скоплений выявлены различные сочетания элементов воспаления, элементов крови, скопления некротических масс в зависимости от преобладания некротических, инфильтративно-некротических изменений или асептической секвестрации. В мазке-отпечатке аспирата гнойно-некротической формы наблюдались преиму-



щественно некротические массы. Аспират, полученный из полости абсцессов, содержал в большом количестве элементы некротических масс и микробные тела, значительное количество элементов воспаления (нейтрофильные и разрушенные лейкоциты) и единичные измененные клеточные элементы крови. При кистозных образованиях в мазке-аспирате визуализировались элементы кистозной полости (слущенный неизмененный низкопризматический и уплощенный эпителий с дистрофическими изменениями) и жировой компонент в виде кристаллов на фоне умеренного количества элементов воспаления (макрофаги и многоядерные клетки) и некротических масс. При всех клинико-морфологических формах ОДП в мазке-аспирате встречались неизмененные эритроциты и клетки мезотелия брюшины, появление которых обусловлено повреждением мелких кровеносных сосудов и прохождением иглы через брюшную полость при проведении пункции. Чувствительность, специфичность и диагностическая эффективность цитологического исследования в работе составила соответственно 87,7%, 95,4% и 91,6%.

У 126 (43%) пациентов бактериологический посев аспирата был отрицательным. У 167 (57%) пациентов результаты микробиологического исследования оказались положительными. В 75% случаев бактериальная флора была представлена условно-патогенными энтеробактериями грамотрицательного спектра. Частота инфицирования грамположительными возбудителями составила 25%. Чувствительность, специфичность и диагностическая эффективность микробиологического исследования, по нашим данным, составила соответственно 87,7%, 94,3% и 90,7%.

При проведении миниинвазивной биоимпедансометрии у всех пациентов с ОДП наблюдалась зависимость величины импеданса от частоты переменного тока, глубины измерения. Величины импеданса корректировали в зависимости от структурной организации содержимого жидкостного образования. При всех экссудативных образованиях биоимпеданс с уменьшался с увеличением частоты. В зависимости от глубины измерения наблюдалось уменьшение величины импеданса. При проведении биоимпедансометрии аспирата при остром скоплении жидкости и псевдокисте со временем отмечается рост импеданса, а при абсцессе вначале падение, а затем рост. Показатели биоимпеданса, в зависимости от зоны очага (периферия, центр), были статистически значимо различимы при ложной кисте и панкреатогенном абсцессе железы. При остром скоплении жидкости наибольший рост импеданса отмечался до 20 минуты после пункции, а при псевдокисте и абсцессе – после. Цифры импеданса в 2 раза выше у аспирата из острого скопления жидкости по сравнению с псевдокистой. В результате была получена диагностическая система, позволяющая на раннем этапе дифференцировать характер очагового поражения при ОДП.

Сущность кристаллографического исследования заключается в исследовании параметров капли аспирата (фации), в процессе дегидратации которой формируются фиксированные структуры, вид и локализация ко-

торых определяется комплексом количественных и качественных параметров присутствующих веществ и характером их взаимосвязей [9]. При этом формируется соответствующая кристаллографическая картина, структура и степень выраженности параметров которой зависит от характера биожидкости, – ложная киста, острое скопление жидкости и панкреатический абсцесс. У пациентов с панкреатогенным абсцессом среднее значение коэффициента  $S_{\text{белк}}/S_{\text{общ}}$  на 47,4% больше, чем в группах с острым скоплением жидкости и ложной кистой ( $\varphi_{\text{эм}}^* = 2,78$ ,  $p < 0,05$ ). При исследовании аспирата, полученного у больных с острым скоплением жидкости и ложной кистой, коэффициент  $S_{\text{белк}}/S_{\text{общ}}$  в большинстве случаев (76,9 и 67,6% соответственно) находился в области минимальных значений, т.е. отношение было менее 0,4. У пациентов с панкреатогенным абсцессом установлено достоверное увеличение длины и уменьшение количества трещин по сравнению с данными при других экссудативных осложнениях ОДП ( $p < 0,05$ ). При панкреатическом абсцессе у 37,5% больных количество трещин изменялось при повторном исследовании, тогда как у больных с ложной кистой и острым скоплением жидкости данный признак был стабильным. В группах больных с панкреатогенным абсцессом и ложной кистой преобладало деление кристаллов до ветвей 1 порядка (68,7% и 61,8%), в фациях больных с острыми скоплениями жидкости деление кристаллов в большинстве случаев достигало 2 порядка (69,2%). На основании анализа и сопоставления результатов кристаллографического исследования аспирата, клинической картины, результатов УЗТ, данных цитологического и бактериологического исследования полученного материала были выявлены наиболее информативные кристаллографические признаки фаций при ОДП, осложненном развитием различных экссудативных образований. Чувствительность, специфичность и точность кристаллографического метода исследования аспирата – соответственно 91,8%, 93,3% и 92,3%.

Основой лечебных миниинвазивных манипуляций при осложненном течении ОДП являлись комбинации пункционного лечения (диапевтические) и установка дренажей (лечебные). Точкой приложения для выполнения дренирующих вмешательств являлся ограниченный деструктивный процесс с преобладанием экссудативного компонента при наличии адекватного акустического окна. Манипуляции проводились в определенной последовательности: в виде сочетания пункционных игл и дренажей различного диаметра, типа, а также кратности проведения вмешательств. Всего выполнено 518 миниинвазивных вмешательств под контролем УЗТ и РТВ с лечебной целью. В 92,8% случаев выполнение лечебных миниинвазивных вмешательств на фоне активной комплексной консервативной терапии позволило купировать патологический процесс и избежать открытых оперативных вмешательств.

Трансабдоминальная УЗТ является быстрым и неинвазивным высокоинформативным методом прямой диагностики при развитии очаговых гнойно-некротических осложнений ОДП. Однако традиционные ультразвуко-



вые признаки (контуры, размеры, экзогенность и т.д.) не несут принципиально новой информации о характере и динамике патологического процесса. При проведении эндокавитального ультразвукового исследования гнойной полости наблюдалось изменение информативности таких ультразвуковых признаков, как структура капсулы, эхоструктура стенки очага и его ультразвуковая пальпация, которые менее значимы при трансабдоминальной ультразвуковой томографии. Качественно важным являлась комбинация традиционного и нового динамического признака: эхоструктура – подвижность; размер включения – степень фиксации к капсуле; эхооднородность содержимого – быстрота вымываемости из полости по дренажу. Именно они обладали минимальной вероятностью возникновения диагностической ошибки: 0,114, доверительный интервал [0,098-0,12] по сравнению с трансабдоминальным ультразвуковым исследованием – 0,876, доверительный интервал [0,859-0,92].

### Выводы

ОДП в зависимости от фазы развития патологического процесса имеет полиморфную эхографическую картину. Диагностическая точность неинвазивной УЗТ в верификации стадии развития ОДП и характера его

осложнений не превышает 89,6%, что определяет необходимость выполнения ТДП. ТДП под контролем УЗТ с последующим микробиологическим и цитологическим исследованием аспирата является высокоинформативным методом диагностики характера поражения тканей и детализации фазы развития патологического процесса. Проведение методов миниинвазивной биомпедансометрии и кристаллографии может быть использовано в решении вопросов ранней уточняющей дифференциальной диагностики, прогнозирования течения экссудативных образований при ОДП и определения дальнейшей лечебной тактики. Перкутанные диапневтические технологии представляются эффективным миниинвазивным методом санации экссудативных и гнойных осложнений панкреонекроза. Использование возможностей эндокавитального ультразвукового исследования в клинике позволило оценить топографо-анатомические особенности органов в векторе изображения, направленном изнутри кнаружи со сравнительным анализом ультразвуковой семиотики в комбинации количественных и динамических ультразвуковых признаков. Это дает качественно новую информацию о стадировании патологического процесса, что позволяет адекватно изменить дальнейшую диагностическую и лечебную тактику.

### Библиографический список

1. Ермолов А.С., Иванов П.А., Благовестнов Д.А., Гришин А.В., Андреев В.Г. Диагностика и лечение острого панкреатита. М.: Видар, 2013. 382 с.
2. Затевахин И.И., Цициашвили М.Ш., Будурова М.Д., Алтунин А.И. Панкреонекроз. Москва: Литературная Россия, 2007.
3. Савельев В.С. Панкреонекрозы. / В.С. Савельев, М.И. Филимонов, С.З. Бурневич // М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. 264 с.
4. Борсуков А.В., Шолохов В.Н. Малоинвазивные технологии под ультразвуковой навигацией в современной клинической практике, Смоленск, 2009, 248 с.
5. Нестеренко Ю.А., Лаптев В.В., Михайлуков С.В. Диагностика и лечение деструктивного панкреатита. М.: ООО "Бином-Пресс" 2004. 304 с.
6. Kam A., Markson G., Wong K. et al. Inappropriate use of percutaneous drainage in the management of pancreatic necrosis // J. Gastroenterol. Hepatol. 1999. V. 14. Pp. 699-704.
7. McNees S., van Sonnenberg E., Goodarce B. Percutaneous Management of Pancreatic Collections // In: The pancreas Ed. By H. Beger et al. Blackwell SPay F., Rotman N., Radier C. et al. Percutaneous aspiration for bacteriological studies in patients with necrotizing pancreatitis // Br. J. Surg. 1998. Vol. 85, № 6. Pp. 755 - 759.
8. Rau B., Pralle U., Mojer J.M., Beger H.C. Role of ultrasonographically guided fine needle aspiration cytology in diagnosis of infected pancreatic necrosis // Brit. J. Surg. 1998. Vol. 85. Pp. 179 - 184. science. Oxford, 1998, V.1.
9. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Морфология биологических жидкостей человека. М., 2001.
10. Охотников О.И., Григорьев С.Н., Яковлева М.В. Эхо-семиотика деструктивного панкреатита // Актуальные вопросы хирургической гастроэнтерологии. Курск, 2003. С. 30-32.
11. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика. Под ред. В.В. Митькова. М.: Издательский дом Видар, 2003. 698 с.

### References

1. Yermolov A.S., Ivanov P.A., Blagovestnov D.A., Grishin A.V., Andreev V.G. Diagnosis and treatment of acute pancreatitis. M.: Vidar, 2013. 382 p.
2. Zatevakhin I.I., Tsitsiashvili M.S., Budurova M.D., Altunin A.I. Pancreatic necrosis. M.: Literary Russia, 2007.
3. Savelyev V.S. Pancreatic necrosis. / V.S. Savelyev, M.I. Filimonov, S.Z. Burnevich // M.: ООО "Medical News Agency", 2008. 264 p.
4. Borsukov A.V., Sholokhov V.N. Miniinvasive techniques for the ultrasound navigation in modern clinical practice, Smolensk, 2009, 248 p.
5. Nesterenko Y.A., Laptev V.V., Mihaylusov S.V. Diagnosis and treatment of destructive pancreatitis. M.: ООО "Bean-Press" 2004. 304 p.
6. Kam A., Markson G., Wong K. et al. Inappropriate use of percutaneous drainage in the management of pancreatic necrosis // J. Gastroenterol. Hepatol. 1999. V. 14. Pp. 699-704.
7. McNees S., van Sonnenberg E., Goodarce B. Percutaneous Management of Pancreatic Collections // In: The pancreas Ed. By H. Beger et al. Blackwell SPay F., Rotman N., Radier C. et al. Percutaneous aspiration for bacteriological studies in patients with necrotizing pancreatitis // Br. J. Surg. 1998. Vol. 85, № 6. Pp. 755 - 759.
8. Rau B., Pralle U., Mojer J.M., Beger H.C. Role of ultrasonographically guided fine needle aspiration cytology in diagnosis of infected pancreatic necrosis // Brit. J. Surg. 1998. Vol. 85. Pp. 179 - 184. science. Oxford, 1998, V.1.
9. Shabalin V.N., Shatokhina S.N. Morphology of human biological fluids. M., 2001.
10. Ohotnikov O.I., Grigoriev S.N., Yakovleva M.V. Echo-semiotics of the destructive pancreatitis // Actual problems of surgical gastroenterology. Kursk, 2003. Pp 30-32.
11. Practical Guide to ultrasound. General ultrasound diagnostics. Ed. V.V. Mitkov. M.: Publishing House Vidar, 2003. 698 p.

УДК 342.761

UDC 342.761

**М.М. МИХАЙЛОВА**

студент, юридический факультет, Юго-Западный государственный университет

E – mail: Rolaw@rambler.ru

**Е.Н. МИХАЙЛОВА**

преподаватель, кафедра административного и финансового права, Юго-Западный государственный университет

E – mail: Rolaw@rambler.ru

**И.В. МИХАЙЛОВ**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра психиатрии и неврологии, Орловский государственный университет

E – mail: Rolaw@rambler.ru

**М.А. ХАЛИЛОВ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф, Орловский государственный университет

E-mail: kafedra anatomii OGU@yandex.ru

**С.В. ПЕТРОВ**

кандидат медицинских наук, докторант, кафедра биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет

E – mail: spetrov77@list.ru

**M.M. MIKHAYLOVA**

Student, Department of Law, Southwestern State University

E – mail: Rolaw@rambler.ru

**E.N. MIKHAYLOVA**

Lecturer, Department of Administrative and Financial Law, Southwestern State University

E – mail: Rolaw@rambler.ru

**I.V. MIKHAYLOV**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Psychiatry and Neurology, Orel State University

E – mail: Rolaw@rambler.ru

**M.A. KHALILOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of the Anatomy, Operative Surgery and Disaster Medicine Department, Orel State University

E-mail: kafedra anatomii OGU@yandex.ru

**S.V. PETROV**

Candidate of Medicine, Doctoral student, Department of Biomedical Engineering, Southwestern State University

E – mail: spetrov77@list.ru

## ПРАВО НА ЖИЗНЬ И ПРАВОВОЙ СТАТУС НЕРОЖДЕННОГО РЕБЕНКА

### RIGHT TO LIFE AND LEGAL STATUS OF THE UNBORN CHILD

*В данной статье поднимается дискуссионный вопрос о правовом статусе нерожденного ребенка. Признание неотъемлемых прав личности и их защита является непереносимой обязанностью правового социального государства. С жизнью связано неотъемлемое юридическое свойство личности – правоспособность, представляющая собой основу правового статуса гражданина. Возникновение правоспособности связано с моментом рождения, и именно с этого момента государство предоставляет гарантии защиты жизни человека. Хотя жизнь эмбриона скрыта от обычного глаза, она фактически существует и требует повышенного внимания и особой охраны.*

*Ключевые слова:* право на жизнь, правоспособность, эмбрион, плод, право на физиологическое существование.

*The human right to life and the legal status of the unborn child is one of the most pressing issues of cross-cutting nature. Modern advances in science, experience cloning of a living organism, the successful application of nanotechnology in medicine have an impact on aspects of the relationship between man, the state and society. These processes should be adequately reflected in the current legislation. Although fetal life is hidden from the ordinary eye it actually exists, and requires special attention and special protection.*

*Keywords:* the right to life, capacity, embryo, fetus, right on the physiological existence.

**Введение.** Жизнь представляет собой одну из абсолютных ценностей человечества, которая в своей основе имеет биологическое начало, дополненное религиозным, социальным и культурным содержанием.

Понятие жизни многопланово и предполагает разносторонний подход к ее определению. Чаще всего жизнь рассматривается как комплекс биологических процессов, протекающих в организме и за счет которых организм способен к самостоятельному существованию. При этом для каждого тела характерны уникальные, свойственные только ему особенности роста и развития, генетический код, способы и характер взаимоотношений с окружающей средой, что говорит об индивидуальности каждого организма в отдельности.

Кроме того, жизнь может рассматриваться как объект правовой охраны государства ввиду того, что именно в государстве действует система, в рамках которой жизнь находится под защитой от посягательств, либо как высшая социальная ценность, так как является осо-

бым состоянием, функционирующим в контексте общественного бытия.

Многоплановость понятия «жизнь» предполагает многогранный подход и к определению понятия «право на жизнь», которое является важнейшим естественным и неотчуждаемым правом каждого человека.

В понятии права на жизнь принято выделять несколько аспектов. В объективном смысле данное право представляет собой совокупность правовых норм, регулирующих соответствующие общественные отношения. В свою очередь, в субъективном смысле, право на жизнь должно рассматриваться как вытекающая из природы человека мера свободы индивида определять в своих интересах собственное поведение по сохранению и распоряжению жизнью, а также требовать от третьих лиц определённого поведения. [6]

В соответствии со ст. 17 и ст. 20 Конституций РФ каждый имеет право на жизнь, а также на защиту основных прав и свобод, принадлежащих каждому от рождения,

следовательно, в непрерывной связи с правом на жизнь находится такое неотъемлемое юридическое свойство человека, как правоспособность. Эта взаимосвязь имеет принципиальное значение ввиду того, что именно с этого момента государство предоставляет гарантии защиты жизни человека.

Правоспособность можно определить как принадлежащие лицу права, содержание которых заключается в способности иметь любые права и обязанности, не запрещенные законом и соответствующие правовой природе лица. Границы правоспособности не могут устанавливаться произвольно, но они имеют объективные основания. Прежде всего, это реальная возможность государства гарантировать права человека с определенного момента жизни. В частности, момент возникновения и прекращения правоспособности должен определяться фактом, который реально возможно установить, например моментом рождения и моментом смерти. [5]

Таким образом, человеческая жизнь подлежит правовой защите с момента рождения, однако современный прогресс в науке, опыт клонирования живого организма, успешное применение нанотехнологий в медицине оказывают влияние на аспекты взаимоотношений человека, государства и общества, следствием чего стала тенденция усиления интереса к защите прав человека еще до его рождения.

**Цель исследования.** Проанализировать существующие законодательные и научные положения, касающиеся понятия правового статуса нерожденного ребенка, с целью выявления имеющихся недостатков и определения путей их коррекции.

**Материалы и методы исследования.** В исследовании использовались формально-юридический и сравнительно-правовой метод, а так же метод логического анализа литературы, официальных нормативно-правовых документов, и имеющихся научных исследований по данной проблеме.

**Результаты и их обсуждение.** Вопрос о том, что является моментом начала человеческой жизни, является дискуссионным, а от ответа на него зависит подход к различным социальным и юридическим проблемам, начиная от права на аборт и заканчивая исследованиями стволовых клеток и разработкой новых репродуктивных технологий.

Существует несколько точек зрения по вопросу, касающемуся момента начала человеческой жизни. Мнения ученых различны и варьируются от момента оплодотворения и гастрюляции до момента родов, и даже периода после них.

Согласно генетической концепции, преобладающей в российской юридической науке в настоящее время, жизнь человека как биологического индивидуума начинается с момента слияния ядер мужских и женских половых клеток и образования единого ядра, содержащего неповторимый, уникальный генетический код. В обосновании данной точки зрения многими учеными приводятся доводы о том, что: человеческий эмбрион, пребывая в материнской утробе, не является частью

организма-носителя и способен к саморазвитию; является самоконтролируемым в осуществлении своей генетической программы; имеет новую, специфическую биологическую сущность со своей программой жизни и развития; является независимым, так как не нуждается во внешних силах для поддержания своей жизненной структуры. [7]

Невозможно не отметить естественнонаучную, или физиологическую, позицию относительно вопроса начала человеческой жизни, в основе которой лежит идея о зарождении жизни в момент начала функционирования основных систем жизнедеятельности организма. Однако мнения приверженцев вышеуказанной теории разнятся в зависимости от предпочтения одной из систем жизнедеятельности – сердечной, легочной или нервной – как физиологического рубежа возникновения жизни.

Например, в случае признания приоритета нервной системы – моментом начала жизни является момент возникновения нейронной активности головного мозга плода, что соответствует 25 неделе развития; если сердечной системы – то первое сердцебиение, следовательно, 4 недели; если легочной – то физиологический рубеж возникновения жизни составляет 20 недель.

Что же касается правовых основ, то законодатель отождествляет момент начала человеческой жизни с моментом рождения, который представляет собой процесс отделения плода от организма матери посредством родов. Медицинскими критериями рождения являются: срок беременности 22 недели и более; масса тела ребенка при рождении 500 грамм и более; длина тела ребенка при рождении 25 см и более; либо срок беременности менее 22 недель или масса тела ребенка при рождении менее 500 грамм, длина тела ребенка менее 25 см, при продолжительности жизни более 168 часов после рождения, что составляет 7 суток.

Также учитывается наличие у новорожденного признаков живорождения (дыхание, сердцебиение, пульсация пуповины или произвольные движения мускулатуры независимо от того, перерезана пуповина и отделилась ли плацента). [2]

В свою очередь международное право неоднозначно регламентирует вопрос о моменте начала жизни, а следовательно, и возникновения правоспособности человека. Согласно «Конвенции о правах ребенка», одобренной генеральной Ассамблеей ООН в 1989 г., ребенком является каждое человеческое существо до достижения 18-летнего возраста, и ввиду его физической и умственной незрелости нуждается в специальной охране и заботе, включая надлежащую правовую защиту как до, так и после рождения.

Следовательно, итоговое решение о моменте начала человеческой жизни, о статусе нерожденного ребенка, о возникновении правоспособности оставлено на усмотрение национального законодателя.

Так, например, в соответствии со ст. 4 «Американской конвенции о правах человека», заключенной в г. Сан-Хосе в 1969 г., право на жизнь защищается законом, как правило, с момента зачатия. В случае, если ребенок за-

чат во Франции, его жизнь находится под охраной по истечении 10 недель жизни. В Дании – после 12 недель, в Швеции защита предоставляется на 20-й неделе. В Англии на 28-й неделе.[4]

Однако следует отметить усиление интереса к защите зачатых, но еще не рожденных детей, о чем свидетельствует позиция Европейского суда, в обиходе которого используются такие понятия, как «жизнь плода», «ограничения, налагаемые на право на жизнь плода», что свидетельствует о начальных изменениях в определении статуса нерожденных детей.

**Выводы.** В настоящее время, основываясь на действующем законодательстве, правовой статус зачатого, но нерожденного ребенка определяется следующим образом.

Согласно ст. 2 Федерального закона от 20 мая 2002 г. № 54-ФЗ «О временном запрете на клонирование человека» эмбрионом человека является зародыш на стадии развития до восьми недель.

Закон РФ от 22.12.1992 № 4180-1 «О трансплантации органов и (или) тканей человека» упоминает об эмбрионах, однако не распространяет свое действие на них.

В ФЗ от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» в ст. 55 говорится о праве граждан на криоконсервацию и хранение своих половых клеток, тканей репродуктивных органов и эмбрионов, а также о запрете использования эмбрионов человека в промышленных целях. Ст. 56 «Основ» регулирует вопросы, связанные с искусственным прерыванием беременности, и устанавливает следующие сроки: искусственное прерывание беременности по желанию женщины проводится при сроке беременности до 12 недель; искусственное прерывание беременности по социальным показаниям проводится при сроке беременности до 22 недель, а при наличии медицинских показаний – независимо от срока беременности.

Таким образом, жизнь зачатого, но еще не рожденного ребенка подлежит правовой охране лишь по истечении 12 недель с момента зачатия при условии отсутствия у матери социальных и медицинских показаний для искусственного прерывания беременности. При наличии медицинских показаний жизнь человеческого плода вообще не составляет предмета правовой охраны. При наличии социальных показаний человеческий плод подлежит правовой охране только по прошествии 22 недель с момента зачатия. Следовательно, действующее законодательство рассматривает эмбрион как часть организма матери, которая определяет его судьбу по своему усмотрению, независимо от срока его

развития. На всем протяжении беременности правовой статус матери превалирует над статусом эмбриона.

Однако существующая концепция определения правового статуса нерожденного ребенка не учитывает медико-биологические этапы развития плода, что приводит к несоответствию биологического и правового статусов. В основе решения вопроса о наделении нерожденного ребенка определенным статусом должна лежать концепция рассмотрения плода на всех этапах его развития как медико-биологической проблемы, с учетом мнения физиологов, акушеров-гинекологов, эмбриологов, неонатологов, педиатров.

И в связи с этим представляется целесообразным выделить следующие периоды развития эмбриона с различными правовыми режимами для каждого из них.

Первый период охватывает время с момента зачатия до 22 недель внутриутробного развития и характеризуется преобладанием правового статуса матери над статусом эмбриона в связи с бесперспективностью жизни плода вне организма матери.

Во втором периоде с 22 недель до 26 недель внутриутробного развития представляется целесообразным введение особого правового статуса нерожденного ребенка, направленного на сохранение и поддержание его жизнеспособности, по возможности, в утробе матери. То есть, необходимо решать вопрос о преждевременных родах исходя в первую очередь из интересов плода, а не матери. Это связано с тем, что именно на этом этапе, ввиду физиологической незрелости организма ребенка, велик риск рождения детей с тяжелыми врожденными аномалиями развития (некротизирующий энтероколит, ретинопатии и остеопатии недоношенных, ранняя анемия и др.) и высоким риском и степенью инвалидизации в дальнейшем.

Третий этап с 26 недель внутриутробного развития и до момента отделения плода от организма матери посредством родов должен рассматриваться как временной интервал равных медицинских приоритетов при наблюдении матери и ребенка в связи с тем, что фактически речь идет о «нерожденном индивидууме», способном к самостоятельной жизнедеятельности вне организма матери.

Безусловно, говоря о необходимости введения особого правового статуса нерожденного ребенка, невозможно подразумевать наступление полной правоспособности, так как плод возможно наделить лишь правами, но не обязанностями. Однако, необходимо признать за эмбрионом право считаться живым человеческим организмом и субъектом права, пусть и в «усеченном» виде и на определенном этапе развития.

#### Библиографический список

1. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (в ред. от 28.12.2013) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. Дата доступа 13.01.2014.
2. О медицинских критериях рождения, форме документа о рождении и порядке его выдачи: приказ Министерства здравоохранения и социального развития России от 27.12.2011 г. № 1687н (ред. от 02.09.2013) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. Дата доступа 13.01.2014.
3. Бунина Е.Ю. Проблемы квалификации незаконного производства аборта // Уголовное право в эволюционирующем обществе: проблемы и перспективы: сб. науч. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф., 10 мая 2011 года. Курск, 2011. С. 111-115.
4. Дядюн К.В. Убийство матерью новорожденного ребенка: отграничение от смежных составов преступлений // Юридическая мысль. 2012. №5. С.102-110



5. *Зайцева А.М.* Начало жизни человека как граница конституционной правоспособности // Конституционное и муниципальное право. 2012. №10. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. Дата доступа 13.01.2014.
6. *Киселева Н.А.* Регулирование естественных прав человека на примере права на жизнь. Проблема соотношения естественного и социального в обществе и человеке. 2011. № 2. С. 131-134.
7. *Перевозчикова Е.В., Панкратова Е.А.* Конституционное право на жизнь и правовой статус эмбриона человека // Медицинское право. 2006. №2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. Дата доступа 13.01.2014.
8. Медицинская энциклопедия. [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_medicine/29368/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/29368/) Дата доступа 13.01.2014.

#### References

1. About the basis of health protection in the Russian Federation: Federal Law of 21.11.2011 № 323-FL (28.12.2013) // Consultant [electronic resource]. Access date 01/13/2014.
  2. The medical criteria of birth, the form of the birth and the procedure for issue: Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation, 27.12.2011 № 1687n (ed. by 02.09.2013) // Consultant [electronic resource]. Access date 01/13/2014.
  3. *Bunin E.Yu.* Problems of qualification of illegal abortions // Criminal law in the evolving society: problems and prospects: Collection of scientific articles on the Materials of the II International scientific and practical Conference, May 10, 2011. - Kursk, 2011. Pp. 111-115.
  4. *Dyadyun K.V.* The murder of a newborn baby by mother: delimitation from other crimes // Legal thought. 2012. №5. Pp.102-110
  5. *Zaitsev A.M.* The beginning of human life as the boundary of constitutional standing // Constitutional and municipal law. 2012. №10. Consultant [electronic resource]. Access date 01/13/2014.
  6. *Kiseleva N.A.* Regulation of natural rights as an example of the right to life. The problem of the relation of the natural and social in the human society. 2011. № 2. Pp. 131-134.
  7. *Pervezchikova E.V., Pankratova E.A.* Constitutional right to life and the legal status of the human embryo // Medical Law. 2006. №2. Consultant [electronic resource]. Access date 01/13/2014.
  8. Medical Encyclopedia. [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_medicine/29368/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/29368/) access date 01/13/2014.
-

УДК 616.36/.37-072.7

UDC 616.36/.37-072.7

**Т.Г. МОРОЗОВА**

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленская государственная медицинская академия

E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

**А.В. БОРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, директор, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленский государственный медицинский университет

**T.G. MOROZOVA**

Candidate of Medicine, Senior researcher, Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive technologies", Smolensk State Medical Academy

E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

**A.V. BORSUKOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of Problem Scientific Research Laboratory "Diagnostic Researches and Miniinvasive Technologies", Smolensk State Medical University

E-mail: bor55@yandex.ru

## КОМПЛЕКСНАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ДИФФУЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕЧЕНИ

### THE COMPREHENSIVE ELASTOGRAPHY IN DIFFERENTIAL DIAGNOSTIC OF DIFFUSE LIVER DISEASE

*Проведена оценка клинических возможностей и перспектив комплексной эластографии у 101 пациента с диффузными заболеваниями печени. По результатам исследования рекомендуется использовать комплексную эластографию печени как критерий уточняющей диагностики. Комплексная эластография печени повышает точность диагностики фиброзного процесса в ее паренхиме.*

*Ключевые слова:* комплексная эластография, печень.

*Clinical opportunities and prospects of integrated comprehensive elastography at 101 patients with diffuse liver disease were estimated. According to the research results it is recommended to use comprehensive elastography as a criterion clarifies diagnosis. The comprehensive elastography liver increases the diagnostic accuracy of the fibrosis process in the parenchyma.*

*Keywords:* the comprehensive elastography, liver.

Основой алгоритма обследования пациентов с диффузными заболеваниями печени (ДЗП) является комбинация клинико-лабораторных и инструментальных методов исследования [1, 2, 4]. Современный и эффективный алгоритм обследования пациентов с ДЗП невозможно представить без применения эластографического обследования, особенно, когда вопрос стоит о противопоказании к проведению биопсии печени. Однако, на сегодняшний день вопросы возможностей и интерпретации результатов того или иного вида эластографии печени остаются дискуссионными [5, 7, 10]. Использование транзистентной, компрессионной эластографии, эластографии сдвиговых волн, эластографии при эндосонографии рассматриваются врачами-исследователями как монометодики, без указания их взаимозаменяемости и возможностей параллельного использования [1, 4, 6, 8, 9, 10]. Создание и внедрение в клиническую практику высокоэффективных диагностических исследований позволяет дополнять или сокращать алгоритм обследования пациентов, причем каждый из путей способствует постановке правильного диагноза, а значит, верной тактике ведения пациента. Усугубляющим моментом для прогрессирования ДЗП является фиброз паренхимы, развивающийся, исходя из патофизиологического момента, неравномерно, а следовательно, полная информация о состоянии паренхимы печени при использовании только одного вида эластографии невозможна [1, 5, 10]. Транскутанная эластография не позволяет обследовать сегменты, к которым прилежат трубчатые структуры и органы ге-

патопанктератодуоденальной зоны (желудок, двенадцатиперстная кишка, желчный пузырь), так как создается значительное «акустическое окно» артефактов [1, 2, 5, 8, 9]. Поэтому проблема подбора вида эластографии, ее комплексного применения является актуальной, несмотря на успехи последних лет в области изучения и поисков эффективных путей алгоритма обследования пациентов с ДЗП.

**Целью** настоящей работы явилась оценка возможностей комплексного использования эластографии в дифференциальной диагностике ДЗП.

**Материалы и методы.** В исследование включены 101 человек в возрасте 59,2±7 лет с ДЗП, из которых мужчин 52 (51,4%), женщин 49 (48,6%). Все обследованные были разделены на три группы в зависимости от клинических форм: стеатогепатит – 53 (52,5%) человека, гепатит – 35 (34,6%) больных и цирроз – 13 (12,9%) пациентов ( $p \geq 0,05$ ). Пациенты находились на лечении в гастроэнтерологическом отделении ОГБУЗ «Клиническая больница №1» за период с 2011 по 2015 гг. с подозрениями на различные клинические формы ДЗП. Обследуемым проводилось ультразвуковое исследование печени в В-режиме, в режиме цветного доплеровского картирования. Транзистентная эластография проводилась на аппарате «FibroScan» (Echosens, Франция), компрессионная эластография – «Hitachi Preirus», эластография сдвиговых волн на аппарате Ангиодин-Ультра (Bioss) и компрессионная эластография при эндосонографии («PENTAX EG 387OUTK+ Hitachi Preirus»).

Задачей проводимых исследований явилась четкая топическая диагностика фиброзного процесса в печени, его распространенность. Путем последовательного проведения различных видов эластографий создавалось целостное представление об исследуемом органе.

Транскутанное эластографическое обследование проводилось при положении пациента на твердой ровной поверхности, в положении лежа. При транзитной эластометрии датчик устанавливался перпендикулярно межреберью, результат выражался в килопаскалях (кПа); при компрессионной – ось линейного датчика направлена к оси сердца (с целью получения толчкообразных движений), результат выражался в индексе фиброза (LF); при эластографии сдвиговых волн – конвексным датчиком создавалось «акустическое окно», при последующем получении окраса «зоны интереса» паренхимы печени результат выражался в кПа и метр в секунду (м/с); компрессионная эластография при эндосонографии – направление сканирования конвексного датчика совпадало с осью эндоскопа, требовался плотный контакт всей его рабочей поверхности с «зоной интереса», длительность устойчивого контакта составляла не менее 3-5 сек, результат выражался в условных единицах (у.е.) при помощи расчета коэффициента разницы (SR). Для стабилизации эластографической картины при эндосонографии целесообразна седация и/или вводный наркоз пациента до и во время исследования; при невозможности или отсутствии данных условий – увеличивается активность пациента, значительно искажающая полученные данные.

С целью введения дополнительного критерия для транскутанного эластографического обследования введен индекс массы тела (ИМТ), по результатам которого из алгоритма исключался тот или иной метод. В биохимическом анализе крови оценивались показатели активности АЛТ, АСТ, ГГТ, ЩФ. У 94 (93,1%) больных проведены биопсии печени под ультразвуковым контролем в качестве референтного метода.

Сравнение средних величин показателей в группах больных проводили с применением непараметрических и параметрических критериев. Анализ данных осуществляли с помощью статистической программы SPSS 17.0. С целью определения пригодности выбранной модели алгоритма для прогнозирования рассчитывали площадь под кривой (area under the curve – AUC) ROC (receiver operating characteristic) и соответствующий 95% доверительный интервал. Проведена оценка чувствительности, специфичности и точности выбранной модели обследования. Различия между сравниваемыми средними значениями показателей оценивали с использованием величин стандартного отклонения и считали достоверным при  $p \leq 0,05$  (критерий Стьюдента).

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования 101 больному проводились все методы эластографической диагностики. Пациенты трех групп были обследованы строго по вышеуказанной методике, что позволило сопоставить их между собой (табл. 1).

Таблица 1.

Результаты исследования комплексной эластографии у пациентов с ДЗП

Вид эластографии	Клинические формы ДЗП		
	стеатогепатит (абс.,%)	гепатит (абс.,%)	цирроз (абс.,%)
Транзитная эластометрия	45 (84,9)	34 (97,1)	13 (100)
Компрессионная эластография	51 (96,2)	34 (97,1)	5 (38,4)
Компрессионная эластография при эндосонографии	53 (100)	35(100)	13(100)
Эластография сдвиговых волн	53 (100)	35(100)	13 (100)

Был проведен корреляционный анализ результатов комплексной эластографии с результатами ИМТ у пациентов. Установлено, что при  $ИМТ \geq 25 \text{ кг/м}^2$  результаты транзитной эластометрии и компрессионной эластографии являются неинформативными, так как избыточно развитая подкожно-жировая клетчатка препятствует возникновению импульсных волн, приводя к их быстрому затуханию. Таким образом, невозможность проведения транзитной эластометрии отмечена у 8 (15,1%) больных, страдающих стеатогепатитом, у 1 (2,8%) – гепатитом; транскутанной компрессионной эластографии – у 2 (3,7%) пациентов со стеатогепатитом. Невозможность получения результата при компрессионной эластографии у пациентов, страдающих циррозом печени (8 (61,5%) больных ( $p \leq 0,05$ )), была связана с особенностями паренхимы печени, а именно, с повышением ее плотности, через которую не передавались на поверхность линейного датчика импульсы сердечных сокращений (рис.1).

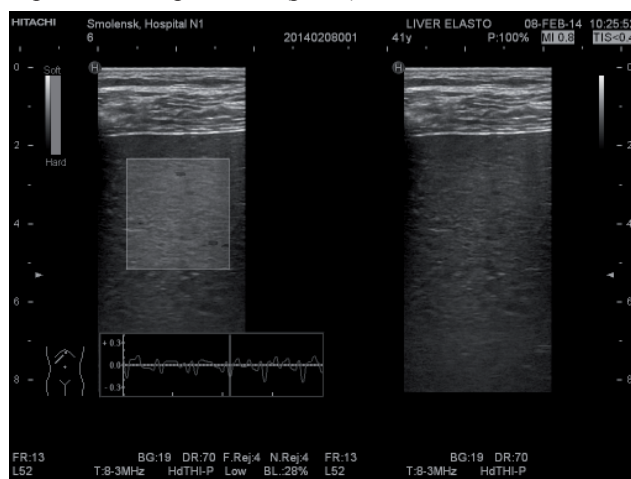


Рис. 1. Эластографическое изображение при компрессионной эластографии у пациента с циррозом печени.

Примечание: отсутствие графического изображения эластограммы, эластографические импульсы низкого вольтажа, неодинаковые, непохожие на ЭКГ-сокращения.

Невозможность получения результатов по одному из методов позволяло использовать следующие виды эластографического исследования, что при динамическом наблюдении за пациентом сокращало диагностический алгоритм, а именно – обследование начиналось с наиболее информативного вида эластографии для больного (рис.2).

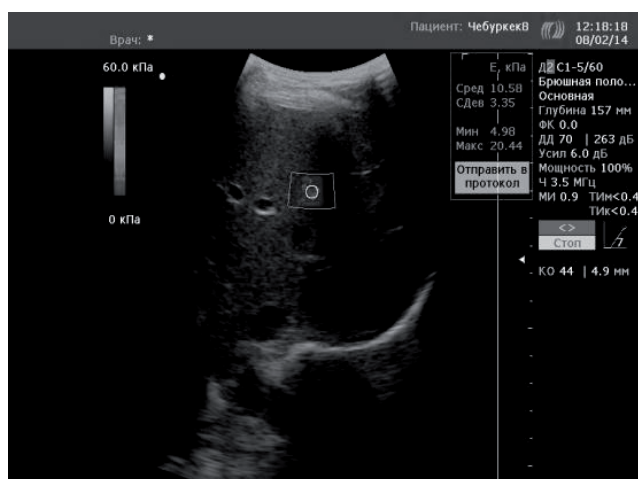


Рис. 2. Эластографическое изображение при эластографии сдвиговых волн у пациента с гепатитом.

Проведена оценка показателей каждого метода эластографического исследования для всех клинических групп пациентов (табл. 2).

Разработана шкала комплексного эластографического обследования (рис. 3).

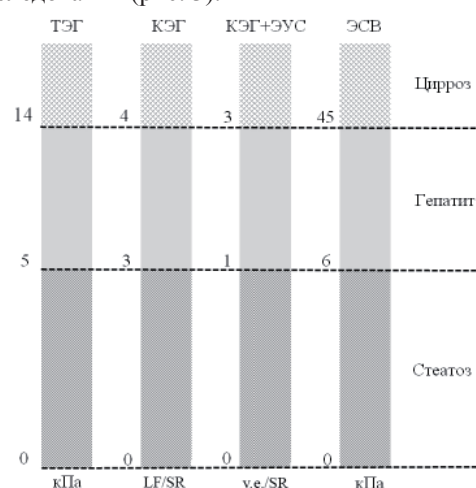


Рис. 3. Шкала комплексного эластографического обследования при диффузных заболеваниях печени.

Примечание: ТЭГ – транзистентная эластография, КЭГ – компрессионная эластография, КЭГ+ЭУС – компрессионная эластография при эндосонаграфии, ЭСВ – эластография сдвиговых волн.

Таблица 2.

Эластографические показатели комплексного обследования пациентов при ДЗП

Клинические формы ДЗП	Метод эластографического обследования			
	Транзистентная эластография (кПа)	Компрессионная эластография (LF)	Компрессионная эластография при эндосонаграфии (у.е.)	Эластография сдвиговых волн (кПа/м/с)
стеатогепатит	3,4±1,2	2,1±0,4	0,8±1,1	5,47±0,2/ /1,86±0,17
гепатит	7,6±3,5	3,8±0,7	2,5±0,7	7,32±0,8/ /2,47±1,14
цирроз	23,1±6,4	4,5±1,4	5±3,1	72,78±10,2/ /4,20±5,31

Результаты комплексного эластографического обследования у 34 (64,1%) больных 1 группы ( $p \leq 0,05$ ) позволили уточнить клинический диагноз стеатогепатит, а именно разделить стеатоз и гепатит; у 3 (8,5%) пациентов 2 группы ( $p \leq 0,05$ ) результаты компрессионной эластографии при эндосонаграфии и эластографии сдвиговых волн указывали на цирротический процесс в паренхиме печени. Таким образом, разработанная шкала позволила установить интервал эластографических величин для всех клинических форм ДЗП (табл. 3).

Следует отметить, что понятие «комплексный интервал» предложено в связи с появлением своеобразного «перекреста» показателей, когда на начальных этапах пациенту устанавливают диагноз, а при дальнейшем следовании эластографическому алгоритму – допол-

нительном использовании шкалы комплексного эластографического обследования, клинический диагноз уточняется. Особенно это актуально для результатов гистологического исследования, по данным которого мы получаем следующие заключения, например: стеатогепатит, гепатит с исходом в цирроз, поэтому при дополнительном эластографическом обследовании мы можем прогнозировать возможный вариант гистологического заключения (рис. 4).

На втором этапе исследования определялись чувствительность, специфичность и точность эластографических методов. Таким образом, для транзистентной: специфичность составила 87,5%, чувствительность – 83,1%, точность – 85,7%, AUC была равной 0,801 с 95% доверительным интервалом [0,793 – 0,899]; для ком-

Таблица 3.

Комплексный интервал эластографических показателей при ДЗП

Клинические формы ДЗП	Метод эластографического обследования			
	Транзистентная эластография (кПа)	Компрессионная эластография (LF)	Компрессионная эластография при эндосонаграфии (у.е.)	Эластография сдвиговых волн (кПа/м/с)
стеатоз	до 5	до 3	до 1	до 6/до 1,93
гепатит	5 – 14	– 4	1 – 3	6 – 45/1,93-3,49
цирроз	14 и более	4 и более	3 и более	45 и более/ 3,49 и более



прессионной эластографии: специфичность составила 91,8%, чувствительность – 86,5%, точность – 89,6%, AUC – 0,902 с 95% доверительным интервалом [0,897 – 0,973]; для компрессионной при эндосонографии специфичность составила 89,9%, чувствительность – 87,3%, точность – 86,5%, AUC – 0,895 с 95% доверительным интервалом [0,879 – 0,965]; для эластографии сдвиговых волн специфичность составила 98,9%, чувствительность – 93,7%, точность – 95,2%, AUC – 0,995 с 95% доверительным интервалом [0,954 – 0,998] (табл. 4).

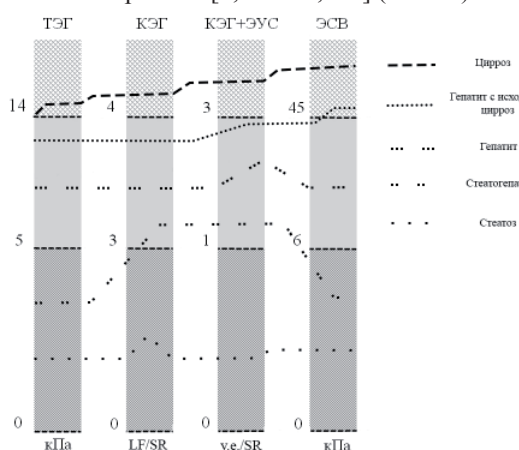


Рис. 4. Возможные варианты интерпретации данных шкалы эластографических показателей.

При анализе данных комплексного эластографического обследования, при различных комбинациях методов эластографии: специфичность – 98,9%, чувствительность – 95,1%, точность – 96,9%. ROC-кривые представленные на рис. 5. AUC достоверно значимо отличается от 0,5 (p-value=0,0001).

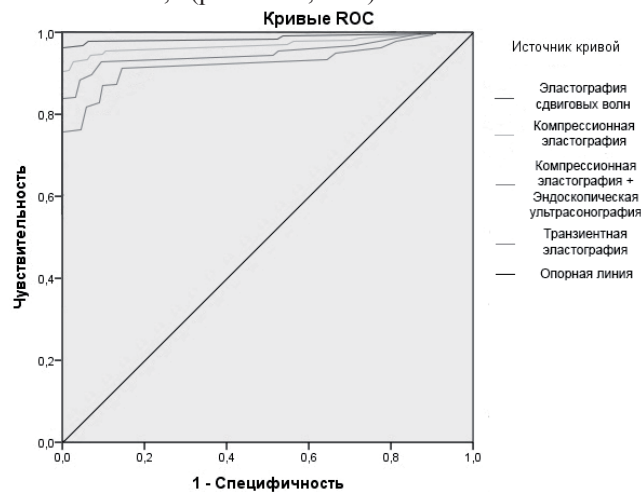


Рис. 5. ROC-кривая для диагностической и прогностической ценности эластографических методик.

Таблица 4.

Площадь под ROC-кривой (AUC)

Вид эластографического исследования	Тестовые переменные: предполагаемая вероятность				
	AUC	Стандартная ошибка <sup>1</sup>	Асимптотическая значимость <sup>2</sup>	Асимптотический 95% доверительный интервал	
				нижняя граница	верхняя граница
Транзиентная эластография	0,807	0,024	0,0001	0,793	0,899
Компрессионная эластография	0,902	0,028	0,0001	0,897	0,973
Компрессионная эластография при эндосонографии	0,895	0,027	0,0001	0,879	0,965
Эластография сдвиговых волн	0,995	0,023	0,0001	0,959	0,998

Примечание: <sup>1</sup> – в непараметрическом случае; <sup>2</sup> – истинная площадь.

Таким образом, эта модель логистической регрессии пригодна для оценки значимости комплексного эластографического обследования.

### Выводы

1. Использование в алгоритме обследования пациентов с ДЗП комплексного эластографического обследования позволяет оценить все сегменты печени, что не всегда доступно при применении только одной методики.
2. При наличии противопоказаний к проведению

биопсии печени, ИМТ $\geq$ 25 в созданной модели комплексного эластографического обследования существует элемент взаимозаменяемости.

3. Оценка комплексного интервала эластографических показателей позволяет прогнозировать по шкале комплексного эластографического обследования клинические формы ДЗП и возможный их исход.

4. При анализе данных комплексного эластографического обследования, при различных комбинациях методов эластографии: специфичность – 98,9%, чувствительность – 95,1%, точность – 96,9%.

### Библиографический список

1. Борсуков А. В., Крюковский С. Б., Покусаева В. Н., Никифоровская Е. Н., Перегудов И. В., Морозова Т. Г. Эластография в клинической гепатологии (частные вопросы). Смоленск: Смоленская гор. типография, 2011. 276 с.
2. Борсуков А.В., Морозова Т.Г., Ковалев А.В., Сафронова М.А., Иванов Ю.В., Казакова О.П., Мамошин А.В. Опыт внедрения рекомендаций по стандартизированной методике компрессионной соноэластографии поверхностных органов и структур // Медицинская визуализация. 2014. № 4. С. 122 – 131.
3. Буеверов А.О., Богомолов П.О., Мацевич М.В. Возможности этиотропной терапии больных вирусным циррозом печени // Клинические перспективы гастроэнтерологии, гепатологии. № 6. 2014. С. 11-17.

4. Лемешко З.А. Лучевая диагностика в гастроэнтерологии // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2011. №1. С. 79 - 84.
5. Морозова Т.Г., Борсуков А.В. Эндосонографический мониторинг в комплексной диагностике заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны и желудка // Клиническая практика. 2014. № 2 (18). С. 35-41.
6. Постнова Н.А., Васильев А.Ю. Возможности эластографии сдвиговой волны в дифференциальной диагностике изменений молочных желез. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. №5. С. 24-30.
7. Руденко О.В., Сафронов Д.В., Рыхтик П.И., Гурбатов С.Н., Романов С.В. Физические основы эластографии. Часть 2. Эластография на сдвиговой волне (лекция) // Радиология – практика. № 4 (46). 2014. С. 62-72.
8. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F., et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 1: Basic Principles and Technology // Ultraschall in Med 2013. № 34. Pp. 169-184.
9. Castera L., Vergniol J., Foucher J. et al. Prospective comparison of transient elastography, Fibrotest, APRI, and liver biopsy for the assessment of fibrosis in chronic hepatitis C // Gastroenterology. 2005. V. 128. №2. Pp. 343-350.
10. Cosgrove D., Bamber J., Dietrich C.F., et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 2: Clinical Applications // DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1335375> Published on-line: 2013

#### References

1. Borsukov A.V., Krukovsky S.B., Pokusaeva V.N., Nikiforovskai E. N., Peregudov I. V., Morozova T. G. The elastography in clinical hepatology (specific questions). Smolensk, 2011, 276 p.
2. Borsukov A.V., Morozova T.G., Kovalev A.V., Safronova M.A., Ivanov U.V., Kazakova O.P., Mamoshin A.V. Experience of recommendations implementing in compression sonoelastography of superficial organs and structures standardized technique // Medicine visualization. 2014. № 4. Pp. 122-131.
3. Buyeverov A.O., Bogomolov P.O., Matsiyevich M.V. Options of etiological therapy of viral liver cirrhosis // Clinical pospects of gastroenterology, hepatology. № 6. 2014. Pp. 11-17.
4. Lemesko Z.A. Radiology in Gastroenterology // Russian Journal of gastroenterology, hepatology, coloproctology. 2011. № 1. Pp. 79-84.
5. Morozova T.G., Borsukov A.V. Endosonographic monitoring in complex diagnostic of hepatopancreatoduodenal zone and gaster diseases // Clinical practice. 2014. № 2 (18). Pp. 35-41.
6. Postnova N.A., Vasilyeva A.Y. Shear wave elastography opportunities in differential diagnosis of changes in mammary gland. Ultrasound and functional diagnostics. 2013. № 5. Pp. 24-30.
7. Rudenko O.V., Safonov D.V., Rykhtik P.I., Gurbatov S.N., Romanov S.V. Physical bases of elastography. Part 2. Shear wave elastography (Lecture) // Radiology practice. № 4 (46). 2014. Pp. 62-72.
8. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F., et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 1: Basic Principles and Technology // Ultraschall in Med 2013. № 34. Pp. 169-184.
9. Castera L., Vergniol J., Foucher J. et al. Prospective comparison of transient elastography, Fibrotest, APRI, and liver biopsy for the assessment of fibrosis in chronic hepatitis C // Gastroenterology. 2005. V. 128. №2. Pp. 343-350.
10. Cosgrove D., Bamber J., Dietrich C.F., et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 2: Clinical Applications // DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1335375> Published on-line: 2013

УДК 616-08-039.57: 616-056.3-07

UDC 616-08-039.57: 616-056.3-07

**Т.И. ОБОЛЕНСКАЯ**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: obolenskayatyana@gmail.com

**М.С. ТУРЧИНА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: turchina-57@mail.ru

**Ю.М. МОРОЗОВ**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра специализированных хирургических дисциплин, Орловский государственный университет  
E-mail: morozov-orel@mail.ru

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: vishnevsky.orel@mail.ru

**T.I. OBOLENSKAYA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of internal diseases, Orel State University  
E-mail: obolenskayatyana@gmail.com

**M.S. TURCHINA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of internal diseases, Orel State University  
E-mail: turchina-57@mail.ru

**Y.M. MOROZOV**

Doctor of Medicine, Professor, Department of specialized surgical disciplines, Orel State University  
E-mail: morozov-orel@mail.ru

**V.I. VISHNEVSKY**

Doctor of Medicine, Professor, Department of internal diseases, Orel State University  
E-mail: vishnevsky.orel@mail.ru

**ОШИБКИ ДИАГНОСТИКИ АЛЛЕРГОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ НА ДОГОСПИТАЛЬНОМ ЭТАПЕ**

**DIAGNOSTIC ERRORS OF ALLERGIC PATHOLOGY AT PREHOSPITAL STAGE**

*Поздняя диагностика аллергических заболеваний на догоспитальном этапе является следствием дефектов организационных мероприятий по выявляемости данной патологии у пациентов. Это приводит к несвоевременной иммуннокоррекции заболевания, лечению аллергических состояний неэффективными методами, увеличению тяжести болезни и развитию осложнений.*

*Ключевые слова:* аллергия, догоспитальный этап, диагностика.

*Late diagnostics of allergic diseases at preadmission stage is consequence of defects in organization arrangements for detection of this pathology. It leads to late immunocorrection of disease, treatment of allergic conditions by ineffective methods, increase in the severity of disease and development of complications.*

*Keywords:* allergy, prehospital stage, diagnostic.

Статистические данные свидетельствуют о несоответствии частоты обращаемости больных с аллергией в лечебно-профилактические учреждения истинной величине заболеваемости и распространенности аллергических болезней среди населения России [1, 5]. В результате отмечается гиподиагностика аллергических заболеваний, что в свою очередь приводит к серьезным осложнениям и формированию резистентных к лечению форм аллергических состояний [2, 3, 4].

С целью выяснения возможных причин ошибок в лечении пациентов с отягощенным аллергоанамнезом проведен анализ случаев оказания им помощи в многопрофильных отделениях областной клинической больницы за трехлетний период.

Структура амбулаторных обращений к врачу-аллергологу областной консультативной поликлиники обусловлена необходимостью подтверждения или исключения предварительного диагноза аллергического заболевания, уточнения формы или тяжести течения аллергологической патологии. В связи с этим анализ поставленных им окончательных диагнозов позволяет косвенно судить о качестве диагностики этого вида патологии врачами муниципальных учреждений здравоохранения (МУЗ) у жителей региона.

Полученные данные свидетельствуют о том, что аллергологический диагноз выставлен областным специ-

алистом в 79,2% случаев обращений. Следовательно, ошибки диагностики аллергических заболеваний в МУЗ составляют более 20%. Почти все повторные посещения врача-аллерголога (92,6%) осуществляются по профилю (табл. 1).

В сельских условиях возможность получения консультативной помощи узких специалистов по различным специальностям (в том числе и аллерголога) существенно ниже, чем в городе, ввиду их отсутствия и территориальной удаленности жителей от районных центров, что не может не сказаться на качестве диагностики аллергических состояний среди населения (табл. 2).

В частности, частота диагностики аллергических ринитов у городских жителей в 1,7 раза выше, чем у сельских, аллергодерматозов – соответственно в 1,2 раза. Вместе с тем, обращаемость сельских жителей по поводу бронхиальной астмы, особенно неаллергической и неуточненной, более чем в 2 раза выше, чем городских, что является следствием поздней диагностики аллергических заболеваний верхних дыхательных путей (поллиноза, аллергических ринитов) и начала их лечения в фазе развившихся стойких респираторных нарушений.

Оценить особенности верификации аллергии на догоспитальном этапе представилось возможным на основании сведений, содержащихся в медицинских документах у 2006 больных с аллергическими заболе-

Таблица 1.

Структура приема врача-аллерголога областной консультативной поликлиники  
в 2005-2008 г. с учетом окончательных диагнозов

Вид патологии	Посещение врача (число, %)		Всего посещений (число, %)
	первичное	повторное	
I. Аллергической	11444 (76,2)	3065 (2,7)	14509 (79,2)
Аллергический конъюнктивит	3 (0,02)	-	3 (0,02)
Аллергический ринит	2273 (15,1)	1352 (40,9)	3625 (19,8)
Бронхиальная астма	3057 (20,4)	1158 (35)	4215 (23)
Аллергодерматозы	6048 (40,3)	553 (16,7)	6601 (36)
Отек Квинке	17 (0,1)	2 (0,06)	19 (0,1)
Анафилаксия	46 (0,3)	-	46 (0,25)
II. Неаллергической	3570 (23,8)	240 (7,3)	3810 (20,8)
Конъюнктивит	73 (0,5)	-	73 (0,4)
Ринит	1589 (10,6)	59 (1,8)	1648 (9)
Бронхит	776 (5,2)	85 (2,6)	861 (4,7)
Пневмония	69 (0,5)	4 (0,1)	73 (0,4)
Другие заболевания дыхательных путей	142 (0,9)	23 (0,7)	165 (0,9)
Неаллергические дерматиты	30 (0,2)	7 (0,2)	37 (0,2)
Другая патология	891 (5,9)	62 (1,9)	953 (5,2)
Всего	15014 (100)	3305 (100)	18319 (100)

Таблица 2.

Структура аллергологической патологии, выявленной врачом-аллергологом областной консультативной поликлиники за трехлетний период, с учетом условий проживания граждан Орловской области

Вид патологии	Число посещений (%) аллерголога жителями		Всего посещений (число – 100%)
	города	села	
I. Аллергической	7733 (53,3)	6776 (56,4)	14509
Аллергический конъюнктивит	1 (33,3)	2 (66,6)	3
Аллергический ринит	2265 (62,5)	1360 (37,5)	3625
Поллиноз	1636 (63,3)	949 (36,7)	2585
Другие Аллергические Риниты	669 (64,3)	371 (35,7)	1040
Бронхиальная Астма	1842 (43,7)	2373 (56,3)	4215
Аллергическая	1636 (44,8)	2016 (55,2)	3652
Неаллергическая	79 (30,6)	179 (69,4)	258
Смешанная	102 (44,2)	129 (55,8)	231
Неуточненная	21 (28,4)	53 (71,6)	74
Аллергодерматозы	3591 (54,4)	3010 (45,6)	6601
Атопический Дерматит	1282 (53,6)	1110 (46,4)	2392
Контактный Дерматит	689 (54,2)	583 (45,8)	1272
Крапивница	1469 (55,7)	1168 (44,3)	2637
Токсидермии	109 (52,7)	98 (47,3)	207
Другие Аллергические Дерматиты	43 (46,2)	50 (53,8)	93
Отек Квинке	11 (57,9)	8 (42,1)	19
Анафилаксия	23 (50)	23 (50)	46
II. Неаллергической	1830 (48)	1980 (52)	3810
Всего	9563 (52,2)	8756 (47,8)	18319

ваниями, госпитализированных в отделение аллергологии и иммунологии областной клинической больницы.

Анализируя качество диагностики аллергических проявлений на догоспитальном этапе у этих больных можно отметить, что в случае их экстренной госпитализации расхождение направительного и клинического диагноза имело место в 5,7% случаев.

В 43,6% случаев пациенты с аллергологической патологией направлялись врачами «скорой медицинской помощи» на госпитализацию с диагнозом «аллергическая реакция неясной этиологии». Лишь в дальней-

шем при повторном сборе анамнеза и осмотре врачом аллергологом-иммунологом отделения выставлялся нозологический диагноз и уточнялась вероятная этиология заболевания.

У больных бронхиальной астмой на догоспитальном этапе в 10,9% случаев характер астмы не был уточненным. В 53% случаев при экстренном направлении им выставлялся диагноз неаллергической астмы.

Специфическая диагностика на догоспитальном этапе больным аллергией не осуществлялась в 42,8% случаев.



В случаях плановой госпитализации этиологический фактор у пациентов, нуждающихся в оказании аллергологической помощи, отсутствовал в диагнозе направляющего учреждения в 92% случаев. В результате опроса аллергологом у 85% таких пациентов выявлена причина аллергической реакции: лекарственная, пищевая, инсектная аллергия и др.

Полученные данные свидетельствуют, что специалисты первичного звена недостаточно владеют навыками сбора аллергологического анамнеза и не имеют необходимых знаний по структуре и первичной диагностике аллергических заболеваний. Все это обуславливает невозможность осуществления качественной статистики по первичной обращаемости больных с аллергологической патологией. Отсутствие этиологической верификации диагноза исключает возможность проведения профилактических мероприятий, которые для больных этой категории играют первостепенную роль. Поздняя диагностика аллергических заболеваний приводит в дальнейшем к неэффективному их лечению, увеличению тяжести состояния и развитию осложнений.

Действующими нормативными документами определен порядок организации аллергологической и иммуно-

логической медицинской помощи в рамках первичной медико-санитарной и специализированной аллергологической и иммунологической помощи в учреждениях здравоохранения субъектов Российской Федерации, в соответствии с которым установлены штатные нормативы врача-аллерголога: 1 должность на 100 000 взрослого населения и 1 должность на 20 000 детского населения. Это вынуждает организовать в условиях региона, исходя из численности населения, лишь узкий консультативный прием врача-аллерголога в условиях областной больницы и не позволяет создать необходимую службу в каждой поликлинике. Следовательно, проблема доступности аллергологической помощи для сельского населения опять же остается нерешенной.

Таким образом, в основе дефектов выявляемости аллергической патологии у больных на догоспитальном этапе лежат организационные причины. Основными мероприятиями по улучшению диагностики и лечения аллергических заболеваний жителей региона являются создание аллергологической службы на муниципальном уровне и целенаправленная подготовка специалистов общетерапевтического профиля.

#### Библиографический список

1. Антонов Н.С. Эпидемиология бронхолегочных заболеваний в России // Пульмонология. 2006. № 4. С. 83–88.
2. Бримкулов Н.Н., Винников Д.В., Рыжкова Е.В. Ведение больных астмой на первичном уровне здравоохранения: влияние образовательной программы для врачей // Пульмонология. 2007. № 5. С. 24 - 28.
3. Верткин А., Дадькина А., Лукашов М., Гамбаров Р. Острые аллергические заболевания (диагностика, лечение, типичные ошибки) // Врач. 2007. № 2. С. 66-70.
4. Ильина Н.И. Аллергия – болезнь цивилизации // Качество жизни. Медицина. 2005. № 4 (11). С. 10-14.
5. Хайтов Р.М., Ильина Н.И. Аллергические болезни в России на рубеже веков. Оценка ситуации в XXI веке // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И.Мечникова. 2005. № 1. С. 170-176.

#### References

1. Antonov N.S. Epidemiology of bronchopulmonary diseases // Pulmonology. 2006. № 4. Pp. 83–88.
2. Brimkulov N.N., Vinnikov D.V., Ryzhkova E.V. Management of asthma patients in primary care settings: effect of a physician's training // Pulmonology. 2007. № 5. Pp. 24 - 28.
3. Vertkin A., Dadykina A., Lukashov M., Gambarov R. Acute allergic diseases (diagnosis, treatment, typical errors) // Doctor. 2007. № 2. Pp. 66-70.
4. Ilyina N.I. Allergy is a disease of civilization // Quality of life. Medicine. 2005. № 4 (11). Pp. 10-14.
5. Khaitov R.M., Ilyina N.I. Allergic disease in Russia at the turn of the century. Assessment of the situation in the XXI century // Bulletin of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. 2005. № 1. Pp. 170-176.

УДК 616.89-003.96

UDC 616.89-003.96

**Н.Н. ОСИПОВА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра философии, истории медицины с курсом психологии и педагогики, Смоленская государственная медицинская академия  
E-mail: natinen@rambler.ru

**В.М. ЗАЙЦЕВА**

кандидат психологических наук, доцент, кафедра философии, истории медицины с курсом психологии и педагогики, Смоленская государственная медицинская академия  
E-mail: natinen@rambler.ru

**А.В. БОРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра факультетской терапии, Смоленская государственная медицинская академия  
E-mail: bor55@yandex.ru

**К.Н. КУЛАГИН**

кандидат медицинских наук, ассистент, кафедра фармакологии, Смоленская государственная медицинская академия  
E-mail: sgma-pharm@mail.ru

**N.N. OSIPOVA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of philosophy, history of medicine with a course of psychology and pedagogy, Smolensk State Medical Academy  
E-mail: natinen@rambler.ru

**V.M. ZAITSEVA**

Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor, Department of philosophy, history of medicine with a course of psychology and pedagogy, Smolensk State Medical Academy  
E-mail: verazaytseva@yandex.ru

**A.V. BORSUKOV**

Doctor of Medicine, Professor, Department of faculty therapy, Smolensk State Medical Academy  
E-mail: bor55@yandex.ru

**K.N. KULAGIN**

Candidate of Medicine, Assistant, Department of Pharmacology, Smolensk State Medical Academy

**ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ПСИХИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА  
В ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

**PROSPECTS OF THE MENTAL ADAPTATION TRANSFORMATION IN THE POST-INDUSTRIAL SPACE**

*В статье обсуждается современное состояние психического здоровья и психической адаптации молодых людей в постиндустриальном (информационном) обществе. Проведенный теоретический анализ медицинских и психологических исследований психики человека убедительно показывает, что увеличение количества девиантных форм поведения, пограничных психических расстройств свидетельствует о формировании иных психических механизмов взаимодействия с новым информационным пространством. Изучение эмоционального состояния молодых людей подтверждает их эмоциональную нестабильность в виде повышенной тревожности, а также незрелость в социальных отношениях и принятии ответственности. Выявленные особенности могут свидетельствовать о процессе трансформации психической адаптации к новой информационной среде.*

*Ключевые слова:* психическая адаптация, информационное пространство, мотивационно-потребностная сфера личности, локус-контроль, тревожность, психический инфантилизм.

*The current state of mental health and mental adaptation of young people in today's post-industrial (information society) is presented in this article. The theoretical analysis of the medical and psychological studies of the human psyche, strongly suggests that an increasing of number of deviant behavior, borderline mental disorders, indicates the formation of other psychic mechanisms of interaction with the new information space. The research of the emotional state of young people researching confirms their emotional instability in the form of increased anxiety and also immaturity in social relationships and responsibility taking. Revealed characteristics may indicate the process of transformation of mental adaptation to the new information environment.*

*Keywords:* psychological adaptation in information space, the need-motivational sphere of personality, locus of control, anxiety, mental infantilism.

**Введение.** Вступление общества в постиндустриальный этап, однозначно обозначаемый как информационный, и связанные с ним технологические инновации в области геной инженерии, биотехнологии, а также компьютеризация и информатизация неизбежно приводят к масштабным изменениям в природе человека. Возможности и перспективы модификации природы человека как в биологическом, так и в социально-психологическом плане могут пониматься как изменения некоторой мерности человека: способов его поведения, его ощущений и психики в целом [9, 10, 11]. Утверждение Н. Джойса о том, что «мозг способен менять собственную структуру и функционирование, благодаря мыслям и действиям человека», можно считать согласующимся с тем фактом, что современное

поведение в новой информационной среде повлечет за собой некоторые изменения в психическом функционировании. [12, 21, 24].

По мнению Абрамова, «распространение компьютерной техники столь масштабно, а достижения в данной области сейчас столь ощутимы, что вполне правомерно ставить вопрос о индивидуально-психологических последствиях глобальной информатизации. [1]. Последствия компьютеризации столь очевидны, что во многих работах уже отчетливо намечается описание оформленных проявлений как в социальном, так и психологическом направлениях [9, 25]. В частности, эмоциональная нестабильность в виде тревоги и агрессии, своеобразная форма психического инфантилизма молодых людей, проявляющаяся, с одной стороны, вы-

сокой степенью осведомленности в компьютерных технологиях и виртуальном пространстве, и практически полной беспомощностью в сложном мире социальных норм и отношений – с другой[11].

Можно полагать, что активное использование информационных технологий влечет за собой латентное развитие процесса десоциализации человека, обособления от общества и закономерно ставит вопрос о способности человека эффективно противостоять этому деструктивному процессу[1, 10, 21].

**Актуальность.** Очевидно, что рассмотренные выше факторы увеличивают интенсивность протекания адаптационных процессов и значительно повышают требования к адаптационным механизмам человека, прежде всего, к психической адаптации, благодаря которой обеспечиваются наиболее важные аспекты взаимоотношений между человеком и его окружением[4, 8, 16]. Психическую адаптацию рассматривают как результат деятельности целостной самоуправляемой системы, «которая обеспечивает деятельность человека на уровне оперативного покоя», позволяя ему не только наиболее оптимально противостоять различным природным и социальным факторам, но и активно и целенаправленно воздействовать на них» [1].

Одним из важнейших условий возникновения пограничных форм психических расстройств, по мнению Ю.А. Александровского, является несоответствие имеющихся у человека социальных и биологических возможностей для переработки информации, скорости ее поступления и количеству, которое в этих случаях может быть как избыточным, так и недостаточным. Это несоответствие нередко служит непосредственной причиной разнообразных нарушений упорядоченных коммуникационных отношений человека, выражающихся в виде невротических расстройств. На этом основании некоторые исследователи считают невроз «болезнью, обусловленной действием информации» [16].

Действительно, приводятся весьма убедительные данные об увеличении количества психопатологии, девиантных форм поведения как среди подростков, так и взрослых, гиперактивности, аутизме и т.п. Так, по данным Всемирной организации здравоохранения страдает депрессиями почти 5-8% населения Земного шара, прогнозируется ее неуклонный рост, что позволяет футурологам называть 21 век веком депрессии; симптомы депрессии стали так часто обнаруживаться, что иногда ее называют «простудой в патопсихологии». Среди причин депрессии называются разнообразные, в том числе, обилие стрессогенных факторов, старение населения, изменения в системе нейромедиаторов и многие другие. Однако существует мнение В.Г. Ротштейна, что «распространенность депрессий связана и с немотивированным расширением понятия «психическое расстройство», причем такой процесс происходит стихийно и опережает его научное осмысление»[10].

В 2013 году, по данным Американских центров по контролю и предотвращению заболеваний (U.S. Centers for Disease Control and Prevention), каждый 88-й ребенок в Америке болеет аутизмом – это на 23% боль-

ше, чем два года назад, и на 78% больше, чем в 2000 году[13, 14].

Безусловно, что увеличение показателей заболеваемости связано с улучшением возможностей диагностики, также называются причины, связанные с изменением иммунного реагирования, отягощенная наследственность и т.д. Однако, увеличение количества детей с проявлениями раннего детского аутизма весьма убедительно наталкивает на мысль об изменении способов реагирования нервной системы в изменившейся информационной среде, что влечет за собой и изменения поведенческого репертуара[24].

Исходя из вышесказанного, очевидно, что действительно происходят изменения в психическом функционировании человека, которые очень часто по своим проявлениям напоминают психические расстройства, однако столь широкое распространение психопатологии, на наш взгляд, требует несколько иных подходов в их интерпретации. Возникает вопрос – считать данные проявления патоморфозом психических расстройств, гипердиагностикой, либо все же предполагать, что некоторые из них являются новыми формами адаптации к изменившейся информационной среде. Более того, по мнению Ю.А. Александровского, уловить переход от нормы к патологии иногда очень сложно, а на основании оценки лишь одной грани поведения человека, в отрыве от всего комплекса его психической деятельности, как правило, вообще невозможно[3, 5]. Это связано с тем, что «граница нормальной и патологической психической деятельности не похожа на тонкую линию», она достаточно широка, и определяющие ее механизмы имеют большой диапазон функциональных возможностей.

По мнению Ф. Клайн, современная «усложненная», интеллектуально насыщенная окружающая среда ставит в особые условия интеллектуальную деятельность человека: с одной стороны, стимулируя его возможности мозга, с другой – вызывая непреодолимые препятствия и последующую неспособность к жизни в такой среде. В известных работах М. Розенцвейга и Э. Беннета продемонстрирована связь между воздействием «насыщенной» окружающей среды и увеличением коры головного мозга у животных, повышение количества нервных клеток, увеличение размеров нейронов, повышение кровоснабжения головного мозга, что, несомненно, влечет изменения в поведении.[12]

К. Прибрам еще в 1975 считал, что механизм «постоянной модификации мозговой ткани» обладает многими свойствами механизма дифференциации эмбриональной ткани[1]. По его экспериментальным данным можно наблюдать направленный рост нервных волокон, который может изменять пространственную структуру связей между нейронами и тем самым определять стержень анатомической структуры «функционального органа». В современных подходах к изучению мозга и его модификации заслуживает особого внимания новое направление в нейропсихологии и когнитивной психологии – исследование нейропластичности, под которой понимается гибкость мозга, его способность

изменяться. Многие исследователи связывают нейропластичность со способностью к компенсации нарушенных функций мозга человека за счет перестройки его нейронных систем, однако, на наш взгляд, данное понятие может быть применимо и к изменениям мозговых структур, вызванными влиянием новой информационной среды [12].

**Целью** настоящего исследования явилось изучение предикторов адаптационных возможностей психики студентов-первокурсников медицинской академии ( $n=186$ ). Психическую адаптацию мы определяли, пользуясь подходом Ф.Б. Березина, как процесс установления оптимального соответствия личности и окружающей среды в ходе осуществления свойственной человеку деятельности, который позволяет индивидууму удовлетворять актуальные потребности и реализовывать связанные с ними значимые цели (при сохранении психического и физического здоровья), обеспечивая в то же время соответствие психической деятельности человека, его поведения требованиям среды [8].

**Материал и методы.** В исследовании принимали участие студенты от 17 до 18 лет, приступившие к обучению в течение первых двух месяцев. Для изучения предикторов психической адаптации нами были использованы следующие психодиагностические методики и методы статистической обработки данных:

1. Методика исследования уровня субъективного контроля, адаптированная Е. Ф. Бажиным, Е. А. Голынкиной, Л. М. Эткинд, в основе которой лежит концепция «локуса контроля» Дж. Роттера, предполагающая измерение степени ответственности поведения в различных ситуациях, в том числе в сфере достижений и неудач. Опросник состоит из 44 вопросов и сбалансирован по следующим параметрам – по интернальности-экстернальности и по эмоциональному знаку [2,6, 20].

2. Методика измерения личностной и ситуативной тревожности Ч.Д. Спилбергера и Ю.Л. Ханина, позволяющая дифференцированно выявлять тревожность как черту личности и тревожность, вызванную психотравмирующей ситуацией [20].

3. Методика «Иерархия потребностей» в модификации И.А. Акиндиной, предназначенная для выявления актуальности базовых потребностей: физиологических, материальных, потребности в безопасности, признании, уважении и самоактуализации. В основе методики лежат концепции самоактуализации А. Маслоу и К. Роджерса, объясняющие связь акмеологических показателей личности со степенью удовлетворения потребностей [2,6].

4. Статистический анализ полученных данных выполнялся с применением пакета прикладных программ BioStat 2009 5.8.4.3 и включал:

- подготовку данных к статистическому анализу (оценка точности данных, предварительные расчеты, проверка данных, перенос данных в таблицу пакета прикладных программ);
- анализ соответствия вида распределения признаков закону нормального распределения;
- сравнение несвязанных групп по количествен-

ному признаку с использованием метода сравнения, согласно установленному виду распределения;

- анализ связи (корреляции) анализируемых признаков;

- анализ соответствия вида распределения признаков закону нормального распределения выполнен с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. В ходе анализа статистической процедуры ни один из представленных признаков не соответствовал нормальному распределению. Полученные данные были представлены в виде  $Me \pm m_e$ , где  $Me$  – медиана,  $m_e$  – ее ошибка. Для сравнения несвязанных групп использовался непараметрический метод (критерий Манна-Уитни) с указанием точного значения ( $p$ ) для уровня статистической значимости 0,05.

**Результаты и обсуждения.** При изучении локуса контроля личности показатели УСК сравнивались по семи шкалам. Отклонение вправо ( $> 5,5$  стенов) свидетельствует об интернальном типе контроля (УСК) в соответствующих ситуациях. Отклонение влево от нормы ( $< 5,5$  стенов) свидетельствует об экстернальном типе УСК. Показатели общей интернальности в исследовании приближались к экстернальным и составляли  $5 \pm 0,01$  стенов. Интернальность показателей УСК отмечалась в области достижений и межличностных отношениях ( $7 \pm 0,01$ ). Данные по шкалам интернальности-экстернальности представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Шкалы интернальности-экстернальности

Общая интернальность $5 \pm 0,01$					
в достижениях	в области неудач	в семейных отношениях	в производственных отношениях	в межлич. отношениях	в здоровье
$7 \pm 0,01$ ( $p=0$ ) *	$5 \pm 0,01$ ( $p=0,16$ )	$6 \pm 0,01$ ( $p=0,47$ )	$5 \pm 0,01$ ( $p=0$ ) *	$7 \pm 0,01$ ( $p=0$ ) *	$6 \pm 0,01$ ( $p=0,46$ )

С целью установление наличия связи между признаками, с ранее установленными достоверными различиями и ее силы, нами был выполнен корреляционный анализ непараметрическим методом ранговой корреляции Спирмена с расчетом коэффициента корреляции  $r$ , представленный в таблице 2.

Таблица 2.

Общая интернальность		
В достижениях $r=0,72$ Умеренная положительная корреляционная связь	в производственных отношениях $r=0,66$ Умеренная положительная корреляционная связь	в межличностных отношениях $r=0,39$ Умеренная положительная корреляционная связь

Проведенный анализ показал, что имеются достоверные различия по следующим признакам: общая интернальность и интернальность в достижениях; общая интернальность и интернальность в производственных отношениях; общая интернальность и интернальность в межличностных отношениях.



Выявленные особенности преобладания экстернальности локус-контроля позволяют судить о том, что степень контроля над значимыми ситуациями в целом недостаточная. В целом данный аспект означает, что респонденты склонны не видеть связи между своими действиями и значимыми для них событиями их жизни, не считают себя способными контролировать их развитие и полагают, что большинство их является результатом случая или действий других людей. С одной стороны это может быть связано с недостаточной психической зрелостью и проявлениями психического инфантилизма, с другой – может быть вызвано перестройкой адаптационных механизмов (переход в другую систему обучения). Вызывает интерес определенное противоречие между проявлениями общей экстернальности и интернальностью в области достижений и межличностных отношениях. Относительно высокие показатели интернальности ( $7 \pm 0,01$ ) свидетельствуют о достаточно высоком уровне субъективного контроля над эмоционально-положительными событиями и ситуациями. Можно полагать, что респонденты считают, что они сами добились, что было и есть в их жизни и что они способны с успехом преследовать свои цели в будущем. Данный факт свидетельствует о выраженных амбициях респондентов, признаках эгоцентризма, что также может указывать на недостаточную психическую зрелость. Данное утверждение подтверждается и тем, что в области неудач локус-контроль респондентов носит экстернальный характер ( $5 \pm 0,01$ ), что свидетельствует об определенной беспомощности в психотравмирующей ситуации и некомпетентности в способах ее решения, приписывании ответственности за нее другим людям и обстоятельствам.

При исследовании уровня тревожности использовалась методика Спилбергера-Ханина, позволяющая дифференцированно изучить проявления личностной и ситуативной тревожности. При этом учитывались следующие ориентировочные оценки тревожности: до 30 баллов низкая тревожность, от 31 до 44 баллов – умеренная, 45 и более – высокая.

Результаты исследования ситуативной и личностной тревожности представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты исследования ситуативной и личностной тревожности

Реактивная тревожность	Личностная тревожность
$42 \pm 0,06$	$42 \pm 0,07$
( $p=0,9$ )	

Как видно из представленных в таблице результатов, показатель личностной и реактивной тревожности находится на уровне верхней границы умеренных проявлений и не имеет значимых различий. Следует

особо подчеркнуть, что в условиях напряжения адаптационных механизмов наиболее типичным является возрастание уровня реактивной тревожности, между тем как личностный аспект является стабильной характеристикой определенных типов личности (например, психастенического). Отсутствие различий в уровне реактивной и личностной тревожности свидетельствует о тенденции к генерализации тревоги и постепенному «встраиванию» ее в общую структуру личности, которая, в свою очередь, способствуя формированию новых поведенческих репертуаров, оказывает влияние на трансформацию психической адаптации в целом.

Изучение связи между процессом адаптации и гомеостазом дает основание полагать, что определение «психическая адаптация» должно включать в себя понятие «потребность» [4]. Максимально возможное удовлетворение актуальных потребностей является, таким образом, важным критерием эффективности адаптационного процесса и может служить предиктором психической адаптации.

Исследование уровня удовлетворенности потребностей респондентов нами проводилось с помощью методики «Иерархия потребностей» в модификации И.А. Акиндиной. При этом учитывались следующие ориентировочные показатели: полная удовлетворенность потребности – 0-13 баллов; частичная удовлетворенность – 13-26 баллов; полная неудовлетворенность – 26-39 баллов.

Показатели степени удовлетворенности потребностей представлены в таблице 4.

Как видно из таблицы, у исследуемых студентов отмечается лишь частичное удовлетворение потребностей по всем шкалам, что связано как с возрастными характеристиками, так и напряжением процессов адаптации.

В наименьшей степени удовлетворены потребности в социальных связях ( $25 \pm 0,05$ ), на основании чего можно полагать, что респонденты испытывают тревогу и беспокойство из-за неудовлетворенности социальными отношениями. Данный факт понятен в силу смены социального окружения и подчеркивает значимость общения для респондентов в новой среде. Высокая потребность в физическом комфорте ( $23 \pm 0,05$ ), на наш взгляд, связана со сменой привычной деятельности, обстановки, перестройкой режима сна и отдыха и может отражать функциональные перестройки мозговых функций. Неудовлетворенная потребность в безопасности ( $23 \pm 0,05$ ), как правило, является фактором, дополнительно усиливающим тревогу и формирующим страх в новой ситуации.

Анализ удовлетворения потребностей был выполнен путем парных сравнений независимых выборок непараметрическим методом. В ходе данного анализа нам удалось выявить статистически значимые различия

Таблица 4.

Показатели степени удовлетворенности потребностей

Физический комфорт	Безопасность	Социальные связи	Самоуважение	Самореализация
$23 \pm 0,05$	$20 \pm 0,03$ ( $p=0$ )*	$25 \pm 0,05$ ( $p=0$ )*	$19 \pm 0,04$ ( $p=0$ )*	$17 \pm 0,05$ ( $p=0$ )*

между следующими личностными потребностями: физический комфорт и безопасность, физический комфорт и социальные связи, физический комфорт и самоуважение, физический комфорт и самореализация, представленные в таблице 5, 6, 7.

Таблица 5.

Безопасность	Социальные связи	Самоуважение	Самореализация
20± 0,03	25± 0,05 (p=0)*	19± 0,04 (p=0,17)	17± 0,05 (p=0)*

Из таблицы видно, что имеющиеся влияния удовлетворенности/неудовлетворенности потребностей в безопасности связаны с потребностями в социальных связях и самореализации, следовательно, отсутствие тревоги и страха позволяет выстраивать более эффективные коммуникации и самореализовываться.

Таблица 6.

Безопасность и социальные связи,  
безопасность и самореализация

Социальные связи	Самоуважение	Самореализация
25±0,05	19± 0,04 (p=0)*	17± 0,05 (p=0)*

Таблица 7.

Социальные связи и самоуважение, социальные связи и самореализация

Самоуважение	Самореализация
19± 0,04	17± 0,05 (p=0)*

Из таблиц видно, что удовлетворение потребности в социальных связях, социальные связи оказывают влияние на потребности в самоуважении и самореализации, между которыми также возможны взаимовлияния.

Установлением связи между признаками, с ранее установленными достоверными различиями и ее силы, нами был выполнен корреляционный анализ непараметрическим методом ранговой корреляции Спирмена с

расчетом коэффициента корреляции  $r$ , представленный в таблице 8, 9, 10, 11.

### Выводы

1. Результаты, полученные в ходе анализа базовых (уровневых) концепций человека в информационном обществе, могут стать основой нового направления в отечественных исследованиях по методологии междисциплинарных исследований. Такой подход дает возможность решать проблемы изучения человека как целостного социально-биологического существа в конкретно историческом, в частности информационном обществе.

2. Следует признать, что эмоционально-волевая, интеллектуальная и другие психические сферы человека изменяются, что подтверждается увеличением количества пограничных форм психических расстройств, не всегда укладывающихся в определенные диагностические рамки.

3. Система психической адаптации человека в условиях нового средового информационного пространства претерпевает определенную трансформацию, проявляющуюся в появлении иных способов реагирования с изменением поведенческого репертуара, граничащего с психопатологией.

4. Полученные результаты исследования предикторов психической адаптации выявили преобладание экстернальности локус-контроля над значимыми ситуациями, наличие признаков психической незрелости, эгоцентризма, а также тенденцию к генерализации тревоги в условиях адаптации с изменением поведенческого репертуара. Неудовлетворенность потребностей в безопасности, физическом комфорте может значительно затруднять личностный рост, что, возможно, будет требовать иных стратегий поведения и более напряженного функционирования или перестройки механизмов психической адаптации.

Таблица 8.

Физический комфорт	Безопасность	Социальные связи	Самоуважение	Самореализация
	$r = -0,41$ Умеренная отрицательная корреляционная связь	Отсутствие линейной корреляционной связи	$r = -0,40$ Умеренная отрицательная корреляционная связь	$r = -0,40$ Умеренная отрицательная корреляционная связь

Таблица 9.

Безопасность	Социальные связи	самореализация	Самоуважение
	$r = -0,43$ Умеренная отрицательная корреляционная связь	Отсутствие линейной корреляционной связи	$r = 0,18$ Слабая положительная линейная корреляционная связь

Таблица 10.

Социальные связи	Самоуважение	Самореализация
	$r = -0,42$ Умеренная отрицательная корреляционная связь	$r = -0,44$ Умеренная отрицательная корреляционная связь

Таблица 11.

Самоуважение	Самореализация
	Отсутствие линейной корреляционной связи

Библиографический список

1. *Абрамов М.Г.* Влияние информационных технологий на старшеклассников. 2007. № 3 Абрамов М.Г. Человек и компьютер: *orthomofaberkhoinformaticus*.
2. *Алешина Е.Ю., Гозман Л.Я., Дубовская Е.М., Кроз М.В.* Измерение уровня самоактуализации личности // Социально-психологические методы исследования супружеских отношений. М.: Изд-во МГУ, 1987.
3. *Анохин П.К.* Философские аспекты теории функциональных систем // Избранные труды. М., 1978. 400 с.
4. *Антипов В.В.* Психологическая адаптация к экстремальным ситуациям. М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2002, 176 с.
5. *Артюхова Т.Ю.* Психологические основы адаптационных возможностей человека // Методологические проблемы современной психологии: иллюзии и реальность: материалы Сибирского психологического форума. 16-18 сентября 2004 г. Томск: Томский государственный университет, 2004. С. 513-518.
6. *Батаршев А.В.* Базовые психологические свойства и самоопределение личности: Практическое руководство по психологической диагностике. СПб.: Речь, 2005. С.44-49.
7. *Белл Д.* Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. М., 1999.
8. *Березин Ф.Б.* Психическая и психофизиологическая адаптация человека. Л., 1988. 270 с.
9. *Воронина Т.Д.* Информационное общество: сущность, черты, проблемы. М., 1995.
10. *Гуревич П.С.* Современный антропологический поворот // Н.Н. Страхов и русская культура XIX-XX вв.: к 180-летию со дня рождения: Материалы международной научной конференции. Белгород, 2008.
11. *Дилигенский Г.Г.* К новой модели человека // Мировая экономика и международные отношения. 1989. №9, №10.
12. *Дойдж Н.* Пластичность мозга. М.: ЭКСМО. 2011.
13. *Иванов Д.В.* Виртуализация общества. Версия 2.0. СПб., 2002.
14. Интернет: самоорганизация «человека кликающего» // Общественные науки и современность. 2000. №5; Чумаков А.Н. Антропологический аспект технического прогресса // Техника, общество и окружающая среда: материалы международной научной конференции (18-19 июня 1998 г.). М., 1998.
15. *Иванов Н.А.* Концепция информационного общества в современной философии. М., 1995.
16. *Маклаков А.Г.* Личностный адаптационный потенциал: его мобилизация и прогнозирование в экстремальных условиях // Психологический журнал. 2001. Т. 22. № 1. С. 16-24.
17. Модификация человека / Круглый стол института философии РАН и журнала «Человек» // Человек. 2006. №5, №6.
18. Психология адаптации и социальная среда: Современные подходы, проблемы, перспективы. Под ред. Л.Г. Дикой, А.Л. Журавлева. М.: Институт психологии РАН, 2007. 624 с.
19. *Реан А.А., Кудашев А.Р., Баранов А.А.* Психология адаптации личности. СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2008. 479 с.
20. *Реан А.А.* Практическая психодиагностика личности: Учеб. пособ. СПб; Изд-во СПб ун-та, 2001. 224 с.
21. *Тоффлер А.* Футушок. СПб., 1997; Уэбстер Ф. Теории информационного общества. М., 2004.
22. *Тихонов М.Ю.* Информационное общество: философские проблемы управления наукой и образованием. М., 1998.
23. *Уваров А.И.* Философская методология, технология вообще и информационная технология в частности // Компьютерная революция и информационное общество. М., 1990.
24. *Фукуяма Ф.* Наше постчеловеческое будущее: последствия биотехнологической революции. М., 2004;
25. *Чернов А.А.* Становление глобального информационного общества: проблемы и перспективы. М., 2003.
26. *Чубинин О.А.* Действующая модель человека // Человек. 2006. №1.
27. *Maddi S.R., Khoshaba D.M.* Hardiness and Mental Health // Journal of Personality Assessment. 1994. Oct. Vol. 63. № 2. Pp. 265-274.

References

1. *Abramov M.G.* Impact of information technology on the students of high school. 2007. № 3 Abramov M.G. Man and computer from *homo faber* to *homo informaticus*.
2. *Aleshina E.Y., Gozman L.Y., Dubovsky E.M., Croze M.V.* Measuring the level of self-actualization // Socio-psychological research of marriage relations. M.: MSU, 1987. №4.
3. *Alekseev I.Y.* Internet and the problem of the subject // Impact of the Internet on the structure of consciousness and knowledge. M., 2004;
4. *Antipov V.V.* Psychological adaptation to extreme situations. M.: in VLADOS PRESS, 2002, 176 p.
5. *Artyuhova T.Y.* Psychological foundations of human adaptation possibilities // Methodological problems of modern psychology: Illusions and Reality: Proceedings of the Siberian psychological forum. 16-18 September 2004 Tomsk: Tomsk State University, 2004. Pp. 513-518.
6. *Berezin F.B.* Mental and psycho-physiological adaptation of man. L., 1988. 270 p.
7. *Anokhin P.K.* Philosophical aspects of the theory of functional systems // Selected Works. M., 1978. 400 p.
8. *Bell D.* The coming post-industrial society. Experience in social forecasting. M., 1999.
9. *Castells M.* Information Age: Economy, Society and Culture. M., 2000.
10. *Chernov A.A.* The formation of a global information society: problems and prospects. M., 2003.
11. *Chubinin O.A.* The current model of human // Man. 2006. №1.
12. *Doydzh N.* Brain Plasticity. M.: EKSMO. 2011.
13. *Dilgensky G.G.* Towards a new model of human // World Economy and International Relations. 1989. №9, №10.
14. *Fukuyama Posthuman Our Future: implications of the biotech revolution.* M., 2004.
15. *Gurevich P.S.* Modern anthropological turn // N.N. Strakhov and Russian culture XIX-XX centuries.: to 180th anniversary of the International Scientific Conference. Belgorod, 2008.
16. *Ivanov D.V.* Virtualization society. Version 2.0. SPb., 2002.
17. *Ivanov N.A.* Conceptinformation society in contemporary philosophy. M., 1995; M., 1999.
18. Internet: self-organization "Human clicks" // Social studies and the present. 2000. №5; A.N. Chumakov. Anthropological aspect of technological progress // Technology, Society and Environment: Proceedings of the International Scientific Conference (18-19 June 1998). M., 1998.
19. *Maddi S.R., Khoshaba D.M.* Hardiness and Mental Health // Journal of Personality Assessment. 1994. Oct. Vol. 63. № 2. Pp. 265-274.
20. *Maklakov A.G.* Personal adaptation potential: its mobilization and forecasting in extreme conditions // Psychological Journal. 2001. T. 22. № 1. Pp. 16-24.
21. *Melyuhin I.S.* Information Society: sources, issues and trends. M., 1999.
22. Modification of human / Roundtable Institute of Philosophy and the magazine "Man" // Man. 2006. №5, №6.
23. Psychology of adaptation and social environment: Modern approaches, problems and prospects / edited. L.G. Wild, A.L. Zhuravlev. M.: Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, 2007. 624 p.
24. *Rean A.A., Kudashov A.R., A.A. Baranov* Psychology of personality adaptation. SPb.: Praym-2008. 479 p.
25. *Tikhonov M.U.* Information society: philosophical problems of management science and education. M., 1998.
26. *Toffler A.* Future Shock. SPb., 1997; Webster F. Theories of the Information Society. M., 2004.
27. *Uvarov A.I.* Philosophical methodology, technology general and information technology in particular // computer revolution and the information society. M., 1990.

УДК 61.1.069:61.3.956

**Н.М. ПРОХОРЕНКОВА**

врач, Смоленский областной врачебно-физкультурный диспансер

E-mail: juls2016@mail.ru

**О.А. СИВАКОВА**

аспирант, кафедра акушерства и гинекологии, Смоленский государственный медицинский университет

E-mail: juls2016@mail.ru

**Ю.В. МАРЧЕНКОВА**

врач, Смоленская станция скорой медицинской помощи

E-mail: juls2016@mail.ru

**С.Д. ЕГОРИЧЕВА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей гигиены, Смоленский государственный медицинский университет

E-mail: gigien@smolgm.ru

UDC 61.1.069:61.3.956

**N.M. PROKHORENKOVA**

Physician, Center of Medical Care and Physical Rehabilitation

E-mail: juls2016@mail.ru

**O.A. SIVAKOVA**

Graduate student, Department of Obstetrics and Gynecology, Smolensk State Medical University

E-mail: juls2016@mail.ru

**Y.V. MARCHENKOVA**

Physician, Ambulance Station, Smolensk

E-mail: juls2016@mail.ru

**S.D. EGORICHEVA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of General Hygiene, Smolensk State Medical University

E-mail: gigien@smolgm.ru

## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРМОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ У ДЕВОЧЕК ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА, ПОДВЕРГАВШИХСЯ РАЗЛИЧНОМУ ПО РЕГУЛЯРНОСТИ ВНУТРИСЕМЕЙНОМУ ЖЕСТОКОМУ ОБРАЩЕНИЮ

### HORMONAL PROFILE DATA ANALYSIS IN TEENAGE GIRLS EXPOSED TO VIOLENCE DEPENDING ON VIOLENCE EXPOSURE RATE

*В работе проведен анализ показателей гормонального фона девочек подросткового возраста, подвергавшихся различному по регулярности жестокому обращению.*

*Ключевые слова:* жестокое обращение, подростки, гормональный профиль.

*The analysis of hormonal background data in the teenage girls exposed to family violence depending on the violence exposure rate has been carried out.*

*Keywords:* violence, adolescents, hormonal profile.

Учитывая, что гормоны прямо или опосредованно участвуют в процессах адаптации, преодолении последствий действия на организм факторов стресса [3], был проведен анализ показателей гормонального профиля у девочек с учетом возраста и частоты воздействия жестокого обращения, расцененный как фактор стресса. В настоящем исследовании участвовало 300 учениц с 10 до 17 лет включительно, распределенные в три неравночисленные группы согласно имеющемуся опыту жестокого обращения. Девочки, регулярно подвергавшиеся жестокому обращению ( $n=82$ ), составили основную группу наблюдения, а респондентки, подвергавшиеся жестокому обращению эпизодически, – группу сравнения ( $n=148$ ). Группа контроля состояла из школьниц, не имевших опыта жестокого обращения в прошлом ( $n=70$ ).

Значения ФСГ в 10-11 лет меньше в основной группе на 0,242 МЕ/л, в группе сравнения на 0,347 МЕ/л, в группе контроля на 0,408 МЕ/л, чем до 10 летнего возраста. С 12 до 16 лет происходило нарастание концентрации ФСГ в основной группе на 0,521 МЕ/л, в группе сравнения на 0,637 МЕ/л, а в группе контроля на 1,004 МЕ/л, по сравнению со значениями девочек в 10-11 лет. С 16 летнего возраста до 18 лет продолжался прирост концентрации ФСГ, в основной группе он составил 1,675 МЕ/л, в группе сравнения 1,789 МЕ/л, в группе контроля 2,032 МЕ/л, что достоверно больше, чем в предыдущий возрастной период ( $p<0,05$ ), особен-

но в группе контроля. Они достигали концентраций, характерных для нижней границы базального уровня зрелой женщины. Обращало на себя внимание, что у девочек группы контроля показатели ФСГ более высокие, чем в основной группе ( $p<0,05$ ). Среднестатистические показатели этого гормона не отличались от среднестатистических параметров, принятых в РФ, и от результатов, представленных в литературных источниках.

Среднестатистические значения ЛГ имели аналогичную динамику, что и ФСГ, но на всех сроках исследования и во всех группах наблюдения его значения свидетельствовали о нормальном течении процессов созревания репродуктивной системы [1]. До 10-летнего возраста его значения незначительно выше, чем в 10-11 лет (в основной группе на 0,195 МЕ/л, в группе сравнения на 0,240 МЕ/л, а в группе контроля на 0,202 МЕ/л). В возрастном диапазоне с 10 до 11 лет в основной группе и сравнения показатели ЛГ меньше на 0,110 МЕ/л и 0,078 МЕ/л соответственно, чем в группе контроля, различия не имеют достоверности. В 12-15 лет наблюдался достоверный прирост показателей ЛГ в основной группе на 1,542 МЕ/л, в группе сравнения на 1,878 МЕ/л и в группе контроля на 2,111 МЕ/л ( $p<0,05$ ). В 16-17 лет прирост показателей составил 1,346 МЕ/л, 1,184 МЕ/л и 1,080 МЕ/л. Среднестатистические значения гормона выше у девочек группы контроля во все возрастные периоды, укладываясь в среднестатистические показатели по РФ.



Отмечено, что концентрация пролактина выше у девочек группы контроля на 4,154 мМЕ/л в возрасте до 10 лет, 4,720 мМЕ/л в возрасте 10-11 лет, 20,934 мМЕ/л в возрасте 12-15 лет и 76,909 мМЕ/л в возрасте 16-17 лет по сравнению с показателями девочек основной группы. Концентрация пролактина выше на 2,389 мМЕ/л, 2,093 мМЕ/л, 10,334 мМЕ/л, 16,400 мМЕ/л при сравнении с показателями девочек группы сравнения с учетом возраста.

Установлено, что наименьшие показатели прогестерона имели девочки в возрасте 10-11 лет с постепенным их нарастанием. В 12-15 лет прирост концентрации прогестерона был наибольшим ( $p < 0,05$ ). В основной группе он составил 2,456 нмоль/л, в группе сравнения 2,457 нмоль/л, в группе контроля 2,520 нмоль/л, в то время как в 16-17 лет прирост не превышал 0,745 нмоль/л, 0,996 нмоль/л и 1,107 нмоль/л, соответствуя среднестатистическим значениям согласно возрастным параметрам. Такая закономерность обусловлена становлением репродуктивной системы девочек.

Аналогичная динамика отмечена и при изучении динамики показателей тестостерона. С 10 до 12-летнего возраста концентрация тестостерона снижалась на 0,113 нмоль/л, 0,118 нмоль/л и 0,158 нмоль/л соответ-

ственно. С 12-летнего возраста отмечено четкое повышение концентрации тестостерона (на 0,228 нмоль/л, 0,250 нмоль/л и 0,291 нмоль/л соответственно,  $p < 0,05$  в возрасте до 16 лет и на 0,189 нмоль/л, 0,189 нмоль/л, 0,170 нмоль/л в возрасте до 18 лет). Более высокие показатели тестостерона имели девочки группы контроля, но их значения укладывались в стандартные возрастные параметры по РФ.

Следовательно, в возрасте 12-15 лет установлено повышение концентрации ЛГ, ФСГ, пролактина и прогестерона, в этом возрастном диапазоне происходит максимальное развитие всех оцениваемых по Таннеру параметров, активация всех параметров физического развития, снижение иммунных показателей [2]. В 16-17 лет наступает формирование зрелого типа репродуктивной системы, т.е. переход к овуляторному менструальному циклу, но еще не достигает полной ее стабилизации, особенно четко прослеживаясь в группе девочек, которые регулярно испытывают жестокое обращение, где этот фактор является стрессорным и, вероятно, негативно сказывается на созревании репродуктивной системы. Поэтому девочек, подвергавшихся жестокому обращению, можно считать группой риска по нарушению репродуктивного здоровья.

#### Библиографический список

1. Вихляева Е.М. Руководство по эндокринной гинекологии. Медицинское информационное агентство. Москва, 1997.
2. Ишпактин Г.Ю., Осин А.Я. Функциональные модели гормонального статуса у девочек и девушек-подростков в пубертатном возрасте // Успехи современного естествознания. 2003. № 10. С. 65-66.
3. Шестакова В.Н. (ред.). Концептуальные взгляды на здоровье ребёнка. Смоленск: СГМА, 2003. 548 с.

#### References

1. Vikhliaeva E.M. Manual on Endocrinology in Gynecology. Agency of Medical Information. Moscow, 1997.
  2. Ishpaktin G. Yu., Osin A. Ya. Functional Models of Hormonal Status in Young and Teenage Girl in Puberty // Current Science Advances. 2003. № 10. Pp. 65-66.
  3. Shestakova V.N. (ed.). Review on Children Health. Smolensk: SGMA, 2003.
- 
-

УДК 615.15

UDC 615.15

**И.М. РАЗДОРСКАЯ**

доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой  
управления и экономики фармации, Курский государствен-  
ный медицинский университет

E-mail: razdorski@yandex.ru

**Я.Ю. ЛУЦЮК**

аспирант, кафедра управления и экономики фармации,  
Курский государственный медицинский университет

E-mail: lutzyuk.yana@yandex.ru

**I.M. RAZDORSKAYA**

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Head of the  
department of Pharmaceutical Marketing and Management,  
Kursk State Medical University

E-mail: razdorski@yandex.ru

**YA.YU. LUTSYUK**

Graduate student, Department of Pharmaceutical Marketing  
and Management, Kursk State Medical University

E-mail: lutzyuk.yana@yandex.ru

## УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ КАК ФАКТОРОМ СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО БИЗНЕСА

### KNOWLEDGE MANAGEMENT AS A FACTOR OF CREATING A PHARMACEUTICAL BUSINESS' VALUE

*В статье анализируются пути измерения интеллектуального капитала аптечных организаций как инструмента управления знаниями и повышения конкурентоспособности фармацевтического бизнеса. Представлены методы измерения интеллектуального капитала сети аптек, а также авторские методики измерения его структуры. Рассмотрены прикладные аспекты управления знаниями на примере расчетов предложенного индекса клиентского капитала.*

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, методы измерения, управление знаниями, фармация.

*In the article we analyze the ways of measuring the pharmacies' intellectual capital as a tool of knowledge management and increasing the pharmaceutical business' competetability. We present the methods of measuring of the intellectual capital of the pharmacies' network and the author's methods of the evaluation of its structure. The applied aspects of knowledge management are reviewed on the example of calculation of the client capital's index offered by us.*

Keywords: intellectual capital, methods of measuring, knowledge management, pharmacy.

В течение последних десятилетий наблюдается чёткая смена тенденций развития от экономики, основанной на материальных активах и сфокусированной на конечном продукте, к экономике, основанной на знаниях. Изменяется природа конкурентного преимущества, которое уже основывается не на рыночной позиции или размере организации, а на внедрении знаний во все сферы её деятельности [1]. Процветающей компании делает не финансовый капитал, который каждый может получить за соответствующую цену, а эффективность использования интеллектуального капитала (Strassmann P., 1999). Новая экономика требует изменения понимания природы организации, которая является депозитарием знаний, заключенных в головах сотрудников и встроенных в бизнес-процессы.

В аптечной системе получению реальных конкурентных преимуществ может способствовать использование интеллектуального капитала, который и обеспечивает доминирующее положение организации на рынке. К сожалению, аптечные организации редко анализируют, изучают и обращаются к интеллектуальной составляющей своего бизнеса. Концентрация внимания на интеллектуальном капитале как генераторе стоимости и включение его в качестве одного из факторов, влияющих на деятельность аптек, – новая задача менеджмента современного фармацевтического бизнеса.

Включение интеллектуального капитала (ИК) в состав активов аптечных организаций (АО) порождает проблему его оценки и учёта. Оценка ИК необходима для определения его эффективности и факторов роста, а также как основа для менеджмента знаний.

Интеллектуальный капитал занимает особое место среди других активов и является базой для управления знаниями и создания обучающейся организации.

Все известные методы измерения интеллектуального капитала могут быть сгруппированы в четыре категории: методы прямого измерения интеллектуального капитала; методы рыночной капитализации; методы отдачи на активы и методы подсчета очков.

К методам прямого измерения интеллектуального капитала (Direct Intellectual Capital methods (DIC)) относятся методы, основанные на идентификации и оценке в деньгах отдельных активов или отдельных компонентов интеллектуального капитала. После того как оценены отдельные компоненты интеллектуального капитала или активы, выводится интегральная оценка интеллектуального капитала компании.

В методах рыночной капитализации (Market Capitalization Methods (MCM)) вычисляется разность между рыночной капитализацией компании и собственным капиталом ее акционеров. Полученная величина рассматривается как стоимость ее интеллектуального капитала или нематериальных активов.

В методах отдачи на активы (Return on Assets methods (ROA)) определяется отношение среднего дохода компании до вычета налогов за некоторый период к материальным активам компании. Этот показатель сравнивается с аналогичным показателем для отрасли в целом. Чтобы вычислить средний дополнительный доход от интеллектуального капитала, полученную разность умножают на материальные активы компании. Далее путём прямой капитализации или дисконтирова-

ния получаемого денежного потока можно определить стоимость интеллектуального капитала компании.

В методах подсчёта очков (Scorecard Methods (SC)) идентифицируют различные компоненты нематериальных активов или интеллектуального капитала, которые генерируются в индикаторы и индексы в виде подсчёта очков.

Нами предложена методика измерения ИК сети аптек с помощью метода отдачи на активы (ROA) и метода подсчёта очков (SC). Метод ROA, предлагающий денежные оценки, целесообразно использовать для оценки интеллектуального капитала в ситуациях купли-продажи бизнеса. Он может применяться для иллюстрации финансовой стоимости нематериальных активов фармацевтических организаций. Данный метод основывается на установившихся правилах учёта, его легко рассчитать. Преимущества SC-метода заключаются в том, что его применяют на любом структурном уровне организации. Он работает ближе к событию, поэтому получаемый результат может быть более точным, чем чисто финансовые измерения. Данный метод приемлем для измерения ИК сотрудников отделов аптек. Полученные индикаторы являются контекстными и должны быть настроены для каждой конкретной организации и определённой цели.

В практике управления интеллектуальным капиталом целесообразно применять различные системы мониторинга. Истинная стоимость интеллектуальных активов заключается в их способности производить прибыль выше, чем у конкурентов. Среди известных систем мониторинга наибольший интерес представляют технологии мониторинга, разработанные К.-Е. Свейби и Л. Эдвинссоном.

Особую важность приобретают вопросы измерения интеллектуального капитала АО и включения в процесс управления новых корпоративных измерителей ИК, позволяющих оценить уровень менеджмента аптечной организации.

Для наиболее проблемных и значимых бизнес-процессов, в частности, такого как «Измерение и управление интеллектуальным капиталом аптечных организаций», требующего контроля, анализа и совершенствования, на основании контент-анализа отечественных, зарубежных и собственных исследований нами выделены ведущие подпроцессы этого ключевого бизнес-процесса с описанием и анализом их функционирования.

Описание структуры интеллектуального капитала (ИК) проводилось нами по общепринятой схеме [2]. Показатели измерения составных частей (подпроцессов) разработаны с учетом специфики работы АО.

Подпроцесс «Человеческий капитал аптечной организации» (ЧКАО) – знания, умения, навыки, компетенции, которые могут быть конвертированы в прибыль АО и повышать её конкурентоспособность. Ключевые индикаторы результативности ЧКАО (качественные характеристики): состав человеческих ресурсов АО, удовлетворенность трудом руководителей и сотрудников, образование персонала, профессиональные качества,

число лет работы каждого сотрудника в данной профессии, профессиональные компетенции.

Подпроцесс «Клиентский капитал аптечной организации» (ККАО) – капитал, который складывается в результате устойчивых отношений с клиентами, поставщиками, конкурентами. Главные цели КК – формирование клиентской базы, создание профессиональных стандартов, которые позволяют фармацевтическому работнику продуктивно общаться с клиентами и медицинскими организациями. Ключевые индикаторы результативности ККАО (качественные характеристики): состав клиентов (ритейл и медицинские организации), стандарты взаимодействия с клиентами, количество постоянных клиентов, их возрастная структура, VIP-клиенты.

Подпроцесс «Структурный капитал аптечной организации» (СКАО) – корпоративный структурный капитал АО, который создает условия для функционирования человеческого и клиентского капитала. Другими словами, структурный капитал – это гарантия, основа, база для ответа фирмы на требования аптечного рынка товаров и услуг. Организационный или структурный капитал аптечной организации имеет свои особенности. В связи с утверждёнными Минздравом приказами и инструкциями структура аптечной организации (АО) постоянная, типовая, с утвержденным количеством отделов, оборудованием и оснащением, зависящим от объёма работы. Виды деятельности в рамках лицензионных требований чётко регламентированы, аналогично регламентируется качественный штат АО и должностные обязанности каждого специалиста. В контексте этого сложно определить показатели для индивидуальной оценки структурного капитала каждой АО, столь успешно структурированного институционально. Ключевые индикаторы результативности СКАО (качественные характеристики): структурный капитал рассчитан нами и представлен часто применяемыми и легко поддающимися учёту показателями: рентабельность, оборачиваемость товарных запасов, реализация на 1 рубль затрат.

По разработанной нами методике качественные характеристики всех видов капитала могут быть представлены в количественных, а потом в дискретных баллах. Расчет количественных характеристик и перевод их в дискретные баллы необходим для получения однородных, сопоставимых результатов и проводился нами по следующим позициям:

#### **1. Человеческий капитал (авторская методика)**

- Удовлетворенность трудом (метод анкетирования)
- Профессиональные и личностные компетенции для персонала (метод анкетирования, метод критических инцидентов)
- Профессиональные качества (метод анкетирования, метод 360 градусов)

#### **2. Клиентский капитал (авторская методика)**

- Потенциал ценности каждого покупателя
- Недостаточная компетентность персонала

- Коэффициент текучести клиентской базы
- Лояльность клиентов ритейла и медицинских организаций

### **3. Структурный капитал (заимствованная методика, Гришин А.В., 2009)**

- Реализация на рубль затрат
- Оборачиваемость запасов
- Рентабельность

Управление интеллектуальным капиталом аптеки формирует процесс, объединяющий его отдельные компоненты с материальными активами и друг с другом. Приращение интеллектуального капитала может воплотиться в более эффективное и целесообразное использование других активов. Интеллектуальный капитал может делать другие типы капитала более производительными и результативными. Отчеты о состоянии интеллектуального капитала должны применяться в стратегическом контексте, чтобы соединить «новую действительность» компании с текущей.

Отчет об интеллектуальном капитале аптечных организаций, на наш взгляд, следует рассматривать как инструмент для его измерения, управления им и демонстрации привлекательности аптеки или аптечной сети для покупателей и инвесторов. Он должен показывать инвестору, как аптека движется от своего текущего состояния к тому, какой она может и должна быть.

Сформированная методика исследования бизнес-процесса «ИК» завершающим этапом работы предполагает управление выявленными знаниями и разработку модели управления знаниями АО. В конечном итоге внедрение методики будет способствовать совершенствованию работы аптечной организации.

Знания сотрудников являются важной составляющей интеллектуального капитала организации. Каждый сотрудник организации обладает знаниями, компетенциями, отношением к окружающим его вещам. Каждый сотрудник имеет определенные отношения с коллегами внутри организации, а также вне её, включая партнёров и клиентов организации, другими субъектами бизнес-среды. Работая в организации, сотрудники используют свой интеллектуальный капитал для решения бизнес-задач организации, формируя тем самым интеллектуальный капитал организации и базу знаний.

Управление знаниями – это стратегия, направленная на управление формальными и неформальными знаниями организации, обеспечении доступа к ним, их аудита и развития с целью формирования новых компетенций компании, развития корпоративной культуры. Именно на стратегическом уровне определяются ключевые знания для конкретной организации.

Управление знаниями как новая научная дисциплина сформировалось в течение двух последних десятилетий в результате перехода развитых стран к инновационной экономике, в которой главную роль играют интеллектуальные ресурсы. Организация использования этих ресурсов относится к разряду наиболее сложных задач современного менеджмента, решение которых требует формирования специфических подходов к управле-

нию, способствующих созданию, распространению и продуктивному применению знаний. Именно поэтому возникла объективная необходимость в появлении нового раздела науки управления, новой функции и нового вида управленческой деятельности.

Термин «управление знаниями» был введен Карлом Вигом – американским ученым и консультантом по управлению и впервые использован в 1986 г. в его выступлении на конференции в Швейцарии, проводившейся Международной организацией труда под эгидой ООН. С тех пор этот термин, обозначавший систематическое формирование, обновление и применение знаний с целью максимизации эффективности предприятий, стал предметом разносторонних исследований и обсуждений, новой функцией управления компанией и отдельным видом управленческой деятельности. Энциклопедический словарь Webster даёт следующее определение: knowledge (знание) – 1) понимание, приобретаемое фактическим опытом (например, знание плотницкого ремесла); 2) А: состояние осведомленности о чем-то или обладание информацией; Б: диапазон информированности или осведомленности; 3) акт понимания: ясное восприятие истины; 4) нечто понятное, содержащееся в уме.

Анализ определений понятия «знание» позволяет построить следующую логическую цепочку формирования знания: рыночные сигналы (сведения или данные), поступающие в АО от клиентов, посредников, производителей; сведения при придании им определённой структуры становятся информацией, а последняя, в свою очередь, после переработки может стать устойчивой формой с длительным периодом жизни, пригодной для использования или решения задач – знанием. Основная роль в создании и распространении знаний отводится руководителям среднего звена – заведующим аптеками, возглавляющим коллектив рядовых сотрудников – практиков знаний.

Примером получения знания на основе данных может служить расчёт одного из предложенных нами индикаторов клиентского капитала – «Потенциал ценности каждого покупателя» – ПЦКП. Для расчета ПЦКП необходимы следующие данные: сумма прибыли за отчетный период, количество совершенных покупок за отчетный период и средняя стоимость одной покупки. Путем простых расчетов (Раздорская И.М., Григорьева С.В., 2009) можно превратить данные в информацию и узнать, какое количество покупателей из общего числа совершивших покупку приносит дополнительную прибыль аптеке. В процессе превращения информации в знание заинтересованное лицо – а это, в первую очередь, руководитель как организатор знаний – определяет, какое количество посетителей обеспечивает дополнительную ежедневную или ежемесячную прибыль и разрабатывает меры по её увеличению. Для этого необходимо управлять знаниями: анализировать явные (формализованные) и неявные (неформализованные) знания сотрудников, переводить их в формализованные путём составления стандартов обслуживания, формирования корпоративной культуры, оживления



системы мотивации сотрудников, создания корпоративных интеллектуальных карт каждого сотрудника. Руководитель разрабатывает конкретные концепции для воплощения их рядовыми сотрудниками, чей человеческий капитал в аптечных организациях достаточно высок. Знание организации, таким образом, формируется не только за счёт внутренних источников, но и учёта её рыночного окружения, становится инновационным процессом.

Знание – результат, как правило, опытной деятельности. Последняя, в свою очередь, имеет определённые условия, в которых это знание образовалось, т.е. знание содержит само в себе определённый контекст. Иными словами, не любое знание может использоваться для решения конкретной задачи, т.е. оно тяготеет к месту и времени своего применения. Контекст, имеющийся у знаний непосредственно, диктует основное правило эффективной постановки управления знаниями – необходимо вовремя предоставить необходимое знание нуждающимся в нём специалистам.

Будущее принадлежит наиболее новаторским, а не

наиболее эффективным (с позиций текущей прибыли) компаниям. Не постоянные реорганизации, не коммерциализация каждой операции, не ранжирование компаний по балансовой стоимости активов, а преимущество, заложенное в знаниях, становится основным конкурентным преимуществом для организации.

Рассмотренные модели оценки, определения структуры и мониторинга интеллектуального капитала могут служить основой для внедрения таких инновационных методов управления, как управление знаниями. Такой подход к управлению фармацевтическим бизнесом способствует выявлению и решению многих внутренних проблем, которые не всегда очевидны из динамики балансовых показателей, а использование интеллектуального капитала наряду с другими активами позволит организациям получать реальные конкурентные преимущества, что и обеспечит доминирующее положение на рынке. Реализация заявленных в данной статье методов позволит оказать существенное положительное влияние на качество управления системой, что приведет к повышению её стоимости и конкурентоспособности.

#### Библиографический список

1. Эдвинссон Л. Корпоративная долгота. Навигация в экономике, основанной на знаниях. М.: ИНФРА - М, 2005. С. 37.
2. Стюарт Томас А. Интеллектуальный капитал. Новый источник богатства организаций. М.: Поколение, 2007. 368 с.

#### References

1. Edvinsson L. Corporate longitude. Navigation in economics based on the knowledge. M.: INFRA-M, 2005. P. 37.
  2. Stewart Thomas A. Intellectual capital. The new source of the organizations' wealth. M.: Pokolenie, 2007. 368 p.
-

УДК 378.146

UDC 378.146

**Г.С. САВОНЧИК**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии, Орловский государственный университет

**И.В. ГОРПИНИЧ**

старший преподаватель, кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии, Орловский государственный университет

**О.Н. ШМАНЕВА**

старший преподаватель, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет

**Л.В. ПЕРВУШИНА**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра гуманитарных дисциплин, Орловский государственный университет

**G.S. SAVONCHIK**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of histology, cytology and embryology, Orel State University

**I.V. GORPINICH**

Senior lecturer, Department of histology, cytology and embryology, Orel State University

**O.N. SHMANEVA**

Senior Lecturer, Department of general, biological, pharmaceutical chemistry and pharmacognosy, Orel State University

**L.V. PERVUSHINA**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of humanities, Orel State University

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНСКОМ ИНСТИТУТЕ EXPERIENCE OF APPLICATION OF MODULAR AND RATING SYSTEM AT THE MEDICAL INSTITUTE

*Рейтинг (индивидуальный кумулятивный индекс) формируется в течение всего периода обучения по дисциплине.*

*Ключевые слова: дисциплина, биология, история медицины, физика, математика, баллы, мотивация.*

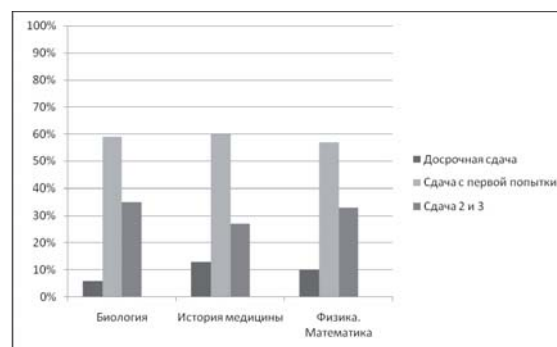
*Rating (individual cumulative index) is being formed during the whole period of disciplinary training.*

*Keywords: discipline, biology, history of medicine, physics, mathematics, points, motivation.*

Современная медицинская наука характеризуется наличием большого количества информации, и темпы ее роста продолжают увеличиваться. Это приводит к существенному противоречию в сфере образования: между ростом объемов учебной информации, с одной стороны, и ограниченностью, или даже уменьшением времени на ее усвоение – с другой. Качество подготовки студента-медика – основной показатель эффективности работы кафедры, факультета и вуза в целом. Успешность его будущей профессиональной деятельности определяется не только комплексом приобретаемых и закрепляемых на протяжении обучения в высшем учебном заведении знаний, умений и навыков, но и системностью приобретённых им знаний. Преподавание студентам-медикам осуществляется на первом курсе, и вчерашние школьники далеко не сразу адаптируются к особенностям и новым формам обучения, характерным для высшей школы. Как правило, у первокурсников отсутствуют навыки самостоятельной работы без ежедневного контроля со стороны преподавателя. Кроме того, определенный процент студентов составляют выпускники медицинских колледжей, закончившие обучение несколько лет назад. Как следствие, академическую группу составляют студенты, зачастую достаточно существенно различающиеся и по исходному уровню знаний, и по степени мотивации. В подобном контексте необходима индивидуальная работа с каждым обучающимся, для этого требуется творческий подход и дополнительное время. Именно здесь и приходит на помощь модульно-рейтинговая система. Предусматривая непрерывный контроль знаний, данная технология позволяет преподавателю своевременно выявлять и корректиро-

вать проблемы в знаниях студентов, а также устранить противоречия между большими объемами информации и временем на их освоение. Для анализа были выбраны 3 дисциплины учебного плана первого курса специальности «лечебное дело» (15 групп, 188 человек): биология, история медицины и физика, математика. С нашей точки зрения, рейтинговая система даёт возможность стимулировать повседневную, систематическую работу студентов, исключает эффект эпизодичности контроля качества знаний, повышает объективность критериев оценки и дифференциации внутри студенческих групп. Как показывает опыт работы, около 9% студентов получают экзаменационную оценку автоматически, 58% студентов, успешно выполнивших учебный план в течение семестра, сдают дисциплину с первой попытки.

Не увлекаясь доказательствами преимуществ модульно-рейтинговой технологии, отметим лишь, что процент сдачи рассматриваемых дисциплин студентами-первокурсниками (менее всего адаптированными к высшей школе) незначительно, но увеличился.



**Библиографический список**

1. *Дианкина М.С.* Профессионализм преподавателя высшей медицинской школы. М., 2002.
2. *Назаров С.А.* Особенности использования модульно-рейтинговой технологии обучения по дисциплинам естественнонаучного цикла// Материалы международной XXVII научно-методической конференции КемГУ. Кемерово:2006. С.405-406.
3. *Чимэдрэген Ц., Дорж Д.* Современная высшая школа, 1985, №4. С. 195-204.

**References**

1. *Dyankina M.C.* Professionalism of teacher of high medical school. M.,2002.
  2. *Nazarov C.A.* Peculiarities of use of modular and rating technology of education in natural-science cycle//Materials of international XXVII science-methodical conference, KemGU.Kemerovo:2006. Pp.405-406.
  3. *Chimedragen C., Dorge D.* Modern high school, 1985, №4. Pp. 195-204.
-

УДК 61.1.069:61.3.956

UDC 61.1.069:61.3.956

**О.А. СИВАКОВА**

аспирант, кафедра акушерства и гинекологии, Смоленский государственный медицинский университет  
E-mail: juls2016@mail.ru

**Ю.В. МАРЧЕНКОВА**

врач, Смоленская станция скорой медицинской помощи  
E-mail: juls2016@mail.ru

**С.Д. ЕГОРИЧЕВА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей гигиены, Смоленский государственный медицинский университет  
E-mail: gigien@smolgm.ru

**O.A. SIVAKOVA**

Graduate student, Department of Obstetrics and Gynecology, Smolensk State Medical University  
E-mail: juls2016@mail.ru

**Y.V. MARCHENKOVA**

Physician, Ambulance Station, Smolensk  
E-mail: juls2016@mail.ru

**S.D. EGORICHEVA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of General Hygiene, Smolensk State Medical University  
E-mail: gigien@smolgm.ru

## ОСОБЕННОСТИ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕВОЧЕК С УЧЕТОМ ВОЗРАСТА И ЧАСТОТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЖЕСТОКОГО ОБРАЩЕНИЯ

### IMMUNOLOGICAL DATA IN GIRLS DEPENDING ON THEIR AGE AND VIOLENCE EXPOSURE RATE

В работе приведены результаты исследования иммунологических показателей у девочек, подвергавшихся различному по регулярности внутрисемейному жестокому обращению.

Ключевые слова: подростки, жестокое обращение, иммунологические показатели.

The results of the study concerning the data in girls exposed to family violence are given. Violence exposure rate has been taken into consideration in particular.

Keywords: adolescents, violence, immunological data.

В педиатрической практике отсутствуют результаты исследования иммунных показателей у девочек, которые подвергались жестокому обращению с различной частотой воздействия, расцениваемых как стрессорный фактор для организма ребенка.

В настоящем исследовании участвовало 300 учениц с 10 до 17 лет включительно, распределенные в три неравночисленные группы, согласно имеющемуся опыту жестокого обращения. Девочки, регулярно подвергавшиеся жестокому обращению (n=82), составили 1 основную группу наблюдения; респондентки, подвергавшиеся жестокому обращению эпизодически, – 2 основную группу (n=148). Группа сравнения состояла из школьниц, не имевших опыта жестокого обращения в прошлом (n=70).

При анализе возрастной динамики показателей сыровороточных иммуноглобулинов установлено, что более высокие показатели Ig M выявлялись у девочек возрасте 10-11 лет, а более низкие до 10 летнего возраста, в то время как наибольшие показатели Ig A зафиксированы в возрасте 16-17 лет, особенно в группе сравнения (Табл. 1). Более низкий уровень сыровороточных иммуноглобулинов имеют девочки независимо от возраста в 1-ой и 2-ой группах, а наиболее высокие в группе сравнения (p<0,05). Следует подчеркнуть, что среднестатистические значения параметров, характеризующих состояние иммунной системы в препубертатном периоде развития и начальном этапе пубертатного периода [1,2], достоверно отличались от показателей для девочек 16-17 лет, подвергавшихся в течение более длительного времени различному по длительности жестокому обращению.

Таблица 1.

Динамика иммунологических показателей девочек с учетом возраста и частоты воздействия жестокого обращения

Возраст	Группы наблюдения		
	1-ая основная группа (n=82)	2-ая основная группа (n=148)	Группа сравнения (n=70)
Иммуноглобулин G, г/л			
До 10 лет	8,618±0,564	8,921±0,318*	9,365±0,636#^
10-11 лет	8,905±0,694	9,290±0,445*	9,669±0,587#^
12-15 лет	9,183±0,667	9,470±0,426*	9,836±0,627#^
16-17 лет	9,701±0,697	9,950±0,475*	10,378±0,749#
Иммуноглобулин A, г/л			
До 10 лет	1,118±0,063	1,215±0,053*	1,379±0,122#^
10-11 лет	1,309±0,077	1,410±0,050*	1,594±0,104#^
12-14 лет	1,434±0,101	1,501±0,071*	1,656±0,116#^
15-17 лет	1,589±0,137	1,603±0,088*	1,747±0,132#^
Иммуноглобулин M, г/л			
До 10 лет	0,956±0,073	0,986±0,0613	1,091±0,124#^
10-11 лет	1,316±0,057	1,410±0,069*	1,501±0,102#^
12-15 лет	1,292±0,061	1,329±0,071*	1,346±0,099#^
16-17 лет	1,209±0,080	1,216±0,068	1,294±0,087#^

Примечание: \* – различия при сравнении 1-ой и 2-ой основной группы статистически достоверны (p<0,05);

# – различия при сравнении 1-ой основной группы и группы сравнения статистически достоверны (p<0,05);

^ – различия при сравнении 2-ой основной группы и группой сравнения статистически достоверны (p<0,05).

У девочек 16-17 летнего возраста показатели Jg G, Jg A, Jg M превышали среднестатистические параметры в возрасте от 7 до 10 лет на 1,083 г/л, на 0,471 г/л, на



0,252 г/л в 1-ой основной группе, на 1,029 г/л, 0,388г/л, 0,230 г/л во 2-ой основной группе и на 1,013 г/л, 0,368г/л, 0,203 г/л в группе сравнения. В то время как в возрасте 10-11 лет они превышали на 0,796 г/л, 0,280 г/л в 1-ой основной группе, на 0,660 г/л, 0,202 г/л во 2-ой основной группе и на 1,013 г/л, 0153 г/л в группе сравнения соответственно. Среднестатистические значения параметров Jg М у девочек 16-17 летнего возраста на 0,107г/л, 0,184г/л, 0,207г/л соответственно оказались меньше, чем в возрасте 10-11 лет.

Следует подчеркнуть, что в каждой возрастной группе показатели укладывались в среднестатистические значения по РФ [3].

Вероятно, это обусловлено многими причинами, различным воздействием стрессорного фактора, состоянием здоровья и этапами полового созревания. При длительном стрессорном состоянии появляется тенденция к снижению иммунологического ответа, и чем дольше продолжается его воздействие, тем четче прослеживается такая закономерность.

#### Библиографический список

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Социальные и организационные проблемы педиатрии. Избранные очерки. Москва: Династия, 2003.
2. Шестакова В.Н. (ред.) Концептуальные взгляды на здоровье ребёнка. Смоленск: СГМА, 2003.
3. Земсков А.М. (ред.), Земсков В.М., Караулов А.В. Клиническая иммунология. Москва, 2008.

#### References

1. Baranov A.A. Albitskiy V.Yu. Social Management Aspects of Pediatric Service. Selected Papers. Moscow: Dinastia, 2003.
  2. Shestakova V.N. (ed.). Review on Children Health. Smolensk: SGMA, 2003.
  3. Zemskov A.M.(ed.), Zemskov V.M., Karaulov A.V. Clinical Immunology. Moscow, 2008.
-

УДК 616.233-002

UDC 616.233-002

**Д.Н. СУХОРУКОВА**

аспирант, кафедра хирургических дисциплин детского  
возраста и инновационных технологий в педиатрии, Ор-  
ловский государственный университет  
Email: kurganova-diana@rambler.ru

**Т.А. КУЗНЕЦОВА**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра внутренних  
болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: vradi@inbox.ru

**Е.Н. ЧЕРКАСОВА**

аспирант, кафедра внутренних болезней, Орловский госу-  
дарственный университет  
Email: 4erkasovva-jine@mail.ru

**D.N. SUHORUKOVA**

Graduate student, Department of surgical disciplines of infancy  
and innovative technologies in pediatrics, Orel State University  
Email: kurganova-diana@rambler.ru

**T. A. KUZNETSOVA**

Doctor of Medicine, Professor, Department of Internal Diseases,  
Orel State University  
E-mail: vradi@inbox.ru

**E. N. CHERKASOVA**

Graduate student, Department of Internal Diseases, Orel State  
University  
E-mail: 4erkasovva-jine@mail.ru

## ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСТРОГО БРОНХИТА У ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПЕДИАТРИЧЕСКОГО УЧАСТКА

### EPIDEMIOLOGICAL FEATURES OF ACUTE BRONCHITIS IN CHILDREN UNDER PEDIATRIC AREA

*В условиях педиатрического участка детской поликлиники г. Орла за 2 года наблюдения проанализированы эпизоды острого бронхита у детей в возрасте от 0 мес. до 18 лет. Популяционная частота составила 63,7-79,1 на 1000 детей. Анализ частоты острого бронхита в возрастном аспекте выявил пик заболеваемости в 1-3 года, популяционная частота острого бронхита в этом возрасте составила 235-158 на 1000 детей. Обструктивный синдром составил более трети всех случаев острого бронхита. Популяционная частота бронхиолита составила 25-68 на 1000 детей от 0 мес. до 2 лет.*

*Ключевые слова:* дети, острый бронхит, бронхиолит, обструктивный синдром, популяционная частота, возрастная структура, педиатрический участок.

*In 2 years of surveillance the incidents of acute bronchitis at the age of 0 months to 18 years were analyzed in the setting of the district covered by child health center in Orjol. The population incidence made 63,7-79,1 by 1000 children. The analysis of acute bronchitis frequency showed the morbidity peak at the age of 1 to 3 years at the age aspect. The population incidence of acute bronchitis made 235-158 by 1000 children at that age (1-3 years). The obstructive syndrome made one third (1/3) of all occurrences of acute bronchitis. Population incidence of bronchiolitis made 25-68 by 1000 children at the age of 0 to 2 years.*

*Keywords:* children, acute bronchitis, bronchiolitis, obstructive syndrome, population incidence, age structure, district covered by childhealth care.

Острый бронхит (ОБ) занимает одно из ведущих мест в структуре заболеваемости детей, начиная с первых месяцев жизни, и как повод обращения к участковому педиатру.

Заболеваемость ОБ, по данным отечественных авторов 90-х гг. прошлого века, составила 75-250 на 1000 детей с пиком в возрасте 1-3 лет [1]. По данным американских авторов, за год наблюдения из всех амбулаторных посещений с основной жалобой на кашель (1398 детей <14 лет) острый бронхит был диагностирован в 33% случаев [2]. Данных о популяционной частоте ОБ за последнее десятилетие в отечественной литературе нам не встретилось.

ОБ встречается в любом возрасте и представляет собой острое самокупирующееся воспаление слизистой оболочки трахеобронхиального дерева, обычно завершается полным излечением и восстановлением функций [3]. Этиология ОБ чаще вирусная (РС-вирус, коронавирус, вирус парагриппа и др.), реже – бактериальная (*Mycoplasma pneumoniae*, *C.pneumoniae*, *C.psittaci*, *C.trachomatis* и др.), а также вследствие воздействия ирритативных факторов [4].

ОБ без клинически выраженных признаков обструкции принято обозначать как острый простой бронхит

[5]. Частота развития ОБ у детей, особенно раннего возраста, обусловлена такими анатомо-физиологическими особенностями, как обилие лимфоидной ткани, сосудов, слабое развитие эластических волокон в слизистой и подслизистой основе. Отеку подслизистой и развитию обструкции у детей раннего возраста способствует абсолютная узость мелких воздушных путей, незрелость рефлексогенных зон [1,2,6].

**Целью исследования** явилось определение популяционной частоты, удельного веса острого бронхита в структуре острых респираторных заболеваний (ОРЗ) у детей в условиях педиатрического участка.

#### Пациенты и методы

В условиях педиатрического участка детской поликлиники г. Орла проанализированы все случаи ОБ у детей в возрасте от 0 мес. до 18 лет за два года наблюдения. Численность населения детей данного возраста за первый год составила 1251 (I группа), за второй год, после реорганизации педиатрического участка, – 935 детей (II группа).

Так как ОБ – это клинический диагноз, основанный на данных анамнеза и физикального исследования (Alberta Clinical Practice Guideline Working Group, 2008),

то при отборе детей мы учитывали следующие симптомы: кашель, умеренную лихорадку, отсутствие изменений перкуторного звука, аускультативно – диффузные сухие и влажные хрипы, меняющиеся по количеству и характеру при кашле; отсутствие гематологических сдвигов [7].

При наличии свистящего дыхания, сухих хрипов, экспираторной одышки у детей старше 2 лет выставлялся диагноз острого обструктивного бронхита(ООБ).

Диагноз «бронхиолит» выставлялся при обструктивном синдроме на фоне острой респираторной инфекции у детей в возрасте до 2 лет[1]. Эти случаи требовали особого подхода к лечению.

У детей старше 4-5 лет ОБ на фоне фебрилитета, «сухого» конъюнктивита, физических данных(отсутствие перкуторных изменений, асимметричные хрипы на фоне жесткого дыхания) расценивался как микоплазменный.

Наличие у ребенка первого полугодия жизни мелко- и среднепузырчатых хрипов, лейкоцитоза, эозинофилии, в анамнезе – признаки урогенитальной патологии у матери, торпидно протекающий конъюнктивит на 1-м месяце жизни ребенка, позволяло заподозрить хламидийный бронхит, вызванный *S. trachomatis* [1].

Эпизоды ОБ, подозрительные на микоплазменную и хламидийную этиологию, выделялись как случаи, требующие применения антибиотиков из группы макролидов. Диагностика ОБ основывалась на методических рекомендациях Союза педиатров России «Клинические рекомендации по диагностике и лечению острых респираторных заболеваний; лечению пневмонии у детей».

Случаи обострения бронхиальной астмы на фоне вирусной инфекции в выборку не включались.

## Результаты

За год наблюдения зарегистрировано 68 случаев ОБ, в том числе 17 – с обструктивным синдромом(I группа), за второй год – 63 случая, в том числе 22 с обструктивным синдромом(II группа).

Следует отметить, что все случаи ОБ за два года наблюдения встретились в возрастной группе 1-14 лет.

На первом этапе рассчитана популяционная частота ОБ у детей от 0 месяцев до 14 лет включительно за два года наблюдения (табл. 1).

Популяционная частота ОБ составила за 1-ый год наблюдения 63,7 на 1000 детей от 0 мес. до 14 лет, за второй – 79,1 на 1000, без достоверной разницы  $p=0,667$ . При этом 86,8% случаев ОБ за 1-й год и 84,1% случаев ОБ за 2-й пришлось на возраст от 0 мес. до 7 лет. Удельный вес ОБ в структуре ОРЗ у детей от 0 мес. до 18 лет составил 4,6% за 1-й год, за 2-й – 7,8%.

На рисунке 1 представлено возрастное распределение ОБ у детей 0-14 лет.

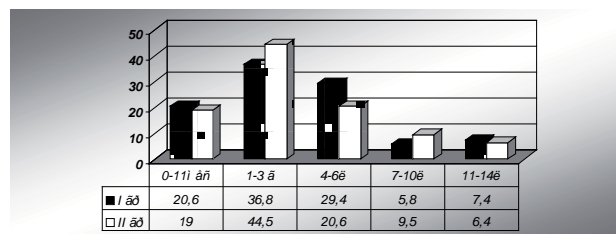


Рис.1. Возрастное распределение случаев острого бронхита у детей 0-14 лет за два года наблюдения, в %.

Возрастной пик ОБ за 2 года наблюдения приходится на возрастную группу детей 1-3 лет.

В таблице 2 представлена популяционная частота ООБ у детей 2-14 лет.

Таблица 1.

Популяционная частота острого бронхита у детей 0-14 лет за два года наблюдения

Возраст	0-11мес		1-3г		4-6г		7-10л		11-14л		Всего	
	Абс.	‰	Абс.	‰	Абс.	‰	Абс.	‰	Абс.	‰	Абс.	‰
Популяционная частота ОБ I гр	14/155	90,3	25/235	106	20/217	92,2	4/270	14,8	5/191	26,1	68/1068	63,7
Популяционная частота ОБ II гр	12/85	141	28/158	177	13/153	85	6/197	30,4	4/203	19,7	63/796	79,1
Значение $\chi^2$ , (p)	$\chi^2=0,154$ ; $p_1=0,695$		$\chi^2=0,170$ ; $p_2=0,683$		$\chi^2=1,485$ ; $p_3=0,232$		$\chi^2=0,400$ ; $p_4=0,533$		$\chi^2=0,111$ ; $p_5=0,746$		$\chi^2=0,191$ ; $p_6=0,667$	

\* В числителе – число зарегистрированных случаев острого бронхита за год; в знаменателе – всего детей этого возраста, проживающих в условиях одного педиатрического участка.

Таблица 2.

Популяционная частота острого обструктивного бронхита у детей 2-14 лет за два года наблюдения

Возраст	2-3г		4-6г		7-10л		11-14л		Всего	
	Абс.	‰	Абс.	‰	Абс.	‰	Абс.	‰	Абс.	‰
Популяционная частота ООБ I гр	5/154	32,5	8/217	36,9	2/270	7,4	2/144	13,9	17/785	21,7
Популяционная частота ООБ II гр	4/112	35,7	13/153	85,0	4/197	20,3	1/203	4,9	22/665	33,1
Значение $\chi^2$ , (p)	$\chi^2=0,111$ ; $p_1=0,746$		$\chi^2=1,190$ ; $p_2=0,280$		$\chi^2=0,667$ ; $p_3=0,421$		$\chi^2=0,333$ ; $p_4=0,568$		$\chi^2=0,641$ ; $p_5=0,430$	

\*В числителе – число зарегистрированных случаев обструктивного бронхита за год; в знаменателе – всего детей этого возраста, проживающих в условиях одного педиатрического участка.

Таблица 3.

Возрастное распределение острого обструктивного бронхита у детей 2-14 лет за два года наблюдения

Возраст	2-3г		4-6г		7-10л		11-14л		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Возрастное распределение ООБ I гр	5	29,3	8	47,1	2	11,8	2	11,8	17	100
Повозрастное распределение ООБ II гр	4	18,2	13	59,1	4	18,2	1	4,5	22	100

Популяционная частота ООБ за 1-ый год наблюдения составила 21,7 на 1000 детей в возрасте 2-14 лет, за второй год – 33,1 на 1000 детей в возрасте 2-14 лет, без достоверной разницы  $p=0,430$ .

Удельный вес ООБ среди всех случаев ОБ за 1 год составил 34,1%, за 2 год – 41,8%.

Случаи ООБ встретились практически с одинаковой частотой за два года наблюдения,  $p>0,05$ .

Таблица 4.

Популяционная частота бронхиолита у детей 0-2 лет за два года наблюдения

Возраст	0-2г	
Популяционная частота бронхиолита I гр	Абс	‰
	6/236, $p_1$	25,4 ‰
Популяционная частота бронхиолита II гр	9/131, $p_2$	68,7 ‰
	$\chi^2=0,600$ ; $p_{1,2}=0,445$	

\*В числителе – число зарегистрированных случаев бронхиолита за год; в знаменателе – всего детей этого возраста, проживающих в условиях одного педиатрического участка.

Популяционная частота бронхиолита составили 25,4 – 68,7 на 1000 детей в возрасте 0-2 лет. Удельный вес бронхиолита среди всех случаев ОБ в этой возрастной группе за 1-ый год составил 30,0%, за 2-ой год – 60,0%.

### Заклучение

Полученные в условиях педиатрического участка эпидемиологические данные свидетельствуют о высокой частоте острого бронхита с пиком в раннем детском возрасте. Высокий удельный вес обструктивного синдрома позволяет выделять группу детей, требующих особого подхода к лечению, и превентивных мер относительно исхода в бронхиальную астму.

### Библиографический список

1. Таточенко В.К. Болезни органов дыхания у детей. Практическое руководство. М. ПедиатрЪ, 2012. С. 181-186.
2. «Клинические рекомендации по диагностике и лечению острых респираторных заболеваний; лечению пневмонии у детей». Под ред. А.А. Баранова, Москва, 2012.
3. Воронцов И. М., Мазурин А. В. Пропедевтика детских болезней. 3-е изд., доп. И перераб. СПб - Фолиант, 2009. С. 378-382.
4. Рачинский С. В., Таточенко В. К., Артамонов Р. Г. и др. Болезни органов дыхания у детей. Руководство для врачей. М.: Медицина, 1987, С.496.
5. Самсыгина Г. А., Охлопкова К. А., Суслова О. В. Болезни органов дыхания у детей. Матер. конф. М. 21-22.09.99. С. 112.
6. Macfarlane J., Holmes W., Gard P., Macfarlane R., Rose D., Weston V., et al. Prospective study of the incidence, aetiology and outcome of adult lower respiratory tract illness in the community. Thorax 2001, 56:109-114.
7. Boivin G., Abed Y., Pelletier G., Ruel L., Moisan D., Côté S., Peret T.C., Erdman D.D., Anderson L.J. Virological features and clinical manifestations associated with human metapneumovirus: a new paramyxovirus responsible for acute respiratory-tract infections in all age groups. J Infect Dis 2002, 186:1330-4.

### References

1. Tatchenko V.K. "Children's Respiratory diseases. Practical guidance." M. Publishing office "ПедиатрЪ", 2012. Pp. 181-186
2. «Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of acute respiratory diseases; treatment of infantile pneumonia», under the editorship: Baranova A.A., Moscow, 2012.
3. Vorontsov I.M., Masurin A.V. "Propaedeutics of infantile sickness." 3d edition, Sankt-Petersburg, publishing office "Фолиант", 2009. Pp. 378-382.
4. Rachinsky S.V., Tatchenko V.K., Artamonov R.G. "Children's Respiratory diseases." – guidance for physicians. M.: Publishing office "Медицина", 1987. P.496.
5. Samsygina G.A., Oхлоpkova K.A., Suslova O.V. "Children's Respiratory diseases." Conference: M. 21-22.09.99. P.112
6. Macfarlane J., Holmes W., Gard P., Macfarlane R., Rose D., Weston V., et al. Prospective study of the incidence, aetiology and outcome of adult lower respiratory tract illness in the community. Thorax 2001, 56. Pp. 109-114.
7. Boivin G., Abed Y., Pelletier G., Ruel L., Moisan D., Côté S., Peret T.C., Erdman D.D., Anderson L.J. Virological features and clinical manifestations associated with human metapneumovirus: a new paramyxovirus responsible for acute respiratory-tract infections in all age groups. J Infect Dis 2002, 186:1330-4.



УДК 577.121:616-006.4

UDC 577.121:616-006.4

**А.А. ТАКАНАЕВ**

доктор биологических наук, профессор, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет

**М.А. ХАЛИЛОВ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф, Орловский государственный университет

**Е.И. ЮШКОВА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет  
E-mail: kin1@orel.ru

**М.А. ЯРОВАТАЯ**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет

**A.A. TAKANAIEV**

Doctor of biological sciences, Professor, Department of General, Biological, Farmaceutical Chemistry and Farmacognosy, Orel State University

**M.A. KHALILOV**

Doctor of Medicine, Professor, Head of department of human anatomy, operative surgery, Orel State University

**E.I. YUSHKOVA**

Doctor of biological sciences, Professor, Department of General, Biological, Farmaceutical Chemistry and Farmacognosy, Orel State University  
E-mail: kin1@orel.ru

**M.A. YAROVATAYA**

Doctor of biological sciences, Associate Professor, Department of General, Biological, Farmaceutical Chemistry and Farmacognosy, Orel State University  
E-mail: maya0330@mail.ru

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ БИОТРАНСФОРМАЦИИ N-НИТРОЗОСОЕДИНЕНИЙ

### SOME ASPECTS OF N-NITROSOCOMPOUNDS' BIOTRANSFORMATION

*Алифатические и гетероциклические амины составляют обширный класс физиологически активных веществ природного и синтетического происхождения. Многие из них при определенных условиях способны трансформироваться в организме, вызывая канцерогенные, мутагенные и тератогенные эффекты. С другой стороны, в силу своей реакционной способности, они представляют собой перспективные объекты для конструирования лекарственных форм, в том числе макромолекулярных терапевтических систем. В то же время их метаболизм, фармакокинетика, фармакодинамика, и органотропность почти не исследованы.*

Ключевые слова: нитрозоамины, фармакокинетика, фармакодинамика, противоопухолевая активность, биотрансформация, органотропность.

*Aliphatic and heterocyclic amines represent a large class of physiologically active substances of natural and synthetic origin. Many of them can be transformed in the body under certain conditions, causing carcinogenic, mutagenic and teratogenic effects. On the other hand, because of their reactivity, they are prospective objects for designing dosage forms, including macromolecular therapeutic systems. At the same time their metabolism, pharmacokinetics, pharmacodynamics and organotropism are almost not analyzed.*

Keywords: nitrosamines, pharmacokinetics, pharmacodynamics, antineoplastic activity, biotransformation, organotropism.

Вещества этого класса рассматриваются в последние десятилетия в качестве вероятных канцерогенов для всех видов животных, начиная от рыб и змей до приматов. Впервые канцерогенные свойства N-нитрозаминов были достаточно подробно описаны Мегги (1962). Для этого класса производных аминов характерен выраженный органотропизм действия, управляемый их химической структурой: – алкилнитрозомочевины вызывают опухоли печени, метилнитрозогуанидин – желудка, бутилбутанолнитрозамин – мочевого пузыря и т.д. Другими факторами влияния на органотропность являются видовая специфичность, способ нанесения препарата, доза и время экспозиции. В частности, многие нитрозосоединения способны вызывать опухоли после однократного воздействия в сравнительно небольших дозах. Например, оптимальным условием индукции является введение препарата (вовнутрь) в дозах 20-40 мг/кг в течение 12-13 недель. При меньших сроках воздействия канцерогена возникает исключительно опухоли почек. При длительном воздействии на крыс N-нитрозопиперидина, N-нитрозопиперазина и N-метилвинилнитрозамина индуцируется рак кожи. При однократной ингаляции эти вещества вызывают образование рака эпителия

полости носа. При введении N-нитрозопиперидина, главным образом, образуются опухоли пищевода. Сильным и быстродействующим канцерогеном является еще один представитель гетероциклических аминов – N-нитрозоморфолин. При введении его внутрь индуцируются опухоли почек, внутривенное введение приводит к образованию опухоли носа.

Наряду с канцерогенными свойствами N-нитрозамины обладают исключительно высокой мутагенной активностью. В микроорганизмах частота прямых и обратных мутаций, вызванная их действием, на 2-3 порядка выше числа мутаций, вызываемых рентгеновскими лучами и таким сильным химическим мутагеном, как этиленмин. Это предполагает, что индуцированное алкилирование и изменение в последовательности оснований ДНК могло быть ответственным за инициацию неоплазий.

Основным местом алкилирования нитрозаминами является N-7 в гуанине ДНК. В этом ионизированном состоянии алкилированный гуанин может образовать пару с тиамином вместо цитозина, с которым он спаривается в нормальных условиях. Этот процесс приводит к замене обычной пары ГЦ на АТ при последующей репликации ДНК. Как правило, способность к алкилированию окор-

релизуется с мутагенной активностью. Причем на последнюю влияют как длина алкильной цепи, так и место замещения. Например, мутагенная активность уменьшается в ряду N-метил-, N-этил-, N-пропил-, N-бутил-(ацетоксиметил)нитрозаминов. Можно предположить, что мутагенное действие проявляется в результате алкилирования продуктами биodeградации нитрозамина, что, в свою очередь, приводит к мысли о том, что такой же молекулярный механизм имеет место и при канцерогенном эффекте этих же соединений.

Подтвердить или отвергнуть эту концепцию может статистическое установление параллелизма канцерогенного и мутагенного действия известных нитрозаминов. Интересно отметить, что для некоторых нитрозоалкилмочевин выявлена, наряду с канцерогенным и мутагенным действиями, высокая канцеролитическая активность. Сейчас не вызывает сомнений, что N-нитрозосоединения неактивны *per se*. И для развития характерных биологических эффектов требуется метаболическое переваривание *in vivo* с образованием реакционно-активного промежуточного соединения. Так, химически реакционно-способные N-нитрозамиды (например, N-нитрозо-N-алкилмочевины) разлагаются в результате неферментативного взаимодействия с водой, образуя электрофильные алкилирующие агенты. В то же время, химически стабильные N-нитрозамиды, такие как диметилнитрозамин, требуют метаболической активности для образования тех же алкилирующих электрофильных агентов, которые затем взаимодействуют с нуклеофильными участками ДНК (и других метаболитов), образуя стабильные продукты, такие как алкилированные пуриновые и пиримидиновые основания (N-7- и O-6- метилгуанин). Это алкилирование генетического материала рассматривается как генотоксический эффект и возможно служит инициацией канцерогенеза. Инкубация диметилнитрозамина со средами и гомогенатами печени показала его исчезновение из среды в присутствии кислорода с образованием формальдегида. При введении C<sup>14</sup>-диметилнитрозамина

была также выявлена его быстрая дегидрадация с выделением свыше 65% радиоактивности в виде <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> и образованием метиламина, гидразина и гидроксилана. Эти опыты показали, что диметилнитрозамин дегидрируется с образованием одноуглеродных промежуточных метаболитов, которые затем либо окисляются до CO<sub>2</sub>, либо включаются в нормальные метаболические процессы в организме. При этом, видимо, ключевым этапом в метаболической активации многих нитрозаминов является α-гидроксилирование и последующее деалкилирование этих нестойких, но реакционно-способных промежуточных соединений с образованием алкилдиазогидрооксидов, а затем и алкилирующих агентов.

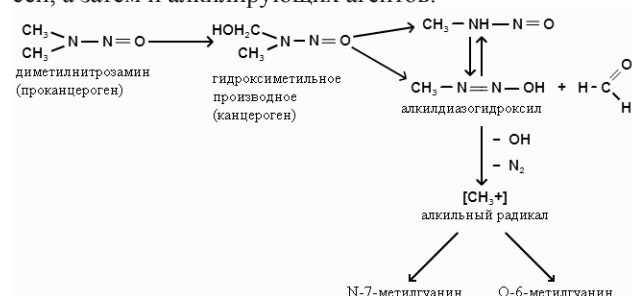


Рис. 1. Метаболизм диметилнитрозамина.

Схема предлагает такую последовательность реакций, при которой алифатические N-нитрозамиды претерпевают таутомерные превращения в алкилдиазогидроксид. Последний быстро ионизируется и образует катион диазония, который теряет азот и образует ион метилкарбония, являющийся алкилирующим агентом. Возможно, в зависимости от конкретного нитрозосоединения образуются оба продукта карбанион и диазоалкан, которые действуют как алкилирующие агенты.

Таким образом, можно с большой уверенностью утверждать, что активация таких нитрозосоединений, как диметил- и диэтилнитрозамин, включает стадию α-гидроксилирования на цитохроме P<sub>450</sub> с образованием гидроксиметильного производного и последующее деалкилирование с образованием алкилдиазогидроксила, альдегида и, в конечном счете, алкильного радикала.

#### Библиографический список

1. Таканаев А.А., Юшкова Е.И., Яроватая М.А. Некоторые аспекты фармакокинетики и метаболизма физиологически активных аминов и их производных // Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов: Межрегиональный сборник научных работ. Выпуск 13, ВГУ: 2011. С.179-184.
2. Таканаев А.А., Юшкова Е.И., Яроватая М.А. Исследование биологической активности гетероциклических нитрозаминов // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: «Естественные, технические и медицинские науки». 2014. №3 (59). С.129-130.
3. Таканаев А.А., Павловская Н.Е., Юшкова Е.И., Яроватая М.А., Лушников А.В. Исследование биологической активности N-галлоидалкиламинов // Ученые записки Орловского государственного университета. 2014. №7 (63). С.223-225.
4. Таканаев А.А., Юшкова Е.И., Яроватая М.А. Исследование биотрансформации N-нитрозоаминов и их производных // Ученые записки Орловского государственного университета. №7 (63) 2014. С.305.
5. <http://www.oncolog.su/carcinogen/nitrate/>
6. <http://www.medfrance.ru/onco/nitrate/nitrozamines/>

#### References

1. Takanaev A.A., Yushkova E.I., Yarovataya M.A. Some aspects of pharmacokinetics and metabolism of physiologically active amines and their compounds // Organization and regulation of physiological and biochemical processes: International collection of scientific reports. Issue 13, VSU: 2011. Pp. 179-184.
2. Takanaev A.A., Yushkova E.I., Yarovataya M.A. Biological activity heterocyclic nitrosamines studies // Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science" № 3(59) 2014. Pp.129-130.
3. Takanaev A.A., Pavlovskaya N.E., Yushkova E.I., Yarovataya M.A., Lushnikov A.V. N-galoidalkilamines Biological activity studies // Scientific notes of Orel State University. № 7(63) 2014. Pp.223-225.
4. Takanaev A.A., Yushkova E.I., Yarovataya M.A. Biotransformation studies of nitrosamines-N and their derivatives // Scientific notes of Orel State University. №7(63) 2014. P.305.
5. <http://www.oncolog.su/carcinogen/nitrate/>
6. <http://www.medfrance.ru/onco/nitrate/nitrozamines/>

УДК 616.13-018.74-06

UDC 616.13-018.74-06

**А.В. ТАРАСОВ**

ассистент, кафедра внутренних болезней, Орловский  
государственный университет  
E-mail: arcotel@yandex.ru

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой  
внутренних болезней, Орловский государственный  
университет

**A.V. TARASOV**

Assistant, chair of internal diseases, Medical Institute, Orel  
State University  
E-mail: arcotel@yandex.ru

**V.I. VISHNEVSKIY**

Doctor of Medicine, Professor, Head of the department of  
internal diseases, Orel State University

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТИАГРЕГАНТНОЙ ТЕРАПИИ АСПИРИНОМ И КЛОПИДОГРЕЛОМ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

### EFFICIENCY OF THE ANTIPLATELET THERAPY OF ASPIRIN AND CLOPIDOGREL IN CLINICAL PRACTICE

*Представлен краткий обзор современных исследований по применению в клинической практике аспирина и клопидогрела в качестве антиагрегантных препаратов.*

*Ключевые слова:* аспирин, клопидогрел, антиагрегантная терапия, ишемическая болезнь сердца, мозговой инсульт.

*The article provides an overview of current research on the application of aspirin and clopidogrel as antiplatelet drugs in clinical practice.*

*Keywords:* aspirin, clopidogrel, antiplatelet therapy, coronary heart disease, stroke.

Антиагрегантная терапия считается одним из десяти величайших достижений кардиологии в 20 столетии [4]. Основные классы антиагрегантных препаратов следующие:

- ацетилсалициловая кислота – АСК (аспирин);
- дипиридамол (курантил);
- тиенопиридины: тиклопидин (тиклид), клопидогрел (плавикс, зилт, лопирел);
- блокаторы гликопротеиновых IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов: абсиксимаб (Рео Про), эптифибатид, тирофибан.

Дипиридамол преимущественно используется после перенесенного ишемического инсульта в комбинации с АСК. Блокаторы IIb/IIIa ГП-рецепторов (абсиксимаб) парентерально применяются при проведении ангиопластики. Попытки длительного использования этих препаратов не увенчались успехом [2].

Применение АСК как антиагреганта при проведении тромболитической терапии или при профилактике ретокклюзий коронарных артерий (КА) сегодня считается уже рутинным. Практически изучены оптимальные режимы его дозирования [11]. Доказана эффективность АСК при всех формах ИБС (остром коронарном синдроме – ОКС, инфаркте миокарда – ИМ, после перенесенного ИМ, стабильной стенокардии, после аортокоронарного шунтирования и ангиопластики), при ишемическом мозговом инсульте (МИ) и после перенесенного ишемического МИ, при поражении периферических артерий. При остром МИ АСК признана единственным (безальтернативным) антиагрегантом с доказанной эффективностью. Только АСК рекомендована для первичной профилактики сердечно-сосудистых осложнений. К середине 1990-х годов АСК вошла в качестве обязательного препарата практически во все рекомендации по лечению и профилактике клинических проявлений атеротромбоза [2].

Механизм действия АСК заключается в следующем [10]. Первично АСК действует на циклооксигеназу -1 (ЦОГ-1) тромбоцитов. В результате снижается продукция тромбоксана  $A_2$  ( $TxA_2$ ). АСК также ингибирует циклооксигеназу-2 (ЦОГ-2) и в 95% случаев блокирует ЦОГ-1 тромбоцитов. Происходит снижение уровня  $TxA_2$ , агрегация тромбоцитов становится невозможной, и, как следствие, утилизируется возможность образования сгустков в атеросклеротических артериях. Тромбоксан  $B_2$  ( $TxB_2$ ) можно измерить в сыворотке или плазме. Однако это нецелесообразно (в связи с тем, что в пробе крови *in vitro* происходит активация тромбоцитов). При прохождении через почки  $TxB_2$  формирует в моче метаболит, так называемый 11-дегидротромбоксан  $B_2$  (11dh  $TxB_2$ ). Он имеет длительный полупериод жизни, что говорит о высокой ценности неинвазивного метода. Если низкому уровню 11dh  $TxB_2$  соответствует низкий уровень  $TxA_2$ , то это свидетельствует о наличии ответа на АСК. Пациенты, у которых отмечается подъем уровня  $TxB_2$ , относятся к группе не отвечающих на АСК и имеющих высокий риск сердечно-сосудистой патологии. Данная методика достаточно хорошо апробирована [3].

У некоторых больных АСК приводит к появлению побочных эффектов вследствие ulcerогенного действия. В 20-30% случаев при длительном применении АСК отмечается диспепсия, эрозивно-язвенные поражения желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), бронхоспазм, острый приступ подагры, аллергические реакции.

Резистентность к терапии АСК, по данным разных авторов, составляет от 10 до 61% [2]. В настоящее время продолжается поиск более эффективных и безопасных антиагрегантов с иным механизмом действия.

Большое внимание привлекают тиенопиридиновые производные, в частности, тиклопидин и клопидогрел. Клопидогрел сегодня является вторым препаратом в



мире по назначению [7]. Клопидогрел блокирует рецепторы тромбоцитов к аденозиндифосфату, снижает их активность и способность к агрегации, что в конечном итоге уменьшает риск серьезных тромботических осложнений при различных проявлениях атеросклероза. Одним из серьезных ограничений для широкого внедрения клопидогрела в клиническую практику является относительно высокая стоимость препарата [1]. Одним из генериков клопидогрела является препарат Лопирел (компания «Актавис»), доказательства фармакокинетической биоэквивалентности которого были получены при проведении исследований в Канаде. Препарат хорошо всасывается из ЖКТ, независимо от приема пищи. Торможение агрегации тромбоцитов наблюдается через 2 часа после приема нагрузочной дозы (300 мг), максимальный эффект – через 4-7 дней постоянного приема в дозе 75 мг/сут. Так же как другие антитромбоцитарные препараты, Лопирел следует осторожно назначать больным с повышенным риском кровотечения.

Тиклопидин и клопидогрел стали применяться для повышения эффективности тромболитической терапии и профилактики ИМ вместо АСК или вместе с ней. Нагрузочная доза клопидогрела 300 мг на фоне приема АСК у больных ИМ реализует свой дополнительный антиагрегатный эффект не уменьшением максимума агрегации, а усилением дезагрегации тромбоцитов [4]. Сочетание АСК и клопидогрела после тромболизиса уменьшает частоту рецидивов ИМ без увеличения риска больших геморрагических осложнений. На фоне терапии АСК вдвое уменьшенная доза клопидогрела (75 мг через день) через 10 дней приема обладает такой же антиагрегационной эффективностью, как и стандартная (75 мг ежедневно). Однако снижение дозы клопидогрела возможно только после 10-ти дневного ежедневного приема препарата [4].

В профилактике ишемического МИ у больных транзиторной ишемической атакой (ТИА) и других сердечно-сосудистых заболеваний также доказана эффективность АСК, клопидогрела, медленно высвобождаемого (МВ) дипиридамола и тиклопидина [9]. У больных, перенесших ТИА, наиболее часто применяется АСК в дозе от 75 до 325 мг в сутки [12]. Рандомизированные исследования показали, что регулярный прием АСК снижает риск развития МИ, ИМ или сердечно-сосудистой смерти (ССС) в среднем на 13%. При использовании малых (75-160 мг), средних (160-325 мг) и высоких (500-1500 мг) доз АСК не отмечено существенных различий в частоте развития МИ. Положительным является тот факт, что при использовании малых доз АСК реже отмечаются осложнения со стороны ЖКТ.

Клопидогрел имеет меньшее количество побочных эффектов и при приеме в дозе 75 мг более значительно снижал частоту МИ, ИМ или острой ССС, чем при приеме 325 мг АСК. Наблюдение почти 20 тысяч больных, перенесших ишемический МИ, ИМ или имеющих заболевание периферических артерий, показало, что у пациентов, получавших клопидогрел в дозе 75 мг в сутки, перечисленные заболевания возникали достоверно на 8,7% реже, чем у больных, получавших 325 мг АСК.

Было отмечено, что при лечении в течение 3 лет 1000 пациентов, имевших высокий риск МИ, ИМ и ССС, прием АСК предупреждал 19 новых сосудистых событий, а прием клопидогрела – 24 новых события [13].

Актуальны в настоящее время обсуждения по использованию терапии клопидогрелом и аспирином в лечении аспиринорезистентных больных с ИБС.

Приводятся результаты исследования CLARITY-TIMI-28 [10]. Наблюдали 3491 больных (в возрасте до 75 лет) с ОКС и подъемом сегмента ST на ЭКГ. Они получали антиагрегантную терапию АСК в насыщающей дозе 150-325 мг/сут и в поддерживающей дозе 75-162 мг/сут, а также клопидогрел в насыщающей дозе 300 мг/сут, с переходом на 75 мг/сут и плацебо. Было показано, что включение в лечение клопидогрела привело к уменьшению частоты нефатального ИМ и смерти от любых причин и времени выписки или по истечении 8 суток на 36% (в группе плацебо – на 21,7% – 15%;  $p < 0,001$ ) в основном за счет уменьшения количества случаев сохранения окклюзии инфарктазависимой КА (на 41%;  $p < 0,001$ ). Эффект клопидогрела не зависел от возраста, пола и фибринспецифичности тромболитика.

Целью исследования ряда авторов являлось повышение дезагрегантной терапии у больных ИБС и ХОБЛ с ФП, отнесенных к группе аспиринорезистентных [10]. Пациенты с подъемом уровня  $TxB_2$ -кардио обозначались как не отвечающие на АСК. Низкой считалась концентрация  $TxB_2$  от 759 до 1283 мг/мл, средним уровнем – от 1284 до 2600 мг/мл, высоким – от 2601 мг/мл и более. Всем пациентам измеряли время кровотечения по методу Дьюка. Аспиринорезистентность фиксировалась, если время кровотечения, определенное после приема АСК, увеличивалось менее чем в 1,5 раза от исходной цифры, определенной до приема дезагрегантов. В результате исследования аспиринорезистентность была выявлена у 47,5% пациентов. После присоединения клопидогрела к АСК у 39,5% аспиринорезистентных пациентов время кровотечения увеличилось в 1,5 раза, то есть комбинированная терапия была эффективна [10]. При этом у принимавших комбинированную терапию пациентов случаев желудочно-кишечных кровотечений не было зарегистрировано. Общие рекомендации авторов исследования были следующие: у аспиринорезистентных больных ИБС, фибрилляцией предсердий и ХОБЛ без нарушенного кишечного всасывания эффективно использовать комбинированную терапию АСК и клопидогрелом.

При стентировании коронарных артерий у больных со стабильными формами ИБС, чтобы избежать риска повторных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у пациентов, имеющих резистентность к антитромбоцитарным препаратам, возникает необходимость выявления резистентности к АСК и клопидогрелу. Е.В. Мороз было обнаружено, что у пациентов со стабильными формами ИБС, перенесших стентирование КА, резистентность к АСК составляет 21% случаев, к клопидогрелу – в 56% случаев, к обоим антитромбоцитарным препаратам – в 8% случаев [8]. При планировании стентирования КА для преодоления ре-



зистентности к клопидогрелу в зависимости от его нагрузочной дозы меняется резистентность к препарату. Автор исследования показала, что в случае однократного применения нагрузочной дозы клопидогрела 300 мг резистентность к нему составляет 57,4%. В случае же ежедневного приема 75 мг клопидогрела в течение 7 дней резистентность снижается до 37,7% ( $p=0,02$ ). Факторами риска развития резистентности к клопидогрелу являются ожирение и нарушение углеводного обмена. При ожирении резистентность отмечалась в 60,8% случаев (против 26% резистентных к клопидогрелу без ожирения;  $p=0,01$ ; ОР 1,3), при нарушении углеводного обмена – в 66,7% случаев (в сравнении с 27,4% случаев;  $p=0,02$ ; ОР 1,43). Нарушение углеводного обмена приводило к достоверному нарушению резистентности к АСК ( $p=0,024$ ) [8].

Сложность выявления причин резистентности больных к АСК и клопидогрелу заключается также в генетически обусловленных причинах [6]. А.Л. Комаровым было установлено, что для выявления больных, недостаточно реагирующих на клопидогрел, может быть использовано генетическое тестирование с определением носительства аллелей, контролирующих активность фермента CYP2C19 [6]. Оценка остаточной реактивности тромбоцитов с использованием теста оптической агрегометрии (Born) малопригодна для определения антиагрегантной активности (как клопидогрела, так и АСК) в клинической практике. Причина – многофакторность зависимости.

Однозначного подхода к оценке генетического тестирования нет. Е.З. Голухова и соавт. утверждают, что аллельный вариант CYP2C19 с утратой функции (в особенности аллель \*2) является основным генетическим медиатором ответа тромбоцитов на клопидогрел [5]. Носители этого аллельного варианта, по мнению авторов, имеют более высокую реактивность тромбоцитов на фоне терапии клопидогрелем и высокий риск неблаго-

приятных сердечно-сосудистых событий, включая тромбоз стента, ИМ и ССС. Носительство аллеля \*2 CYP2C19 в сочетании со всеми демографическими и клиническими предикторами может объяснить, по данным авторов, лишь 12% высокой реактивности тромбоцитов [5].

Jean-Philippe Colet в журнале Lancet констатировал: «В нашем исследовании показана жесткая связь между присутствием аллеля \*2 CYP2C19 и повторными тромбозами коронарных сосудов в основном у европейских пациентов после назначения клопидогрела, которым проводилось лечение ИМ до 45 лет» [7]. В исследовании TIMI (Thrombolysis in Myocardial Infarction) было показано, что повышенный риск получить тромбоз стента при носительстве функционально ослабленного аллеля CYP2C19 выше в 3 раза, чем у пациентов, которые не являются его носителями [7]. Там же приводятся следующие данные: вариация CYP2C19 встречается у 30% людей европейского происхождения, 40% африканского происхождения и более 50% азиатов.

В настоящее время ведется активная дискуссия между врачами, представителями фармакологических компаний и производителями различных имплантов для сердечно-сосудистой хирургии о возможных осложнениях при приеме клопидогрела [7]. Эти свидетельства о необходимости продолжать поиск причин резистентности к АСК и клопидогрелу.

Заключение. Все имеющиеся рекомендации по одновременному назначению АСК и клопидогрела должны проводиться индивидуально. При назначении клопидогрела необходимо с особой скрупулезностью отслеживать показатели коагулограммы пациентов на протяжении всего времени приема препарата. Генотипирование в сочетании с оценкой функции тромбоцитов может помочь определить лучшую стратегию (в случае гомозиготного носительства CYP2C19\*2) у пациентов с высоким риском развития осложнений после ЧКВ [5].

#### Библиографический список (References)

1. *Averkov O.V.* Clopidogrel and the prevention of complications of atherosclerosis: the cost of tablets or cost-effectiveness? Good clinical practice. 2004. №1. Pp. 39-45.
2. *Baryshnikova G.A.* The role of clopidogrel in the treatment and prevention of cardiovascular diseases. Consilium Medicum. Vol. 11, № 10. Pp. 130-137.
3. *Volkov V.I., Ryabukha V.V., Zaprovalnaya O.E., Ladnyi A.I.* Diagnosis of aspirin resistance in patients with coronary heart disease. Ukrainian cardiological journal. 2006. № 3. Pp. 36-39.
4. *Vyshlov E.V.* Optimization of antithrombotic therapy for acute myocardial infarction: author's abstract, doctoral dissertation in medical sciences. Tomsk, 2009. 41 p.
5. *Golukhova E.Z., Grigoryan M.V., Riabinina M.N.* Modern aspects of the pharmacokinetics of clopidogrel and its clinical significance. Creative cardiology. №3. 2014. Pp.40-52.
6. *Komarov A.L.* Factors determining the prognosis and efficacy of antiplatelet therapy in patients with chronic ischemic heart disease: author's abstract, doctoral dissertation in medical sciences. Moscow, 2012. 46 p.
7. *Lazarenko O.N., Alexeeva T.A.* Clopidogrel: opportunities and limitations in the application. The newspaper "News of Medicine and Pharmacy" Cardiology (274). 2009. (Theme issue). 6.05.2009.
8. *Moroz E.V.* Resistance to oral antiplatelet agents (aspirin and clopidogrel) for coronary artery stenting in patients with stable CAD: author's abstract, candidate dissertation in medical sciences. Moscow, 2013. 27 p.
9. *Parfenov V.A.* Transient ischemic attacks. Atherothrombosis. № 1(2). 2009. Pp.77-85.
10. *Chubirko I.E.* Platelet resistance to antiplatelet agents in the treatment of atrial fibrillation in patients with coronary heart disease and chronic obstructive pulmonary disease: author's abstract, candidate dissertation in medical sciences. Voronezh, 2015. 26 p.
11. Meta-analysis Antithrombotic Trialists' Collaboration, 2002
12. *Sacco R. L., Adams R., Albers G. et al.* Guidelines for Prevention of Stroke in Patients With Ischemic Stroke or Transient Ischemic Attack: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association Council on Stroke: Co-Sponsored by the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention: The American Academy of Neurology affirms the value of this guideline. Stroke 2006; 37: 577-617.
13. CAPRIE Steering Committee. A randomised, blinded trial of clopidogrel versus aspirin in patients at risk of ischemic events (CAPRIE). Lancet 1996; 348: 1329-1339.

УДК 616.33-002.446+616.342-002.446:615.243.4

УДК 616.33-002.446+616.342-002.446:615.243.4

**М.С. ТУРЧИНА**

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра внутренних  
болезней, Орловский государственный университет.  
E-mail: turchina-57@mail.ru

**M.S. TURCHINA**

Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of  
internal diseases, Orel State University  
E-mail: turchina-57@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ НПВП-ГАСТРОПАТИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРОТЕЗИРОВАНИЮ СУСТАВОВ

### FEATURES OF TREATMENT OF NSAID-GASTROPATHY IN PATIENTS WITH THE DISEASE OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM IN PREPARATION FOR PROSTHETIC JOINTS

*Выявление эрозивно-язвенных поражений слизистой оболочки пищеварительного тракта при подготовке пациентов к протезированию суставов служит причиной отсрочки оперативного вмешательства, повышает вероятность развития осложнений в послеоперационном периоде. Назначение антисекреторных препаратов пациентам с патологией опорно-двигательной системы, получающим НПВП, при планировании оперативного вмешательства позволяет сократить сроки предоперационной подготовки и улучшить результаты лечения.*

**Ключевые слова:** НПВП-гастропатия, антисекреторные препараты, хирургическое лечение.

*Detection of erosive and ulcerative lesions of the mucous membrane of the digestive tract in the preparation of patients for prosthetic joints is a reason for postponing surgery, increases the risk of complications in the postoperative period. Appointment of antisecretory drugs in patients with pathology of the musculoskeletal system, receiving NSAIDs, when planning surgery reduces time of preoperative preparation and improve treatment outcomes.*

**Keywords:** NSAID-gastropathy, antisecretory drugs, surgery.

Нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) являются наиболее широко используемой группой медикаментов, оказывающих повреждающее действие на слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта. Группа нестероидных противовоспалительных препаратов чрезвычайно востребована в ревматологической, кардиологической клинике, для лечения боли и неспецифических воспалительных процессов. Кроме того, НПВП относятся к препаратам, отпускаемым в безрецептурной форме, что обуславливает их широкое использование пациентами без назначения лечащего врача. Благодаря этому НПВП-гастропатия достаточно часто встречается в популяции и приобрела значение не только медицинской, но и социальной проблемы. По данным западных авторов, язвы желудка или 12-перстной кишки выявляются у 10-15 % пациентов, регулярно принимающих НПВП, а ЖКК или перфорация в течение года может развиваться в 1-1,5 % случаев [1, 2].

При содействии Института ревматологии РАМН в шести регионах России был проведен опрос 2537 больных РЗ, регулярно принимающих НПВП, данные которого показали, что на фоне приема этих препаратов язвы желудка или 12-перстной кишки выявлялись в 8,8 % случаев, а ЖКК или перфорация язвы возникали у 1,5 % пациентов [4]. В работе Шостак Н.А. и соавт. было показано, что 34,6 % случаев острых ЖКК в Москве вызвано приемом НПВП [6].

Считается, что при НПВП-гастропатии отсутствует субъективная симптоматика. Скорее всего, данный феномен определяется не истинным отсутствием симптоматики, но ее умеренной выраженностью или тем, что жалобы, связанные с основным заболеванием, беспокоят пациента существенно больше, чем жалобы со стороны ЖКТ [5]. Однако даже полное отсутствие жалоб

не позволяет исключать наличия серьезной патологии. Поэтому эндоскопическое исследование является единственным своевременным и точным методом диагностики НПВП-гастропатии.

**Цель исследования:** оценка качества и выявление путей улучшения организации оказания медицинской помощи больным с патологией опорно-двигательной системы, имеющим поражение желудочно-кишечного тракта, вызванное приемом НПВП.

**Материалы и методы:** были обследованы 34 пациента, страдающие хроническими заболеваниями опорно-двигательной системы, получавшие НПВП. Из них 10 мужчин и 24 женщины. Все обследуемые были направлены на протезирование суставов, в связи с чем проводилось эндоскопическое исследование желудочно-кишечного тракта. Возраст пациентов составил от 48 до 63 лет. Длительность течения заболевания опорно-двигательной системы в среднем составляла 15 лет. Ни один из пациентов не имел предшествующего язвенного анамнеза.

### Результаты и обсуждения

Всем обследуемым пациентам в рамках предоперационного обследования проводилось эндоскопическое исследование желудочно-кишечного тракта (рис. 1). При этом за последние 2 года на фоне приема НПВП эндоскопическое исследование было проведено лишь 7 пациентам.

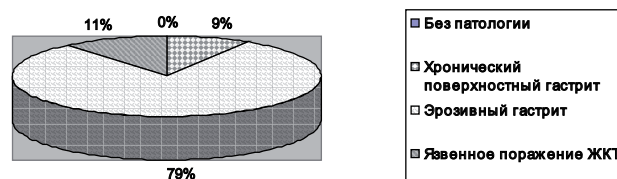


Рис. 1. Результаты эндоскопического исследования пациентов с заболеваниями опорно-двигательной системы.

Таблица 1.

Схемы назначения НПВП больным с патологией опорно-двигательной системы

	Схемы назначения НПВС				
	Постоянный прием неселективных НПВП	Курсовой прием неселективных НПВП	Постоянный прием селективных НПВП	Курсовой прием селективных НПВП	Всего
Число (%) пациентов, принимавших НПВП по назначению лечащего врача	0	6 (17,6)	3 (8,8)	11 (32,3)	20 (58,8)
Число (%) пациентов, самостоятельно принимавших НПВП	5 (14,7)	14 (41,1)	2 (5,8)	3 (8,8)	24 (70,5)
Число (%) пациентов, принимавших 2 и более НПВП	26 (76,4)				

Анализируя результаты, полученные при проведении ФГДС, можно отметить, что признаки поражения ЖКТ наблюдались у всех пациентов, получавших НПВС. При этом большая часть больных имели эрозивное поражение слизистой оболочки желудка (79%). При этом жалобы на боли в эпигастрии, диспепсические явления предъявляли всего 4 пациента, из которых 3 имели хронический поверхностный гастрит и 1 – эрозии в антральном отделе. Такое бессимптомное течение является характерной особенностью НПВП-гастропатии, однако большинство пациентов при опросе указали на то, что не были информированы об этом.

После проведения ФГДС все пациенты были направлены на консультацию к врачу-гастроэнтерологу, что вызвало отсрочку оперативного вмешательства по поводу протезирования суставов на срок более месяца.

При консультации врачом-гастроэнтерологом обращалось внимание на схемы приема НПВС и сопутствующий прием препаратов, обладающих антисекреторным действием (табл. 1).

Таким образом, из 34 обследуемых лишь 58,8% принимали НПВП, назначенные лечащим врачом. Большая часть пациентов (70,5%) либо самостоятельно осуществляли прием НПВП без назначения лечащего врача, либо сочетали препарат, назначенный лечащим врачом с самостоятельно подобранным НПВП, при этом преобладал прием неселективных препаратов. Кроме того, 76,4% больных принимали 2 и более НПВС, что существенно увеличивает риск развития НПВП-гастропатий.

Были оценены дополнительные факторы риска развития НПВП-гастропатий, важнейшими среди которых считаются язвенный анамнез и пожилой возраст (старше 65 лет), а дополнительными – прием антикоагулянтов и глюкокортикоидов, использование высоких доз НПВП, прием одновременно нескольких препаратов из этой группы и тяжелые сопутствующие заболевания. Результаты приведены в табл. 2.

Большое значение среди дополнительных факторов риска имеет совместный прием 2 и более НПВП, в том числе и низких доз ацетилсалициловой кислоты. С возрастом увеличивается количество больных, имеющих патологию сердечно-сосудистой системы, которым требуется назначение длительной антиагрегантной терапии. Большие надежды были связаны с созданием ацетилсалициловой кислоты с энтеросолюбильным покрытием и в буферной форме. Однако ряд исследований

[3, 5] показал, что прием даже малых доз такой формы ацетилсалициловой кислоты повышает риск возникновения массивных желудочно-кишечных кровотечений. Несмотря на это, ни один из пациентов, получавших антиагрегантную терапию, не был предупрежден о повышении риска развития НПВП-гастропатии.

Таблица 2.

Наличие дополнительных факторов риска развития НПВП-гастропатий у пациентов с заболеваниями опорно-двигательной системы

Дополнительные факторы риска	Количество пациентов (%)
Женский пол	24 (70,5)
Курение	15 (44,1)
Одновременный прием антикоагулянтов	2 (5,9)
Наличие хеликобактерной инфекции	6 (17,6)
Одновременный прием нескольких НПВС (в том числе и низких доз ацетилсалициловой кислоты)	26 (76,4)
Возраст старше 65 лет	2 (5,9)

Число пациентов, имеющих 2 и более дополнительных фактора риска, составило 47% (16 человек). При этом наличие дополнительных факторов риска совершенно не учитывалось терапевтами при выборе антисекреторной терапии.

Для профилактики гастропатий у обследуемых пациентов использовалось: назначение антацидов – 12 человек (35,2%), использование коротких курсов ингибиторов протонной помпы – 18 человек (52,9%), длительный прием ингибиторов протонной помпы – 4 человека (11,7%), назначение  $H_2$ -блокаторов – 3 человека (8,8%), назначение препаратов висмута – 4 человека (11,7%). У ряда пациентов курсы вышеназванных препаратов чередовались. Таким образом, среди 34 пациентов с впервые выявленной НПВП-гастропатией лишь 11,7% получали адекватную терапию.

У 10 человек (29,4%) пациентов с целью профилактики НПВП-гастропатий использовалось назначение НПВП короткими курсами, без сопутствующего лечения антисекреторными препаратами. При этом не учитывался тот факт, что использование коротких курсов НПВП без прикрытия антисекреторными препаратами не снижает риск развития гастропатии.

После осмотра врачом-гастроэнтерологом пациентам, имеющим эрозивно-язвенное поражение слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, была

назначена терапия ингибиторами протонной помпы в стандартной дозе 2 раза в сутки в сочетании с препаратами висмута на протяжении 14 дней. По результатам контрольной эндоскопии полное отсутствие эрозивно-язвенного поражения отмечалось у 32 больных, 2 пациентам потребовался более длительный курс лечения.

### Выводы

Несмотря на обилие информации о методах лечения и профилактики НПВП-гастропатий, лечащи-

ми врачами не всегда уделяется должное внимание данной проблеме. Отсутствие своевременного лечения и профилактики эрозивно-язвенных поражений желудочно-кишечного тракта при подготовке больных к выполнению оперативных вмешательств приводит к отсрочке операций.

При назначении НПВП необходимо учитывать дополнительные факторы риска развития НПВП-гастропатий и корректировать лечение в соответствии с полученными данными.

### Библиографический список

1. *Lain L.* Proton pump inhibitor co-therapy with nonsteroidal anti-inflammatory drugs-nice or necessary? // *Rew Gastroenterol Dis.* 2004. № 4. Pp.33–41.
2. *Fries J., Kristen N., Bennet M. et al.* The rise and decline of nonsteroidal anti-inflammatory drug-associated gastropathy in rheumatoid arthritis // *Arthritis Rheum.* 2004. № 50. Pp. 2433–2440.
3. *Silverstein F.E., et al.* Gastrointestinal toxicity with celecoxib vs nonsteroidal anti-inflammatory drugs for osteoarthritis and rheumatoid arthritis. The CLASS study: A randomised controlled trial. *JAMA* 2000;284:1247–55.
4. *Karateev A.E., Коновалова Н.Н., Литовченко А.А. и др.* НПВП – ассоциированное заболевание ЖКТ при ревматизме в России // *Клиническая медицина.* 2000. № 5. С. 33–39.
5. *Karateev A.E., Насонов Е.Л., Корешков Г.Г.* НПВП-индуцированная диспепсия: распространенность и возможность медикаментозной коррекции // *Научно-практическая ревматология.* 2003. № 5. С. 76–78.
6. *Шостак Н.А., Рябкова А.А., Савельев В.С. и др.* Желудочно-кишечное кровотечение как осложнение гастропатий, связанных с приемом нестероидных противовоспалительных препаратов // *Терапевтический архив.* 2003. № 5. С. 70–74.

### References

1. *Lain L.* Proton pump inhibitor co-therapy with nonsteroidal anti-inflammatory drugs-nice or necessary? // *Rew Gastroenterol Dis.* 2004. № 4. Pp. 33–41.
2. *Fries J., Kristen N., Bennet M. et al.* The rise and decline of nonsteroidal anti-inflammatory drug-associated gastropathy in rheumatoid arthritis // *Arthritis Rheum.* 2004. № 50. Pp. 2433–2440.
3. *Silverstein F.E. et al.* Gastrointestinal toxicity with celecoxib vs nonsteroidal anti-inflammatory drugs for osteoarthritis and rheumatoid arthritis. The CLASS study: A randomised controlled trial. *JAMA* 2000;284:1247–55.
4. *Karateev A.E., Kononova N.N., Litovchenko A.A. et al.* NSAIDs - associated gastrointestinal diseases at rheumatism in Russia // *Clinical Medicine.* 2000. № 5. Pp. 33–39.
5. *Karateev A.E., Nasonov E.L., Koreshkov G.G.* NSAID- induced dyspepsia: prevalence and the possibility of drug correction // *Scientific and Practical Rheumatology.* 2003. № 5. Pp. 76–78.
6. *Shostak N.A., Ryabkova A.A., Saveliev V.S. et al.* Gastrointestinal bleeding as a complication of gastropathy associated with nonsteroidal anti-inflammatory drugs // *Therapeutic archive.* 2003. № 5. Pp. 70–74.



УДК 614.27.007:331.108.26 (072.8)

UDC 614.27.007:331.108.26 (072.8)

**И.А. ФИЛИНА**

кандидат фармацевтических наук, доцент, кафедра фармакологии, клинической фармакологии и фармации, Орловский государственный университет

**Е.И. ЮШКОВА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет  
E-mail: elen\_yushkova@mail.ru

**С.С. ФИЛИНА**

студент, медицинский институт, Орловский государственный университет

**I.A. FILINA**

Candidate of Pharmacy, Associate Professor, Department of pharmacology, clinical pharmacology and pharmacy, Orel State University

**E.I. YUSHKOVA**

Doctor of Biology, Professor, Department of general chemistry, biochemistry, pharmaceutical chemistry and pharmacognosy, Orel State University  
E-mail: elen\_yushkova@mail.ru

**S.S. FILINA**

Student, medical institute, Orel State University

## ИСТОРИЧЕСКИЕ И ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ АПТЕЧНОГО ДЕЛА В ОРЛОВСКОЙ ГУБЕРНИИ

### HISTORICAL AND PHARMACOLOGICAL ASPECTS OF PHARMACY IN THE PROVINCE OF OREL

*История – это не только наука о прошлом, это наука о развитии от прошлого к настоящему, от современности к будущему. Знание истории дает человеку огромные силы и позволяет избежать многих ошибок. Для медицинского работника знать историю аптекарского дела своего края необходимо, чтобы понимать, каким путем шло его развитие, и на основе этого прогнозировать его дальнейшее будущее.*

Ключевые слова: аптечное дело, фармакопоя, фармакологические свойства, народная медицина, лекарственные растения, химические технологии.

*History is not only the science of the past, it is the science of development from the past to the present, from the present to the future. The knowledge of history gives people enormous strength and helps to avoid many mistakes. It is necessary for a health worker to know the history of apothecary of own region, in order to understand the ways of its development and on the basis of this understanding forecast its further progress.*

Keywords: pharmacy business, pharmacopoeia, pharmacological properties, folk medicine, medicinal plants, chemical technology.

Впервые слово аптека (apotheca) можно встретить в трудах Гиппократов, который жил примерно за 400 лет до нашей эры. Однако официально историю возникновения первых аптек можно начать с открытия первой аптеки в мире в городе Багдаде в 754 году.

Вплоть до конца 17 столетия народная медицина занимала на Руси ведущее положение. Известно, что лекарства и лекарственное сырье продавались в широко распространенных зелейных (от «зелье» – лекарство), овощных, семенных, медовых, соляных и других торговых рядах, лавках. Хозяевами лавок зачастую были травники, зелейники, которые продавали собираемые травы, семена, другие части растений, а также камни драгоценные, лосиные рога, копыта, змеиный яд и др. Особенно широко распространение зелейные лавки получили в 16 в.

Владельцы лавок («лавочные сидельцы») не только торговали, изготавливали лекарства по сложным прописям, но и изучали их качество и целебную силу, давали своим клиентам и врачебные советы, руководствуясь в основном знаниями, почерпнутыми из рукописных травников и лечебников. Среди сидельцев было немало и составителей этих медицинских книг. Это были знающие люди своего времени, они пользовались авторитетом в народе. Нередко они образовывали потомственные кланы. До нас дошли имена москвичей Тулейщиковых, Петровых, Назаровых, которых историк медицины Л.Ф.

Змеев назвал «врачами-аптекарями». В 16 в. во многих городах (Москва, Киев, Псков, Новгород, Тула и др.) наряду с зелейными и москательными лавками появились зелейные дворы и огороды для выращивания отдельных видов лекарственных растений [1, 3, 4].

При Иване Грозном (1547-1584) аптечное дело начинает развиваться на более прочной основе. В 1581 г. по приглашению Ивана Грозного прибыл в Москву на царскую службу придворный доктор английской королевы Елизаветы Роберт Якоб, в его свите были лекари и аптекари, один из них по имени Джеймс Френчем, который и открыл первую аптеку в России в 1581 г. Аптека Френчема была царской, придворной.

Имевшиеся при аптеках лаборатории сыграли значительную роль в развитии отечественной химии. В них обучались химической технологии и элементам фармацевтической химии русские ученики, со временем выраставшие в квалифицированных специалистов, таких как В. Шилов и Т. Ананьин. В аптечных лабораториях проводили перегонку, выпаривание, процеживание, измельчение и смешивание веществ, готовили серную и азотную кислоты, царскую водку, медный купорос, квасцы, занимались очисткой серы и т.д. Из лекарственных форм в аптеках 17 в. готовили маляхи (мази), пластыри, порошки, экстракты, водные и масляные растворы, настойки («водки»), спирты, пилюли, сболы, соки, свечи, растирания. Рецептура 17 в. изобилует

сложными, включающими несколько десятков ингредиентов прописями.

В конце 17 в. русским лекарем Иваном Венедиктовым написан лечебник, носящий название «Фармакопея, или аптека, имеющая в себе предписание всех лекарств, которые обретаются в аптеках...». Фармакопея Венедиктова была составлена по материалам русской народной медицины и обогащена некоторым опытом европейских стран в области лекарствоведения, в свое время пользовалась большим успехом. В библиотеке Академии наук в настоящее время хранится рукопись «Тетрадь преосвященного Афанасия архиепископа Холмогорского», в которой приведена «ропись» лекарств – масел (гвоздичного, мятного, анисового, полынного, спематанарум), мазей (диалтейной, белильной, бобковой), сложных порошков и бальзамов. Рукописный труд «Преосвященного Афанасия архиепископа Холмогорского и Вятского реестр из докторских наук» оправданно считается одной из первых русских фармакопей [1, 3].

В царствование Петра I отличительной особенностью организации аптечного дела в стране продолжал оставаться её государственный характер. В дополнение к Аптекарскому приказу, действовавшему в Москве, в Петербурге в 1707 г. была учреждена Аптекарская канцелярия, в течение нескольких лет оба эти учреждения участвовали в медицинском управлении. Аптекарский приказ находился в старой столице и ведал теперь медициной Москвы и Московской губернии, а в 1721 г. он был превращен в Московскую медицинскую контору, просуществовавшую до середины 19 в. Медицинская канцелярия управляла всем медико-санитарным и аптечным делом в России. Важной задачей Медицинской канцелярии стало увеличение числа медицинских учреждений, в т.ч. аптек. В Петербурге и других губернских городах было разрешено создавать, наряду с публичными (государственными), и так называемые вольные (частные) аптеки. Казенные аптеки были открыты в Петербурге, Казани, Риге, Ревеле, Киеве, Астрахани и др. городах [1, 3].

К концу XVIII в. в России насчитывалось уже около 100 аптек. В аптеках, открытых в этот период, существовали небольшие лаборатории, в которых изготавливали различные фармацевтические препараты, а также проводились анализы разных материалов. В этих лабораториях одновременно выполнялись и научные исследования

По данным статистики, к 1914 году в России насчитывалось около 4700 аптек, но это вовсе не означало, что все существующие аптеки занимаются реализацией продукции отечественных производителей. Ситуация, которая сложилась в Российской Империи с фармацевтической промышленностью в начале 20 века, показывала полную несостоятельность отечественной экономики: практически 70% потребляемых в стране медикаментов ввозилось из-за границы.

Нами проведено исследование по развитию аптечного дела в Орловской губернии. Сведения и списки служащих аптек по Орловской губернии в 1896-1898 г.г.

представлены в таблицах 1, 2, 3.

Нами были проведены исследования следующих материалов Государственного архива Орловской области о развитии аптечного дела в Орловской губернии в конце 19 века:

1. «Сведения об аптеках, их владельцах и сотрудниках в уездах губернии».
2. «Сведения и списки служащих аптек по уездам губернии (1896-1898гг.)».
3. «Материалы о результатах проверок состояния аптек и больниц в уездных городах губернии – 1880 г.».
4. «Сведения об оборотах аптек губернии и аптекарском персонале за 1896 год».
5. «Отчеты и рапорты провизоров аптек губернии за 1896 год о деятельности аптек».

Анализ материалов показал, что аптеки в Орловской губернии располагались как в городах (Орел, Болхов, Карачев, Мценск, Елец, Ливны), так и в крупных селах (с. Дросково Малоархангельского уезда, с. Колпна Малоархангельского уезда, с. Волово Ливенского уезда, с. Черновск Елецкого уезда). Владельцы аптек могли исполнять обязанности как управляющего, так и провизора, фармацевта. Также в аптеках были наемные работники (провизоры, фармацевты, аптекарские помощники).

Персонал аптеки различался по национальности: евреи – 15%, русские – 22%, литовцы – 26%, поляки – 15%, немцы – 11%, курляндцы – 5,5%, прусские подданные – 5,5% и по вероисповеданию: иудейское – 15%, православное – 26%, римско-католическое – 37%, лютеранское – 18,5%. [1].

Ежегодно в аптеках проводились проверки. В результате проведенных проверок было установлено, что в 1880 г. в таких городах как Мценск, Дмитровск, Карачев и Ливны расположение аптек было удобным, аптечные припасы находились в достаточном количестве и были хорошего качества, в отпуске лекарств соблюдался порядок.

В таких городах, как Болхов, Трубчевск, Брянск, Малоархангельск во всем устройстве аптек, в содержании, в хранении и отпуске лекарственных средств часто отмечались ошибки.

Содержатели каждой аптеки в уездных городах и селах губернии составляли рапорты и ведомости о товарообороте аптеки за год. Каждая ведомость содержала информацию о количестве рецептов, поступивших в аптеку за год, об общем обороте аптеки от рецептов и ручной продажи в рублях, а также о персонале аптеки (количество фармацевтов, провизоров, аптечных помощников и аптечных учеников). Анализ товарооборота аптек представлен на рисунке 1.

Проанализировав товарооборот в таких городах, как: Трубчевск, Ливны, Елец, Мценск, Болхов, Карачев, Орел, выяснилось, что самое большое число рецептов, поступивших в аптеку за год было в г. Ельце, самое маленькое – в г. Ливны; максимальный товарооборот был в г. Карачеве, минимальный – в г. Болхове. [2]

**14.00.00 – МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**  
**14.00.00 – MEDICAL SCIENCES**

*Таблица 1.*

Сведения и списки служащих аптек по г. Орлу

Кому принадлежит кто управляет	Именной список служащих	Вероисповедание	Национальность
г. Орёл ул. Болховская в доме Рота			
Принадлежит провизору Тауберу Мозесу Самойловичу Управляет провизор М.С. Таубер	1. Провизор Голубев Илья Самойлович 2. Апт. пом. Силаев Константин Артемьевич 3. Апт. пом. Гецов Яков Бейнусович 4. Апт. уч. Азбукин Николай Матвеевич	1. Иудейское 2. Православное 3. Иудейское 4. Православное	1. Еврей 2. Русский 3. Еврей 4. Русский
г. Орёл			
Принадлежит провизору Кехерт Александру Оттомаровичу Арендатор Гильдебранд Генрих Эдуардович	1. Провизор Гильдебранд Генрих Эдуардович 2. Апт. пом. Н.Ф. Грушвицкий 3. Апт. пом. В.И. Лунин 4. Апт. уч. Ш. Сагал	1. Лютеранское 2. Православное 3. Православное 4. Еврейское	1. Немец 2. Русский 3. Русский 4. Еврей
г. Орёл ул. Болховская в доме Левакова			
Принадлежит провизору Доминику Иосифовичу Руцкому. Управляет пр. Доминик Иосифович Руцкий	1. Провизор Доминик Иосифович Руцкий 2. Пр. Ян Янович Залеский 3. Апт. пом. Рейнгольд Эмильевич Тейле 4. Апт. уч. Франц Адольфович Тавтович	1. Римско-католическое 2. Римско-католическое 3. Лютеранское 4. Римско-католическое	1. Поляк 2. Поляк 3. Прусский подданный 4. Литовец
г. Орёл ул. Новосильская			
Принадлежит провизору Исидору Израилевичу Израэльсонг. Управляет пр. Исидор Израилевич Израэльсонг.	1. Пр. Исидор Израилевич Израэльсонг 2. Апт. уч. Андрей Викторович Шеламов 3. Апт. пом. Бенедикт Бейносович Гецов	1. Иудейское 2. Православное 3. Иудейское	1. Еврей 2. Русский 3. Еврей

*Таблица 2.*

Сведения и списки служащих аптек по уездам Орловской губернии (в настоящее время Орловской области)

Кому принадлежит кто управляет	Именной список служащих	Вероисповедание	Национальность
Село Дросково Малоархангельского уезда			
Управляет апт. пом. Алексей Иванович Чижевский	Алексей Иванович Чижевский	Православное	Литовец
Уездный город Мценск			
Принадлежит пр. Адаму Викентьевичу Лийскому. Управляет пр. Адам Викентьевич Лийский.	провизор Адам Викентьевич Лийский		
г. Ливны Орловской губернии (Старо-Ливенская аптека)			
Принадлежит провизору Исидору Израилевичу Израэльсонг. Управляет пр. Исидор Израилевич Израэльсонг.	1. Пр. Исидор Израилевич Израэльсонг 2. Апт. уч. Андрей Викторович Шеламов 3. Апт. пом. Бенедикт Бейносович Гецов	1. Иудейское 2. Православное 3. Иудейское	1. Еврей 2. Русский 3. Еврей
г. Кромы			
Принадлежит Кромскому уездному земству. Арендатор пр. Густав Густавович Каллер.	Пр. Густав Густавович Каллер	Лютеранское	Немец
г. Болхов			
Принадлежит купцу 2 гильдии Петру Дмитриевичу Сабурову. Арендует и управляет пр. Виталий Гаврилович Кульчицкий	Пр. Виталий Гаврилович Кульчицкий	Римско-католическое	Поляк
Село Волово Ливенского уезда Орловской губернии			
Принадлежит фармацевту Василию Фёдоровичу Бекману. Управляет фармацевт Василий Фёдорович Бекман.	Пр. Густав Андреевич Каллер фармацевт Василий Фёдорович Бекман.	Лютеранское	Курляндец

Село Колпна Малоархангельского уезда Орловской губернии			
Принадлежит Мало-архангельскому земству. Управляет апт. пом. коллежский регистратор Леонид Львович Функе.	Леонид Львович Функе	Православное	Русский

Таблица 3.

Сведения и списки служащих аптек по уездам Орловской губернии (в настоящее время не принадлежащие Орловской области)

Кому принадлежит кто управляет	Именной список служащих	Вероисповедание	Национальность
г. Елец Орловской губернии			
Принадлежит пр. Генриху Ивановичу Гинальскому. Управляет пр. Генрих Иванович Гинальский.	1. Пр. Генрих Иванович Гинальский 2. Пр. Адам-Дементий Станиславович Воротынский 3. Апт. пом. Антон Леонович Старушкович 4. Апт. пом. Иван Матвеевич Паулюс 5. Апт. уч. Павел Францевич Туминас	1. Римско-католическое 2. Римско-католическое 3. Римско-католическое 4. Римско-католическое 5. Римско-католическое	1. Поляк 2. Литовец 3. Литовец 4. Литовец 5. Литовец
Село Черновск Елецкого уезда Орловской губернии			
Управляет апт. пом. Иван Карлович Егерман	Апт. пом. Иван Карлович Егерман	Лютеранское	
Село Жирятино Трубчевского уезда Орловской губернии			
Принадлежит пр. Льву Крамеру. Управляет Лев Крамер.	Пр. Лев Крамер	Иудейское	Еврей
г. Карачёв			
Принадлежит пр. Юлию Фёдоровичу Гау. Управляет Юлий Фёдорович Гау.	1. Апт. пом. Иосиф Варфоломеевич Линкевич 2. Апт. уч. Владимир Павлович Глик	1. Римско-католическое 2. Православное	1. Литовец 2. Русский

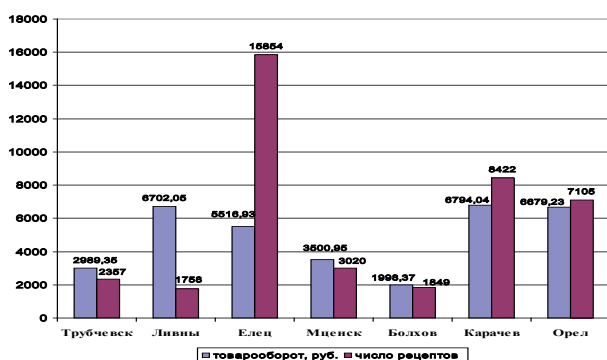


Рис. 1. Товарооборот аптек Орловской губернии в конце 19 века.

Получив разрешение открыть аптеку, предприниматель должен был реализовать свое право в течение года, а затем он его терял. Перед открытием аптека подвергалась осмотру инспектором врачебной управы с целью выяснения, снабжена ли она достаточным количеством и ассортиментом медикаментов и оборудованием, необходимым для бесперебойного функционирования.

В результате изученных нами источников литературы мы выяснили, что первые аптеки в России должны были обязательно иметь:

- набор лекарственных средств, обозначенных в таксе, и, кроме того, часто выписываемые местными

врачами лекарственные средства, не вошедшие в таксу, а также гомеопатические лекарственные средства;

- посуду для хранения и отпуска лекарств;

- весы, инструменты, аппараты и приборы, необходимые для проведения технологических операций по изготовлению лекарств;

- Аптекарский Устав, аптекарскую таксу последнего издания, Российскую, Российско-Военную и Берлинскую фармакопеи, наиболее известные труды по фармации и химии;

- прошнурованные и опечатанные книги, в которых записывались: ежедневный отпуск лекарств по рецептам, ручная продажа (т.е. продажа по требованию покупателей без рецепта врача лекарственных средств, не обозначенных в аптекарской таксе знаком «+»), отпуск ядовитых лекарственных средств;

- гербарий дикорастущих отечественных лекарственных растений и медицинский список, или список врачей, которым разрешена врачебная практика.

Согласно Аптекарскому уставу 1836 г., изготовление лекарств в аптеке вменялось в обязанность владельцу аптеки или управляющему. В случае их отсутствия лекарства готовил помощник провизора. Аптека функционировала круглые сутки, поэтому ночью в ней всегда должен был находиться дежурный фармацевт.



Лекарства отпускались по рецептам врачей, копиям рецептов, сигнатурам и устным и письменным требованиям частных лиц (так называемая ручная продажа ограниченного ассортимента лекарств). Выполнение требований на лекарства производилось в порядке поступления последних в аптеку. Поступающие в аптеку рецепты оставлялись в ней на хранение в течение 3 лет.

Кроме того, содержание каждого рецепта вносилось в соответствующую рецептурную книгу с указанием числа, месяца, года и номера рецепта, имени больного и врача, прописанных лекарственных средств, способа употребления и суммы, полученной аптекой за лекарство. При обнаружении в рецепте неясностей, несовместимых сочетаний ингредиентов или слишком больших доз сильнодействующих или ядовитых лекарственных средств управляющий аптекой должен был связаться с врачом и выяснить возникшие недоразумения. Лекарство по такому рецепту изготавливалось только при получении письменного подтверждения врача. К таре прикреплялась сигнатура, на которой обозначались: название аптеки, номер рецепта, фамилия и имя больного, состав и способ применения лекарства, фамилия врача, выписавшего рецепт, таксировка ле-

карства, час поступления рецепта в аптеку и час его отпуска.

Согласно Аптекарскому Уставу 1836 г., без рецептов в порядке ручной продажи разрешалось отпускать только простые лекарственные средства, не относящиеся к группе ядовитых или сильнодействующих (не отмеченных в аптекарском приказе знаком «+»). Из сложных лекарственных средств разрешалось отпускать только те, которые получили одобрение Медицинского Совета. Безрецептурный отпуск лекарств также фиксировался в особой книге [4].

Таким образом, в результате изученных литературных источников и собственных исследований нами выяснено, что в России первые аптеки появились в 16 веке. В аптеках были регламентированы и строго соблюдались требования по открытию аптек, по образованию персонала, изготовлению, оформлению, отпуску лекарств.

В Орловской губернии в конце 19 века действовало 11 аптек, из них 4 в г. Орле. В аптеках работало в основном 1-3 человека (провизор, фармацевт, аптекарский помощник). Работники были в основном иностранного происхождения и разного вероисповедания.

#### Библиографический список

1. Волкова Ю.В. В поисках эликсира жизни. Катрен Стиль 2008. С. 9-11.
2. Государственный архив Орловской области. (ГАОО) периодов 1896-1898 г.г.
3. Карташов В.С. Нестор русской фармации. Фармацевтический вестник 2002; 40 (279).
4. Мирский М.Б. Медицина России XVI – XIX вв. М.: РОССПЭН, 1996.

#### References

1. Volkov Yu. In Search of the Elixir of Life. Quatrain Style 2008. Pp. 9-11.
  2. Orel Region State Archives. (ORSA) of years 1896-1898.
  3. Kartashov V.S. Nestor of Russian pharmacy. Pharmaceutical Bulletin 2002; 40 (279).
  4. Mirsky M.V. Medicine of Russia in XVI - XIX centuries. M.: ROSSPEN, 1996.
-

УДК 616-022.7

UDC 616-022.7

**Е.Н. ЧЕРКАСОВА**

аспирант, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
Email: 4erkasovva-jine@mail.ru

**Т.А. КУЗНЕЦОВА**

доктор медицинских наук, профессор, кафедра внутренних болезней, Орловский государственный университет  
E-mail: vradi@inbox.ru

**E.N. CHERKASOVA**

Graduate student, Department of Internal Diseases, Orel State University  
E-mail: 4erkasovva-jine@mail.ru

**T. A. KUZNETSOVA**

Doctor of Medicine, Professor, Department of Internal Diseases, Orel State University  
E-mail: vradi@inbox.ru

## КЛИНИЧЕСКОЕ ПРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕЙ С ОСТРЫМ ТОНЗИЛЛИТОМ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

### CLINICAL PROSPECTIVE STUDY OF CHILDREN SUFFERING FROM ACUTE TONSILLITIS ON AN OUTPATIENT BASIS

*В двухгодичном проспективном исследовании с помощью Streptatest выявлено 13 случаев острого тонзиллита, вызванного β-гемолитическим стрептококком группы А, и 127 случаев острого тонзиллита вирусной этиологии у детей, проживающих в условиях одного педиатрического участка. Потребность в антибиотиках ограничилась случаями БГСА-тонзиллита и сопутствующими острым тонзиллиту отита (13,6%). Последующее катamnестическое наблюдение за детьми, перенесшими острый тонзиллит, не выявило инфекционных и иммуноопосредованных осложнений.*

*Ключевые слова:* дети, острый тонзиллит, β-гемолитический стрептококк группы А, Streptatest, антибиотики.

*During the two-year concurrent study with the help of Streptatest there were 13 cases of acute tonsillitis caused by group A β-hemolytic streptococcus and 127 cases of acute tonsillitis of viral etiology discovered among the children living in the conditions of one district covered by child health care. That is, the need for antibiotics was limited by the cases of acute tonsillitis caused by group A β-hemolytic streptococcus and otitis concomitant with acute tonsillitis (13,6%). Further observational follow-up of the children who had suffered from acute tonsillitis, showed no infectious and immune-mediated complications.*

*Keywords:* children, acute tonsillitis, group A β-hemolytic streptococcus, Streptatest, antibiotics.

Острый тонзиллит (ОТ), являясь одним из наиболее частых причин обращения к педиатру, занимает лидирующее место по необоснованному назначению антибактериальных (АБ) средств [6]. Этиология ОТ разнообразна, возбудителями могут быть как вирусы, так и бактерии [1,5]. Согласно алгоритму лечения ОТ, рекомендованному Союзом педиатров России в 2012 г., АБ-лечению подлежат только случаи ОТ, обусловленные β-гемолитическим стрептококком группы А (БГСА), который может индуцировать тяжелые инфекционные и иммуноопосредованные осложнения [2,4].

Выявлять пациентов с БГСА-тонзиллитом позволяют современные методы анализа, не требующие особых лабораторных условий и высокой аналитической квалификации персонала и получившие общее название «анализ по месту лечения» (от английского словосочетания *point of care testing*). Для диагностики БГСА-тонзиллита предложен высокоспецифичный – 0,87 [95% доверительный интервал, 0,84-0,89] и чувствительный – 0,96 [95% доверительный интервал, 0,95-0,97] Streptatest, основанный на иммунохроматографическом исследовании специфического антигена стрептококка группы А в материале, полученном со слизистой рото- и носоглотки, позволяющий оценить результат у постели больного в течение 5-10 минут и обоснованно назначить АБ лечение [2,3].

**Целью нашего исследования** явилось клиническое проспективное исследование детей с острым тонзиллитом вирусной и БГСА-этиологии.

### Пациенты и методы

В условиях педиатрического участка в течение двух лет проводилось клинико-лабораторное исследование детей с ОТ. За первый год наблюдения выявлено 79 случаев ОТ у детей, проживающих на педиатрическом участке численностью 935 детей в возрасте от 0 до 18 лет; за второй год – 61 случай ОТ при численности детского населения 820 детей от 0 до 18 лет. При этом диагноз «острый тонзиллит» устанавливался при наличии гиперемии задней стенки глотки с вовлечением в воспалительный процесс небных миндалин в виде гиперемии/наложений.

Всем пациентам с признаками ОТ проведено клиническое обследование; общие анализы крови, мочи; мазок из зева на *Corynebacterium diphtheriae*; в случае рецидива ОТ в течение года проводилось культуральное исследование; при подозрении на инфекционный мононуклеоз проводилась ПЦР-диагностика для выявления ДНК вируса Эпштейна-Барр (PCR real time).

Всем детям с ОТ, помимо общеклинического обследования, проводился Streptatest для выделения группы детей с БГСА-тонзиллитом, нуждающихся в АБ-терапии. Для исключения сопутствующего ОТ отита, требующего назначения АБ, всем детям проводилась отоскопия.

В зависимости от характера сопутствующей патологии назначались консультации врачей-специалистов: кардиолога, оториноларинголога, хирурга и др.

### Результаты

За первый год исследования в 7 случаях (8,8%), за второй год – в 6 случаях (9,8%) у детей в возрасте от 3 до 18 лет положительный Streptatest свидетельствовал о БГСА-этиологии ОТ, в том числе – 3 случая скарлатины у детей старше 6 лет. На основании клинико-лабораторных данных и отрицательного Streptatest вирусная этиология ОТ была установлена в 72 (91,1%) случаях за первый год исследования и в 55 (90,2%) – за второй, в том числе за два года у 6 детей (4-7 лет) был диагностирован инфекционный мононуклеоз (положительный ПЦР к ДНК вируса Эпштейна-Барр) (табл. 1).

В качестве эрадикационной терапии БГСА; в этих случаях назначался 10-дневный курс амоксициллина 50мг/кг/сут, за исключением одного случая, когда из-за непереносимости этого АБ больному был назначен цефалексин 10мг/кг/сут. Помимо АБ, пациенты получали оральную гидратацию в виде соков, морсов, компотов, а также антипиретик при  $T \geq 39^\circ\text{C}$  (преимущественно парацетамол).

Помимо ОТ БГСА-этиологии при отрицательном Streptatest дети получали антибиотики в следующих случаях: сопутствующего ОТ среднего отита (5 детей); в раннем восстановительном периоде после оперативной коррекции тетрады Фалло (один ребенок); госпитализации по инициативе родителей (3 детей); в 8 случаях – самостоятельно, вопреки нашим рекомендациям. Остальным 110 (86,6%) детям с ОТ антибиотики не назначались; использовался интерферон интрана-

зально, парацетамол при температуре выше  $39^\circ\text{C}$ ; детям раннего возраста проводилась оральная регидратация глюкозо-солевыми растворами молярностью до 60 ммоль/л (двукратное разведение Регидрона).

На следующем этапе в течение последующих одного-двух лет проведено катamnестическое наблюдение за детьми, перенесшими как вирусный, так и БГСА-тонзиллит. Нас интересовали возможные отдаленные осложнения и рецидивы БГСА-инфекции, повторные эпизоды заболевания у детей, перенесших ОТ (табл. 2).

Кроме случаев острого отита, бактериальных инфекций (БГСА-тонзиллита, пневмонии, эпиглоттита и др.) в течение двух последующих лет наблюдения не зарегистрировано. У детей, перенесших ОТ БГСА-этиологии, в катamnезе рецидивов заболевания, осложнений стрептококковой инфекции не выявлено. Среднее число эпизодов заболеваний на одного ребенка, перенесшего в анамнезе ОТ БГСА-этиологии, составило 0,5, вирусный тонзиллит – 1,5. То есть, пациенты, перенесшие ОТ вирусной этиологии, болели в 3 раза чаще детей, перенесших БГСА-тонзиллит, что возможно объяснить возрастным пиком заболеваемости 1-3-летних.

В одном случае у ребенка, перенесшего ОТ вирусной этиологии, через 11 месяцев отмечен новый эпизод ОТ, при этом результат Streptatest, мазок из зева на *Corynebacterium diphtheriae* оказались отрицательными; при культуральном исследовании выявлен умеренный рост *Staphylococcus epidermidis*. Данный пациент получил только симптоматическую терапию с выздоровлением.

Таблица 1.

Частота симптомов острого тонзиллита разной этиологии, n=140

Признаки	БГСА, n=13		Вирусные			
			Инфекционный мононуклеоз, n=6		Недифференцированные, n=121	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
$T > 39,0^\circ\text{C}$	13	100	6	100	87	71,9
Наложения на миндалины	13	100	6	100	118	97,5
Лимфаденопатия	8	61,5	5	83,3	21	17,6
Ринит, конъюнктивит	1	7,7	4	66,7	114	94,2
Афтозный стоматит	-	-	-	-	6	4,9
Экзантема	3	23	1	16,7	-	-
Гепато-спленомегалия	-	-	5	83,3	-	-
Отказ от еды	10	76,9	3	50	20	16,5
Лейкоцитоз $>15 \cdot 10^9/\text{л}$	12	92,3	5	83,3	23	19

Таблица 2.

Заболевания в катamnезе у детей, перенесших острый тонзиллит

Заболевания в катamnезе	Вирусный тонзиллит	Ринит	Ларингит	Трахеит	Бронхит	Ветряная оспа	Отит	Афтозный стоматит	Среднее число эпизодов заболеваний на 1 ребенка
Этиология острого тонзиллита в анамнезе									
БГСА, n=13	-	4	-	1	1	-	-	-	0,5
Вирусные, n=127	1	148	5	3	12	9	9	2	1,5

### Заключение

Проспективное наблюдение за детьми, перенесшими острый тонзиллит с обоснованным назначением антибиотиков, показало эффективность эрадикационной терапии БГСА-инфекции (отсутствие бактериальных и иммуноопосредованных осложнений) и гладкое течение вирусного острого тонзиллита без назначения антибиотиков.

Использование Streptatest в амбулаторных условиях позволило ограничить использование антибиотиков при остром тонзиллите до 13,6% случаев (БГСА-тонзиллит, n=13; сопутствующий острый средний отит, n=5), снизить риск побочных реакций, предотвратить рост антибиотикорезистентности и снизить стоимость лечения.

### Библиографический список

1. Захарова И.Н., Горяйнова А.Н., Коройд Н.В., Торшхоева Л.Б., Лагадзе И.Б. Терапия острых респираторных инфекций у детей. Что нового. Педиатрическая фармакология. 2014; № 11. С. 31-36.
2. «Клинические рекомендации по диагностике и лечению острых респираторных заболеваний; лечению пневмонии у детей». Под ред. А.А. Баранова, Москва, 2012.
3. Козлов С.Н. с соав. Фармакотерапия острого тонзиллофарингита в амбулаторной практике: результаты многоцентрового фармакоэпидемиологического исследования. Терапевтический архив. 2004. №5. С. 45-51.
4. Кривопустов С.П. Острый тонзиллофарингит у детей: вопросы дифференциальной диагностики и лечения. Здоровье ребенка. 2010. №1.
5. Покровский В.И., Брико И.И., Ряпис Л.А. Стрептококки и стрептококкозы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006.
6. Таточенко В.К., Катосова Л.К. Антибиотики при бактериальных ОРЗ у детей. Антибиотики и химиотерапия. 1999. №9. С.13-18.

### References

1. Zaharova I.N., Gorjajnova A.N., Koroid N.V., Torshhoeva L.B., Lagadze I.B. Treatment of acute respiratory infections in children. What's new. Pediatric pharmacology. 2014. 11. Pp. 31-36.
  2. «Clinical guidelines for diagnosis and treatment of acute respiratory diseases; treatment of pneumonia in children. "Ed. A.A. Baranova, Moscow, 2012.
  3. Kozlov S.N. Pharmacotherapy tonsillopharyngitis acute in outpatients: results of a multicenter pharmacoepidemiological study. Therapeutic Archives. 2004. №5. Pp. 45-51.
  4. Krivopustov S.P. Acute tonsillopharyngitis in children: differential diagnosis and treatment. Child health. 2010. №1.
  5. Pokrovskij V.I., Briko I.I., Rjapis L.A. Streptococci and streptococcosis. M.: GJeOTAR-Media, 2006.
  6. Tatchenko V.K., Katosova L.K. Antibiotics for bacterial acute respiratory infections in children. Antibiotics and chemotherapy. 1999. № 9. Pp.13-18.
- 
-



УДК 614.25: 614.27: 615.12

UDC 614.25: 614.27: 615.12

**Г.И. ШВЕЦ**

кандидат фармацевтических наук, доцент, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет

**Е.И. ЮШКОВА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет  
E-mail: elen\_yushkova@mail.ru

**М.В. ТОЛКАЧЕВА**

студент, медицинский институт, Орловский государственный университет

**G.I. SHVETS**

Candidate of Pharmacy, Associate Professor, Department of general chemistry, biochemistry, pharmaceutical chemistry and pharmacognosy, Orel State University

**E.I. YUSHKOVA**

Doctor of Biology, Professor, Department of general chemistry, biochemistry, pharmaceutical chemistry and pharmacognosy, Orel State University  
E-mail: elen\_yushkova@mail.ru

**M.V. TOLKACHEVA**

Student, medical institute, Orel State University

## ФАРМАКОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

### PHARMACOECONOMIC STUDIES IN OPTIMIZING THE SUPPLY OF DRUGS

*Проведено исследование по оценке в денежном эквиваленте физических и психо-эмоциональных затрат, связанных с назначением и выпиской лекарственных препаратов врачам, и продажей выписанных препаратов аптекой.*

*Ключевые слова:* фармакоэкономика, аптека, лечебно-профилактическое учреждение, рецептурный отпуск, рецепт, провизор пациент, врач.

*The survey has been carried out to estimate (in monetary terms) of physical and psycho-emotional costs associated with prescriptions and writing out of drugs by a physician, purchasing drugs by a patient and marketing of prescribed medications by a chemist's.*

*Keywords:* pharmacoeconomics, pharmacy, health care facility, prescription, prescription, the pharmacist, the patient, the doctor.

Система здравоохранения – это комплекс мероприятий, направленных на сохранение здоровья граждан. Естественно, это касается и физического и психического здоровья человека, значит, все возможные издержки (материальные и нематериальные), связанные с обследованием, профилактикой, лечением или реабилитационными мероприятиями, касаются каждого человека как пациента.

Основным участником системы здравоохранения является ЛПУ в лице врача, и здесь имеются естественные противоречия физического и эмоционального порядка. Врач ограничен определёнными временными и должностными рамками в своей работе (но можно ли усреднить, унифицировать его работу?), а ведь все действия, выполняемые специалистом, требуют времени и знаний (правильно и грамотно оформить рецептурный бланк, зафиксировать назначение в первичных медицинских документах) – это работа, это нагрузка, это знания и опыт, и они должны иметь финансовый эквивалент.

Аптека является связующим звеном между врачом и пациентом. Огромна роль и ответственность аптеки, но очень много противоречий в ее работе связано с тем, что необходимо уважать и выполнять назначения врача, и в то же время оказать всемерную помощь пациенту. Есть пациент со своими проблемами, которые необходимо решать. Аптека вынуждена или нарушать установленные правила (грубо – отпуская без рецепта рецептурные лекарственные препараты, или завуалировано – отпуская по предъявлению пациентом «оправдательного» документа, например, листка бумаги с

названием препарата, скреплённые печатью и подписью врача), получая прибыль, или отказать в реализации рецептурного препарата без предъявления рецепта, тем самым не только теряя денежные средства данного пациента, но и неся эмоциональные потери.

Сложившаяся ситуация возникла не сегодня, такое положение дел существует уже много лет и не только в России. Харьковский фармацевтический журнал «Провизор» (Украина) неоднократно публиковал информацию о положении дел с отпуском рецептурных препаратов, с 2000 года авторы публикаций проводят исследования и предлагают конкретные меры, направленные на решение проблемы. По данным авторов исследования, 60% врачей пишут назначения на простом листе бумаги, 35% – выписывают рецепт, а 5% сообщают название устно. Необходимо отметить, что в последние годы в Российской Федерации ситуация находится в поле зрения законодательных и исполнительных структур. В Федеральном законе Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан Российской Федерации», в главе 9 «Медицинские работники и фармацевтические работники, медицинские организации», статье 73 «Обязанности медицинских работников и фармацевтических работников», пункт 2.4. медицинские работники обязаны: назначать лекарственные препараты и выписывать их на рецептурных бланках (за исключением лекарственных препаратов, отпускаемых без рецепта на лекарственный препарат) в порядке, установленном уполномоченным федеральным органом исполнительной власти [4]; эти же указания фигурируют в приказах

Министерства здравоохранения Российской Федерации № 110 от 12 февраля 2007 г. «О порядке назначения и выписывания лекарственных препаратов, изделий медицинского назначения и специализированных продуктов лечебного питания» и № 1175н от 20 декабря 2012 г. «Об утверждении порядка назначения и выписывании лекарственных препаратов, а также форм рецептурных бланков на лекарственные препараты, порядка оформления указанных бланков и их учёта и хранения». Контролирующие организации постоянно проводят мероприятия по выявлению фактов отпуска рецептурных лекарственных препаратов без рецепта врача в аптеках, но проблема не решена, мало того, она не имеет тенденции к изменению.

Нами ведётся фармакоэкономическое исследование «Сводные фармакоэкономические исследования врачебных назначений и отпуска из аптек лекарственных препаратов рецептурной группы в Орловской и Тульской областях», в котором мы стремимся привести к единому эквиваленту все указанные врачом, пациентом и работником аптеки физические и эмоциональные затраты, связанные с назначением, реализацией и приобретением рецептурного лекарственного препарата, назначенного лечащим врачом, но не выписавшего рецепт на этот препарат.

Исследование проводится путём анкетирования врачей ЛПУ, пациентов и работников аптек («первостольников»).

По данным «Анкеты врача», в 77% обращений врачом проводится выписка рецептов, а в 23% – препараты не выписывались. Причины, по которым врачи не выписывают рецепты, представлены на рисунке 1.

В ходе исследования назначений и потребления лекарственных препаратов получены данные по оценке физической и психо-эмоциональной нагрузки врачей различных лечебно-профилактических учреждений по выписке одного рецепта. В денежном эквиваленте эта величина составила 256 рублей 38 копеек.

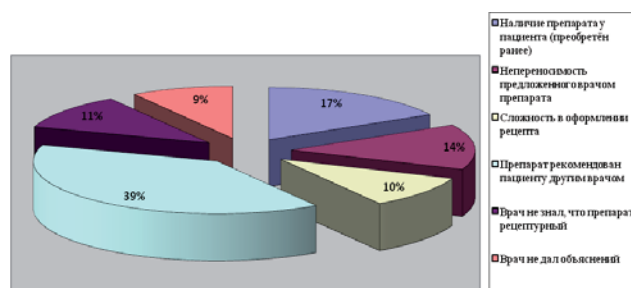


Рис. 1. Причины невыписывания рецептов.

Эмоциональные и физические затраты (в денежном эквиваленте), связанные с получением (или неполучением) необходимого рецептурного препарата назначенного врачом без выписки на него рецепта, составили 437 рублей 50 копеек.

Исследования, связанные с работой «первостольника», также учитывали психо-эмоциональную составляющую нагрузки специалиста (косвенные издержки) и прямые потери (неполученная выгода) аптекой из-за отказа пациенту в отпуске необходимого ему рецеп-

турного препарата без рецепта врача. В среднем аптека недополучает 59 рублей 30 копеек в час работы одного «первостольника», что составит в смену (при восьмичасовом рабочем дне) 474 рубля 40 копеек на одного специалиста.

Наши исследования ещё продолжаются, планируется проведение сравнительного анализа по нескольким городам Орловской и Тульской областей. Однако уже сейчас, по полученным результатам исследований, можно внести следующие предложения:

- обязательно указывать в амбулаторной карте пациента все рекомендации лечащего врача и рекомендации врачей-специалистов, перечислять конкретные лекарственные препараты, там же фиксировать номер рецепта при его оформлении;
- проводить мониторинг выполнения предложенного требования в ЛПУ (анализировать количество полученных врачом рецептурных бланков и выписанных им рецептов пациентам, проверять внесение соответствующих записей о выписке рецепта в амбулаторной карте;
- проводить регулярные проверки объема движения лекарственных препаратов рецептурной группы по аптекам региона и сопоставлять их с количеством выписываемых врачами рецептов (например, по количеству востребованных рецептурных бланков в ЛПУ);
- следить за соблюдением правил реализации из аптеки рецептурных препаратов;
- разработать порядок материального стимулирования медицинских работников из различных источников финансирования.

Еще одно предложение связано с оптимизацией всей системы лекарственного обеспечения населения. Независимо от региона проживания каждый гражданин Российской Федерации получает социальную карту (этот вопрос сейчас широко обсуждается). В сфере лекарственного обеспечения социальная карта будет выполнять роль бонусной карты (бонусные или дисконтные карты распространены во многих торговых организациях, в том числе и ряде аптек), давая возможность покупки рецептурного препарата в аптеке со скидкой, установленной в данной аптеке. Непременное условие приобретения рецептурного препарата со скидкой по социальной карте – наличие стандартного рецепта на лекарственный препарат, т.е. назначение этого препарата врачом и выписка им (врачом) рецепта. Таким образом, решается вопрос реализации рецептурного препарата по рецепту врача для аптечной организации, решается вопрос приобретения необходимого рецептурного лекарственного препарата пациентом, к тому же со скидкой его стоимости.

Вопрос дополнительного финансирования работы врача по оформлению рецепта также необходимо решать, труд специалиста должен быть справедливо оценен. Вступил в силу приказ департамента здравоохранения Орловской области от 6 марта 2015 года № 58 «Об утверждении распределения медицинских организаций, участвующих в реализации Территориальной программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи, по уров-

ням оказания медицинской помощи», в приложении 12 «Тарифы для оплаты медицинской помощи, оказанной в амбулаторных условиях», где дается тарификация труда врача, связанного с приёмом пациента. Труд врача оценен от 200 рублей 40 копеек (первый уровень – приём, осмотр врача-офтальмолога) до 679 рублей 79 копеек (третий уровень – прием врача-детского эндокринолога) [1]. Общая тарификация не даёт стоимостной оценки труда врача в зависимости от количества выписанных рецептов. Следует разработать четкие параметры оплаты за выписку рецепта, а вопрос оплаты этого вида деятельности может быть решен по различным направлениям:

- оплата ОМС (при условии оформления в амбулаторной карте всех параметров, характеризующих выписку рецепта пациенту);
- самим пациентом, как дополнительная услуга (тем более, что, по данным анкетирования, «готовность платить» сопоставима с психо-эмоциональными издержками пациента и составила 437 рублей 50 копеек);
- оплачивать аптеками, в которых приобретены рецептурные препараты по социальным картам. Это позволит аптеке дополнительно получать, примерно 474 рубля 40 копеек на одного специалиста в смену.

В заключение необходимо напомнить медицинским работникам, прежде всего лечащим врачам, об ответственности за невыполнение своих обязанностей,

в соответствии с приказом МЗСР РФ от 12 февраля 2007 г. № 110 «О порядке назначения и выписывания лекарственных препаратов, изделий медицинского назначения и специализированных продуктов лечебного питания (в ред. Приказа №13н от 20.01.2011 г.), где в приложении 12 «Инструкция о порядке назначения лекарственных препаратов», пункт 1.6. сказано: «Назначение лекарственных препаратов (наименование препаратов, разовая доза, способ и кратность приема или введения, ориентировочная длительность курса, обоснование назначения лекарственных препаратов) фиксируется в медицинских документах больного (истории болезни, амбулаторной карте, листе записи консультационного осмотра и пр.) [2]. Данное требование имеется и в приказе № 1175н от 20 декабря 2012 г. «Об утверждении порядка назначения и выписывании лекарственных препаратов, а также форм рецептурных бланков», где указано: «Факт выдачи рецепта на лекарственный препарат законному представителю фиксируется записью в медицинской карте пациента» [3]. Это значит, что врач не только должен выписать рецепт, но и продублировать назначение в амбулаторной карте. Не выписав рецепт на назначенный рецептурный препарат, врач тем самым не выполняет в полном объеме комплекс мероприятий по оказанию пациенту медицинской помощи.

#### Библиографический список

1. Приказ департамента здравоохранения Орловской области от 6 марта 2015 года № 58 «Об утверждении распределения медицинских организаций, участвующих в реализации Территориальной программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи, по уровням оказания медицинской помощи».
2. Приказ Минздравсоцразвития Российской Федерации от 12 февраля 2007 г. № 110 «О порядке назначения и выписывания лекарственных препаратов, изделий медицинского назначения и специализированных продуктов лечебного питания (в ред. Приказа №13н от 20.01.2011 г.)».
3. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 декабря 2012 г. № 1175н «Об утверждении порядка назначения и выписывании лекарственных препаратов, а также форм рецептурных бланков».
4. Федеральный закон Российской Федерации от 21 ноября 2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

#### References

1. Decree of Orel region Health Department of March 6, 2015 № 58 “On approving the distribution of health care organizations participating in the regional program of state guarantees of health care free provision to citizens by levels of medical care.”
2. Decree of the Russian Federation Ministry of Health and Social Development of February 12, 2007 № 110 “On the procedure of appointment and prescribing drugs, medical devices and specialty health food (as amended by Decree №13n of 20.01.2011).”
3. Decree of the Russian Federation Ministry of Health of December 20, 2012 № 1175n “On approving the procedure of appointment and prescribing medications, as well as forms of prescription cards.”
4. Federal Law of the Russian Federation of November 21, 2011 № 323-FL “On the foundations of public health protection in the Russian Federation.”

УДК 577.121:616-006.4

UDC 577.121:616-006.4

**М.А. ЯРОВАТАЯ**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет

**А.А. ТАКАНАЕВ**

доктор биологических наук, профессор, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет

**Е.И. ЮШКОВА**

доктор биологических наук, профессор, кафедра общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, Орловский государственный университет  
E-mail: kin1@orel.ru

**M.A. YAROVATAYA**

Doctor of biological sciences, Associate Professor, Department of General, Biological, Farmaceutical Chemistry and Farmacognosy, Orel State University  
E-mail: maya0330@mail.ru

**A.A. TAKANAIEV**

Doctor of biological sciences, Professor, Department of General, Biological, Farmaceutical Chemistry and Farmacognosy, Orel State University

**E.I. YUSHKOVA**

Doctor of biological sciences, Professor, Department of General, Biological, Farmaceutical Chemistry and Farmacognosy, Orel State University  
E-mail: kin1@orel.ru

**МЕТАБОЛИЗМ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ N-НИТРОЗАМИНОВ**

**METABOLISM OF HETEROCICLIC N-NITROSAMINES**

*Алифатические и гетероциклические амины при определенных условиях способны трансформироваться в организме, вызывая канцерогенные, мутагенные и тератогенные эффекты. Исследована сравнительная корреляция между образованием алкилирующих агентов и канцерогенной активностью у алифатических N-нитрозоаминов и гетероциклических N-нитрозоаминов.*

*Ключевые слова:* промежуточные алкилирующие агенты,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – окисление N-нитрозаминов, тропность алкильных радикалов, биотрансформация, органотропность, канцерогенная активность.

*Aliphatic and heterocyclic amines under certain conditions can be transformed in the body causing carcinogenic, mutagenic and teratogenic effects. Investigated relative correlation between formation of alkylating agents and carcinogenic activity in aliphatic N-nitrosamines and heterocyclic N-nitrosamines.*

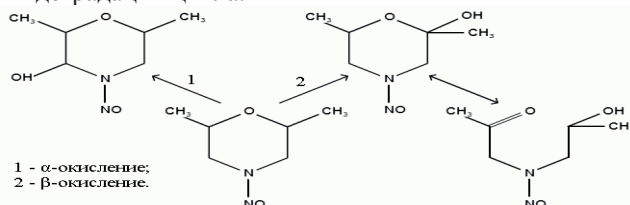
*Keywords:* intermediate alkylating agents,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – oxidation of N-nitrosamines, tropism of alkyl radicals, biotransformation, organotropism, carcinogenic activity.

Ранее [5] указывалось, что активация некоторых нитрозосоединений включает стадию  $\alpha$ -окисления. При этом от типа окисления зависит проявление органотропности у нитрозосоединений с более длинной цепью. Так, дибутилнитрозамин вызывает опухоли печени, пищевода, мочевого пузыря. Замена атома водорода на фтор у C-4 делает соединения неканцерогенным в отношении мочевого пузыря, но сохраняет канцерогенность в отношении печени и пищевода, а 4-гидроксидибутилнитрозамин канцерогенен только для мочевого пузыря. Видимо, при  $\alpha$ -окислении дибутилнитрозамина образуются метаболиты, тропные к печени, пищеводу, а при  $\omega$ -окислении тропные только к печени. Общеизвестным объектом исследования в изучении молекулы-мишени при действии нитрозосоединений является молекула ДНК. Например, диметилнитрозамин может активировать аденин по положениям N<sup>1</sup> и N<sup>2</sup>; гуанин – N<sup>3</sup>, N<sup>7</sup>, O<sup>6</sup>; цитидин – по N<sup>3</sup>; тимидин – по O<sup>2</sup>, алкилируются также фосфатные группы. В результате алкилирования O<sup>6</sup> гуанина могут происходить точечные мутации, приводящие к замене пар оснований. Скорее всего, именно алкилирование O<sup>6</sup> гуанина является фактором, определяющим канцерогенное действие нитрозаминов. В тканях, где после введения нитрозаминов образуется наибольшее количество O<sup>6</sup>-алкилгуанина, как правило, возникают опухоли, а быстрое удаление из ткани O<sup>6</sup>-алкилгуанина препятствует их развитию.

Алкильный радикал, образующийся при действии нитрозаминов, реагирует с нуклеофильными центрами клетки по механизму SN<sub>1</sub>. Другие прямодействующие канцерогены, такие как алкилсульфонаты, также алкилируют компоненты клетки, но по механизму SN<sub>2</sub>, и канцерогенность этих соединений ниже. Возможно, это объясняется тем, что в случае механизма SN<sub>2</sub> взаимодействие строго коррелирует со степенью нуклеофильности центров молекул. Так как в молекуле ДНК наиболее нуклеофилы N<sup>7</sup> гуанина, то он будет основным объектом алкилирования. В случае механизма SN<sub>1</sub> это правило выполняется не столь строго: помимо N<sup>7</sup> гуанина, ДНК алкилируется достаточно эффективно и по другим положениям. Если исходить из этого, становится понятно, почему, например, метилнитрозомочевина, алкилирующая ДНК по механизму SN<sub>1</sub>, более канцерогенна, чем метилметансульфонат, алкилирующий ДНК по механизму SN<sub>2</sub>, хотя суммарное включение этих двух веществ одинаково. Если для алифатических нитрозаминов достаточно отчетливо видна корреляция между способностью превращаться в промежуточные алкилирующие агенты и канцерогенной активностью, то гетероциклические N-нитрозамины не укладываются в эти рамки. Например, отсутствуют конкретные данные в пользу метаболического расщепления колец таких известных высокоактивных канцерогенов, как N-нитрозопиперидин, N-нитрозогексаметилен,

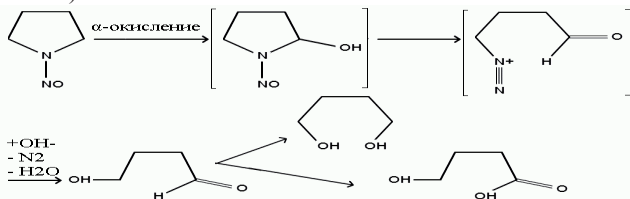


N-нитрозморфолин, а без разрыва циклических нитрозосоединений сомнительно образование диазоалканов и других алкилирующих (интермедиантов/аддуктов). В то же время, прямых доказательств невозможности метаболического разрыва кольца циклических N-нитрозаминов также не существует. Хотя в модельных системах и на гомогенатах печени обнаруживаются (при использовании 2,6-диметил-N-нитрозморфолина) как продукты  $\alpha$ - и  $\beta$ -гидроксилирования, так и продукты деградации цикла.



Гидроксилирование улерода, следующего за кислородом, ведет к образованию гемацетала, который находится в равновесии со своей открытой формой (канцерогенной). Таким образом, метаболическая активация N-нитрозаминов в некоторых случаях, помимо  $\alpha$ -гидроксилирования, включает в себя и  $\beta$ -гидроксилирование. Отсюда вытекает, что эта активация проканцерогена является следствием ксенобиотической детоксикации и элиминации, в процессе которых иногда образуются высокореактивные алкилирующие продукты. С этой точки зрения канцерогенная активность выглядит как отклонение от нормального метаболического пути [2].

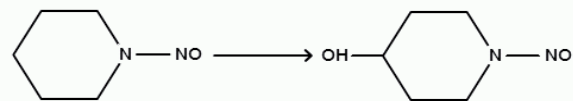
Аналогичную схему вероятной биотрансформации позволяет предположить спектр метаболитов в опытах *in vitro* другого гепатоканцерогена N-нитрозопирролидина (N-нитрозоциклотетраметил амина).



Предложенная модель метаболических путей не объясняет, однако, природу канцерогенной активности N-нитрозопирролидина, так как среди идентифицированных метаболитов нет соединений, которые бы

активно алкилировали нуклеиновые кислоты. В то же время, структура выделенных метаболитов не исключает существование промежуточных электрофильных диазониювых ионов, атакующих нуклеофильные центры в клетках-мишенях.

Похожая картина наблюдается в процессе микросомального окисления 2,6- $^{14}\text{C}_2$ -нитрозопиперидина. Но в этом случае был достоверно идентифицирован продукт – N-нитрозо-4-гидроксипиперидин.



Полученные результаты не исключают конкурентного окисления в  $\alpha$ -положении, но, как известно, N-нитрозо-2-гидроксипиперидин очень нестабилен. Так как N-нитрозо-4-гидроксипиперидин составляет только  $\approx 10\%$  от общего пула метаболитов, то нельзя с уверенностью утверждать, что именно продукты  $\gamma$ -окисления являются причиной канцерогенеза [3].

Приведенные данные показывают, что нитрозамины являются канцерогенами для широкого круга животных видов и разнообразных тканей. Наряду с токсичностью и канцерогенностью эти соединения проявляют также тератогенность и мутагенность и, как ни парадоксально, канцеролитичность. Для проявления биологических эффектов данный класс химических канцерогенов требует метаболической активации с последующим расщеплением до алкилирующих интермедиантов. Для алифатических нитрозаминов получена довольно удовлетворительная корреляция между способностью N-нитрозамина превращаться при распаде в диазоалкан и его канцерогенной активностью. Ситуация более сложна для высших алкильных и циклических N-нитрозаминов. Показано, что эти нитроамины не редуцируются до общих простых форм. Различие как в их реакциях, так и в возможной репарации повреждения могли бы объяснить специфику биологического действия этих агентов. В связи с этим, первоочередной задачей представляется изучение природы изменений, вызываемых N-нитрозаминами, химических и биологических последствий таких изменений и их связи и поздними биологическими эффектами в параллельных опытах на интактных животных и животных-опухоленосителях.

#### Библиографический список (References)

1. Takanaev A.A., Yushkova E.I., Yarovataya M.A. Some aspects of pharmacokinetics and metabolism of physiologically active amines and their compounds // Organization and regulation of physiological and biochemical processes: International collection of scientific reports. Issue B, VSU: 2011. Pp. 179-184.
2. Takanaev A.A., Yushkova E.I., Yarovataya M.A. Biological activity heterocyclic nitrosamines studies//Scientific notes of Orel State University. Vol. 3 – no. 59. 2014. Pp.129-130.
3. Takanaev A.A., Pavlovskaya N.E., Yushkova E.I., Yarovataya M.A., Lushnikov A.V. N-galoidalkilamines Biological activity studies// Scientific notes of Orel State University. Vol. 7 – no. 63. 2014. Pp. 223-265.
4. Takanaev A.A., Yushkova E.I., Yarovataya M.A. Biotransformation studies of nitrosamines-N and their derivatives// Scientific notes of Orel State University. Vol. 7 – no. 63. 2014, P.305.
5. Takanaev A.A., Khalilov M.A., Yushkova E.I., Yarovataya M.A. Some aspects of N-nitrosocompounds biotransformation //Scientific notes of Orel State University (under publication).
6. <http://www.oncolog.su/carcinogen/nitrate/>
7. <http://www.medfrance.ru/onco/nitrate/nitrozamines/>

УДК 551.4:556.537 (571.621)

UDC 551.4:556.537 (571.621)

**А.В. АНОШКИН**

кандидат географических наук, научный сотрудник, лаборатория региональной геоэкологии, Институт комплексного анализа региональных проблем, Российская академия наук (Дальневосточное отделение)  
E-mail: anoshkin\_andrey@rambler.ru

**A.V. ANOSHKIN**

Candidate of Geography, Researcher, Laboratory of regional geocology, Institute for complex analysis of regional problems, Russian Academy of Sciences, (Far Eastern branch)  
E-mail: anoshkin\_andrey@rambler.ru

## СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАЙОНАХ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕЛИОРАЦИИ

### MODERN ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE RIVER VALLEYS IN THE AREAS OF AGRICULTURAL DRAINAGE AMELIORATION

*В результате проведенных исследований показано, что развитие осушительных мелиоративных систем в бассейнах рек Среднеамурской низменности ведет к значительной трансформации пойменно-русловых комплексов. В зависимости от степени изменения гидрологических, морфологических и морфометрических показателей выделены четыре группы пойменно-русловых комплексов, характеризующиеся определенным экологическим состоянием.*

*Ключевые слова:* мелиорация, пойменно-русловый комплекс, экологическая напряженность, речная долина, Среднеамурская низменность.

*The studies show that the development of drainage amelioration on the Middle-Amur lowland leads to a significant transformation of the floodplain-channel complexes. Depending on the degree of change in the hydrological, morphological and morphometric parameters of four groups floodplain-channel complexes is characterized by a specific environmental conditions.*

*Keywords:* agricultural drainage amelioration, floodplain-channel complex, environmental stress, river valley, Middle-Amur lowland.

Хозяйственная деятельность в пределах речных долин весьма многообразна и оказывает значительное и разнообразное влияние на экологическое состояние данных природных систем. Преобразование долин рек в результате антропогенной деятельности проявляется либо непосредственно через изменение гидрологии, морфологии, морфометрии русла, поймы, водосборов, либо опосредованно через трансформацию природных условий, в которых развивается вся гидрографическая сеть. Отдельные виды хозяйственной деятельности по степени вмешательства оказывают одновременно как непосредственное, так и косвенное воздействие на процессы развития речных долин. Так, мелиоративные мероприятия, связанные с осушением земель для нужд сельского хозяйства, трансформируют как пойменно-русловые комплексы (ПРК), так и в значительной степени изменяют свойства и характеристики водосборных поверхностей, меняя тем самым природные условия в речной долине.

Широкомасштабная осушительная сельскохозяйственная мелиорация земель, начатая в 50-х годах XX века в пределах Среднеамурской низменности, в значительной степени определила современное экологическое состояние речных долин и, в частности, пойменно-русловых комплексов данной территории. Масштабы осушения водосборов составили от нескольких процентов от общей площади долин рек до практически полного их преобразования. На мелиоративных системах, где проводились исследования, построены 6013 км открытых каналов, из них магистральных – 1565 км, оградительных – 152 км, регулирующих осушителей – 4297 км, 1996 км закрытых дренажей, 856 ги-

дротехнических сооружений (трубчатые водовыпуски, шлюзы-регуляторы и др.), 1536 км подъездных и эксплуатационных дорог. Все построенные осушительные системы запроектированы так, что в водоприемник – это естественный водоток (ручей, речушка, река), реже естественные понижения в рельефе – обычно впадает магистральный канал, отводящий воду со всей площади, покрытой регулирующими осушителями.

Долины рек рассматриваемой территории слабо выражены в рельефе, водоразделы нечеткие, водосборные поверхности на больших площадях заболочены или представлены переувлажненными землями. Все структурные элементы долин имеют сглаженные формы, отмечаются обширные пониженные участки с застойным типом водного режима. Пойменно-русловые комплексы представлены тремя типами: ПРК прямолинейных русел предгорий, с галечно-песчаным аллювием, с преобладанием болотистой поймы; ПРК меандрирующих русел, с песчаным аллювием, развивающиеся в рыхлых слабосцементированных породах, преимущественно с сегментно-гривистой поймой; ПРК многорукавных, распластанных русел, с мелко- и среднезернистым песчаным аллювием, развивающиеся в рыхлых породах, с гривисто-островной поймой [1].

Развитие мелиоративных систем в бассейнах рек Среднеамурской низменности ведет к значительной трансформации пойменно-русловых комплексов. В зависимости от степени изменения последних нами выделены четыре группы пойменно-русловых комплексов, характеризующихся различным экологическим состоянием, – от естественного, без особой экологической напряженности, до кризисной экологической ситуации,

когда антропогенные изменения носят необратимый характер.

1. Пойменно-русовые комплексы рек, развивающиеся в *естественном состоянии*. Речные долины практически не подверглись осушительной сельскохозяйственной мелиорации. ПРК представлены разнообразными элементами флювиального рельефа, которые хорошо выражены и четко дифференцируются. Руслу рек развиваются по типу свободного, ограниченного или незавершенного меандрирования. В период летне-осенних паводков характерным является интенсивное размытие вогнутых берегов и разработка спрямляющих протоков. Меандры имеют небольшие размеры и обычно образуют серию следующих друг за другом искривлений русла. Протяженность крыльев излучин в среднем от 25-30 до 100-150 м, при среднем шаге меандров 50-80 м. Углы входа и выхода у данных излучин значительные и обычно больше 65-70°. На излучинах часто отмечается вторичное меандрирование, при котором в пределах одного меандра развивается несколько самостоятельных образований. Отмечено, что формирование четко дифференцируемых излучин на рассматриваемых водотоках начинается при достижении рекой ширины русла более 15 м.

Распределение глубин в руслах рек относительно равномерное, поперечный профиль симметричный, имеет ящикообразную форму. Перекаты выражены слабо, характеризуются неустойчивостью и значительно изменяются от сезона к сезону. На выпуклых берегах излучин формируются небольшие песчаные образования, которые периодически осушаются, сложены они несортированным мелко- и среднезернистым песком, часто с линзами ила или суглинистых частиц.

Берега невысокие, от 0,3 до 0,7 м, местами до 1,2 м, задернованы, сложены песчаными отложениями. Имеют четкую бровку, часто отмечается некоторое ступенчатое строение берегов, высота ступеней до 0,5 м. В местах песчаных пляжей и кос берега прямые, пологие, плавно переходящие в пойму.

В руслах рек отсутствует водная растительность, нет признаков заиления, сложены песчаными наносами с присутствием мелкого галечника (табл. 1).

Хорошо выделяется низкая пойма, которая осложнена большим количеством старичных озер, рус-

лами временных протоков и ложбин стока. Сложены поймы песчаными и песчано-галечными отложениями. Прилегающие лесные массивы преимущественно лиственные (дуб, береза, вяз, осина).

2. Пойменно-русовые комплексы с признаками *экологической напряженности*. Величина изменения бассейнов рек осушительными мелиоративными системами не превышает 20% от их площади. По своим характеристикам ПРК близки к водотокам первой группы, развивающимся в естественных природных условиях. На водотоках первого порядка (ручьи, регулирующие осушители, магистральные каналы) отмечаются процессы заиления периферийных зон русел и эвтрофикации, растительность начинает распределяться по живому сечению русел. По сравнению с реками первой группы падают скорости течения, при среднем показателе в 1-1,2 м/с для данной территории здесь они равны 0,6-0,8 м/с.

На более крупных водотоках (2-4-го порядка) подобные процессы наблюдаются в меньшей степени, связано это с большей водностью данных рек. В составе руслообразующих наносов происходит замена гравийных отложений песчаными, алевролитами и илы, помимо заполняющей фракции, образуют отдельные хорошо выраженные линзы вдоль берегов.

Для пойменных массивов характерны локальные изменения, связанные с их подтоплением и заболачиванием, особенно в местах впадения магистральных каналов в реки-водоприемники. Экологическая напряженность на поймах в данном случае не обладает свойством саморазвития.

3. Пойменно-русовые комплексы, характеризующиеся *значительной экологической напряженностью*. Мелиоративными системами изменено до 70% водосборных поверхностей речных долин. Значительно падают скорости течения на реках всех порядков, они не превышают 0,2 м/с. В верхних течениях рек и магистральных каналов поверхностный сток прекращается, проточность не наблюдается даже по косвенным признакам. Важно отметить, что наблюдения на данных реках, проведенные в разные фазы гидрологического режима: весеннее половодье, летняя межень, летне-осенние паводки – показывают, что даже при увеличении уровня воды в руслах рек соотношение скоростей

Таблица 1.

Характерный фракционный состав руслообразующих наносов рек Среднеамурской низменности

ПРК и долины рек, развивающиеся в естественных природных условиях				ПРК и долины рек, развивающиеся в условиях сельскохозяйственной осушительной мелиорации			
Характеристики руслообразующих наносов				Характеристики руслообразующих наносов			
Тип наносов	Средний диаметр, мм	Процентное содержание	Класс окатанности	Тип наносов	Средний диаметр, мм	Процентное содержание	Класс окатанности
Гравий	2-7 мм	5 %	IV, V	Песок			
Песок крупнозернистый	> 0,6	20 %	-	среднезернистый	0,6-0,3	15 %	-
Песок среднезернистый	0,6-0,3	30 %	-	Песок мелкозернистый	< 0,3	35 %	-
Песок мелкозернистый	< 0,3	45 %	-	Алеврит, илы		до 25 %	-
Алеврит, илы		заполнитель	-	Органика		до 25 %	-

течения остается практически неизменным.

Вода в руслах рек в естественных условиях характеризуется незначительной мутностью, реже слабо опалесцирует, в границах мелиоративных систем она приобретает ярко выраженный цвет: от светло-серого до зеленовато-желтого. В большинстве случаев окраску воде придают взвешенные органические остатки растительности, почвенные частицы [2].

Для данной группы пойменно-руслых комплексов температура воды выше на 4-5°C, чем средняя для рек рассматриваемой территории.

Значительно меняется характер руслообразующих наносов, преобладают супесчаные и илисто-глинистые отложения мощностью до 40 см, встречаются отдельные линзы мелкозернистого песка (табл. 1). Берега рек глинистые, топкие, особенно в местах впадения магистральных водоотводных каналов. Характерно интенсивное развитие растительности в руслах рек. В низовьях рек накапливается большое количество неразложившегося органического материала мощностью до 25 см.

Меняются морфологические и морфометрические характеристики пойменно-руслых комплексов. Продольный профиль русел приобретает симметричную дугообразную форму с основными глубинами по центру, элементы руслового рельефа практически не дифференцируются. В местах впадения притоков или магистральных каналов формируются протяженные отмели неправильной формы, интенсивно зарастающие луговой растительностью.

В пределах нижних и отчасти средних течений пойменно-руслые комплексы представляют собой плоское заболоченное или сильно переувлажненное днище долины реки с хорошо развитыми бортами. Граница с руслом реки нечеткая, преобладают песчаные, супесчаные отложения, перекрытые отмершей органикой и илом.

На водотоках данной группы резко замедляются или практически полностью прекращаются плановые деформации русел, которые характерны для водотоков

Среднеамурской низменности. В период летне-осенних паводков для излучин рек в естественных условиях характерны интенсивные размывы вогнутых берегов и спрямляющих протоков, для водотоков, в бассейнах которых развита осушительная мелиорация, отмечается общее подтопление береговых откосов при повышении уровней воды без видимых их разрушений (табл. 2).

Границы пойм нечеткие, пойменный рельеф сглаживается и слабо дифференцируется. Характерна деградация почвенного и растительного покрова в сторону его упрощения и замещения более неприхотливыми видами.

4. Пойменно-руслые комплексы, находящиеся в *кризисном экологическом состоянии*. К данной категории относятся ПРК речных долин, где доля мелиоративной сети от общей площади бассейна превышает 70-75%. Для таких рек характерно всё, что происходит на водотоках третьей группы. Усиливаются процессы заиливания водотоков, в ряде случаев русла рек перестали существовать как единая линейно вытянутая отрицательная форма рельефа. Пойменно-руслый комплекс заменяется системой небольших вытянутых водоемов, имеющих овалообразную форму, которые соединяются в единый поток только в периоды повышенной водности (летне-осенние паводки).

Идет полная эвтрофикация русел, накопление по всему живому сечению толщ илистых, а со временем, и илисто-органогенных осадков. Характерно значительное подтопление и заболачивание пойменных массивов. Полностью прекращается развитие русловых форм, идет интенсивное зарастание луговой растительностью и кустарниками прибрежных отмелей, кос, осередков, островов.

Таким образом, развитие осушительной мелиорации в бассейнах рек Среднеамурской низменности ведет к значительной трансформации пойменно-руслых комплексов в сторону их деградации и упрощения, прекращается развитие русловых форм микро-, мезо-, макрорельефа.

Таблица 2.

Средние скорости смещения излучин рек Среднеамурской низменности

Категория излучин	Скорость смещения излучин, м/год							
	Реки, протекающие в естественных природных условиях				Реки, бассейны которых преобразованы мелиоративными системами			
	продольная		поперечная		продольная		поперечная	
	максимальная	средняя	максимальная	средняя	максимальная	средняя	максимальная	средняя
Свободные	3,5	1,6	4,3	2,5	0,3	0,1	0,4	0,2
Сегментные	2,1	1,4	4,1	2,4	0,2	0,1	0,3	0,15
Прорванные	1	0,6	1,2	0,8	-	-	-	-

#### Библиографический список

1. Аношкин А.В. Пойменно-руслые комплексы рек среднего течения реки Амур // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 44-49.
2. Зубарев В.А. Гидрохимические индексы оценки качества поверхностных вод // Региональные проблемы. 2014. Т. 17. № 2. С. 71-77.

#### References

1. Anoshkin A.V. Floodplain and riverbed complexes of the average watercourse of Amur. // Readings to the memory of professor Vladimir Yakovlevich Levanidov. Is. 6. Vladivostok: Dalnauka, 2014. Pp. 44-49.
2. Zubarev V.A. Hydrochemical indexes of an assessment of quality of the surface water // Regional problems. 2014. V. 17. № 2. Pp. 71-77.



УДК 593.11

**К.В. БАБЕШКО**

научный сотрудник, НИИ фундаментальных и прикладных исследований, Пензенский государственный университет  
E-mail: fytark@yandex.ru

**А.Н. ЦЫГАНОВ**

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зоологии и экологии, Пензенский государственный университет  
E-mail: andrey.tsyganov@bk.ru

**Е.Ю. НОВЕНКО**

кандидат географических наук, ведущий научных сотрудник, кафедра физической географии и ландшафтоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

E-mail: lenanov@mail.ru

**О.В. РУДЕНКО**

кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, Орловский государственный университет  
E-mail: olrudenko2011@yandex.ru

**Ю.А. МАЗЕЙ**

доктор биологических наук, профессор, кафедра зоологии и экологии, Пензенский государственный университет  
E-mail: yurimazei@mail.ru

UDC 593.11

**K.V. BABESHKO**

Senior Researcher, Institute for basic and applied research, Penza State University  
E-mail: fytark@yandex.ru

**A.N. TSYGANOV**

Candidate of Biology, Associate Professor, Department of zoology and ecology, Penza State University  
E-mail: andrey.tsyganov@bk.ru

**E.YU. NOVENKO**

Candidate of Geography, Senior Scientific Researcher, Department of physical geography and landscape science, Lomonosov Moscow State University  
E-mail: lenanov@mail.ru

**O.V. RUDENKO**

Candidate of Geography, Associate Professor, Department of geography, Orel State University  
E-mail: olrudenko2011@yandex.ru

**Y.A. MAZEI**

Doctor of Biology, Professor, Department of zoology and ecology, Penza State University  
E-mail: yurimazei@mail.ru

## СОВРЕМЕННЫЕ И ИСКОПАЕМЫЕ СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ОРЛОВСКОЕ ПОЛЕСЬЕ»

### MODERN AND FOSSIL ASSEMBLAGES OF TESTATE AMOEBAE FROM PEATLAND ECOSYSTEMS OF «ORLOVSKOYE POLESYE» NATIONAL PARK

*В работе представлены результаты исследования видового состава современных и ископаемых сообществ раковинных амёб в болотных экосистемах национального парка «Орловское Полесье». Современные сообщества отличаются видовым разнообразием и представлены 45 видами и подвидами, относящимися к 14 родам. Ассоциация ископаемых раковинных амёб сформирована в позднем голоцене. Она характеризуется значительно меньшей численностью и невысоким биоразнообразием вследствие затянувшейся низинной стадии формирования болотной экосистемы, закончившейся лишь 500-600 календарных лет назад.*

*Ключевые слова:* раковинные амёбы, болотные экосистемы, структура сообществ, национальный парк «Орловское Полесье», голоцен.

*The paper presents the results of the study for recent and fossil testate amoeba assemblages from peatland ecosystems of «Orlovskoe Polesye» National Park. Recent faunal assemblage is quite diverse taxonomically and consists of 45 species, which belong to 14 genera. Fossil assemblages are of Late Holocene age. They are much less abundant and diverse because of the protracted fen stage in the history of the studied bog, which finished only 500-600 calendar years ago.*

*Keywords:* testate amoebae, peatland ecosystems, community structure, «Orlovskoye Polesye» National Park, Holocene.

#### Введение

Болотные экосистемы играют важную роль в круговороте углерода, регуляции поверхностного стока и поддержании регионального видового разнообразия. Помимо этого, благодаря постоянному торфонакоплению, они сохраняют биологические остатки, которые могут быть использованы для палеоэкологических реконструкций. Особую ценность болотные экосистемы приобретают в регионах их ограниченного распространения, например, на границе леса и степи. Изучение болотных экосистем дает возможность понять механизм формирования и поддержания регионального видового разнообразия, понять причины его изменения во

времени.

Раковинные амёбы – представители простейших, имеющие внешнее скелетное образование – раковинку, являются весьма малоизученным компонентом сфагно-бионтных сообществ болотных экосистем. Они распространены практически повсеместно и играют важную роль в детритных пищевых цепях почвенных, водных и болотных экосистем [9]. Будучи устойчивыми к разложению, хорошо сохраняясь в торфах и донных отложениях болот и водоемов, чутко реагируя на изменения условий увлажнения, раковинные амёбы представляют собой ценный биоиндикатор изменений палеосреды.

Исследования сообществ раковинных амёб в болот-

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №14-04-31472-мол\_а, 14-05-00550), гранта Президента РФ (МД-4435.2014.4) и в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ Пензенскому государственному университету (проект № 1315) и Орловскому государственному университету (проект № 1506).

© К.В. Бабешко, А.Н. Цыганов, Е.Ю. Новенко, О.В. Руденко, Ю.А. Мазей

© K.V. Babeshko, A.N. Tsyganov, E.Yu. Novenko, O.V. Rudenko, Y.A. Mazei

ных экосистемах России в целях реконструкции палеосреды начались сравнительно недавно, в связи с чем ее территория характеризуется неравномерной степенью изученности. Так, детальные исследования выполнены для болотных экосистем Среднего Поволжья [4,8], южной тундры и лесотундры Западной Сибири [5] и некоторых других регионов. Территория Орловской области, расположенная на границе зоны леса и степи, до настоящего времени оставалась неизученной. Цель нашей работы состояла в получении первых данных о видовой структуре современных и ископаемых сообществ раковинных амёб в болотных экосистемах национального парка «Орловское Полесье» – крупнейшего лесного массива на территории Орловской области (далее в тексте НП).

### Район исследований

Национальный парк «Орловское Полесье» располагается на северо-западе Орловской области в области умеренно-континентального климата и является восточной периферией Калужско-Брянского лесного массива общей площадью 77 745 га [3]. Юго-западная часть НП, в пределах которой проводились исследования, приурочена к западному макросклону Среднерусской возвышенности и представляет собой приподнятую всхолмленную равнину со средними абсолютными высотами 220-250 м, сформированную моренными отложениями московской стадии днепровского оледенения, которые перекрываются флювиогляциальными зандровыми песками [2,3]. Климат характеризуется умеренно холодной зимой ( $-5.5^{\circ}\text{C}$ ), теплым летом ( $19.6^{\circ}\text{C}$ ) и достаточно высоким уровнем увлажнения [6]. Среднегодовое количество осадков, по данным метеостанции г. Орла, составляет 570-580 мм, из которых более половины приходится на теплое время года.

Территория НП расположена на границе зоны широколиственных лесов с лесостепью. Ельники-зеленомошники, боры-долгомошники, липняки и дубравы соседствуют друг с другом. В состав древесного яруса смешанных лесов в различных сочетаниях входят сосна обыкновенная, ель европейская, дуб черешчатый, береза, липа, осина, клен платанолистный, реже – ясень обыкновенный и ольха клейкая [3,7,8]. Доля болот в общей площади земель лесного фонда НП составляет всего 2,3% (578 га) [3].

### Материалы и методы

Материал для исследования был получен в июле 2012 г. в юго-западной части НП «Орловское Полесье».

Поверхностные образцы сфагнома отобраны в трех болотных экосистемах: верховых болотах «Орловское Полесье-1» ( $N53.33416^{\circ}$ ,  $E35.29560^{\circ}$ ; 9 образцов) и «Орловское Полесье-2» ( $N53.31976^{\circ}$ ,  $E35.33181^{\circ}$ ; 2 образца), а также переходном болоте «Грушина мшара» ( $N53.31416^{\circ}$ ,  $E35.34530^{\circ}$ ; 3 образца). Все болотные экосистемы характеризовались доминированием сфагнумов (*Sphagnum* sp.) в моховом покрове, а также произрастанием типичной болотной растительности: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и березы пушистой

(*Betula pubescens*) в древесном ярусе; пушицы влагалищной (*Eriophorum vaginatum*), багульника болотного (*Ledum palustre*), черники миртолистной (*Vaccinium myrtillus*), голубики обыкновенной (*Vaccinium uliginosum*), брусники (*Vaccinium vitis-idaea*) и осоки (*Carex* sp.) в травяно-кустарничковом ярусе. В краевой зоне болота «Орловское Полесье-2» растет тростник южный (*Phragmites australis*). Образцы отбирались из разнотипных биотопов, включая локальные депрессии (мочажины) и повышения (кочки) для того, чтобы охватить все разнообразие мест обитания раковинных амёб. Из каждого биотопа образец сфагнома объемом  $\sim 10\text{ см}^3$  извлекали из сплавнины при помощи ножниц, помещали в пластиковый пакет с застежкой и хранили в холодильнике до анализа.

Для изучения ископаемых сообществ раковинных амёб и проведения палеоэкологической реконструкции условий формирования болотных экосистем была изучена торфяная залежь небольшого олиготрофного болота ( $N53.26908^{\circ}$ ,  $E35.34362^{\circ}$ ). Из торфяной залежи с помощью бура марки «Eijelkamp» была извлечена торфяная колонка длиной 1,05 м. Образцы торфа для ризоподного анализа были отобраны с интервалом 5 см. Подробное описание исследованной болотной экосистемы и торфяной залежи, а также результаты радиоуглеродного, ботанического и спорово-пыльцевого анализа торфа представлены в работе Е.Ю. Новенко с соавторами [7]. Определение абсолютного возраста образцов выполнено в Радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН (г. Москва).

Приготовление образцов для микроскопирования проводили согласно модифицированной методике, основанной на фильтровании и концентрировании водных вытяжек [4]. Образец помещали в колбу и интенсивно встряхивали для извлечения раковинных амёб. Полученную суспензию фильтровали через сито с размером ячеек 1 мм для удаления крупных частиц, которые могут маскировать раковинных амёб при микроскопировании. Фильтрат отстаивали для осаждения раковин в течение трех часов. После этого надосадочную жидкость сливали, а концентрат переносили в мерные цилиндры для дальнейшего концентрирования. Затем надосадочную жидкость аккуратно отбирали пипеткой, чтобы довести объем осадка до 10 мл. Определение видового состава и численности раковинных амёб проводили методом прямого микроскопирования 3 мл концентрата в чашке Петри при 200-кратном увеличении. Для каждого образца просматривали 200 полей зрения, а затем рассчитывали плотность раковинных амёб на 1 г сухого субстрата.

### Результаты и обсуждение

В поверхностных образцах сфагнома обнаружена разнообразная современная фауна раковинных амёб, насчитывающая 45 видов и подвидов, относящихся к 14 родам (Табл. 1.).

Таблица 1.

Список видов раковинных амёб, обнаруженных в поверхностных образцах сфагнома из болотных экосистем НП «Орловское полесье», с указанием их относительного обилия, %

Виды	«Грушина мшара»	«Полесье-1»	«Полесье-2»
<i>Arcella arenaria</i>	7.5	5.2	1.2
<i>Arcella arenaria compressa</i>	0.0	0.1	0.4
<i>Arcella artocrea</i>	0.2	0.0	0.0
<i>Arcella catinus</i>	5.3	0.5	4.1
<i>Arcella conica</i>	0.0	0.0	0.4
<i>Arcella costata</i>	0.4	0.0	1.2
<i>Arcella discoides</i>	0.0	0.0	0.6
<i>Arcella gibbosa</i>	0.5	0.0	3.1
<i>Arcella hemisphaerica</i>	0.0	0.0	0.4
<i>Arcella rotundata</i>	4.9	0.0	2.5
<i>Arcella vulgaris</i>	1.2	0.0	0.0
<i>Archerella flavum</i>	0.0	0.1	0.0
<i>Assulina muscorum</i>	7.1	8.2	45.7
<i>Assulina seminulum</i>	0.2	1.6	0.0
<i>Bullinularia indica</i>	0.3	0.0	0.0
<i>Centropyxis aculeata</i>	0.0	2.0	0.0
<i>Centropyxis aerophila</i>	0.0	0.0	0.0
<i>Centropyxis aerophila sphagnicola</i>	0.0	0.1	0.0
<i>Centropyxis eornis</i>	0.3	0.0	0.0
<i>Centropyxis minuta</i>	1.2	1.6	0.0
<i>Centropyxis orbicularis</i>	0.5	0.7	0.6
<i>Corythion dubium</i>	5.2	0.6	0.0
<i>Corythion orbicularis</i>	0.0	0.1	0.0
<i>Cyclopyxis arcelloides</i>	0.1	0.0	4.9
<i>Cyclopyxis eurytoma</i>	5.5	0.0	9.5
<i>Euglypha ciliata</i>	2.5	12.4	0.0
<i>Euglypha ciliata glabra</i>	1.7	3.0	1.4
<i>Euglypha compressa</i>	2.4	7.9	0.4
<i>Euglypha compressa glabra</i>	0.9	5.6	0.7
<i>Euglypha laevis</i>	0.0	0.0	3.7
<i>Euglypha rotunda</i>	1.3	5.6	0.0
<i>Euglypha strigosa</i>	5.4	3.9	0.0
<i>Euglypha strigosa glabra</i>	4.2	4.4	0.0
<i>Euglypha strigosa heterospina</i>	1.3	2.2	0.0
<i>Euglypha tuberculata</i>	0.2	3.4	4.0
<i>Hyalosphenia elegans</i>	3.6	1.8	0.0
<i>Hyalosphenia papilio</i>	14.7	2.1	0.6
<i>Nebela collaris</i>	13.0	17.5	0.6
<i>Nebela militaris</i>	0.0	0.9	0.0

<i>Nebela tinctoria</i>	3.8	3.8	0.0
<i>Padaungiella walesi</i>	0.0	0.0	0.0
<i>Physochilla tenella</i>	0.4	0.0	0.0
<i>Trigonopyxis arcuata</i>	0.3	0.3	0.0
<i>Trinema complanatum</i>	0.0	0.2	1.5
<i>Trinema lineare</i>	4.2	4.2	12.7

Наиболее обильны виды *Nebela collaris*, *Assulina muscorum*, *Euglypha ciliata*, *Hyalosphenia papilio*, *Arcella arenaria*, *Trinema lineare* (Рис. 1). Два первых и последний вид, а также *Euglypha compressa*, *Euglypha tuberculata*, *Euglypha rotunda* характеризовались высокой встречаемостью и обнаружены более чем в 80% всех образцов. 12 видов (*Euglypha laevis*, *Arcella vulgaris*, *Physochilla tenella*, *Bullinularia indica*, *Arcella discoides*, *Centropyxis aerophila sphagnicola*, *Corythion orbicularis*, *Arcella artocrea*, *Arcella conica*, *Arcella hemisphaerica*, *Padaungiella walesi*, *Centropyxis aerophila*) обнаружены лишь в одном образце.

Плотность раковинных амёб изменяется в пределах от 4.43 до 45.84 × 10<sup>3</sup> особей/г сухого субстрата (среднее значение 13.59 ± 2.91 SE; ошибка среднего, N=14). Количество видов в одном образце варьирует от 9 до 21 со средним значением 14.6 ± 1.1 SE. Видовое разнообразие (индекс Шеннона) и выравненность распределения видовых обилий (индекс Пielou) изменяются в пределах от 1.19 до 2.63 (среднее значение 2.09 ± 0.11 SE) и от 0.35 до 0.94 (среднее значение 0.79 ± 0.03 SE), соответственно. Наименьшее число видов обнаружено в болоте «Орловское Полесье-2», в остальных болотах число видов было примерно одинаковым («Грушина мшара» – 32 вида, «Орловское Полесье-1» – 31 вид).

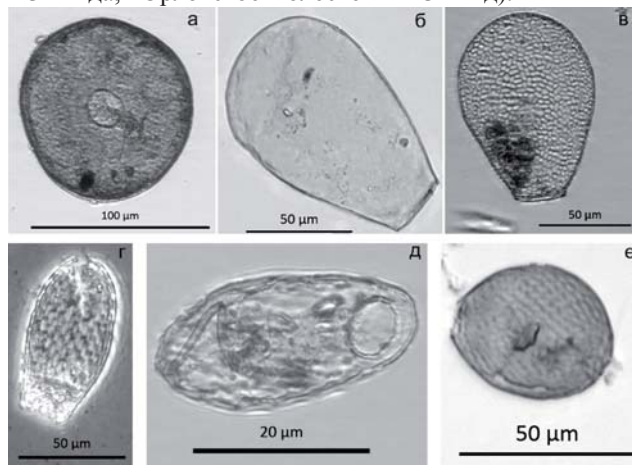


Рис. 1. Наиболее типичные виды раковинных амёб из торфяных залежей НП «Орловское Полесье»: а – *Arcella arenaria*, б – *Hyalosphenia papilio*, в – *Nebela collaris*, г – *Euglypha ciliata*, д – *Trinema lineare*, е – *Assulina muscorum*.

В целом, видовой состав изученных сообществ раковинных амёб типичен для болотных экосистем Европейской части России [1, 8] и других регионов умеренного пояса [4]. Исключение составляет вид *Bullinularia indica*, обнаруженный лишь в образцах из болота «Грушина мшара». Доминируют ксерофильные и эврибионтные виды, что свидетельствует о развитии болотных экосистем преимущественно в условиях не-



достаточной влажности (скорее всего по причине высокой испаряемости).

Анализ образцов торфа из колонки на наличие ископаемых сообществ раковинных амёб выявил 289 особей, принадлежащих 30 видам и 13 родам (Рис. 2). Наиболее обильные сообщества раковинных амёб обнаружены в верхних 25 см (всего 268 особей), тогда как в более глубоких слоях раковинные амёбы либо присутствовали в незначительных количествах (не более трех особей в пробе), либо вовсе отсутствовали (как на глубинах 60, 80 и 100 см). Наиболее часто встречались виды *Arcella arenaria* (32% всех обнаруженных особей), *Corythion dubium* (18%), *Cyclopyxis eurystoma* (18%) и, реже, *Arcella catinus* (4%). В образцах торфа ниже 25 см были обнаружены лишь *Arcella arenaria*, *Arcella catinus*, *Bullinularia indica*, *Centropyxis minuta*, *Centropyxis orbicularis*.

Обильные ископаемые сообщества раковинных амёб прослежены в торфяной залежи лишь до глубины 25 см. Низкое содержание раковинных амёб в подлежащих горизонтах торфа может быть связано с их образованием на стадии низинного болота. Согласно абсолютной хронологии и данным анализа ботанического состава торфа, смена низинного торфа переходным зафиксирована лишь на глубине 15 см, около 500-600 лет назад [7]. Столь нетипично длительное развитие болотной экосистемы в низинной стадии, видимо, обусловлено частой повторяемостью пожаров в регионе в позднем голоцене, что приводило к смыву зольных компонентов в изучаемую депрессию и повышению уровня трофности.

В целом, низинные болота характеризуются специфическими сообществами раковинных амёб, плохо сохраняющимися в ископаемом состоянии [10]. Это может

быть связано как со строением самих раковинок, так и условиями формирования торфа в низинных болотах (повышенная минерализация, нейтральная среда и пр.). Практически все виды, за исключением *Bullinularia indica*, обнаруженные в подлежащих горизонтах торфа, являются типичными для низинных болот.

После перехода в олиготрофную стадию в болоте сформировалось ксерофильное сообщество раковинных амёб.

### Заклучение

Проведенные исследования показали, что болотные экосистемы национального парка «Орловское Полесье» характеризуются богатой фауной современных сфагнобионтных раковинных амёб и вносят значительный вклад в поддержание регионального видового разнообразия. Видовой состав раковинных амёб типичен для сфагновых биотопов болотных экосистем экотона леса и степи и характеризуются преобладанием ксерофильных видов, что может свидетельствовать о неблагоприятных условиях болотообразования, связанных с недостаточной увлажнённостью и повышенным риском возникновения пожаров.

Сообщества раковинных амёб, населяющих торфяную залежь, сформировавшуюся в позднем голоцене в период между 3.6 и 0.5 кал. тыс. лет назад, обеднены численно и таксономически вследствие затянувшейся низинной стадии формирования болотной экосистемы. Для верхних 25 см торфяной залежи, условия образования которой характеризуются как переходные к олиготрофной стадии [7], характерны более представительные и обильные сообщества раковинных амёб.

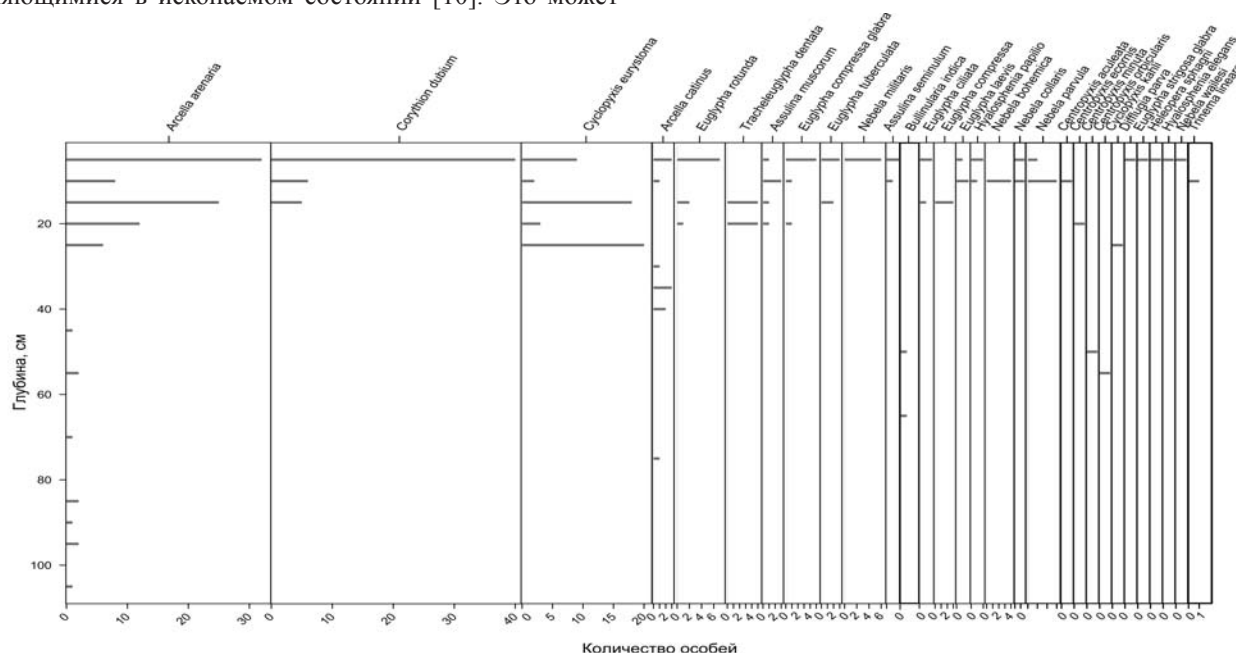


Рис. 2. Видовой состав сообществ раковинных амёб в торфяной залежи болота в НП «Орловское Полесье».



**Библиографический список**

1. Бобров А.А., Чармен Д., Уорнер Б. Экология раковинных амёб олиготрофных болот (особенности экологии политипических и полиморфных видов). Известия РАН. Серия биологическая. 2002. № 6. С. 738–751.
2. Лаврусевич А.И., Шмелев Д.П. Геологическое строение, геоморфология и полезные ископаемые. В кн. Изучение географии Орловской области в школе. Тихий В.И. (ред.) Орел, 1997. С. 33–54.
3. Летопись природы. Книга 3. 2003 – 2009 г. Федеральное государственное учреждение «Национальный парк «Орловское Полесье». Жудерский. 2009. 149 с.
4. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Изменение сообществ почвообитающих раковинных амёб вдоль лесостепного градиента в Среднем Поволжье // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. С. 13–23.
5. Мазей Ю.А., Чернышов В.А. Специфика биотопа как фактор структурирования сообществ раковинных амёб: исследования в южной тундре и лесотундре Западной Сибири // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 5. С. 515–523.
6. Национальные парки России. Северо-Запад и центр. Куцый А.А. (ред). М.: Вокруг Света, 2007.
7. Новенко Е.Ю., Руденко О.В., Волкова Е.М., Зюганова И.С. Динамика растительности Национального парка «Орловское Полесье» в позднем голоцене. Ученые записки Орловского государственного университета. №3 (59). 2014. С. 302 – 310.
8. Mazei Y.A., Tsyganov A.N. Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in a Sphagnum bog (Middle Volga region, Russia). Protistology. 2007. Vol. 5, № 2/3. Pp. 156–206.
9. Mitchell E.A.D., Charman D.J. and Warner B.G., 2008. Testate amoebae analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: Past, present and future. Biodiversity and Conservation, 17. Pp. 2115–2137.
10. Payne R.J., 2011. Can testate amoeba-based palaeohydrology be extended to fens? Journal of Quaternary Science, 26. Pp. 15–27.

**References**

1. Bobrov A.A., Charman D., Warner B. Ecology of testate amoebae from oligotrophic peatlands: specific features of polytypic and polymorphic species. Biology Bulletin. Vol. 6. 2002. Pp. 605 – 617.
  2. Lavrusovich A.I., Shmelev D.P. Geology aspects, geomorphology and mineral resources. Tihiy V.I. (ed.) Study of geography of Orel region in the school. Orel, 1997. Pp. 33 - 54.
  3. Records of nature. Volume 3, 2003-2009. Federal state institution “Orlovskoe Polesye” National Park. Zhuderskiy. 2009. 143 p.
  4. Mazei Yu.A., Embulaeva E.A. Change in soil-inhabiting testate amoeba assemblages along forest-steppe gradient in the Middle Volga Region. Arid ecosystems. Vol. 15. No. 1 (37). Pp. 13-23.
  5. Mazei Yu., Chernyshov V. Testate amoebae communities in the southern tundra and forest–tundra of Western Siberia. Biology Bulletin. 2011. Vol. 38. Pp. 789-796.
  6. Mazei Y.A., Tsyganov A.N. Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in a Sphagnum bog (Middle Volga region, Russia). Protistology. 2007. Vol. 5, № 2/3. Pp. 156–206.
  7. National parks of Russia. North-West and the Center. Kutsiy A.A. (ed.) Moscow: Vokrug Sveta press, 2007.
  8. Novenko E.Yu., Rudenko O.V., Volkova E.M., Zyuganova I.S. Vegetation dynamics in the “Orlovskoe polesye” national park in late Holocene. Scientific notes of Orel State University. Vol. 3. No. 59. 2014. Pp. 302 – 310.
  9. Mitchell E.A.D., Charman D.J., Warner B.G. Testate amoebae analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: Past, present and future. Biodiversity and Conservation. 2008. Vol. 17. Pp. 2115–2137.
  10. Payne R.J. Can testate amoeba-based palaeohydrology be extended to fens? Journal of Quaternary Science. 2011. Vol. 26. Pp. 15-27.
- 
-

УДК 796.50

UDC 796.50

**Э.Е. ЗОСИМОВА**

кандидат географических наук, доцент, кафедра туризма и гостиничного дела, Орловский государственный университет

E-mail: zosivjva\_ella@mail.ru

**А.Д. КОРОТКОВ**

аспирант, кафедра туризма и гостиничного дела, Орловский государственный университет

E-mail: koro34@rambler.ru

**E.E. ZOSIMOVA**

Candidate of Geography, Associate Professor, Department of Tourism and Hotel Management, Orel State University  
E-mail: zosivjva\_ella@mail.ru

**A.D. KOROTKOV**

Graduate student, Department of Tourism and Hotel Management, Orel State University

## КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ТУРИСТСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

### CLUSTER APPROACH IN CONFORMATION OF THE ECOLOGO-TOURIST AREA

*Эффективным средством развития экологических территорий являются кластеры, создание которых должно опираться на правильно сформированную кластерную политику. В статье рассматривается применение кластерного подхода при создании эколого-туристских территорий, который является перспективным направлением дальнейшего роста экологического туризма в РФ. Его основная цель – повышение конкурентоспособности территории на туристском рынке.*

*Ключевые слова:* кластеры, кластерная политика, кластерная кооперация, экологический туризм.

*Clusters are an effective ecoterritories development means which creation should rely on correctly composed cluster policy. In this article the application of cluster approach attached to creation of ecological-touristic territories is examined. This approach is the perspective direction of future ecotourism growth in the Russian Federation. Its the main aim is to increase of the territory competitiveness in the tourist's market.*

*Keywords:* clusters, cluster policy, cluster cooperation, ecotourism.

Мировой опыт многих стран доказывает эффективность и неизбежную закономерность возникновения разного вида кластеров. В последнее время формирование кластеров стало важной частью политики, проводимой государством в сфере регионального развития во многих развитых странах мира. Одно из важнейших направлений в концепции стратегии долгосрочного социально-экономического развития РФ до 2020 г. рассматривается выявление и стимулирование развития возникающих территориально-производственных кластеров.

Экологический туризм является весьма актуальным и перспективным видом для многих туристических операторов, которые специализируются на туризме внутри страны. Становление экологического туризма позволит направить финансовый поток внутрь страны, из-за этого антропогенная нагрузка на окружающую среду будет минимальной. Формирование экологического и сельского туризма способствует развитию региона и страны в целом[3].

В настоящее время основным инструментом разработки экономических стратегий в странах с высокой конкурентоспособностью является кластерный подход[1]. Он основывается на поиске потенциальных и существующих кластеров, определении степени их конкурентоспособности, мерах по совершенствованию инвестиционной активности и бизнес-климата.

Организационной формой консолидации усилий заинтересованных сторон являются кластеры, направленные на улучшение конкурентных преимуществ в условиях глобализации мировой экономики. Главное, на что направлены кластеры, – возможность для регио-

на и для бизнеса развиваться не по инерции. Реальная возможность для бизнеса обеспечить себе конкурентоспособность в динамично развивающемся мире – это создание кластера, а именно создавать план долгосрочного развития предприятий на 5 и более лет.

Кластеры разделяются на предприятия, географически локализованные и специализированные в определенном секторе экономики. В экономической системе кластерная кооперация выполняет задачу: развитые предприятия подтягивают за собой менее развитые [2].

Учитывая отраслевую специфику, выделяют несколько типов кластеров.

1. Дискретные
2. Процессные
3. Инновационные
4. Туристские
5. Транспортно-логистические

Туристские кластеры основываются на туристических активах в регионе и состоят из предприятий различных секторов, связанных с обслуживанием туристов, а именно, гостиниц, туристских операторов, транспортных предприятий, производителей сувенирной продукции и т.д.

Основная цель туристского кластера – повышение конкурентоспособности территории на туристском рынке за счет суммирующего эффекта, а именно повышение уровня эффективности работы предприятий, составляющих кластер, активизирование развития новых направлений.

Рост экологического туризма связан с общими направлениями развития туризма в стране. Снижение иностранного туристического потока в экологическом

туризме будет менее существенно за счет более сильной мотивации туристов, их стремление к новым ощущениям и к получению нового знания, навыков и опыта. В этом контексте значение экологического туризма для РФ в дальнейшем будет только возрастать.

Сильная взаимосвязь экологического туризма и науки особенно актуальна в РФ, где собраны данные по восстановлению деградированных регионов, а также по охране окружающей среды. Потенциальным ресурсом экологического туризма в РФ является присутствие в регионах образованного населения. Предпринимательская энергия населения является базой для формирования инфраструктуры экологического туризма и создания предприятий малого бизнеса, обеспечивающих такие направления, как туризм по интересам, конный, велотуризм и т. д. Рост и развитие туристской инфраструктуры в сельских регионах создаёт условия для дополнительного рынка сбыта в сфере продовольственной продукции, производимой местны-

ми жителями, новые потенциальные рабочие места позволят снизить уровень социальной напряженности в регионе.

При развитии экологического туризма в РФ следует использовать потенциал, созданный в бывшем СССР: санатории, турбазы, дома отдыха, экологические тропы и маршруты различной протяженности и степени сложности[4].

Таким образом, основываясь на проведенных исследованиях, можно утверждать, что применения кластерного подхода при создании эколого-туристских территорий является перспективным направлением дальнейшего роста экологического туризма в РФ. Несмотря на большое количество тормозящих факторов, экологический туризм в нашей стране набирает обороты. Доходы от экологического туризма пока невысоки, но при продуманной стратегии развития они могут возрасти.

#### Библиографический список

1. Дроздов А.В. Выявление, оценка и использование туристских ресурсов России: современная ситуация, проблемы и пути их решения (в соавторстве) // Актуальные проблемы туризма. Сборник научных трудов Российской международной академии туризма. Вып. 11. М., 2008.
2. Панов И.Н. Экологический туризм и его роль в устойчивом развитии территорий Изв. РАН, 2010. №5.
3. Шаститко А.Е. Кластеры как дискретная институциональная альтернатива управления транзакциями //Балтийский регион. 2008.
4. Электронный журнал BioDat «Природа России». <http://www.biodat.ru>

#### References

1. Drozdov A.V. Russian Touristic Resources and Its Revelation, Diagnostic and Usage: the Contemporary Situation, Problems and Ways of Its Solution// Contemporary Issues of Tourism. Russian International Academy for Tourism Collection of Research Papers. Vol. 11. Moscow, 2008.
  2. Panov I.N. The Ecological Tourism and Its Role in Sustained Development of Territories. Proceedings of RAS, 2010. №5.
  3. Shastitko A.E. Clusters as an Institutional Discrete Alternative of Transactions Management // The Baltic Region. 2008.
  4. Electronic Magazine BioDat "The Nature of Russia". <http://www.biodat.ru>
-

УДК 338.48, 338.49

UDC 338.48, 338.49

**М.С. ОБОРИН**

кандидат географических наук, доцент, кафедра экономического анализа и статистики, Пермский институт (филиал), Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

**M.S. OBORIN**

Candidate of Geography, Associate Professor, Department of the economic analysis and statistics, Perm institute (branch), Plekhanov Russian University of Economics

**ПРИРОДНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ  
БАЗИС УПРАВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРА ПЕРМСКОГО КРАЯ)**

**NATURAL AND GEOGRAPHICAL FACTORS LIKE OF FUNDAMENTAL  
BASIS OF MANAGEMENT AND RESORT RECREATION ACTIVITIES  
(FOR EXAMPLE, THE NORTH OF PERM REGION)**

*В работе рассматриваются геологические и географические факторы курортно-рекреационной деятельности в северной части Пермского края. Приведена характеристика водных объектов, гидрологических и климатических условий развития курортного дела. Выявлены перспективы и особенности развития северного курортно-рекреационного района региона.*

*Ключевые слова: туризм, рекреация, курортно-рекреационный туризм, санаторно-курортная деятельность, виды туризма, природно-географические факторы.*

*In this the work geological and geographical factors of resort and recreational activity in northern part of Perm region are considered. The characteristic of water objects, hydrological and climatic conditions of development of resort business is provided. Prospects and features of development of the northern resort and recreational area of the region are revealed.*

*Keywords: tourism, recreation, resort and recreational tourism, health resort activities, types of tourism, natural and geographical factors.*

Природно-географические и экономические факторы являются основополагающими при формировании санаторно-курортной деятельности и лечебно-оздоровительного туризма. К природно-географическим факторам можно отнести топографические условия курортных территорий, разнообразие растительного покрова, животное население, особо охраняемые природные территории (ООПТ), а самое главное – наличие природных лечебных ресурсов (минеральные воды, грязи, особенности микроклимата и ландшафтных комплексов), которые определяют особенности развития и профиль конкретной санаторно-курортной местности. Отечественные ученые О.А. Никитина, А.П. Джангиров, А.М. Чилилов в своих работах [3, 6, 13] рассматривали влияние природно-географических факторов на экономические результаты санаторно-курортного комплекса. Мы попробуем проанализировать влияние данных факторов более подробно.

А.М. Чилилов рассмотрел влияние природно-географических факторов с позиции организационно-экономических и институциональных основ ресурсного обеспечения развития сферы туризма в регионах России. О.А. Никитина рассматривает природно-географические особенности как факторы формирования интегрированных санаторно-курортных комплексов в регионе, развивающихся на дестинациях оздоровления. А.П. Джангиров определяет географические факторы как место организации санаторно-курортного комплекса и формирования в нем сервисной политики как фактор экономического роста. Таким образом, можно отметить, что природно-

географические факторы являются основными для формирования санаторно-курортного сектора экономики.

Н.П. Казаков [4] в своей работе анализирует зависимость между экологией и экономикой, разрабатывает комплекс эколого-экономических моделей и методов экологического предпринимательства в рекреационной сфере, а также формулирует авторские решения по экономической оценке экологической составляющей туристского продукта, что в дальнейшем позволило определить социально-экономический эффект экологического предпринимательства в рекреационной сфере.

В.В. Хряков [14] в своей работе определил проблемы российского курортного комплекса, среди которых основное место занимают проблемы в области экологии. Посредством решения проблем можно улучшить инвестиционную привлекательность, что в результате отразится на экономических показателях.

Т.А. Лаврова [5] обнаружила зависимость туристско-рекреационного потенциала административных районов региона от их месторасположения.

О.А. Яброва [15] охарактеризовала влияние географических и климатических факторов на развитие туристско-рекреационной сферы.

В настоящей работе рассмотрены и проанализированы некоторые природно-географические факторы северной территории Пермского края, которые могут стать базисом развития лечебного и оздоровительного туризма региона. Расширение курортно-рекреационных и лечебно-оздоровительных возможностей северной части региона, а также проектирование и строительство новых курортных объектов с экономической точки зре-



ния позволит обеспечить:

- создание рабочих мест для сельских территорий региона, что приведет к снижению безработицы;
- увеличение налогооблагаемой базы за счет оказания услуг жителям Пермского края и приезжих туристов из других регионов страны и зарубежья;
- увеличение деловой активности в регионе;
- увеличение производительности предприятий – поставщиков для курортов Пермского края, т.е. увеличение мультипликативного эффекта (развитие сопутствующих отраслей);
- увеличение потока туристов с целью лечения, оздоровления и отдыха из других регионов, что приведет к развитию и улучшению сервиса и увеличению доходов других предприятий в разных секторах экономики за счет удовлетворения потребности приезжих;
- формирование положительной репутации – конкурентоспособного курортного центра России. Положительный имидж Пермского края поможет организовать предприятия по розливу бальнеологической и питьевой минеральной воды, выпуск натуральной косметики, тем самым улучшить экспортную политику;
- оздоровление населения Пермского края и других регионов России, что позволит уменьшить смертность по возрасту;
- улучшение социально-экономического состояния депрессивных северных муниципальных районов Пермского края.

### *Методы исследования*

В настоящей статье использовался метод литературной обработки данных, анализ и описание статистических данных, методы индукции и дедукции.

### *Результаты*

На основе исследований М.С. Оборина [11] для целей организации и перспективного развития санаторно-курортного дела в Пермском крае был выделен Северный курортно-рекреационный район. Он располагается в северной и северо-западной части Пермского края и включает в себя следующие муниципальные районы: Чердынский, Красновишерский, Юсьвенский, Юрлинский, Кочевский, Косинский, Гаинский и Кудымкарский, а также г. Кудымкар. Площадь северного района нашего региона составляет 68986,4 км<sup>2</sup>, что примерно сравнимо с площадью Грузии (более 69000 км<sup>2</sup>) [2].

Соседями района являются с северной границы республика Коми, с запада – Кировская область, с востока Свердловская область. К внутренним соседям курортно-рекреационного района можно отнести Соликамский, Александровский, Усольский, Ильинский, Карагайский, Сивинский районы.

Этнический состав очень разнообразен и интересен. Основную часть населения составляют русские, но коренными народами все же являются коми-пермяки. По результатам исследования различных источников сделаем вывод, что 53,5% составляют русские, 41,5% представлены коми-пермяками, остальную часть населения

формируют другие народы [8].

Перспективный северный курортно-рекреационный район не имеет хорошо развитой промышленности, что создает благоприятные экологические условия. Основным средством дохода для местных бюджетов является лесное, деревообрабатывающее и целлюлозно-бумажное производство. Население развивает активно подсобные хозяйства. Северные территории нашего региона имеют богатый курортно-рекреационный и туристский потенциал, который может стать основой развития сферы услуг. Здесь располагаются старинные села и поселения. Многочисленные водные объекты служат прекрасным местом для сезонных сплавов, а север Уральских гор – для занятий альпинизмом, спелеотуризмом. Кроме экстремальных видов спорта туристы занимаются пешим туризмом, т.к. на северо-востоке нашего региона выделяются прекрасные горные хребты.

На этой территории можно выделить несколько горных высот, интересных для организации туристской деятельности: Натарухтумсяхль (1110 м), Вишерский заповедник, Мунигтумп (910м) – удивительный каменный город между Вишерой и Ниолсом (заповедник Вишерский), Хус-Ойк (1350 м) [1]. С горами и их окрестностями связана особенность пеших туристических походов и спортивные виды туризма, а крутые переходы, темные леса и непроходимые болота придают остроту ощущений туристам.

В геологическом отношении северный район Пермского края представлен тремя геолого-геоморфологическими областями: Восточно-Европейская равнина, Предуральский краевой прогиб и соответственно горный хребет Уральских гор.

На территории северного района находятся следующие тектонические памятники [10, 12]: Хребет Муравьиный Камень – в составе заповедника Вишерский, Тулымский ансамбль – комплекс разновозрастных и разнотектонических тектонических структур, располагается в Красновишерском районе, гора Бронепоезд – пример углового и стратиграфического несогласия, также расположена в Красновишерском районе. Сосновецко-Ямжачная антиклинальная зона – это тектоническая структура с серией линейных складок располагается в Красновишерске. Кроме тектонических памятников, есть стратиграфические памятники, и они являются местами, которые уникальны для природы нашего региона.

В Красновишерском районе расположена гора Большой Хапхар-Не-Тумп, хребет Чувальский Камень, гора Помяненный Камень, разрез Гостиный Остров, а в Чердынском районе расположен хребет Березовский Камень. Все особенности рельефа северной территории Пермского края имеют большое значение для развития туристской деятельности.

Формирование климата на севере Прикамья, как и на любой другой территории, обусловлено влиянием трех факторов: количеством солнечной радиации, циркуляцией воздушных масс, подстилающей поверхностью. Климат северного района Пермского края, как и весь климат региона, можно характеризовать как умеренно-

континентальный. Однако имеется ряд особенностей. Распределение солнечной радиации подвластно закону зональности. Соответственно на севере суммарная солнечная радиация на 10-15% больше, чем на юге. Тут также наблюдаются различия по величине и по сезонам года и более резкие, чем на юге.

Влажные и теплые воздушные массы с Атлантики смягчают климат, однако антициклоны и циклоны с севера и юга активно мешают этому процессу. Кроме этого, равнинный рельеф с запада и горный с востока наносят явный отпечаток на климат региона. Горная цепь Уральских гор не дает проходить воздушным массам с востока на запад, создает барьер. Осадки выпадают на склоны гор.

Средняя январская температура воздуха составляет  $-16^{\circ}\text{C}$ , средняя июльская  $+17^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры  $-52,7^{\circ}\text{C}$ , абсолютный максимум  $+36^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовые температуры воздуха на юге округа держатся выше  $0^{\circ}\text{C}$ , а на севере ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . В связи с этим Гайнский, Косинский и Кочевский районы приравнены к районам Крайнего Севера. Среднегодовое количество осадков – 500-600 мм. На территории встречаются опасные природные явления, так например 30 января 2007 г. на метеостанции Чердынь были зафиксированы: сильный ветер (средняя скорость ветра 10-17 м/с), сильная метель, минимальная температура  $-15^{\circ}\text{C}$ , максимальная  $-10^{\circ}\text{C}$ , резкий рост атмосферного давления с 715 до 734 мм.рт.ст., ветер южный 10-17 м/с. Синоптические условия характеризуются прохождением глубокого циклона с центром над югом Коми [10]. Климат благоприятен для активного развития туризма в летний, осенний и весенний периоды года и носит тонизирующий, закалывающий характер.

Приток туристов на север Пермского края обеспечит развитие депрессивных северных территорий региона. Этот район богат водными ресурсами. Водные артерии пронизывают всю территорию. Тут можно выделить такие крупные реки, как Вишера, Колва, Вильма, Яйва, Пильва, Весляна, Велва, Коса, Березовая и многие другие водные объекты (табл. 1). По рекам активно совершаются сезонные сплавы.

Таблица 1.

Крупные реки и их протяженность  
в северном районе Прикамья

Речная артерия	Общая протяженность, км	Протяженность по району, км	Процент локализации рек, %
Вишера	415	337	81
Колва	460	262,5	57
Коса	267	125	46,8
Весляна	266	175	65,7
Язьва	163	100	61,3

На этой территории есть много болот. Большинство из болот – следы бывшего материкового оледенения. Многие болота характеризуются огромными запасами торфяных залежей, но на многих добыча не рекомендована ввиду их природоохранной роли и других ценных качеств: на болотах растут богатые витаминами ягоды: клюква, морошка, княженика.

Кроме рек и болот, отмечены крупные озера, такие как Чусовское, а севернее – Березовское, Большой Кумикуш, Челвинское, Дикое, Нюхти, на территории Гайнского района имеются два озера Адово и Нахты, они являются зоологическими памятниками природы – именно здесь место гнездования лебедя – кликуна (табл. 2).

Таблица 2.

Туристско-рекреационное использование озер [7]

Название озера	Площадь зеркала, га	Максимальная глубина, м	Использование туристами
Чусовское	1910	8,0	Самое большое озеро Пермского края используется в целях рыболовства
Березовское	2,08	4-5	На окрестных болотах занимаются собирательством, на озере – рыболовством
Б о л ь ш о й Кумикуш	17,8	-	Рыболовство
Адово	111,0	6	Примечательно гнездованием редких лебедей-кликунов
Нахты	370	6	Рыболовство
Нюхти	630	2,5	Рыболовство

Как мы видим, богатство водных ресурсов северного курортно-рекреационного Пермского края очень разнообразно. Реки как водные объекты могут быть включены в разные виды туризма (спортивный, познавательный, экологический, сплавы и др.).

Лечебно-оздоровительный туризм в северной части Пермского края может развиваться активно, т.к. имеются все необходимые потенциальные природные лечебные ресурсы (уникальные минеральные воды, лечебные грязи), что дает возможность для строительства новых санаториев бальнеологического профиля как для жителей Пермского края, так и для всей страны. Район располагает также рекреационными природными ресурсами для развития других видов туризма. В Чердынском и Юсьвинском районах в результате сложения аргиллита и песчаника на некоторых территориях можно обнаружить такой вид минеральных вод, как сульфатно-хлоридные кальциево-магниево-натриевые. Хлоридно-сульфатно-натриевые воды феодосийского типа найдены в Юсьвинском районе, что обусловлено залеганием алевролита. Можно также выделить хлоридно-сульфатные магниево-кальциево-натриевые воды аналогичные ижевскому типу, что обусловлено залеганием алевролита и известняка.

На этой территории протекает огромное количество красивейших рек, по которым можно организовывать туристический отдых – сплавы. На востоке располагается цепь Северных Уральских гор, так что можно активно заниматься альпинизмом. Преимуществом также являются уникальные ландшафты, фауна и флора Вишерского заповедника, камни-останцы.

Разнообразные ландшафты хребтов Кваркуш, Чувальский камень, Помяненный камень, Полудов камень, самый высокий в крае Жигаланский водопад (р. Жигалан) создают большую природную туристскую аттрактивность. Некоторые виды туризма носят сезонный характер, но есть свои туристские бренды. Среди них можно выделить этно-фестиваль («Сердце Пармы»), который привлекает туристов из других регионов страны. Кроме этого, в районе в культурно-историческом плане обращает на себя внимание музей деревянной скульптуры (д. Пармайлово). Особое место занимает уникальная культура коми-пермяков (традиционная архитектура, национальная кухня, обряды и праздники), места археологического интереса – памятники раннего железного века, наскальные рисунки (к. Писаный), исторические памятники – средневековые города Чердынь, Ныроб, места старинных поселений.

В настоящее время по результатам исследования туристского потенциала, которые отражены в проекте развития туристско-рекреационных зон Пермского края [9], можно проанализировать особенности развития разных видов туризма на современном этапе (табл. 3).

Таким образом, можно утверждать, что северная часть Пермского края имеет все перспективы для раз-

вития курортного и других видов туризма и может занять достойное место во всем туристском потоке региона. Кроме этого, здесь начинается формироваться определенный и стабильный туристский интерес к району. Среди функционирующих и развивающихся видов туризма можно отметить сплавы, экологический, образовательный (школьный), историко-культурный, познавательный, событийный и пешеходно-прогулочный, а также большое значение имеет организация на больших потенциальных запасах природных лечебных ресурсов лечебно-оздоровительного туризма.

Таблица 3.

Фазы развития некоторых видов туризма  
на севере Пермского края [9]

Вид туризма	Развитие
Пешеходный	Упадок
Лыжный	Упадок
Водный (сплавы)	Насыщение
Спелеотуризм	Упадок
Экологический	Развитие
Охотничье-рыболовный	Стагнация
Историко – культурный	Зарождение, рост
Лечебно-оздоровительный (курортный)	Зарождение и формирование

#### Библиографический список

1. Высоты Уральских гор. URL: <http://www.zel-veter.ru> (дата обращения: 30.01.2015)
2. Географический справочник «О странах». URL: [http://ostranah.ru/\\_lists/area.php](http://ostranah.ru/_lists/area.php) (дата обращения: 25.01.2015)
3. Джангиров А.П. Сервис-экономический потенциал рынка оздоровительного туризма: Автореф. дис. док. экон. наук. Кисловодск, 2012. 44 с.
4. Казаков Н.П. Теория и методология развития экологического предпринимательства в рекреационной сфере : дис. ... док. экон. наук. СПб., 2009. 306 с.
5. Лаврова Т.А. Совершенствование организационных форм регионального управления в сфере туризма на основе использования кадастров туристских ресурсов: Автореферат дис. док. экон. наук. СПб, 2010. 43 с.
6. Никитина О.А. Управление формированием интегрированных санаторно-курортных комплексов в регионе : дис. ... док. экон. наук. СПб., 2009. 368 с.
7. Озера Пермского края. URL: <http://fishprm.narod.ru/index.htm?voda/vod0.htm?voda/ozera.htm> (дата обращения: 25.01.2015)
8. Пермский край. Энциклопедия. URL: <http://enc.permkultura.ru> (дата обращения: 26.01.2015)
9. Мищенко М.А., Зырянов А.И. Проект развития туристско-рекреационных зон Пермского края. Пермь, 2010. 87 с.
10. Назаров Н.Н. География Пермского края. Часть 1. Природная (физическая) география. Пермь, 2009. 125 с.
11. Оборин М.С. Состояние и перспективы развития санаторно-курортной отрасли Пермского края. Современная курортология: наука и практика: сборник трудов научно-практической конференции, посвященной 185-летию курорта «Ключи». Пермь: ПГМА, 2011. С. 178-180.
12. Чайковский И.И. Геологические памятники Пермского края: энциклопедия / Горный институт УрО РАН. Пермь: Книжная площадь, 2009. 616 с.
13. Чилилов А.М. Организационно-экономические и институциональные основы ресурсного обеспечения развития сферы туризма в регионах РФ: дис. ... док. экон. наук. М., 2009. 288 с.
14. Хряков В.В. Организационное и экономическое обеспечение развития курортов в современной России : дис. ... док. экон. наук. М., 2008. 375 с.
15. Яброва О.А. Проблемно-ориентированное развитие туристско-рекреационных комплексов в регионах Российской Федерации: методология и практика управления: Автореферат дис. док. экон. наук. СПб, 2008. 41 с.

#### References

1. The height of the Ural mountains URL: <http://www.zel-veter.ru> (the date of circulation: 30.01.2015)
2. Newspaper «About countries». URL: [http://ostranah.ru/\\_lists/area.php](http://ostranah.ru/_lists/area.php) (date of treatment: 25.01.2015)
3. Dzhangirov A.P. Service-economic potential of health tourism market: Author. dis. doc. econ. sciences. Kislovodsk, 2012. 44 p.
4. Kazakov N.P. Theory and Methodology of environmental businesses in the recreational area: dis. ... doc. econ. Sciences. SPb., 2009. 306 p.
5. Lavrova T.A. Improving organizational forms of regional governance in the field of tourism through the use of the inventory of tourist resources: the Abstract Dis. doc. econ. sciences. St. Pb, 2010. 43 p.
6. Nikitina O.A. Management of formation of the integrated spa resorts in the region: dis. ... doc. econ. sciences. SPb., 2009. 368 p.
7. Lake Perm. URL: <http://fishprm.narod.ru/index.htm?voda/vod0.htm?voda/ozera.htm> (date of treatment: 01.25.2015)
8. Perm region. Encyclopedia. URL: <http://enc.permkultura.ru> (date of treatment: 26.01.2015)
9. Mishchenko M.A., Zyryanov A.I. Development project of tourist-recreational areas of the Perm Territory. Perm, 2010. 87 p.
10. Nazarov N.N. Geography Perm. Part 1: The natural (physical) geography. / N.N. Nazarov. Perm, 2009. 125 p.
11. Oborin M.S. Status and prospects of development of sanatorium branch Perm Krai. Modern balneology: Science and Practice: Proceedings of scientific and practical conference dedicated to the 185th anniversary of the resort "Keys." Perm: PGMA, 2011. Pp. 178-180.
12. Tchaikovsky I.I. Geological monuments of the Perm Territory: Encyclopedia / Institute of Geological Sciences. Perm: Book area, 2009. 616 p.

13. *Chililov A.M.* Organizational-economic and institutional framework of resource support tourism development in the regions of the Russian Federation: dis. ... doc. econ. sciences. M., 2009. 288 p.
  14. *Chryakov V.V.* Organizational and economic support for the development of resorts in modern Russia: dis. ... doc. econ. sciences. M., 2008. 375 p.
  15. *Yabrova O.A.* Problem-oriented development of tourist and recreational complexes in the regions of the Russian Federation: the methodology and practice of management: Abstract of doc. econ. sciences. St. Pb, 2008. 41 p.
-



УДК 501.807

UDC 501.807

**О.В. РУДЕНКО**

кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, Орловский государственный университет  
E-mail: olrudenko2011@yandex.ru

**O.V. RUDENKO**

Candidate of Geography, Associate Professor, Department of geography, Orel State University  
E-mail: olrudenko2011@yandex.ru

**Е.Ю. НОВЕНКО**

кандидат географических наук, ведущий научных сотрудник, кафедра физической географии и ландшафтоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
E-mail: lenanov@mail.ru

**E.YU. NOVENKO**

Candidate of Geography, Senior Scientific Researcher, Department of physical geography and landscape science, Lomonosov Moscow State University  
E-mail: lenanov@mail.ru

## ОТРАЖЕНИЕ СОСТАВА СОВРЕМЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СУБФОССИЛЬНЫХ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫХ СПЕКТРАХ ЭКОТОНА ЛЕСА И СТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)\*

### MODERN VEGETATION OF FOREST/STEPPE ECOTONE OF THE RUSSIAN UPLAND, ORYOL REGION AS REFLECTED IN SUBFOSSIL POLLEN SPECTRA

Обсуждаются результаты изучения субфоссильных спорово-пыльцевых спектров, полученных в экотоне леса и степи Среднерусской возвышенности на территории Орловской области. Установлена степень адекватности отражения состава современной растительности спектрами из различных типов растительных сообществ. В спектрах лесных и лесостепных экосистем завышена доля участия пыльцы ветроопыляемых растений с высокой пыльцевой продуктивностью (сосны и березы). Доля пыльцы березы особенно значительна в спектрах байрачных лесов. Спектры лесостепи характеризуются высоким таксономическим разнообразием группы травянистых растений, присутствием пыльцы культурных злаков и доминированием пыльцы растений, характерных для остепненных сообществ, формирующихся на заброшенных сельскохозяйственных землях. Появление в спектрах пыльцы сегетальных, пастбищных и рудеральных видов рассматривается как надежный диагностический признак нарушения земель и уплотнения субстрата.

Ключевые слова: субфоссильный спорово-пыльцевой спектр, растительность, экотон леса и степи, Среднерусская возвышенность, Орловская область.

*The results of the study for subfossil spore-pollen spectra from forest-steppe ecotone of the Middle-Russian Upland, Orel Region reveal the adequacy between composition of the pollen spectra from different types of plant communities and regional modern vegetation. Pollen spectra from forest and forest-steppe ecosystems feature the exaggerated share of pollen of wind-pollinated plants with high pollen productivity, such as pine and birch. The proportion of birch pollen is particularly significant in the spectra from forested bars. High taxonomic diversity of the group of herbaceous plants is typical for the spectra from forest-steppe zone. They also comprise pollen of cultivated cereals and some other plants, which dominate the steppe communities of abandoned agricultural lands. Pollen of segetal, pascual and ruderal species is considered to be a reliable diagnostic feature of land disturbance the substrate compaction.*

Keywords: subfossil spore-pollen spectra, vegetation, forest/steppe ecotone, Middle-Russian Upland, Orel Region.

### Введение

Спорово-пыльцевой анализ уже не одно десятилетие с успехом применяется для реконструкции палеоландшафтов, динамики экосистем в прошлом и взаимодействия человека и среды его обитания. Однако вопрос, насколько точны выводы о характере растительного покрова, и какой степени детальности в его реконструкции можно достигнуть, применяя спорово-пыльцевой метод, до настоящего времени остается дискуссионным.

Результаты изучения поверхностных, или субфоссильных спорово-пыльцевых спектров (далее в тексте СПС) Европейской части России, изложенные в фундаментальных работах В.П. Гричука и Е.Д. Заклинской (1948), Е.Л. Мальгиной (1952), Р.В. Федоровой (1952; 1956), а также в работах последних лет [7; 10; 12 и др.], показали, что в каждом конкретном регионе эта про-

блема может быть решена путем сопряженного изучения поверхностных проб и описания растительности. В вышеупомянутых работах установлены особенности субфоссильных СПС различных генетических типов отложений, изучена дальность разноса пыльцы древесных и травянистых растений, дана обоснованная характеристика состава СПС для различных географических зон и подзон, определены основные агенты, участвующие в переносе пыльцы от растений-продуцентов. Однако острый дефицит подобных работ, позволяющих выявить узорегиональную и даже локальную специфику и закономерности формирования СПС, ощущается до настоящего времени, причиной чему является неравномерность изучения территории России. Так, например, на территории современной Орловской области, расположенной в экотоне леса и степи, такие ра-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-05-00550) и государственного задания Министерства образования и науки РФ Орловскому государственному университету (проект № 1506).

боты до наших исследований неизвестны, что весьма удивительно, поскольку она довольно детально изучена геоботаниками и краеведами-флористами [3; 4; 13; 18 и многие другие работы].

Вместе с тем, изучение субфоссильных СПС зоны лесостепи имеет очень важное значение, поскольку позволяет установить не только адекватность состава СПС современной растительности, формирующейся в различных геоморфологических и почвенных условиях, но и масштабы антропогенного пресса на территорию с высоким агроклиматическим потенциалом и ландшафтной мозаикой.

Основной задачей проведенных исследований являлся сбор данных о составе и особенностях формирования СПС в различных генетических типах отложений с целью получения надежной актуалистической основы для интерпретации ископаемых пыльцевых спектров и реконструкций изменений растительности в геологическом прошлом.

### Материал и методы исследований

Отбор проб поверхностных осадков для спорово-пыльцевого анализа, а также ботаническое описание растительности в точках пробоотбора проведены в ходе полевых работ 2012-2014 г.г. Всего изучено более 30 образцов, отобранных в различных фациальных обстановках. Результаты, полученные в 2012 г. на территории национального парка «Орловское Полесье» в Знаменском и Хотынецком районах, опубликованы ранее [11].

В 2013-2014 г.г. изучены поверхностный слой (0-2 см) донных осадков искусственных водоемов в Шаблыкинском и Залегощенском районах и в карстовом озере в пос. Лаврово (Орловский район); пойменные луговые фации в долине реки Неруссы (0-5 см); приповерхностный почвенный горизонт (0-2 см от дерновины) в чистом сосняке в Дмитровском районе; верхний почвенный слой (0-2 см от дерновины) в зеленых зонах г. Орла (Знаменский и Медведевский леса), смешанных березово-дубовых и березово-осиновых лесах вторичного происхождения (Болховский район) и хвойно-широколиственных Нарышкинского природного парка (Урицкий район) и Шестаковского ботанического парка (Мценский район). Несколько проб было отобрано на низинном осоково-пушищевом болоте, на склонах террас рек Нугрь, Ока и Нерусса, а также на зарастающих полях, на границе лес/поле и в залесенных балках (Рис.1).

Образцы для спорово-пыльцевого анализа подготовлены по стандартной методике с применением йодистокадмиевой тяжелой жидкости с удельным весом 2.2 г/см<sup>3</sup> [14]. Для определения концентрации пыльцы и спор в осадке на начальной стадии пробоподготовки в осадок весом 3-5 г добавлена 1 таблетка спор-маркеров *Lycopodium* (Batch 1031) [22].

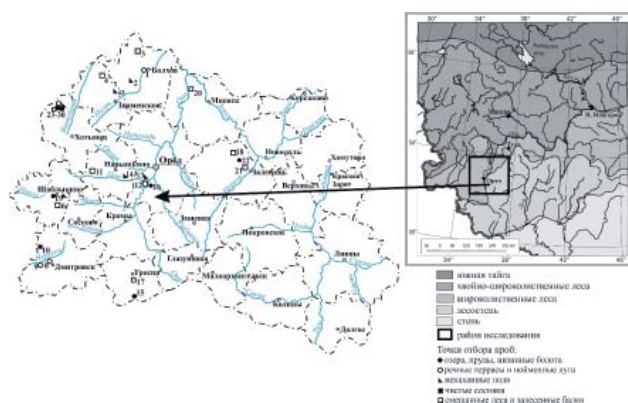


Рис.1. Местоположение точек пробоотбора.

Идентификация микрофоссилий осуществлялась под микроскопом Motic-B1-220A при увеличении  $\times 400$  с привлечением опубликованных атласов и ключей [5; 6; 14]. Во всех образцах, кроме 3,4,8,9 и 14, подсчитано от 200 до более 500 пыльцевых зерен.

Обработка данных и построение спорово-пыльцевой диаграммы проводились с помощью пакета программ Tilia/TiliaGraph/TGView [19; 20]. За 100% принята сумма пыльцы древесных и кустарниковых (AP – arboreal pollen) и травянистых и кустарничковых растений (NAP – non-arboreal pollen). Процентные соотношения пыльцы водных и прибрежно-водных растений рассчитаны от этой суммы.

Кроме пыльцы отдельно подсчитаны непыльцевые палиноморфы (НПП), к которым отнесены споры растений и грибов родов *Glomus* и *Gelasinospora* (почвенный грибок, поселяющийся на посевах и, возможно, вызывающий полегание пшеницы и овса), а также колонии пресноводных хлорофитовых водорослей родов *Pediastrum* и *Botriococcus*. Их процентные соотношения рассчитаны от суммы всех НПП, принятой за 100%.

### Характеристика района исследования

Орловская область расположена в центре Русской равнины и представляет собой приподнятую холмистую равнину, довольно сильно изрезанную долинами небольших рек, балками и оврагами. Климат области умеренно-континентальный. Самый теплый месяц – июль ( $+17$ - $+19.6^{\circ}\text{C}$ ), самый холодный – январь ( $-9$ - $-10.5^{\circ}\text{C}$ ). Общая продолжительность периода с положительной средней суточной температурой воздуха достигает 215-225 дней в году. Атмосферных осадков выпадает в среднем 500-580 мм в год [15].

По поймам рек, балкам и лощинам, на местах выхода грунтовых вод широко распространены болота, в подавляющем большинстве – низинные торфяники. Общая площадь их невелика, большинство сосредоточено на западе и северо-западе области, в пределах Брянско-Жиздринского полесья. Луга области имеют вторичное происхождение. По склонам балок и крутым берегам некоторых рек сохранились небольшие по площади участки северных луговых степей. Средний показатель лесистости в области – около 9.5%, максимальный – на юго-западе в Дмитровском районе (26%) и западе в Знаменском и Хотынецком районах (24%) [4].

**Описание современной растительности  
в окрестностях точек отбора проб**

Сосновый бор в Дмитровском районе образован сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), достигающей высоты более 20-25 м; сомкнутость древостоя – ~0.2.

На изученных площадках в смешанных лесах, кроме сосны обыкновенной и ели европейской (*Picea abies*) растут дуб черешчатый (*Quercus robur*), клён остролистный (*Acer platanoides*), 3 вида липы – сердцелистная (*Tilia cordata*), пушистая (*Tilia tomentosa*) и крупнолистная (*T. platyphyllos*). В более сырых местах встречаются ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), осина обыкновенная (*Populus tremula*), ольха черная (*Alnus glutinosa*) и серая (*Alnus incana*). В подлеске – лещина (*Corylus avellana*), крушина ломкая (*Frangula alnus*), бересклет (*Euonymus europaeus*). Байрачные леса беднее по составу и представлены, в основном, порослевыми дубравами с примесью диких плодовых деревьев (яблони, вишни), а также боярышником, крушиной и лещиной в подлеске. Встречены одиночные молодые деревья *Betula pendula* семенного происхождения высотой до 5 м. В травяном покрове доминируют злаки (в т.ч. *Bromopsis inermis*), земляника зеленая (*Fragaria viridis*), сокольник щетинистый (*Leontodon hispidus*). Проективное покрытие – 3 балла. Меньшее проективное покрытие имеют *Campanula* sp., лабазник обыкновенный (*Filipendula vulgaris*), девясил волосистый (*Inula hirta*), шалфей луговой (*Salvia pratensis*), василистник простой (*Thalictrum simplex*), борец дубравный (*Aconitum nemorosum*).

Во Мценском районе на изученном участке Шестаковского парка, являющегося памятником садово-паркового искусства XIX в., древесный ярус представлен сосной европейской, елью европейской и сибирской, встречаются одиночные деревья липы сердцелистной, клена полевого (*Acer campestre*) и березы пушистой. Сомкнутость древостоя – ~0.1-0.2. Высота хвойных деревьев превышает 15 м. В кустарниковом ярусе – лещина, дикая смородина (*Ribes* sp.), рябинник рябинолистный (*Spiraea sorbifolia*).

В структуре пойменных лугов выделяют 3 основные части – приустьевую, центральную и притеррасную [1]. Центральная часть изученного участка поймы р. Неруссы отличается наиболее богатым видовым составом растительности. Доминирует луговое разнотравье с большой долей участия *Valeriana officinalis*, *Geranium pratense*, *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Knautia arvensis*, *Myosotis palustris*, *Galium*. На приустьевой части травостой более редкий, в отдельных местах преобладают злаки, к ним примешиваются бобовые и разнотравье, а также *Euphorbia*, *Thalictrum minus*. На притеррасной части обычны плотнокустовые злаки, встречаются *Filipendula ulmaria*, *Valeriana officinalis*, *Rumex confertus*, *Caltha palustris*, бобовые. Берега заняты *Salix*, *Alnus glutinosa*, *Rubus*, *Cirsium palustre*.

Низинное болото в Троснянском районе пушицевое-сфагновое с багульником (*Ledum palustre*). Мохово-напочвенный покров образован бриевыми и сфагновыми

мхами, проективное покрытие – ~70%. Берега зарастающих в Шаблыкинском и Залегощинском районах водоемов заселены тростником обыкновенным (*Phragmites australis*) и рогозом широколистным (*Typha latifolia*).

**Результаты спорово-пыльцевого анализа**

Спорово-пыльцевые спектры лесных сообществ.

Полученные данные показали, что в них преобладает пыльца древесных пород, соотношение которых в лесах зависит от местных эдафических условий (Рис.2а). Доля пыльцы ветроопыляемых растений с высокой пыльцевой продуктивностью (сосны и березы) практически везде завышена по отношению к участию этих пород в составе древостоя. Интересно отметить, что максимальные значения доли пыльцы сосны (более 85%) отмечены не в чистом сосновом бору на юго-западе области, где она не превышает 70%, а в почвенном слое смешанных лесов Болховского и Знаменского районов, примыкающих к лесным массивам НП «Орловское Полесье» и заповеднику «Калужские Засеки» и расположенных ближе других лесных массивов Орловской области к южной границе южной тайги (Рис.1), откуда пыльца сосны может легко переноситься ветрами северо-западных румбов.

Пыльца ели встречается в процентных значениях, не превышающих 2-5%, в основном в СПС западной и северо-западной части области и единичными экземплярами за пределами ареала в образцах из Залегощинского района. Это свидетельствует о заниженной ее роли в СПС лесных сообществ и подтверждает возможность дальнего переноса на расстояния порядка сотен километров.

Доля пыльцы березы особенно велика в СПС из байрачных лесов (9-19%), зеленых зон г. Орла (до 63,5%) и смешанных лесов Мценского и Шаблыкинского района (27-30%). Доля пыльцы сосны в данных СПС, напротив, минимальна и не превышает 5-14%, только в спектрах Шестаковского ботанического парка на севере области она повышается до 52%.

Пыльца широколиственных растений встречалась в препаратах довольно редко и единично. Чаще всего регистрировалась пыльца дуба, пыльцевая продуктивность которого выше, чем у других растений. Максимальное количество пыльцы дуба (более 5%) зарегистрировано в спектрах балки в Залегощинском районе, склоны которой поросли молодняком березы с примесью дуба и диких яблонь. В целом, участие пыльцы широколиственных растений в СПС в значительной степени занижено в сравнении с их реальной ролью в составе древостоя, что связано с морфоструктурными особенностями пыльцевых зерен, не позволяющими сохраняться пыльце в осадках, а также с меньшей пыльцевой продуктивностью в сравнении с сосной.

Спорово-пыльцевые спектры лесостепи, в том числе агрокультурных ландшафтов, имеют четкие отличия от спектров лесной зоны (Рис.2а). Так, несмотря на типичное доминирование летучей пыльцы сосны (22-54%), в них заметно увеличивается содержание пыльцы трав (42-54,5%) и таксономическое разнообразие этой



группы. Определяющая роль принадлежит пыльце растений, характерных для остепненных сообществ, формирующихся на заброшенных сельскохозяйственных землях – сложноцветным, полыни, маревым и злакам, в том числе и сеgetальных (*Sonchus arvensis*, *Centaurea cyanus*, *Convolvulus arvensis*, представители сем. Brassicaceae) и рудеральных (*Arctium*-type, *Xanthium*-type) сорняков, а также растений-индикаторов нарушенных субстратов (*Polygonum aviculare*) [9]. Постоянным компонентом СПС является пыльца культурных злаков (Cerealia), которая не переносится на расстояния далее нескольких километров [17].

Доля пылицы древесных пород в СПС лесостепи существенно завышена по отношению к реальному участию древесной растительности на окружающей территории, что неоднократно отмечали палинологи, проводившие исследования на границе леса и степи [7; 8; 16; 17]. Особенно доля этой группы возрастает на площадках, непосредственно примыкающих к лесным участкам (граница лес/поле), и в точках пробоотбора, расположенных на речных террасах.

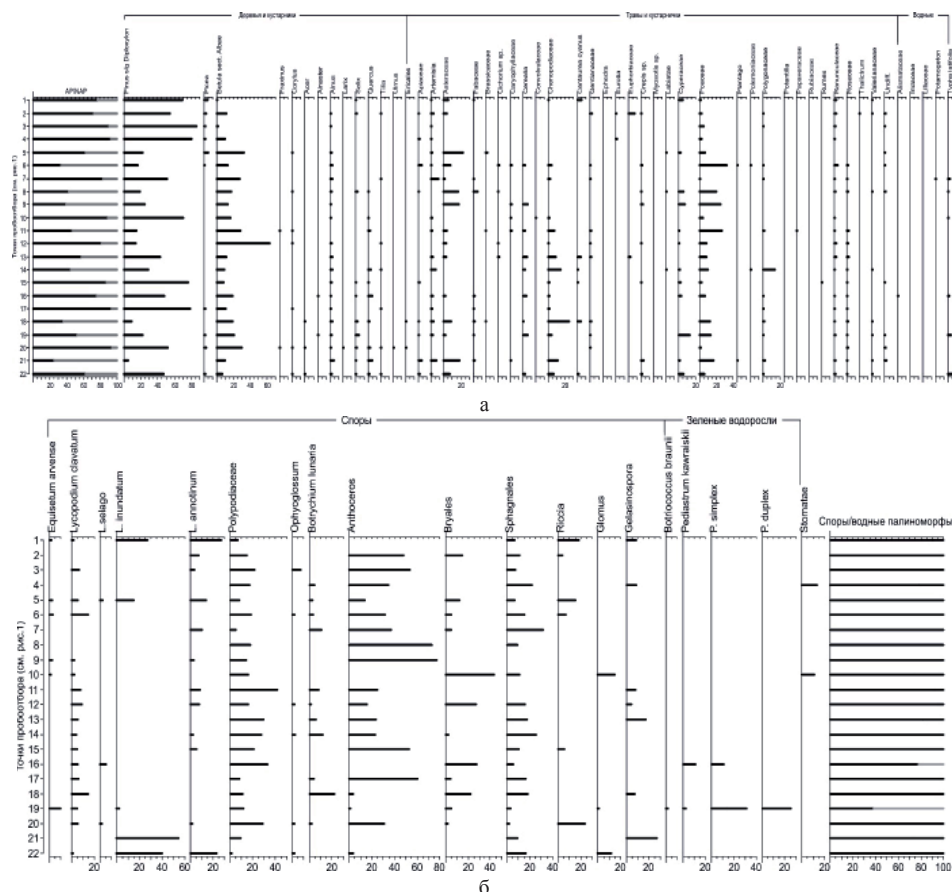
В группе НПП абсолютно доминируют споры (от 82 до 100%) (Рис.26). Наиболее высока доля участия спор печеночных мхов *Anthoceros* sp. (до 48% в точке на границе лес/поле в Болховском районе), сфагнумов и папоротников. Очень часто антоцеротовые выступают в роли пионерных растений, первыми поселяющихся на гидроморфных глинистых поверхностях, в придорожных канавах и прочих обнаженных субстратах [23]. В группе спор плаунов чаще остальных встречались

*Lycopodium annotinum*, *L. clavatum* и *L. inundatum*, особенно в спектрах точек на границе лесной и лесостепной зон (до 11% от общего числа НПП). В спектрах агроландшафтов Орловского района зафиксировано максимальное количество (более 17% от общего числа НПП) аскоспор почвенного гриба рода *Gelasinospora* сем. Sordariaceae, поселяющегося на посевах и вызывающего их полегание [23].

Спорово-пыльцевые спектры пойменно-луговых и болотных экосистем. Спектры низинного болота в Троснянском районе изобилуют пылью сосны (76%) и спорами *Anthoceros* sp. (52%). Значительно меньше пыльцы березы, злаков и осок. Здесь же зафиксирован пик содержания спор печеночных мхов рода *Riccia* (более 5%), предпочитающих гидроморфные условия обитания.

Спектры пойменно-луговых сообществ обогащены пылью берез (более 17%), (злаков (20%) и сложноцветных (более 17%) и спорами *Anthoceros* sp. (до 72% от общего количества НПП). Доля пыльцы ивы максимальна в сравнении с остальными изученными участками и составляет около 3%, свидетельствуя о ее заниженном содержании в спектрах в сравнении с составом пойменной растительности. Группа водных и прибрежно-водных растений представлена пылью *Typha latifolia*, что отражает реальную картину прибрежной растительности.

Концентрация пыльцы варьирует от  $1.7 \times 10^3$  экз/г в почвах поймы до  $44 \times 10^3$  экз/г в верхней части сфагновой «подушки» на болоте (Рис.3).



**Рис.2.** Спорово-пыльцевая диаграмма: а – пыльца; б – непыльцевые палиноморфы.



### Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры из всех изученных сообществ в целом адекватно описывают окружающую растительность. Сочетание нескольких точек дает возможность достаточно полно описать растительность не только на региональном, но и на локальном уровне. Однако следует учитывать, что доля участия пыльцы широколиственных растений сильно занижена в сравнении с реальной картиной их роли в составе растительных сообществ.

2. Состав и соотношение основных компонентов спорово-пыльцевых спектров отражают трансформацию растительного покрова вследствие хозяйственной деятельности человека. На качественном уровне подобные реконструкции основаны на таких надежных диагностических признаках изменений пыльцевых спектров, как, во-первых, увеличение доли группы пыльцы травянистых растений и березы, а также небольшой процент участия в спектрах пыльцы сосны и практически полное отсутствие пыльцы ели и широколиственных пород; во-вторых, появление пыльцы культивируемых растений (злаков, гречихи) и специфических видов-индикаторов нарушенных грунтов и сельскохозяйственных земель.

3. Пыльца культурных злаков (Cerealia) в зоне широколиственных лесов и лесостепи является постоянным компонентом спектра. Вариации ее доли в составе спектров могут служить косвенным диагностическим признаком величины антропогенной нагрузки на природные комплексы.

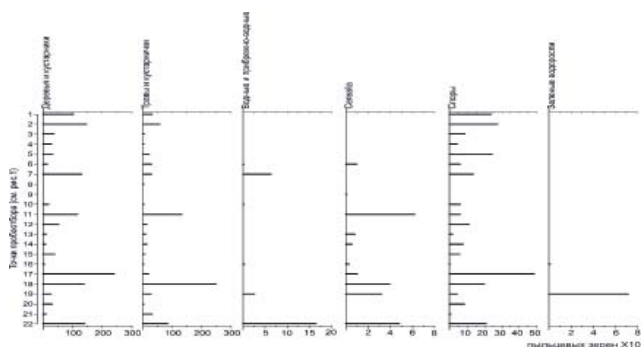


Рис. 3. Концентрация основных групп микрофоссилий в поверхностных осадках различного генезиса, зерен/г.

Спорово-пыльцевые спектры донных осадков водоемов отличаются, в первую очередь, присутствием пыльцы водных и прибрежно-водных растений, повышенной процентной долей пыльцы ольхи и ивы. Кроме того, в них присутствует пресноводная альгофлора, составляющая до 60% от общего числа НПП. В ассоциации доминируют представители колониальных хлорофитовых водорослей рода *Pediastrum* (*P. kawraiskii* и *P. simplex*). Значительно меньше *Botriococcus braunii*, характерных для олиготрофных озер умеренных и более северных широт, цветение которых токсично для других обитателей водоемов, особенно рыб [21]. В группе спор значительна доля участия хвощей и папоротников. Но в целом, как и в большинстве изученных спектров, содоминирует пыльца сосны и березы, хотя и в меньших процентных долях, чем в спектрах лесных и лесостепных экосистем.

### Библиографический список

1. Богатищева И.Ю. Ресурсы медоносных растений Центральной лесостепи: Дис. канд. с.-х. наук. Орел, 2003. 252 с.
2. Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемой пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географиз, 1948. 224 с.
3. Еленевский А.Г., Радыгина В.И. Определитель сосудистых растений Орловской области. М.: МПГУ, 2005.
4. Киселева Л.Л., Пригоряну О.М., Щербаков А.В., Золотухин Н.И. Атлас редких и охраняемых растений Орловской области. Под ред. М.В. Казаковой. Орел: Издатель А.В. Воробьев, 2012. 468 с.
5. Куприянова Л.А. Палинология сиреневых. М.: Наука, 1965. 214 с.
6. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. 184 с.
7. Лаптева Е.Г. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры современной растительности южного Урала. Вестник Башкирского университета. 2013. Т. 18. № 1. С. 77-81.
8. Мальгина Е.А. Опыт сопоставления распространения пыльцы некоторых древесных пород с их ареалами в пределах Европейской части СССР. Труды ИГ АН СССР. 1950. Т.46. Вып.3. С. 256-270.
9. Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука, 1983. 454 с.
10. Новенко Е.Ю., Носова М.Б., Красноуцкая К.В. Особенности поверхностных спорово-пыльцевых спектров южной тайги Восточно-Европейской равнины. Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып. 2. Изд-во ТулГУ, 2011. С. 345-354.
11. Новенко Е.Ю., Руденко О.В., Волкова Е.М., Зюганова И.С. Динамика растительности Национального парка «Орловское Полесье» в позднем голоцене. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: «Естественные, технические и медицинские науки». 2014. №3 (59). 2014. С. 302-310.
12. Носова М.Б., Новенко Е.Ю., Зерницкая В.П., Дюжова К.В. Палинологическая индикация антропогенных изменений растительности восточно-европейских хвойно-широколиственных лесов в позднем голоцене. Известия РАН. Сер. геогр. № 4. 2014. С. 35-43.
13. Парахина Е.А. Деревья и кустарники Орловской области: дикорастущие и интродуцированные. Дисс. канд. биол. наук. С-Петербург, 2007. 305 с.
14. Пыльцевой анализ. Покровская И.М. (ред.). Госгеолитиздат, М., 1950.
15. Трофимец Л.Н. Климатические условия Орловской области. В кн.: За страницами учебника географии Орловской области. Под ред. А.М. Сараевой, Л.В. Суханова. М.: Изд-во МГУ, 2004. С. 41-55.
16. Федорова Р.В. Количественные закономерности распространения пыльцы древесных пород воздушным путем. Труды ИГ АН СССР. 1952а. Т. 52. С. 91-103.
17. Федорова Р.В. Рассеивание воздушным путем пыльцы некоторых травянистых растений. Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1956. № 1. С. 145-165.
18. Хитрово В.Н. Конспект флоры Орловской губернии. 1923. 114 с.
19. Grimm E.C. Tilia and TiliaGraph PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, working group on data-handling Marseille. Marseille methods. Newsletter 4: 1990. Pp. 5-7.

20. Grimm E.C. TGVView. Illinois State Museum, Research and Collections Center, Spring. 2004.
21. Metzger P. and Largeau C. Botryococcus braunii: a rich source for hydrocarbons and related ether lipids. Applied Microbiology and Biotechnology. 2005. № 6 (25). Pp. 486–96.
22. Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. Pollen et Spores 13, 1971. Pp. 615–621.
23. van Geel B. Application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analysis. In Berglund, B. E. (ed.) Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. Wiley, Chichester: 1986. Pp. 497–505.

#### References

1. Bogatishcheva I.Yu. Resources of the honey plants of the Central forest-steppe region. Candidate dissertation in Agriculture. 2003. Orel, 252 p.
  2. Grichuk V.P., Zaklinskaya Ye.D. Analysis of the fossil pollen and spores and its application in paleogeography. Moscow, Geografiz. 1948. 224 p.
  3. Yelenevskii A.G., Radygina V.I. The key of vascular plants of the Orel Region. Moscow, Moscow Pedagogical University Publ. 2005.
  4. Kiseleva L.L., Prigoryanu O.M., Sherbakov A.V., Zolotukhin N.I. Atlas of the rare and protected plants of the Orel Region. M.V. Kazakova (Ed.). Orel, A.V. Vorobjev Publ., 2012. 468 p.
  5. Kupriyanova L.A. Palynology of the Amentiferous. Moscow: 1965. Nauka Publ. H., 214 p.
  6. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. Pollen of Dicotyledons from the Flora of the European Part of USSR. Leningrad, 1978. Nauka Publ. H., 178 p.
  7. Lapteva Ye.G. Subfossil spore-pollen spectra of modern vegetation of the South Urals. Bashkirian University Bulletin, 18 (1). 2013. Pp. 77–81.
  8. Mal'gina Ye.A. The experience in comparing of dispersion of pollen of some arboreal plants with their domains within the European part of the USSR. IG of the USSR AS Proceedings, 46 (3). 1950. Pp. 256–270.
  9. Nikitin V.V. Weed plants of the flora of the USSR. Leningrad, Nauka Publ. H., 1983. 454 p.
  10. Novenko Ye.Yu., Nosova M.B., Krasnorytskaya K.V. Peculiarities of surface spore-pollen spectra from southern taiga of the East European Plain. Tiula SU Bulletin 2. 2011. Pp. 345–354.
  11. Novenko Ye.Yu., Rudenko O.V., Volkova Ye.M., Zaganova I.S. Vegetation dynamics in the «Orlovskoye Polesye» National Park through the late Holocene. Scientific notes of Orel State University. Series: "Natural, technical and medical science". 2014. 3 (59). Pp. 302–310.
  12. Nosova M.B., Novenko Ye.Yu., Zernitskaya V.P., Dyuzhova K.V. Palynological indication of anthropogenic vegetation changes in east European mixed forests during the late Holocene. Bulletin of the RAS, ser. geogr. 4. 2014. Pp. 35–43.
  13. Parakhina Ye.A. Trees and shrubs of the Orel region: wild and introduced. Candidate dissertation in Biology. 2007. St-Petersburg: 305 p.
  14. Pollen analysis. Pokrovskaya, I.M. (Ed.) 1950. Moscow, Gosgeolizdat: 571 p.
  15. Trofimez L.N. Climate environments in the Orel Region. In: A.M. Saraeva and L.V. Sukhanov (Eds.). Beyond the pages of the textbook of geography of the Oryol region. Moscow, MSU Publ. 2004. Pp. 41–55.
  16. Fedorova R.V. Quantitative peculiarities of aeolian dispersion of arboreal plants. Proceedings of IG AS of the USSR 52. 1952. Pp. 91–103.
  17. Fedorova R.V. Aeolian dispersion of pollen of some herbaceous plants. Bulletin AS of the USSR, ser. geogr. 1. 1956. Pp. 145–165.
  18. Khitrovo V.N. List of the flora of the Orel Province. 1923. 114 p.
  19. Grimm E.C. Tilia and TiliaGraph PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, working group on data-handling methods. Newsletter 4. 1999. Pp. 5–7.
  20. Grimm E.C. TGVView. Illinois State Museum, Research and Collections Center, Springfield. 2004.
  21. Metzger P. and Largeau C. Botryococcus braunii: a rich source for hydrocarbons and related ether lipids. Applied Microbiology and Biotechnology № 6 (25). 2005. Pp. 486–496.
  22. Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. Pollen et Spores 13. 1971. Pp. 615–621.
  23. van Geel B. Application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analysis. In Berglund, B.E. (ed.) Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. Wiley, Chichester. 1986. Pp. 497–505.
-

УДК 577.346

UDC 577.346

**Л.Н. ТРОФИМЕЦ**

кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, Орловский государственный университет  
E-mail: trofimetc\_l\_n@mail.ru

**Е.А. ПАНИДИ**

кандидат технических наук, доцент, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербургский государственный университет  
E-mail: panidi@yandex.ru

**Т.Л. ИВАНЕХА**

начальник отдела информационного обеспечения, Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский»  
E-mail: ivaneha.taras@gmail.com

**L.N. TROFIMETZ**

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geography, Orel State University E-mail: trofimetc\_l\_n@mail.ru

**E.A. PANIDI**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Geography and Geoinformatics, Saint-Petersburg State University  
E-mail: panidi@yandex.ru

**T.L. IVANEHA**

Head of Information Supply Department Centre of Chemization and Agricultural Radiology "Orel"  
E-mail: ivaneha.taras@gmail.com

## РОЛЬ СОВРЕМЕННОЙ РУЧЕЙКОВОЙ СЕТИ В ТРАНСФОРМАЦИИ РЕЛЬЕФА РАСПАХИВАЕМЫХ СКЛОНОВ\*

### THE ROLE OF THE NETWORK OF MODERN STREAMS IN RELIEF TRANSFORMATION ON ARABLE SLOPES

*В статье рассмотрена проблема изучения трансформации рельефа распахиваемых территорий, обусловленной мелиоративными мероприятиями, проводившимися в 70-е годы прошлого столетия. Авторами изучено состояние современной эрозионной сети на распахиваемом склоне, представленной древними ложбинами стока и современными ручьями. Радиоцезиевый анализ позволил установить, что смыв почвы в тальвегах современных ручьев и древних ложбин, на склоне южной экспозиции, сравним по величине. На склоне северной экспозиции радиоактивность почвы в тальвегах современных ручьев на 40% ниже, чем в тальвегах древних ложбин.*

*Ключевые слова:* дренажная система, ложбина стока, ручьи, цезий-137, смыв почвы, экспериментальный полигон.

*The paper describes the study of the problem of the relief transformation on arable slopes, which due to the melioration activities carried out in the 1970s. The authors studied the state of modern erosion network on arable slope, represented by the ancient ravines and modern streams. Radiocaesium analysis allowed to identify that the soil runoff at the thalwegs of modern streams and at the ancient ravines are comparable in magnitude for the slope of southern aspect. The soil radioactivity in the thalwegs of modern streams is 40% lower than in the thalwegs of ancient ravines on the northern aspect slope.*

*Keywords:* Drainage System, Runoff Ravine, Streams, Cesium-137, Soil Runoff, Test Area.

**Введение.** Анализ рельефа как фактора, участвующего в формировании путей переноса загрязненного почвенного материала, входит в круг проблем экологической геоморфологии. Трансформация рельефа, происходящая вследствие антропогенного преобразования земной поверхности, приводит к изменению путей переноса загрязняющих веществ во всех средах.

В статье рассматриваются некоторые вопросы формирования современных эрозионных процессов на распахиваемом склоне в бассейне верхней Оки. Изучаемая территория относится к областям с распространенными формами палеокриогенного рельефа [1]. Она входит в зону чернобыльского загрязнения. Роль палеокриогенного рельефа в переносе радионуклидов изучается авторами статьи с 2009 года. О роли палеорельефа в распространении и захоронении опасных веществ упоминали и украинские геологи, и геоморфологи при изучении загрязнения грунтов в зоне Чернобыльской аварии [4].

Процессы переноса почвенного вещества сопровождают эрозионную деятельность текучих вод, отличающуюся по интенсивности в разные эпохи увлажнения. Современный период, насчитывающий, по меньшей

мере, 15 лет потепления зимнего сезона с практически ежегодной регистрацией нулевого смыва на стоковой площадке Новосильской ЗАГЛЮС [7], не мог не повлиять на изменение интенсивности эрозионной активности на склоновых поверхностях.

**Постановка проблемы.** О ручьях, осуществляющих интенсивную эрозионную работу в тальвегах древних ложбин стока, осложняющих склоновые поверхности междуречий, говорится, например, в исследованиях Н.Н. Бобровицкой [2]. Дополняя исследования других авторов, мы рассматриваем интенсивность эрозионных процессов, и, соответственно, смыва почвы на распахиваемых склонах как в пределах ложбин стока, сформированных более 10000 лет назад [1, 6-8], так и в тальвегах современных ручьев, не всегда совпадающих с тальвегами ложбин стока.

Можно утверждать, что эрозионно активные ландшафты на распахиваемых склонах сегодня – это древние ложбины стока мезомасштаба, совпадающие с современными ручьями; ложбины микромасштаба с практически невыраженной ручейковой сетью; а также ручьи, текущие независимо от направления ложбин стока. Причины несовпадения направления течения

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-05-07463 А.



современных ручьев и тальвегов древних ложбин не всегда очевидны. Тем не менее, степень участия современных ручьев в формировании смыва почвы и в процессе перемещения загрязняющих веществ должна и может быть установлена. Такая возможность появилась благодаря внедрению в практику исследований радиоцезиевого метода [3, 10 и др.].

**Материалы и методы.** Радиоцезиевый анализ сегодня является одним из немногих методов, которые позволяют при сравнительно небольших затратах (как финансовых, так и трудозатратах) «точно» диагностировать почвы разной степени смытости. Поэтому объектом настоящего исследования явилась радиоактивность пахотного слоя серой лесной почвы (оцениваемая по цезию-137 чернобыльского происхождения).

**Предмет** исследования – современная и древняя эрозионная сеть на распахиваемых склонах. Работы проводились в пределах экспериментального полигона в бассейне верхней Оки (бассейн реки Сухая Орлица Орловского района Орловской области). Использован комплекс методов (индикационные, геоинформационные, геоморфометрические и др.), что было продиктовано основной целью – установить роль современной эрозионной сети в преобразовании рельефа распахиваемых склонов. Пробы почвы отбирались из пахотного горизонта (слоя 0-20 см). Точки отбора проб фиксировались спутниковыми навигационными приёмниками, частично использовались топографические материалы. Пробы подвергались радиологическому и, частично, агрохимическому анализу. Точки наносились на топографическую карту и космический снимок сверхвысокого разрешения (данные открыто опубликованы в Google Earth). С использованием ряда методов геоморфометрии [9,11] рассчитывались морфометрические показатели рельефа, которым ставились в соответствие значения активности цезия-137 в точках отбора почвенных проб, для чего было использовано программное обеспечение GIS SAGA. Для диагностирования тальвегов современных ручьев использовался метод фитоиндикации [8]. Метод биолокации использовался для установления зоны «активного подземного водосбора» [6]. Методы геоморфометрии в сочетании с методами геоинформационного анализа позволили количественно оценить роль современной эрозионной сети в преобразовании рельефа склоновых поверхностей распахиваемых междуречий.

**Обсуждение результатов.** На Рис.1 приведен фрагмент космического снимка с тальвегами современных ручьев (1) и тальвегом древней ложбины-истока балки (2). Из Рис.1 видно, что активность цезия-137 изменяется от 32 до 200 Бк/кг, что говорит о разной степени смытости почв на участке.

На Рис.2 приведен фрагмент карты площади сбора, построенной по методу DEMON [11]. На Рис. 1 и 2 видно, что современные ручьи «секут» древние ложбины стока, хорошо распознаваемые на карте площади сбора как зоны максимальной площади сбора (участки темного цвета). На Рис.3 показан экспериментальный полигон у основания склона южной экспозиции (размеры

полигона 40 м x 32 м), в непосредственной близости от которого средствами навигации зафиксирован тальveg современного ручья. На Рис.3 видно, что экспериментальный полигон (нивелированием получены относительные отметки точек отбора проб, расположенных с шагом 2 метра) «захватывает» тальveg древней ложбины стока. Данный полигон использован нами для выявления особенностей поведения цезия-137 в условиях ложбинного микрорельефа (ширина ложбинных понижений 7-8 метров; разделяющих ложбины блочных повышений – 12-13 м.). Полигон расположен в той части склона, где наиболее выражен процесс смыва почвы (у основания склона южной экспозиции). Выбору места полигона предшествовал анализ распределения цезия-137 вдоль трансекты 112, расположенной перпендикулярно падению склона. На Рис.4 трансекта 112 идентифицируется серией точек перед оврагобачной лесополосой. Шаг сетки точек отбора проб назначался в соответствии с рекомендациями Алифанова и др. [1]. Координаты тальвега ручья и точек отбора проб фиксировались с помощью GNSS-приёмников (GPS-приёмников).

На Рис.4 приведен фрагмент карты активности цезия-137 в тальвеге полигона на склоне южной экспозиции и в тальвеге ручья и ложбины на склоне северной экспозиции (положение тальвега полигона определялось по данным нивелирования семнадцати профилей, расположенных с интервалом два метра; ложбины – по данным нивелирования нескольких поперечных профилей вдоль склонов южной и северной экспозиции).

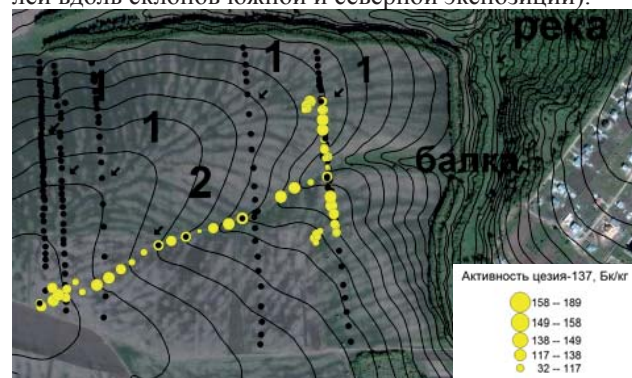


Рис. 1. Активность цезия-137 вдоль тальвега современного ручья (1) и вдоль тальвега древней ложбины – истока балки (2). Космический снимок © DigitalGlobe, Google.

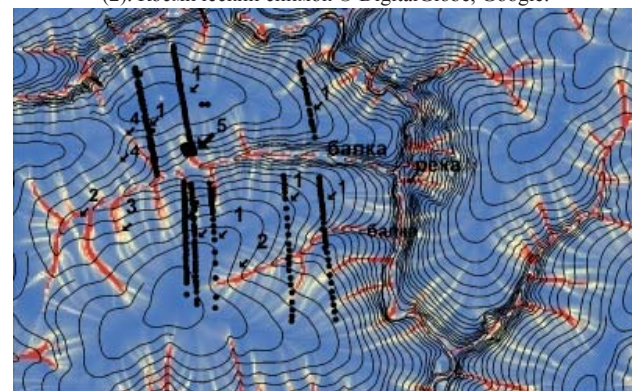


Рис. 2. Карта площади сбора, изогипсы, современные ручьи (1), одиночные древние ложбины (2), древовидные древние ложбины (3), ложбины мезомасштаба (4), полигон 20x17 м (5).



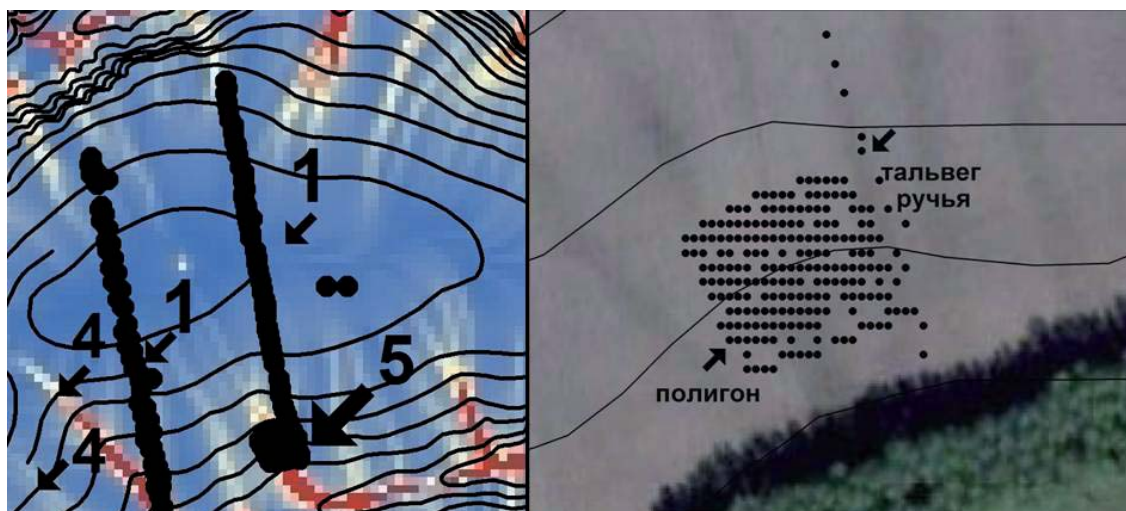


Рис. 3. Слева – фрагмент карты площади сбора, справа – космического снимка (основание склона южной экспозиции). Полигон (5), расположенный в пределах тальвега древней ложбины (4). Рядом – тальвег современного ручья (1). Космический снимок © DigitalGlobe, Google.



Рис. 4. Слева – основание склона южной экспозиции (подписи показывают активность цезия-137, в тальвеге ложбины – малые кружки, в тальвеге современного ручья – большие кружки). Справа – основание склона северной экспозиции (подписи показывают активность цезия-137 у основания склона северной экспозиции, в тальвеге современного ручья – числа слева, в тальвеге ложбины – числа справа). Космический снимок © DigitalGlobe, Google.

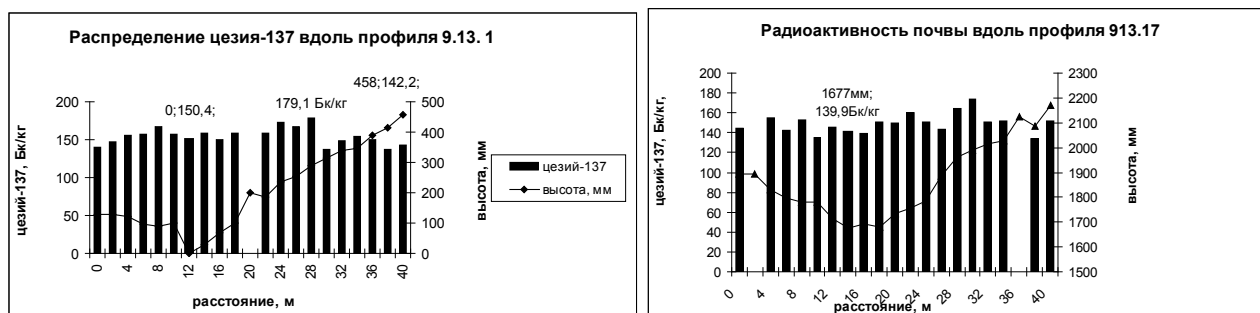


Рис. 5. Распределение активности цезия-137 вдоль профилей тестового полигона: 9.13.1 (в нижней части ложбины) и 9.13.17 (выше по ложбине).

На диаграммах (Рис.5) приведены два профиля с активностью цезия-137 (в тальвеге ложбины на склоне южной экспозиции) – 150,4 Бк/кг (профиль 9.13.1) и 139,9 Бк/кг (профиль 9.13.17). Видно, что активность цезия-137 в тальвеге современного ручья сопоставима с активностью в тальвеге ложбины (вывод справедлив для склона южной экспозиции). Отмечается некоторое превышение активности цезия-137 в тальвеге ложбины по сравнению с активностью цезия-137 в тальвеге со-

временного ручья, однако это превышение находится в пределах ошибки определения радиоактивности почвы.

Профильная кривизна на Рис.6 позволяет объяснить вариабельность активности цезия-137 в тальвеге ложбины на склоне южной экспозиции [7]. Анализ карты профильной кривизны показал, что кривизна на трансекте 9.13.1 характеризуется отрицательными значениями (-0,008). Это означает, что трансекта 9.13.1 находится в области аккумуляции. Трансекта 9.13.17

находится в области положительной профильной кривизны (0,0012), что свидетельствует о зоне смыва. В зоне аккумуляции (на профиле 9.13.17) активность цезия-137 выше (150,4 Бк/кг), чем в зоне смыва (на профиле 9.13.1) – 139,9 Бк/кг. В зоне аккумуляции и днище ложбины (на профиле 9.13.1) выше на 1,5 см чем в зоне смыва (на профиле 9.13.17). Этот факт подтверждает, что повышенная радиоактивность почвы соответствует намытой почве.

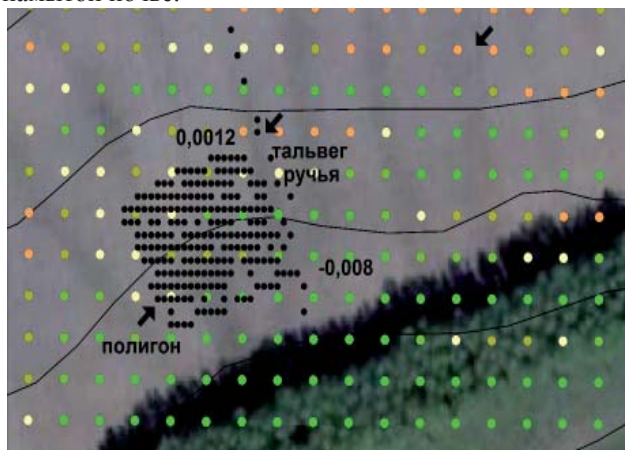


Рис. 6. Профильная кривизна – крупные точки (значение -0,008 соответствует тальвегу ложбины на профиле 9.13.1, значение 0,0012 соответствует тальвегу ложбины на профиле 9.13.17). Темные точки – отрицательная профильная кривизна, соответствующая зоне аккумуляции. Светлые точки кривизны – в зоне дивергенции или смыва. Космический снимок © DigitalGlobe, Google.

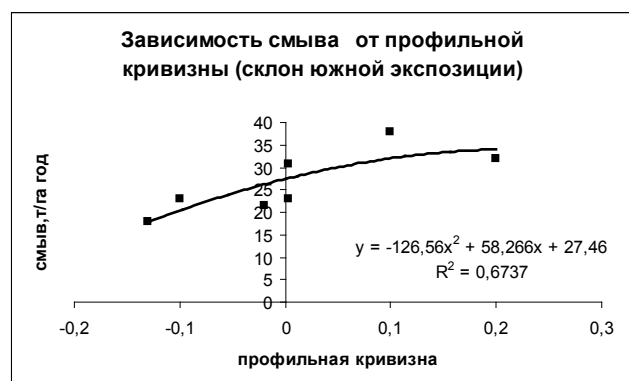
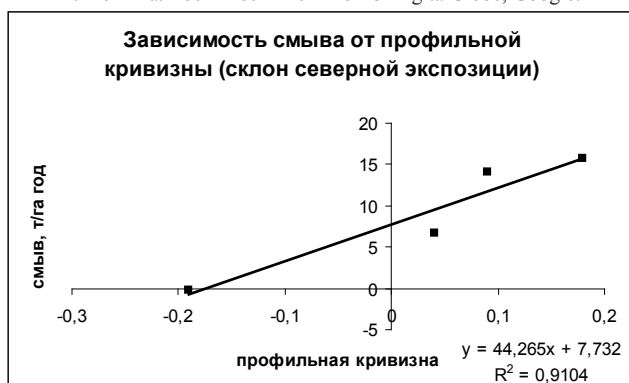


Рис. 7. Зависимость смыва, т/га год от профильной кривизны (значения кривизны увеличены в 100 раз).

Несколько иная ситуация отмечена для склона северной экспозиции. Для основания склона северной экспозиции отмечено существенное превышение активности цезия-137 в тальвеге ложбины по сравнению с тальвегом ложбины на склоне южной экспозиции.

Существенно выше активность цезия-137 в тальвеге ложбины и по сравнению с тальвегом современного ручья. Следовательно, современные ручьи на склоне северной экспозиции демонстрируют существенно большую эрозионную активность, чем ручьи в тальвегах древних ложбин (табл. 1).

Таблица 1.

Эмпирические понижающие коэффициенты к активности цезия-137 в тальвеге ложбины для расчета активности цезия-137 в тальвеге современного ручья (для основания склона северной экспозиции)

Активность цезия-137, Бк/кг		K=(1)/(2)	
Тальвег ложбины	Современный ручей		
1	2	3	4
164,1	114,7	1,4	Зона смыва*
182	193,4	1	Зона аккумуляции
173,3	117,3	1,5	Зона смыва
179,1	131	1,4	Зона смыва
170,2	129	1,3	Зона смыва
		Среднее 1,4	Зона смыва

Зона смыва идентифицируется положительными значениями профильной кривизны, зона аккумуляции – отрицательными.

Ранее нами были сделаны выводы о превышении смыва в тальвегах ложбин на склоне южной экспозиции по сравнению со смывом в тальвегах ложбин на склоне северной экспозиции. Это иллюстрируют графики на Рис.7. Смыв в тальвегах ложбин на склоне южной экспозиции в 3 раза больше, чем в тальвегах ложбин на склоне северной экспозиции (при одной и той же площади сбора и при одинаковой профильной кривизне). В свою очередь, активность цезия-137 в тальвегах современных ручьев на склоне южной и северной экспозиций имеет близкие значения. Видимо, выложенные днища ложбин на склоне северной экспозиции и более поздние сроки таяния снега не создают условий для глубокого врезания потоков в днище ложбин. В отличие от ложбин, современные ручьи имеют более глубокий врез и, соответственно, формируют больший смыв. Они сходны по эрозионной активности с ручьями на склоне южной экспозиции, что подтверждают значения активности цезия-137 на Рис.4. Это обстоятельство заставляет предположить, что современные ручьи формируются в иных (по сравнению с ложбинами) литодинамических условиях. Каких именно, предстоит определить в дальнейших исследованиях.

В результате экспериментальных исследований с применением метода фитоиндикации и биолокации было обнаружено, что ручьи направляют свое движение независимо от направления борозд распахки (Рис.8). Ручьи текут по своим законам. Руслу современных ручьев не исчезают ни после весенней, ни после осенней пахоты. Растения-индикаторы позволили четко распознать русла ручьев осенью, в октябре 2014 г. [8]. В год обследования (2014) поле было засеяно озимой пшеницей.





Рис. 8. Современный ручей, текущий независимо от направления пахоты (24.4.15).

Весной следующего 2015 года (24 апреля) в ручьях происходил активный сток, вдоль ручьев была видна полусгнившая сорная растительность (Рис.8). Анализ космического снимка (Рис.1), карты рельефа и карты площади сбора, построенной по методу DEMON (Рис.2), позволили предположить, что происхождение ручьев имеет антропогенный характер. Предположение, что ручьи приурочены к местам заложения дренажной сети (в 70-х годах прошлого столетия) еще более утвердилось после сопоставления карт с картой учхоза Лавровский Орловского района [5] с нанесенной схемой закрытой дренажной сети (Рис.9). При проектировании и прокладке дренажной сети обычно следовали методическим указаниям, которые разрешают строить дрены только параллельными друг другу с равными расстояниями между ними (по прямоугольной сетке с междренными расстояниями 50, 100, 150 метров и т.д., в зависимости от водно-физических свойств почв и грунтов) [5].

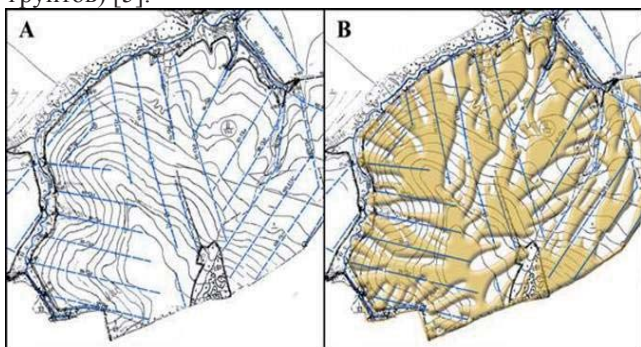


Рис. 9. Фрагмент топографической карты учхоза «Лавровский» с линиями, изображающими закрытую дренажную сеть (А), (В) – то же – на карте пластики рельефа [5].

Как видно из сопоставления карт на Рис.8 и Рис.9, расположение ручьев и дрен схоже. Предположительно, современные ручьи выработали русла на месте тех дрен, у которых произошло нарушение целостности труб, образовалась обводненная зона шириной до 5 метров (что позволил зафиксировать метод биолокации), сформировалась ассоциация влаголюбивой сорной рас-

тительности (что зафиксировано методом фитоиндикации). Дренажная сеть на распаханых склонах в бассейне реки Сухая Орлица была заложена, как показывают карты на Рис.9 и Рис.10, без учета естественных понижений (древних ложбин стока).

Соотношение влияния древних ложбин стока и современных антропогенно-обусловленных ручьев на величину смыва почвы, формируемую в тальвегах этих эрозионных образований, – предмет обсуждения в настоящей статье. Состояние дрен может быть определено с помощью бурения. Данную задачу предстоит решить в дальнейшем.

В настоящем исследовании мы попытались сравнить величину смыва почвы в тальвегах ложбин стока и современных ручьев. Использование радиоцезиевого метода в данном случае оправдано, так как заложение дрен происходило, по всей видимости, не более 50 лет назад. То есть цезий-137 чернобыльского происхождения, с помощью которого можно идентифицировать смытые почвы за период с 1986 года по настоящее время, является достаточно показательным для оценки смыва почвы за период с 1986 года (и 10 годами ранее). Дрены, как следует из выводов автора работы [5], закладывались с целью оптимизации водного режима территории, но без правильного учета рельефа конкретного участка (Рис.7). В нашем случае также можно сделать вывод, что осушению подвергались участки, наименее нуждающиеся в осушении (повышения в рельефе), тем самым искусственно нарушался естественный процесс формирования почвенных потоков. Последнее хорошо иллюстрируют карта пластики рельефа (Рис.10) и карта линий тока, построенная в масштабе 1:10000 (Рис.11). Нанесение на цифровую карту границ «активного подземного водосбора» ручьев, обнаруженного методом биолокации, и вычисление площадей этих водосборов (с использованием карты площади сбора, построенной по методу DEMON) показали следующее. Размеры площадей сбора современных ручьев (в границах, определенных методом биолокации) сравнимы с площадями сбора одиночных ложбин такой же длины [6].

С учетом экспозиции склона можно сделать следующие рекомендации по определению радиоактивности почвы в тальвегах современных ручьев. Для ручьев на склоне южной экспозиции возможно принимать величину активности цезия-137, рассчитанную по ЦМР масштаба 1:10000. Алгоритм расчета может быть следующий. Расчет активности в тальвегах современных ручьев может быть осуществлен по зависимости активности от площади сбора и профильной кривизны, полученных для ложбин соответствующей категории. Пример зависимости для тальвегов ложбин южной экспозиции с площадью водосбора до 50000 кв. м приведен на рис. 12 [7].

Для ручьев, протекающих по склону южной экспозиции, возможно принимать значения активности цезия-137, которые получены по соответствующей зависимости, без дополнительной корректировки. Для склона северной экспозиции можно рекомендовать в рассчитанное (по зависимости активности от площади



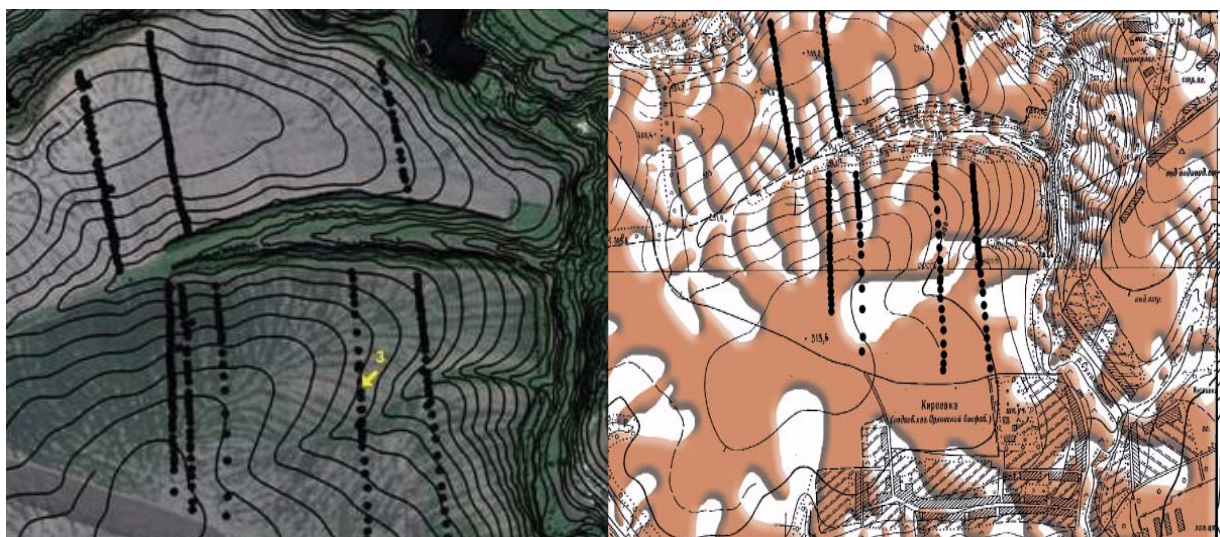


Рис. 10. Современные ручьи на космическом снимке и на карте пластики рельефа экспериментального участка (карта пластики построена Барановым И.П.). Космический снимок © DigitalGlobe, Google.

сбора и профильной кривизны) значение активности цезия-137 вводит понижающий коэффициент в соответствии с таблицей 1.

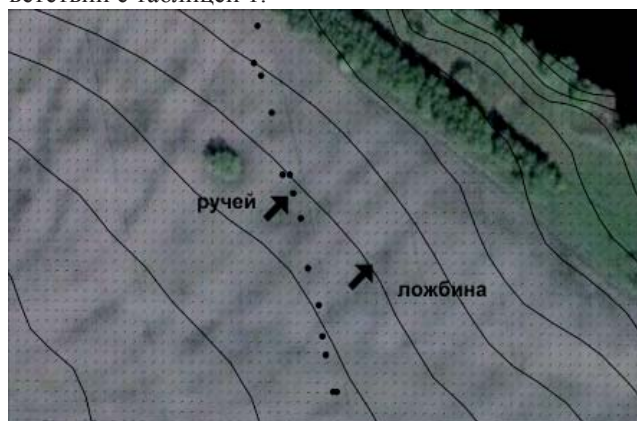


Рис. 11. Точный пункт – современный ручей, пересекающий ложбины (темные понижения на космическом снимке), стрелки – линии тока (показывающие направление литодинамических потоков на карте масштаба 1:10000). Космический снимок © DigitalGlobe, Google.

Вывод. Радиоцезиевый метод позволяет изучать преобразование склоновых поверхностей в результате эрозионных процессов, обусловленных антропогенной деятельностью сорокалетней давности, при условии его применения в комплексе с топографической, дистанционной съемкой.

Анализ дренажной сети учхоза Лавровский и сопоставление ее с положением современных ручьев на экспериментальном участке позволяют сделать предварительное заключение о том, что мы имеем дело с влия-

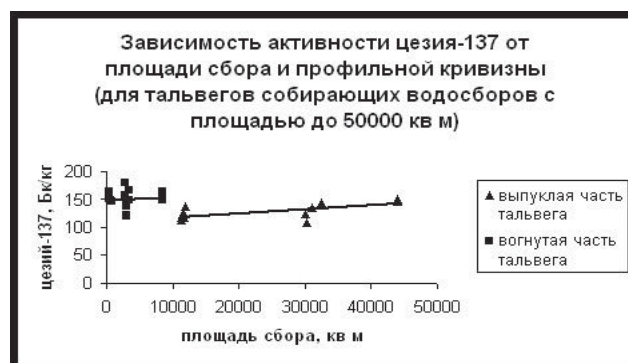


Рис. 12. Зависимость активности цезия-137 от площади сбора и профильной кривизны. Зависимость справедлива для тальвегов собирающих водосборов южной экспозиции с площадями в «замыкающих» створах  $\leq 50000$  кв. м.

нием закрытой дренажной сети, сооруженной более 40 лет назад, на формирование современной эрозионной сети. Методы биолокации и фитоиндикации хорошо идентифицируют эти сети. Их влияние на процессы трансформации рельефа распахиваемых склонов еще недостаточно изучено.

Активность цезия-137 в почве тальвегов современных ручьев у основания склона южной экспозиции может рассчитываться по формулам, полученным для тальвегов древних ложбин стока методами геоморфометрии в геоинформационном программном обеспечении (по картам масштаба 1:10000). К рассчитанной активности цезия-137 в почве основания склона северной экспозиции в зоне смыва должен вводиться понижающий коэффициент 1,4.

#### Библиографический список

1. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2010. 160 с.
2. Бобровицкая Н.Н. Водная эрозия на склонах и сток речных наносов. // Диссертация в виде научного доклада на соискание научной степени доктора географических наук. Санкт-Петербург, 1995. 57 с.
3. Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
4. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. (отв. ред.) и др. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М.: Медиа-Пресс, 2002. 639 с.
5. Лопачев Н.А. Экспериментально-теоретические основы использования потоковой структуры агроэкосистем в прецизионном земледелии. Автореферат дисс. докт. сельскохозяйственных наук. Орел, 2008. 50 с.



6. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Чаадаева Н.Н., Петелько А.И., Иванеха Т.Л. Особенности применения методов биолокации и фитоиндикации в сочетании с ГИС при изучении современной эрозионной сети на распахиваемых склонах. // Материалы международной заочной научно-практической конференции «Стратегия статистического и демографического развития: роль науки и образования». Орел, 27-29 ноября 2014 г. С. 35-42.
7. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А. Полевые экспериментальные исследования склонового смыва в зоне распространения палеокриогенеза и морфометрический анализ рельефа. // Ученые записки Орловского государственного университета. 2014. № 3(59). С. 311-317.
8. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Чаадаева Н.Н. Индикационные методы при изучении современной эрозионной сети на распахиваемых склонах, осложненных ложбинным рельефом. // Ученые записки Орловского государственного университета. 2014. № 6(62). С. 94-101.
9. Шарый П.А. Оценка взаимосвязей рельеф-почва-растения с использованием новых методов в геоморфометрии. // Автореферат канд. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук., Тольятти, 2005. 25 с.
10. Walling D.E., He Q. Improved models for estimating soil erosion rates from Caesium-137 measurements. // J. of Environ. Qualiti. 1999. V. 28. № 2. Pp. 611-622.
11. Mariza C. Costa-Cabral, Stephen J. Burges. Digital Elevation Model Networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. // Water Resources Research, Volume 30, Issue 6. Pp. 1681–1692, January 1994. DOI: 10.1029/93WR03512

#### References

1. Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A.Yu. Paleocryogenesis and soils variety of the center of East European Plain. Moscow, GEOS, 2010. 160 p. (in Russian)
  2. Borovitskaya N.N. Water erosion on slopes and river sediment runoff. Doctoral dissertation. Saint-Petersburg, 1995. 57 p. (in Russian)
  3. Golosov V.N. Erosion-accumulative processes in the riverine basins of the plowed plains. Moscow: GEOS, 2006. 296 p. (in Russian)
  4. Lihacheva E.A., Timofeev D.A. (edt.) at al. The topography of the human living environment (environmental geomorphology). Moscow, Media-Press, 2002. 639 p. (in Russian)
  5. Lopachev N.A. Experimental and theoretical basis for the use of the streaming patterns of agro-ecosystems in precision agriculture. Abstract of doctoral thesis. Orel, 2008. 50 p. (in Russian)
  6. Trofimets L.N., Panidi E.A., Chaadaeva N.N., Petelko A.I., Ivaneha T.L. Application features of biolocation and phytoindication methods in combination with GIS in the study of modern erosion network on arable slopes. // Proceedings of the international correspondence scientific-practical conference “Strategy of statistical and demographic development: the role of science and education”. Orel, 27-29 November 2014. Pp. 35-42. (in Russian)
  7. Trofimets L.N., Panidi E.A., Milentev V.N. The field experimental study of the slope in the zone of spreading of paleocryogenesis and the morphometric analysis of the relief. // Scientific Notes of Orel State University № 3(59). 2014. Pp. 311-317 (in Russian)
  8. Trofimets L.N., Panidi E.A., Chaadaeva N.N. Indicative methods in studying of contemporary erosion network on the arable slopes, complicated with ravine relief. // Scientific Notes of Orel State University. 2014. № 6(62). Pp. 94-101. (in Russian)
  9. Shary P.A. Assessment of the relief-soil-plants interlinkages using new methods of geomorphometry. Abstract the candidate dissertation in Biological sciences. Tolyatti, 2005. 25 p. (in Russian)
  10. Walling D.E., He Q. Improved models for estimating soil erosion rates from Caesium -137 measurements. // J. of Environ. Qualiti. 1999. V. 28. № 2. Pp. 611-622.
  11. Costa-Cabral M.C., Burges S.J. Digital Elevation Model Networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. // Water Resources Research, 1994. Volume 30, Issue 6. Pp. 1681–1692. DOI: 10.1029/93WR03512
-

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ

**АВДЕЕВ Ф.С.** (главный научный редактор) – доктор педагогических наук, профессор, председатель докторского диссертационного совета по методике математики и профессиональному образованию, Орловский государственный университет;

**ПУЗАНКОВА Е.Н.** (заместитель главного научного редактора) – доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе, Орловский государственный университет;

**ДУДИНА Е.Ф.** (ученый секретарь редакционно-издательской коллегии) – кандидат филологических наук, начальник управления научных исследований и инноваций, Орловский государственный университет;

**ХОВАНСКАЯ Е.А.** (технический секретарь редакционно-издательской коллегии) – кандидат педагогических наук, доцент, кафедра теории и методики обучения русскому языку и литературе, старший научный сотрудник, Орловский государственный университет;

**АЛЕКСАНДРОВА А.П.** – кандидат филологических наук, доцент кафедры английской филологии, Орловский государственный университет;

**АЛЕКСЕЕВ А.П.** – доктор философских наук, профессор, зав. кафедрой гуманитарных дисциплин, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

**АРСЕНТЬЕВА Н.Н.** – доктор филологических наук, профессор Гранадского университета (Испания);

**АРОНОВА С.А.** – доктор экономических наук, доцент, декан факультета экономики и управления, Орловский государственный университет;

**ВИДМАРОВИЧ Н.П.** – доктор филологических наук, профессор кафедры русского языка, Загребский университет (Хорватия);

**ГАЙДАР В.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом селекции и репродукции карпатских пчел, Институт им. П.И. Прокоповича (Украина);

**ГЕЛЛА Т.Н.** – доктор исторических наук, профессор, декан исторического факультета, зав. кафедрой всеобщей истории, Орловский государственный университет;

**ИВАНОВ А.Е.** – доктор исторических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт российской истории РАН;

**ИСАЕВА Н.И.** – доктор психологических наук, профессор, Белгородский государственный университет;

**КАПУСТИН А.Я.** – доктор юридических наук, профессор, руководитель Центра сравнительно-правовых исследований и Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ;

**ЛАМАН Н.А.** – академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией роста и развития растений, Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича (Белоруссия);

**ЛЬВОВА С.И.** – доктор педагогических наук, профессор, зав. лабораторией обучения русскому (родному) языку, Институт содержания и методов обучения Российской академии образования;

**МАЙМЕСКУЛОВА А.Л.** – доктор наук, экстраординарный профессор университета Казимира Великого, Институт неофилологии и прикладной лингвистики (Польша);

**НИКИФОРОВ В.А.** – доктор юридических наук, зав. кафедрой международного и международного частного права, Орловский государственный университет;

**ОСКОТСКАЯ Э.Р.** – доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии, Орловский государственный университет;

**ПАСТЕРНАК Е.Л.** – доктор филологических наук, доцент кафедры французского языкознания, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

**ПАХАРЬ Л.И.** – доктор философских наук, профессор, зав. кафедрой философии и культурологии, Орловский государственный университет;

**ПИВЕНЬ В.Ф.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической физики и математического моделирования, Орловский государственный университет;

**ПОГОСЯН В.А.** – доктор исторических наук, зав. отделом геноцидологии, Институт арменоведческих исследований, Ереванский государственный университет (Армения);

**ПОНШОН Т.** – доктор филологических наук, профессор, Реймский университет, провинция Шампань-Арденн, член научно-исследовательской группы «Наука, текст, информатика, история» (Франция);

**САВИНА Е.А.** – доктор философии, университет Джеймса Мэдисона (США);

**САМБЕТБАЕВ А.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Институт ветеринарии и животноводства (Казахстан);

**СИСКОС Е.** – доктор экономических наук, профессор, проректор по международным связям и магистерским программам, Технологический Институт (Греция);

**СОФИАДИС Н.** – профессор физиологии, Фракийский университет им. Демокрита (Греция);

**СУЯРКУЛОВ Ш.Р.** – кандидат сельскохозяйственных наук, председатель, Ферганский областной союз пчеловодов (Узбекистан);

**ТАМИН М.** – доктор филологических наук, почетный профессор, Реймский университет, провинция Шампань-Арденн (Франция);

**УМАН А.И.** – доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой общей педагогики, Орловский государственный университет;

**ЧЕКОВА-ДЕМИТРОВА И.** – кандидат филологических наук, доцент, кафедра русской литературы, Софийский университет «Свято Климента Охридского» (Болгария);

**ЧЕЛЫШЕВА И.И.** – доктор филологических наук, профессор, зав. отделом индоевропейских языков, зав. сектором романских языков, Институт языкознания РАН;

**ШИ ХУНШЕН** – профессор Аньхойского университета, директор Центра по изучению России, главный редактор научного журнала «Изучение России» (Китай);

**ЯМАГУЧИ Р.** – доктор филологических наук, Институт иностранных языков г. Кобэ (Япония).

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

**АВДЕЕВ Ф.С.** (главный научный редактор) – доктор педагогических наук, профессор, председатель докторского диссертационного совета по методике математики и профессиональному образованию, Орловский государственный университет;

**ПУЗАНКОВА Е.Н.** (заместитель главного научного редактора) – доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе, Орловский государственный университет;

**ДУДИНА Е.Ф.** (ученый секретарь редакционной коллегии) – кандидат филологических наук, начальник управления научных исследований и инноваций, Орловский государственный университет;

**ХОВАНСКАЯ Е.А.** (технический секретарь редакционно-издательской коллегии) – кандидат педагогических наук, доцент, кафедра теории и методики обучения русскому языку и литературе, старший научный сотрудник, Орловский государственный университет;

**АЛЕКСАНДРОВА А.П.** – кандидат филологических наук, доцент кафедры английской филологии, Орловский государственный университет;

**БИЛИНСКИЙ М.** – зав. лабораторией шмелеводства, Польский научно-исследовательский институт пчеловодства (Польша);

**ВИШНЕВСКИЙ В.И.** – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней, Орловский государственный университет;

**ГАЙДАР В.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом селекции и репродукции карпатских пчел, Институт им. П.И.Прокоповича (Украина);

**ГОРПИНИЧ А.Б.** – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общей хирургии и анестезиологии, Орловский государственный университет;

**ЗАРУБИН А.Н.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой математического анализа и дифференциальных уравнений, Орловский государственный университет;

**ЗАТОЛОКИН В.Д.** – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии;

**КОЛЕСНИКОВА А.Ф.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и приклад-

ной биологии, руководитель НИИ естественных наук, Орловский государственный университет;

**ЛАДНОВА Г.Г.** – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и общей биологии, Орловский государственный университет;

**ЛАМАН Н.А.** – академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией роста и развития растений, Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича (Белоруссия);

**СОФИАДИС Н.** – профессор физиологии, Фракийский университет им. Демокрита (Греция);

**ПУЗИНА Т.И.** – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и общей биологии, Орловский государственный университет;

**РЕПИН О.А.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой, Самарский экономический университет;

**САМБЕТБАЕВ А.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Институт ветеринарии и животноводства (Казахстан);

**СЕДОВ Е.Н.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. отделом селекции семечковых культур Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур;

**СНИМЩИКОВА И.А.** – доктор медицинских наук, профессор, директор медицинского института, Орловский государственный университет;

**СУЯРКУЛОВ Ш.Р.** – кандидат сельскохозяйственных наук, председатель, Ферганский областной союз пчеловодов (Узбекистан);

**ТЫРТЫШНИКОВ Е.Е.** – доктор физико-математических наук, профессор, зам. директора, Институт вычислительной математики Российской академии наук;

**ФЕДОТОВА И.Э.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения и прикладной биологии, Орловский государственный университет;

**ШАБАНОВ Н.К.** – доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики преподавания изобразительных искусств, Курский государственный университет.

### ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

**Общие правила.** Статья объемом 4-15 страниц набирается в текстовом редакторе MS-Word 97–2003 \*.doc (**версия MS-Word 2007\*.docx, \*.docm не принимается!!!**) либо RTF и называется по фамилии автора, предоставляется в редакцию в электронном виде, идентичном печатной версии, одним файлом и на бумаге формата А4. Размер шрифта 14 pt, через один интервал **без переносов**. **Пробелы и табуляция в начале абзаца недопустимы!** Параметры документа: верхнее поле – 25мм, нижнее – 25 мм, правое – 25 мм, левое – 25 мм.

**К статье обязательно прилагаются:** универсальная десятичная классификация (УДК), инициалы и фамилия автора (авторов), название статьи, аннотация (40-50 слов), ключевые слова (5-6 слов), библиографический список (References), не более 10 источников. В статье-обзоре – не более 30 источников.

Вся информация предоставляется **на русском и английском языках**. Сведения об авторе (авторах): учёная степень, учёное звание, должность, кафедра, вуз, электронный адрес и контактный телефон (**без сокращений**) помещаются в начале статьи после фамилии автора (авторов). **Важно! Авторское право оформляется перечислением фамилий всех авторов через запятую.**

**Формулы и специальные символы** (например, греческие буквы) в статье набираются текстом (пункт меню «Вставка – Символ – Symbol»), кеглем 10 pt. Для сложных формул используется редактор формул Math-type 5.0 и ниже. Длина формулы вместе с номером не должна превышать 8 см. **Таблицы** в тексте набираются стандартными средствами MS-Word (пункт меню «Таблица – Добавить таблицу»). Таблица должна иметь заголовок и ссылку в тексте статьи. Ширина таблицы – 82 или 170 мм, шрифт в таблице – 9 pt.

**Иллюстрации.** Каждый рисунок должен быть представлен отдельным файлом (форматы: \*.tif, \*.jpg, \*.pdf, \*.eps, \*.ai). **В MS-Word не вставлять! Рисунки и графики** должны иметь чёткое изображение и быть выдержаны в чёрно-белой гамме. Графики, содержащие серые заливки, должны быть заменены на штриховку или на черную/белую заливку. Графики, схемы и диаграммы следует выполнять в формате MS-Excel (\*.doc) и MS-Word (\*.xls). Также для изготовления графиков, схем и диаграмм подходит векторный графический редактор: Adobe Illustrator (\*.ai). Надписи на рисунках выполняются шрифтом Times New Roman 8 pt. Толщина линий на рисунках должна быть не менее 0,5 pt. Ширина графика, схем или диаграмм – 82 или 170 мм.

Рисунки-фотографии, полученные с цифровой камеры, и другие растровые изображения, на которых отсутствует какой-либо текст, представляются в виде файлов формата \*.tif или \*.jpg без сжатия (разрешение не менее 300 dpi). Подписи к рисункам размещаются в тексте статьи. Все рисунки должны быть пронумерованы и иметь названия.

**Иллюстрации, выполненные в графическом редакторе Paint, не принимаются, т. к. данный редактор не обеспечивает необходимого качества после сохранения файла.**

**Запрещается вставлять в статью сканированные рисунки (графики, диаграммы)!**

**При несоблюдении указанных требований к иллюстрациям редакция оставляет за собой право рисунок удалить или отклонить статью.**

**Библиографические списки и затекстовые примечания** оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» и ГОСТ 7.0.5-2008. В списке все работы перечисляются по алфавитному принципу: сначала отечественные авторы (или зарубежные, опубликованные на русском языке), затем – зарубежные. При упоминании отдельных фамилий авторов в тексте им должны предшествовать инициалы (фамилии иностранных авторов при этом приводятся в оригинальной транскрипции). В тексте статьи библиографические ссылки даются арабскими цифрами в квадратных скобках. Библиографические списки должны быть переведены на английский язык.

**Порядок составления списка:** а) автор(ы) книги или статьи; б) название книги или статьи; в) выходные данные. При авторском коллективе до 4-х человек включительно упоминаются все авторы (с инициалами после фамилий), при больших авторских коллективах упоминаются три первых автора и добавляется «и др.» (в иностранной литературе «et al»). Если в качестве авторов книг выступают их редакторы или составители, после фамилии последнего из них в скобках следует ставить «ред.» (в иностранных ссылках «ed.»).

В библиографическом описании книги (после её названия) приводятся город (где она издана), после двоеточия – название издательства, после запятой – год издания. Если ссылка даётся на главу из книги, сначала упоминаются авторы и название главы, после точки – с заглавной буквы ставится «В кн.»: («In:») и фамилия(и) автора(ов) или редактора(ов), затем название книги и её выходные данные.

В библиографическом описании статьи из журнала (после её названия) приводятся название журнала, через точку – год издания, затем после точки – номер отечественного журнала (для иностранных журналов номер тома), после заглавной буквы "С" с точкой помещаются цифры первой и последней (через тире) страниц и ставится точка.

В конце статьи обязательно должна быть надпись «статья публикуется впервые», ставится дата и подпись автора (авторов). Подпись автора сканируется, сохраняется в формате \*.tif или \*.jpg и вставляется в файл.

**За ошибки и неточности научного и фактического характера ответственность несёт автор (авторы). Поступившие в редакцию материалы возврату не подлежат.**

**Статья, содержащая некачественный перевод, и/или перевод, сделанный через электронный переводчик, будет отклонена.**

**Редакция не осуществляет перевод.**

**Статьи лиц, не имеющих учёной степени, заверяются их научными руководителями и печатью организации.**

**Редколлегия оставляет за собой право сокращать и редактировать статьи. Статьи, оформленные не в соответствии с указанными требованиями, отклоняются без рассмотрения.**



**Ученые записки Орловского государственного университета.**  
**Серия «Естественные, технические и медицинские науки»:** научный журнал. – Орёл: изд-во  
ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет». – 2015. – №4(67). – 457 с

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС 77-29955 от 17.10.2007  
Включен в каталог «Издания органов НТИ» ОАО Агентство «Роспечать»  
(почтовый индекс: 66005)

И.о. ответственного редактора: Кирсанов М.А.  
Перевод: Александрова А.П.  
Компьютерная верстка: Корявкина О.С.  
Дизайн обложки: Никифоров А.В.  
Корректурa: Рыбкина О.А.

Подписано в печать 20.06.2015 г. Формат 60x80 1/8  
Печать оперативная. Бумага офсетная. Гарнитура Times  
Объем 57,15 усл. п. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 31  
Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе редакционно-издательского отдела  
ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет»  
302026, г. Орел ул. Комсомольская, 95  
Тел./факс (4862) 74-09-30