

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ОРЛОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (53)

ОРЕЛ – 2013

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (53)

Редакционно-издательская коллегия:

Авдеев Ф.С. (главный научный редактор), Пузанкова Е.Н. (заместитель главного научного редактора), Белевитина Т.М. (ответственный редактор журнала), Дудина Е.Ф. (ученый секретарь редакционной коллегии), Александрова А.П., Алексеев А.П., Зайченкова М.С., Иванов А.Е., Изотов В.П., Исаева Н.И., Капустин А.Я., Колесникова А.Ф., Львова С.И., Минаков С.Т., Михеичева Е.А., Оскотская Э.Р., Пахарь Л.И., Пивень В.Ф., Репин О.А., Сердов Е.Н., Серегина Т.В., Тер-Минасова С.Г., Тыртышников Е.Е., Уман А.И., Шабанов Н.К.

Серия «Естественные науки»

Редакционно-издательская коллегия серии:

Авдеев Ф.С. (главный научный редактор), Пузанкова Е.Н. (заместитель главного научного редактора), Белевитина Т.М. (ответственный редактор журнала), Дудина Е.Ф. (ученый секретарь редакционной коллегии), Ветров В.В., Вишневский В.И., Горпинич А.Б., Зарубин А.Н., Затолокин В.Д., Калекин А.А., Колесникова А.Ф., Ладнова Г.Г., Оскотская Э.Р., Пивень В.Ф., Пузина Т.И., Сараева А.М., Снимщикова И.А., Федотова И.Э.

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 – философские 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.3
No.53

OREL – 2013

SCIENTIFIC NOTES

OF OREL STATE UNIVERSITY

SCIENTIFIC JOURNAL

Vol.3 - No.53

Editorial Board:

Avdeyev F.S. (scientific editor-in-chief), Puzankova E.N. (scientific deputy editor-in-chief), Belevitina T.M. (responsible editor), Dudina E.F. (scientific secretary of the editorial board), Alexandrova A.P., Alekseev A.P., Zaichenkova M. S., Ivanov A.E., Izotov V.P., Isayev N. I., Kapustin A.Ya., Kolesnikova A.F. Lvova S.I., Minakov S.T., Mikheicheva E.A., Oskotskaya E.R., Pakhar L.I., Piven V. F., Repin O. A., Sedov E.N., Seryogina T.V., Ter-Minasova S.G., Tyrtysnikov E.E., Uman A.I., Shabanov N. K.

Series «Natural sciences»

Publishing board of the series:

Avdeyev F.S. (scientific editor-in-chief), Puzankova E.N. (scientific deputy editor-in-chief), Belevitina T.M. (responsible editor), Dudina E.F. (scientific secretary of the editorial board), Vishnevsky V.I., Gorpinich A.B., Zarubin A.N., Zatolokin V.D., Kalekin A.A., Kolesnikova A.F., Ladnova G.G., Oskotskaya E.R., Piven V.F., Puzina T.I., Sarayeva A.M., Snimschikova I.A., Fedotova I.E.

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 St., 95
Orel State University
Editorial Office of the magazine “Scientific notes of OSU”
E-mail: utchen-zap@univ-orel.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ	12
01.00.00 – ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Н.А. Аксёнов КОМПЛЕКСНАЯ ЗАДАЧА КОШИ В ЛОКАЛЬНО ВЫПУКЛОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ ПОЛНОГО «ОДНОРОДНОГО» УРАВНЕНИЯ В ОБОБЩЁННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГЕЛЬФОНДА-ЛЕОНТЬЕВА	13
Е.И. Алехин, В.Е. Фисенко МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР.....	18
С.В. Ерохин РАСШИРЕНИЯ ПАКЕТА BLENDER ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ.....	23
В.И. Дорофеева ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В НЕОДНОРОДНЫХ СЛОЯХ	28
П.С. Корчагин, О.И. Марков, Ю.В. Хрипунов О ВЛИЯНИИ ТРЕЩИНЫ СКОЛА НА СТРУКТУРУ СЛОЕВ ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВИСМУТА И СПЛАВОВ ВИСМУТ-СУРЬМА ..	32
С.Н. Манько ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕКТОРНОЗНАЧНЫХ ФУНКЦИЙ, ПОРОЖДЕННЫХ ОПЕРАТОРОМ КОНЕЧНОГО ПОРЯДКА.....	36
С.М. Мирзоева НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ В ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ.....	39
А.Г. Мотин РЕДАКТОР КОНТУРОВ ДЛЯ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ.....	45
Д.С. Нестеренко ПЕРЕРАЗБИЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЭВОЛЮЦИИ В НЕОДНОРОДНЫХ СЛОЯХ ГРУНТА	49
Н.Дж. Пашаев ОБ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТИПА РЕАКЦИЯ– ДИФFUЗИЯ.....	53
В.Ф. Пивень, М.А. Фролов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕБИТ СКВАЖИНЫ ДЛИНЫ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ ТРЕЩИНЫ (ЗАВЕСЫ) В ПЛАСТЕ ГРУНТА С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ	57
О.А. Позднякова ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ НА УРОКАХ ГЕОМЕТРИИ.....	62
В.М. Радыгин, О.В. Иванцов, П.В. Бочков ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ	65
С.А. Савков, С.С. Евсеева РЕШЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ В ЗАДАЧЕ О ВРАЩЕНИИ СФЕРЫ	70
Л.В. Сахарова «ГИПЕРГАУССОВСКАЯ» АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЯ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФОКУСИРОВАНИЯ	76
Д.Н. Соколов, Н.Ю. Сдобняков, П.В. Комаров, А.Ю. Колосов ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ КРИСТАЛЛ-ЖИДКОСТЬ.....	85
О.Д. Соломатин ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА ЦЕЛОЙ ВЕКТОРНОЗНАЧНОЙ ФУНКЦИИ БЕСКОНЕЧНОГО ПОРЯДКА	91
Ю.С. Федяев МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ЖИДКОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВЯЗКОСТЕЙ В АНИЗОТРОПНОМ СЛОЕ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ, ОГРАНИЧЕННОМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ.....	95
А.П. Фисун, В.Е. Фисенко НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СТРУКТУР РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ ОБМЕНА ДАННЫХ	101
И.В. Хрипунов, О.И.Марков, Ю.В. Хрипунов О ПРОБЛЕМЕ ДОСТОВЕРНОСТИ И ОБОСНОВАННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ У УЧАЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ	105
К.М. Эминян ПРОБЛЕМА ВАРИНГА В НАТУРАЛЬНЫХ ЧИСЛАХ С ДВОИЧНЫМИ РАЗЛОЖЕНИЯМИ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА.....	112
02.00.00 – ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
М.В. Воронкова, Л.А. Ермакова ХИМИЯ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОАЛКАЛОИДОВ	118
Е.Н. Грибанов, Э.Р. Оскотская, С.И. Свенский ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЦЕОЛИТА СЕДИМЕНТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ.....	121
С.В. Гришин, А.Г. Денискин, Ю.А. Стекольников, Ю.Е. Мамонтова ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕПЛОВЫХ ИСТОЧНИКАХ ТОКА	124
Л.А. Ермакова, М.В. Воронкова ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ ПРОТЕИНАЗ В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ.....	128
Э. Р. Оскотская, Е. Н. Грибанов, О.И. Марков, Ю.В. Хрипунов ФОРМИРОВАНИЕ НАНОПЛЕНКИ ВАНАДИЯ(IV) НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ	130

Э.Р. Оскотская, Э.Ю. Юшкова, С.В. Чепелев, М.А. Пешая ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СОРБЦИИ ИОНОВ ZN (II) ДИОСМЕКТИТОМ	137
Ю.И. Прокофьев, Т.Н. Пояркова, Г.В. Кудрина, А.В. Тарасова, Д.Е. Буренина ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СВОЙСТВ ЭМУЛЬГАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА.	140
Ю.А. Стекольников, Ю.Е. Мамонтова, Н.Ю. Стекольников СУЛЬФАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ CR (VI) ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ	144
Н.Л. Хилкова, В.М. Маркина, Е.Г. Прудникова АКТИВНЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН	150

03.00.00 – БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

О.Г. Волобуева ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ГОРОХА РАЗНЫХ СОРТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ АГРОСТИМУЛИНОМ	153
С.В. Волобуев АФИЛЛОФОРОВЫЕ ГРИБЫ ЛЕСНОГО УРОЧИЩА «ДУБОВЩИНА» (НОВОСИЛЬСКИЙ РАЙОН, ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	159
Л.В. Гольшукин, М. Н. Кузнецов, Я. С. Манюхин ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ ЯБЛОНИ НА ПОВЫШЕННУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА ...	163
И.Г. Кириллова ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА МЕЛАФЕНА И ФИТОГОРМОНОВ В РЕГУЛЯЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ (SOLANUM TUBEROSUM L.)	168
Л.Л. Киселева, О.И. Фандеева, Ю.Л. Белоусько ОЦЕНКА РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ШКАЛАМ Д.Н. ЦЫГАНОВА (1983)	171
Т.И. Пузина, И.Ю. Макеева, И.А. Бычков, А.Э. Аникеева ВЛИЯНИЕ КОФЕЙНОЙ КИСЛОТЫ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ <i>SOLANUM TUBEROSUM</i>	178
И.Ю. Солохина, Е.С. Кулешова, Н.Е. Павловская СКРИНИНГ ГЕНОТИПОВ ОВСА ПО СОДЕРЖАНИЮ АВЕНАЦИНА.	181

06.00.00 – СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

И.А. Верховец, Л.Е. Тучкова, Е.С. Чувашева, Т.В. Жилкова КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ	186
М.В. Зайцева, А.Л. Кравченко, Ю.А. Стекольников, Б.А. Сотников ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	190
Е.А. Колкова, Г.А. Симонов, П.А. Науменко, В.С. Никульников ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ В РАЦИОНЕ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ СЫВОРОТКИ КРОВИ ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА.	192
О.А. Костюк ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН БОБА ОВОЩНОГО В УКРАИНЕ.	196
В.И. Крюков, Н.Г. Друшляк ДНК-ДИАГНОСТИКА ЛЕЙКОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	201
В.С. Никульников, Г.А. Симонов, В.С. Зотеев КОЖИЦЫ ТЫКВЫ В ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОМБИКОРМАХ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ	204
Н.Е. Павловская, И.В. Горькова, И.Н. Гагарина, Е.Г. Прудникова, А.Ю. Гаврилова АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА РАСТЕНИЙ ГРЕЧИХИ ПОД ВЛИЯНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ	206
Е.Г. Прудникова, Н.Л. Хилкова ВЛИЯНИЕ БИОФЛАВОНОИДОВ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРОХА.	209

14.00.00 – МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Н.А. Александрова, М.А. Евзельман НЕЙРОПРОТЕКЦИЯ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ КОГНИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ	212
А.В. Алехнович, Г.В. Дятчина, Ю. В. Иванов, А.В. Мамошин АКТУАЛЬНЫЕ МЕДИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАНКРЕОНЕКРОЗА	215
А.В. Алехнович, Ю. В. Иванов, Г.В. Дятчина ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО НЕМЕДИКАМЕНТОЗНОГО МЕТОДА ЛЕЧЕНИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА.	223
В.С. Барсуков ПАТОЛОГОАНАТОМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У СЕКЦИОННОГО СТОЛА.	231
А.В. Барсуков, З.А. Лемешко, А.В. Мамошин, Т.Г. Морозова ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАЗВИТИЯ ОСТАТОЧНЫХ ОЧАГОВ В ПАРЕНХИМАТОЗНЫХ ВНУТРЕННИХ ОРГАНАХ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ МАЛОИНВАЗИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.	234
О.Ю. Броннов, В.М. Китаев, И.Б. Белова ВОЗМОЖНОСТИ ВНУТРИВЕННОГО КОНТРАСТНОГО БОЛЮСНОГО УСИЛЕНИЯ И СПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ОПУХОЛЕЙ ТОНКОЙ КИШКИ.	238

А.А. Карпов, Д.С. Айвазова ЭТИОПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИММУНОКОРРЕГИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ ПРИ ВПЧ-АССОЦИИРОВАННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ	245
А.А. Косинский, Ю.Н. Зубцов, Е.Б. Мрыхина ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПИЩЕВОГО СТАТУСА ПРИЗЫВНИКОВ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ	248
А.С. Косова, Р.Н. Степанова, Н.Н. Смолечкова, Л.П. Тарасова УРОВНИ АССОЦИИРОВАННОГО С БЕРЕМЕННОСТЬЮ ПРОТЕИНА-А (РАРР-А), ИЗМЕРЕННЫЕ В I ТРИМЕСТРЕ В КОМБИНАЦИИ С НЕКОТОРЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРИ, ЭФФЕКТИВНО ПРЕДСКАЗЫВАЮТ РАЗВИТИЕ ПРЕЭКЛАМПСИИ (ПЭ) В ПОЗДНЮЮ БЕРЕМЕННОСТЬ	251
И.В. Кравченко КЛИНИКО-ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НЕЙРОЛЕПТИКА ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ДОЛГОСРОЧНУЮ ТЕРАПИЮ НЕСУИЦИДАЛЬНОГО АУТОАГРЕССИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ У БОЛЬНЫХ ПАРАНОИДНОЙ ШИЗОФРЕНИЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ НА СТАЦИОНАРНОМ ЛЕЧЕНИИ	263
М.А. Некрасов В.Х. КАНДИНСКИЙ И Г.Г. ДЕ КЛЕРАМБО: НАУЧНЫЕ И БИОГРАФИЧЕСКИЕ ПАРАЛЛЕЛИ	266
Н.Н. Овсянникова, О.Л. Ляхова, А.В. Королева ВЛИЯНИЕ УЧЕБНЫХ НАГРУЗОК НА ПРОЦЕСС ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	272
Н.Н. Овсянникова, Д.Н. Шведов, О.А. Мезенцева, Ю.В. Урываев СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СУБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ	277
Е.А. Пальчик, И.А. Сидоренко, О.П. Дуянова, Д.С. Айвазова СОСТОЯНИЕ ПОЧЕЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ЖЕНЩИН С НЕОСЛОЖНЕННОЙ БЕРЕМЕННОСТЬЮ И ОСЛОЖНЕННОЙ ГЕСТОЗОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ПИЩЕВОМ РАЦИОНЕ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ	282
Е.А. Пальчик, И.А. Сидоренко, И.Л. Комаров ОКСИДАТИВНЫЙ СТРЕСС У НОВОРОЖДЕННЫХ, РОДИВШИХСЯ ОТ МАТЕРЕЙ С ХРОНИЧЕСКИМИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЛЕГКИХ	285
Т. А. Позднякова, Р. А. Бубенчиков СТАНДАРТИЗАЦИЯ СЫРЬЯ ГЕРАНИ СИБИРСКОЙ (GERANIUM SIBIRICUM L.) ПО СОДЕРЖАНИЮ ФЛАВОНОИДОВ	288
А.Ю. Ратников, И.Б. Белова ДИАГНОСТИКА РАННИХ ПРИЗНАКОВ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ	291
О.С. Саурина, А.А. Васильев СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И СМЕРТНОСТИ ОТ НИХ В РОССИИ И НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ	298
О.В. Соколова ПОВРЕЖДАЮЩАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ	304
А.А. Старосельцев, И.Б. Белова, Е.С. Бычкова, Гусев А.С. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ПНЕВМОНИИ В УСЛОВИЯХ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ БОЛЬНИЦЫ	308
Р.Н. Степанова, Н.Н. Смолечкова, А. С. Косова ОЖИРЕНИЕ – ФАКТОР, АССОЦИИРОВАННЫЙ С ВЫСОКИМ РИСКОМ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕЭКЛАМПСИИ, АКУШЕРСКИХ И ПЕРИ-НЕОНАТАЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ БЕРЕМЕННОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	316
В.Г. Федоров КЛИНИКО-НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ДЕТЕЙ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПЕРИНАТАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ	323
Н.И. Федорова ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОБРАЗОВАННОСТИ СТУДЕНТОВ В ВОПРОСАХ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ	328
И.А. Филина СТРУКТУРА ФОРМИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ ТРУДА АПТЕЧНЫХ РАБОТНИКОВ И СПОСОБЫ ЕЁ ПОВЫШЕНИЯ	331
В.И. Фомичев, П.С. Киселев, Ю.М. Морозов ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ЯЗВЕННЫМИ КРОВОТЕЧЕНИЯМИ	336
В.В. Чупак ПЕСТИЦИДЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ И ЧЕЛОВЕКА	338
А.В. Шульга, Н.В. Костычева, О.И. Фомина, Т.А. Кузнецова ГРУДНОЕ ВСКАРМЛИВАНИЕ: МНЕНИЕ МАТЕРЕЙ И ВРАЧЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНКЕТИРОВАНИЯ	345
А.Е. Шульган ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ У БОЛЬНЫХ С ДИФФУЗНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПЕЧЕНИ	348
С.М. Яцун, Н.В. Лунева, М.С. Новиков АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА И КОЖНОГО ПОКРОВА	354

25.00.00 – SCIENCES ABOUT THE EARTH

В.И. Пичура, О.В. Ларченко, Е.А. Домарацкий, Д.С. Бреус

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР. 357

Л.Н. Трофимец, Е.А. Паниди, В.Н. Милентьев

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ПОЧВЫ НА ПАХОТНОМ СКЛОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОЦЕЗИЕВОГО МЕТОДА,
АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭЛЕМЕНТОВ ГИС АНАЛИЗА. 363

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ. 372

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ. 373

CONTENT

01.00.00 – PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

N.A. Aksyonov

COMPLEX CAUCHY PROBLEM IN A LOCALLY CONVEX SPACE FOR A COMPLETE «HOMOGENEOUS» EQUATION
IN GENERALIZED DERIVATIVES GELFOND-LEONT'EV 13

E.I. Alekhin, V.E. Fisenko

THE MODEL OF THE DISTRIBUTED SYSTEM OF DATA EXCHANGE ON THE BASIS OF TREELIKE STRUCTURES 18

S.V. Erokhin

THE EXTENSION OF THE PACK FOR BLENDER RENDERING PROCESS IN THE EVOLUTION
OF THE INTERFACE OF VARIOUS FLUIDS IN POROUS MEDIA 23

V.I. Dorofeeva

INVESTIGATION OF GROUNDWATER LEVEL CHANGES IN THE INHOMOGENEOUS LAYERS 28

P.S. Korchagin, O.I. Markov, Yu. V. Hripunov

EFFECT OF CHIP'S CRACK ON LAYER'S STRUCTURE OF THE SINGLE CRYSTAL BISMUTH'S SURFACE AND BISMUTH-ANTIMONY ALLOYS 32

S.N. Manko

CHARACTERISTICS OF THE VECTOR-VALUED FUNCTIONS GENERATED BY THE OPERATOR OF A FINAL ORDER 36

S.M. Mirzayeva

THE NECESSARY CONDITION IN PROBLEM OF OPTIMUM MANAGEMENT ECOLOGICAL SYSTEM 39

A.G. Motin

CONTOUR EDITOR FOR THE METHOD OF DISCRETE SINGULARITIES 45

D.S. Nesterenko

THE REPARTITIONING OF THE BOUNDARY BETWEEN DIFFERENT LIQUIDS IN ITS EVOLUTION PROCESS
IN INHOMOGENEOUS LAYERS OF GROUND 49

N.J. Pashaev

ON ONE INVERSE PROBLEM FOR "REACTION DIFFUSION" TYPE SYSTEM 53

V.F. Piven, M.A. Frolov

EFFECT ON THE YIELD OF A CHINK OF LENGTH OF A SEMIPERMEABLE CRACK (SCREEN) IN A LAYER
OF A GROUND WITH A LINEAR CONTOUR OF FEED 57

O.A. Pozdnyakova

PRACTICAL TASKS AT GEOMETRY LESSONS 62

V.M. Radigin, O.V. Ivantsov, P.V. Bochcov

THE IMPLICATION OF THE POLYNOMIAL SYSTEM OF CLASS CALCULATION FOR CORRECTING
MISTAKES IN SYSTEMS OF TRANSMITTING TIME SIGNALS 65

S.A. Savkov, S.S. Evseeva

SOLUTION OF THE KINETIC EQUATION IN THE PROBLEM OF ROTATION OF THE SPHERE 70

L.V. Sakharova

«HYPERGAUSSIAN» ASYMPTOTIC OF SOLUTION BY THE INTEGRO-DIFFERENTIAL PROBLEM OF ISOELECTRIC FOCUSING 76

D.N. Sokolov, N.Y. Sdobnyakov, P.V. Komarov, A.Yu. Kolosov

RESEARCH OF CHANGES IN THE SHAPE OF GOLD NANOPARTICLES IN THE PHASE TRANSITION SOLID-LIQUID 85

O.D. Solomatin

CHARACTERISTICS OF AN ENTIRE VECTOR-VALUED FUNCTION OF INFINITE ORDER 91

Y.S. Fedyaev

MATHEMATICAL MODELING OF EVOLUTION OF THE INTERFACE BETWEEN FLUIDS OF DIFFERENT VISCOSITIES
IN A HOMOGENEOUS LAYER OF ANISOTROPIC POROUS MEDIUM WITH EXTERNAL BOUNDARY 95

A.P. Fisun, V.E. Fisenko

THE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF METHODS OF THE ANALYSIS OF STRUCTURES OF THE
DISTRIBUTED SYSTEMS OF DATA EXCHANGE 101

I.V. Hripunov, O.I. Markov, Y.V. Hripunov

ABOUT THE PROBLEM OF RELIABILITY AND VALIDITY OF RESULTS OF EXPERIMENTAL
RESEARCH AT PUPILS OF EDUCATIONAL SCHOOLS 105

K.M. Eminyan

WARING'S PROBLEM IN NATURAL NUMBERS WITH BINARY EXPANSIONS OF A SPECIAL FORM 112

02.00.00 – CHEMICAL SCIENCES

M.V. Voronkova, L.A. Ermakova

CHEMICAL STUDIES OF PROTEINASE INHIBITOR ACTIVITY IN POTATO TUBERS 118

E.N. Griбанov, E.R. Oskotskaya, S.I. Svenskiy

COMPOSITION OF POLYMERIC COMPLEXING SORBENTS BY SEDIMENTATION METHOD 121

S.V. Grishin, A.G. Deniskin, Yu.A. Stekolnikov, Yu.E. Mamontova

PROSPECTS OF USE OF NEW MATERIALS IN THE THERMAL POWER SOURCES 124

L.A. Ermakova, M.V. Voronkova

CHEMICAL STUDIES OF PROTEINASE INHIBITOR ACTIVITY IN POTATO TUBERS 128

E.R. Oskotskaya, E.N. Griбанov, O.I. Markov, Yu.V. Khripunov

FORMATION OF THE NANOFILM OF VANADIUM (IV) ON THE SURFACE OF POLYMER MATRICES 130

<i>E. R. Oskotskaya, E.Y. Yushkova, S.V. Chepelev, M.A. Peshaya</i> ABSTRACTS «STUDY THE CONDITIONS OF SORPTION IONS ZN (II) OF DIOSMECTIC»	137
<i>Yu. I. Prokofyev, T.N. Poyarkova, G.V. Kudrina, A.V. Tarasova, D.E. Burenina</i> STUDYING SURFACE-ACTIVE PROPERTIES OF EMULSIFIERS RECEIVED FROM WASTE SUNFLOWER OIL	140
<i>Y.A. Stekolnikov, Y.E. Mamontova, N.Y. Stekolnikova</i> ELECTRODEPOSITION OF CHROMIUM COATINGS FROM НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ SULPHATE ELECTROLYTES ON THE BASIS OF CONNECTIONS CR (VI)	144
<i>N.L. Khilkova, V.M. Markina, E.G. Prudnikova</i> ACTIVE METHODS OF THE INSTRUCTION DURING THE STUDY OF CHEMICAL DISCIPLINES	150
03.00.00 – BIOLOGICAL SCIENCES	
<i>O.G. Volobueva</i> THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT VARIETIES OF PEA SEEDS INOCULATION UNDER THE AGROSTIMULINOM PROCESSING	153
<i>S.V. Volobuev</i> APHYLLOPHORACEOUS FUNGI OF THE “DUBOVSHCHINA” FOREST AREA (NOVOSILSKY DISTRICT, OREL REGION)	159
<i>L.V. Golishkin, M.N. Kuznetsov, Ya. S. Manyukhin</i> STUDYING OF APPLE-TREE REACTION TO THE RAISED TEMPERATURE OF AIR BY METHOD OF THE LEAF FLUCTUATING ASYMMETRY ...	163
<i>I.G. Kirillova</i> THE INTERACTION OF GROWTH REGULATOR MELAPHEN AND PHYTOHORMONES IN THE REGULATION OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS OF POTATO (SOLANUM TUBEROSUM L.)	168
<i>L.L. Kiseleva, O.I. Fandeeva, Y.L. Belousko</i> THE ASSESSMENT OF RARE AND PROTECTED PLANTS OF THE ORYOL REGION ON ECOLOGICAL SCALES D.N. TSYGANOV (1983).	171
<i>T.I. Puzina, I.Y. Makeeva, I.A. Bichkov, A.E. Anikeeva</i> EFFECT OF CAFFEIC ACID ON THE ANTIOXIDANT ACTIVITY IN PLANT SOLANUM TUBEROSUM	178
<i>I.U. Solohina, E.S. Kuleshova, N.E. Pavlovsky, I.G. Loskutov</i> SCREENING OF GENOTYPES OF OATS ON THE CONTENT OF AVENACIN	181
06.00.00 – AGRICULTURAL SCIENCES	
<i>I.A. Verkhovets, L.E. Tuchkova, E.S. Chuvashcheva, T.V. Zhilkova</i> CADASTRAL VALUATION OF BROKEN LANDS OF OREL REGION	186
<i>M.V. Zaitseva, A.L. Kravchenko, Yu.A. Stekolnikov, B.A. Sotnikov</i> HEAVY METALS IN SOIL – PLANT IN POLLUTION	190
<i>E.A. Komkova, G.A. Simonov, P.A. Naumenko, V.S. Nikulnikov</i> INFLUENCE OF DIFFERENT FORMS OF TRACE ELEMENTS IN THE DIET ON ENZYMATIC ACTIVITY OF BLOOD SERUM OF DAIRY CALVES PERIOD	192
<i>O.A. Kostyuk</i> FEATURES OF APPLICATION OF INOCULATION OF SEED TO BOB VEGETABLE IN UKRAINE	196
<i>V.I. Kryukov, N.G. Drushljak</i> DNA DIAGNOSIS OF BOVINE LEUKEMIA	201
<i>V.S. Nikulnikov, G.A. Simonov, V.S. Zoteev</i> PEEL THE PUMPKIN IN FEED STUFF GROWING IN YOUNG PIGS	204
<i>N.E. Pavlovskaya, I.V. Gorkova, I.N. Gagarina, E.G. Prudnikova, A. Yu. Gavrilova</i> ANTIOXIDANT SYSTEM PLANT BUCKWHEAT UNDER THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL SUBSTANCES	206
<i>E.G. PRUDNIKOVA, N.L. KHILKOVA</i> EFFECT OF BIOFLAVONOIDS ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES OF THE PEA	209
14.00.00 – MEDICAL SCIENCES	
<i>N.A. Aleksandrova, M.A. Evzelman</i> NEUROPATHRONAGE OF POSTINSULTNY COGNITIVE DISORDERS	212
<i>A.V. Alekhnovich, G.V. Dyatchina, Yu.V. Ivanov, A.V. Mamoshin</i> THE URGENT MEDICO-ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF TREATMENT OF PANCREATIC NECROSIS	215
<i>A.V. Alekhnovich, Yu.V. Ivanov, G.V. Dyatchina, A.V. Mamoshin</i> APPLICATION OF THE NEW NON-DRUG METHOD OF TREATMENT IN COMPLEX THERAPY OF ACUTE PANCREATITIS	223
<i>V.S. Barsukov</i> PATHOMORPHOLOGICAL DIAGNOSIS OF ARTERIAL HYPERTENSION DURING AUTOPSY	231
<i>A.V. Barsukov, Z.A. Lemeshko, A.V. Mamoshin, T.G. Morozova</i> THE PATTERN OF THE RESIDUAL PARENCHYMAL LESIONS IN INTERNAL ORGANS DEVELOPMENT AFTER MINI-INVASIVE EXPOSURE	234
<i>O.Yu. Bronov, V.M. Kitaev, I.B. Belova</i> POSSIBILITIES OF INTRAVENOUS CONTRAST ENHANCEMENT AND SPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY IN DIAGNOSIS OF SMALL BOWEL TUMORS	238
<i>A.A. Karpov, D.S. Aivazova</i> ETIOPATOGENETIC RATIONALLY IMMUNOCORRECTION THERAPY WHEN HPV-ASSOCIATED DISEASES	245

AA Kosinski, Yu. N. Zubtsov, E.B. Mrykhina EFFICIENCY OF REHABILITATION ACTIONS FOR OPTIMIZATION OF THE FOOD STATUS OF RECRUITS OF THE ORYOL REGION	248
A.S. Kosova, R.N. Stepanova, N.N. Smolechkova, L.P. Tarasova LEVELS OF PREGNANCY-ASSOCIATED PLASMA PROTEIN-A (PAPP-A), MEASURED IN THE I TRIMESTER, IN COMBINATION WITH SOME OF THE MATERNAL CHARACTERISTICS TO EFFECTIVELY PREDICT THE DEVELOPMENT OF PREECLAMPSIA (PE) IN LATE PREGNANCY	251
I.V. Kravchenko KLINIKO-FARMAKOLOGICHESKOYE JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE NEUROLEPTIC UPON TRANSITION TO NESUITSIDALNOGO AUTOAGRESSIVNOGO'S LONG-TERM THERAPY OF BEHAVIOUR AT THE PATIENTS WITH PARANOID SCHIZOPHRENIA BEING ON HOSPITALIZATION.....	263
M.A. Nekrasov V.H. KANDINSKY AND G.G. DE CLERAMBAULT: SCIENTIFIC AND BIOGRAPHICAL PARALLELS	266
N.N. Ovsyannicova, O.L. Lyakhova, A.V. Korolyova TRAINING LOADS EFFECT ON COLLEGE STUDENTS PHYSIOLOGICAL ADAPTATION PROCESS.....	272
N.N. Ovsyannicova, D.N. Shvedov, O.A. Mezentseva, Y.V. Urivaev SUBJECTIVE STUDENTS' HEALTH ESTIMATION ACCURACY INCREASING METHOD	277
E.A. Palchik, I.A. Sidorenko, O.P. Duyanov, D.S. Aivazova CONDITION OF KIDNEY BLOOD FLOW AT SOMATICALLY HEALTHY WOMEN AND WOMEN WITH SERIOUS FORMS OF GESTOSIS, INCLUDING A DIET OF NATURAL ANTIOXIDANTS	282
E.A. Palchik, I.A. Sidorenko, I.L. Komarov OXIDATIVE STRESS OF NEW BORN, FROM MOTHERS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE	285
T. A. Pozdnyakova, R. Bubenchikov STANDARDIZATION OF RAW MATERIAL OF GERANIUM SIBIRICUM L. BY CONTENT OF FLAVONOIDS	288
A.Yu. Ratnikov, I.B. Belova DIAGNOSIS OF EARLY SYMPTOMS OF THE ACUTE ISCHEMIC STROKE BY USING MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY.....	291
O.C.Saurina, A.A. Vasiliev REGIONAL FEATURES OF MORBIDITY MALIGNANT NEOPLASMS OF MAMMARY GLAND ON THE TERRITORY OF THE ORYOL REGION	298
O.V. Sokolova DAMAGE RISK FACTORS FOR ACUTE PANCREATITIS IN EARLY POSTOPERATIVE PERIOD	304
A.A. Staroseltsev, I.B. Belova, E.S. Bychkova, A.S. Gusev RADIOLOGIC DIAGNOSIS OF PNEUMONIA IN THE MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL	308
R.N. Stepanova, N.N. Smolechkova, A.S. Kosova OBESITY – FACTORS ASSOCIATE WITH HIGH RISK IMPLEMENTATION PREECLAMPSIA, OBSTETRIC AND PERI-NEONATAL COMPLICATION OF PREGNANCY (REVIEW)	316
V.G. Fedorov CLINICAL, NEUROLOGICAL AND IMMUNOLOGICAL CHANGES IN CHILDREN WITH PERINATALCONSEQUENCES OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM	323
N.I. Fedorova INCREASE OF STUDENTS' KNOWLEDGE LEVEL IN HEALTHY LIFESTYLE QUESTIONS	328
I.A. Filina THE STRUCTURE OF FORMATION WORKING MOTIVATION CHEMIST'S SHOP WORKMAN AND ITS INCREASE METHODS	331
V.I. Fomichyov, P.S. Kiselyov, Yu.M. Morozov THE REMOTE RESULTS OF VARIOUS METHODS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH ULCER BLEEDINGS	336
V.V. Chupak PESTICIDES. PROBLEMS IN THE ECOLOGY AND TOXICOLOGY	338
A.V. Shulga, N.V. Kostycheva, O.I. Fomina, T.A. Kuznetsova BREASTFEEDING: THE VIEW OF MOTHERS AND PHYSICIANS' SURVEY	345
A.E. Shulgan APPLYING TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION WITH FEEDBACK ATPATIENTS WITH DIFFUSE LIVER DISEASES.....	348
S.M.Yatsun, N.V.Luneva, M. S. Novikov DYNAMICS ANALYSIS VIBRODIAGNOSTIC DEVICE, WITH THE INTERACTION OF WORKING BODY AND SKIN	354
25.00.00 – SCIENCES ABOUT THE EARTH	
V.I. Pichura, O.V. Larchenko, E.A. Domaratsky, D. S. Breus SPATIAL ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF AGRICULTURAL LANDS FOR GROWING AND DESIGN OF GRAIN HARVEST USING GIS TECHNOLOGIES.....	357
L.N. Trofimets, E.A. Panidi, V.N. Milentev SOIL LOSSES ESTIMATION ON ARABLE SLOPE USING RADIOCESIUM METHOD, AGROCHEMICAL PARAMETERS AND GIS ANALYSIS ELEMENTS	363

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Общие правила. Статья объемом 4-15 страниц формата А-4 должна быть набрана в текстовом редакторе Microsoft Word в формате *.rtf шрифтом Times New Roman, размером 14 pt, через один интервал без переносов. Параметры документа: верхнее поле – 25мм, нижнее – 25 мм, правое – 25 мм, левое – 25 мм. Нумерация страниц проставляется от центра, внизу страницы.

В начале статьи указывается **универсальная десятичная классификация (УДК)**, имя, отчество и фамилия автора (авторов), название статьи, аннотация (40-50 слов), ключевые слова (5-6). Вся информация предоставляется **на русском и английском языках**. Сведения об авторе (авторах) – ученая степень, ученое звание, должность, кафедра, вуз, электронный адрес и контактный телефон (без сокращений) помещаются в начале статьи после фамилии автора (авторов). К статье в обязательном порядке должна прилагаться электронная версия, идентичная печатной одним файлом на диске CD или DVD (CD-R, CD-RW, DVD-R, DVD-RW).

Формулы помещаются в текст с использованием формульного редактора Microsoft Equation (Вставка – Объект – Создание – Microsoft Equation). Символы можно вставлять с помощью операции в Word (Вставка – Символ). Диаграммы располагаются в тексте с использованием программы Microsoft Excel (Вставка – Объект – Создание – Диаграмма Microsoft Excel). Рисунки и графики должны иметь четкое изображение и быть выдержаны в черно-белой гамме, лучше применять штриховку (Формат автофигуры – Цвета и линии – Цвет – Способы заливки – Узор). Схемы создаются с помощью панели инструментов Рисование. Фотографии и рисунки в формате *.tif или *.jpg. должны иметь разрешение не менее 300 dpi и прилагаться отдельными файлами.

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.

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 ее названия) приводятся город (где она издана), после двоеточия – название издательства, после запятой – год издания. Если ссылка дается 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 ее выходные данные.

В библиографическом описании статьи из журнала (после ее названия) приводятся название журнала и год издания (между ними знак препинания не ставится), затем после точки с запятой – номер отечественного журнала (для иностранных журналов номер тома), после двоеточия помещаются цифры первой и последней (через тире) страниц.

Примеры библиографического описания источников:

Книги

1. *Парыгин Б.Д.* Основы социально-психологической теории. М.: Мысль, 1971.
2. *Базыма Б.А.* Психология цвета: теория и практика. М.: Речь, 2005. С. 20-24.
3. *Ильин И.А.* Учение о правосознании. В кн.: Ю.Т. Лисица (ред.) Родина и мы. Смоленск: Посох. 1995: 355-364.
4. *Harding A.E.* The hereditary ataxias and related disorders. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1984
5. *Goldman S.M., Tanner C.* Etiology of Parkinson's disease. In: Jankovic J., Tolosa E. (eds.) Parkinson's disease and movement disorders. 3d ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998: 133-158.

Журналы

6. *Ершов В.Ф., Курамина Н.В.* Российские образовательные учреждения за рубежом: опыт 1920-1930 годов. Исторические записки 2004; 7:198-222.
7. *Block W., Karitzky J., Traber F. et al.* Proton magnetic resonance spectroscopy of the primary motor cortex in patients with motor neuron disease. Arch. Neurol. 1998; 55: 931-936.

Электронные публикации и базы данных

8. *Shulman L.M., Gruder-Baldini A.L., Anderson K.E. et al.* The evolution of disability in Parkinson's disease. Mov. Disord. 2008: epub ahead.
9. <http://www.globalreach.com/> *

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 несет автор (авторы). Поступившие в редакцию материалы возврату не подлежат.

Статьи лиц, не имеющих ученой степени, заверяются также их научными руководителями.

Редколлегия оставляет за собой право сокращать и редактировать статьи. Статьи, оформленные не в соответствии с указанными требованиями, возвращаются авторам без рассмотрения.

*Библиографический список также переводится на английский язык (**References**)

УДК 517.98

UDC 517.98

Н.А. АКСЁНОВ

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и информатики Орловского филиала Финансового университета при правительстве Российской Федерации
E-mail: aksenovna@inbox.ru

N.A. AKSYONOV

candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of chair Mathematics and Computer Science Orel branch Financial University under the government of the Russian Federation
E-mail: aksenovna@inbox.ru

**КОМПЛЕКСНАЯ ЗАДАЧА КОШИ В ЛОКАЛЬНО ВЫПУКЛОМ ПРОСТРАНСТВЕ
ДЛЯ ПОЛНОГО «ОДНОРОДНОГО» УРАВНЕНИЯ
В ОБОБЩЁННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГЕЛЬФОНДА-ЛЕОНТЬЕВА**

**COMPLEX CAUCHY PROBLEM IN A LOCALLY CONVEX SPACE
FOR A COMPLETE «HOMOGENEOUS» EQUATION
IN GENERALIZED DERIVATIVES GELFOND-LEONT'EV**

В работе описываются условия однозначной аналитической разрешимости комплексной задачи Коши для полного «однородного» уравнения в обобщённых производных с операторными коэффициентами, принадлежащими произвольным ненормированным пространствам достаточно общей природы, а также условия непрерывной зависимости от начальных данных.

Ключевые слова: комплексная задача Коши, дифференциально-операторное уравнение, обобщённая производная Гельфонда-Леонтьева, локально выпуклое пространство, порядок оператора, тип оператора.

This paper describes the conditions for the unique solvability of the complex analytic Cauchy problem for a complete “homogeneous” equations in generalized derivatives with operator coefficients belonging to an arbitrary non-standard spaces rather general nature and conditions of the continuous dependence on the initial data.

Keywords: complex Cauchy problem, differential-operator equation, generalized derivative Gelfond-Leont'ev, locally convex space, operator order, operator type.

Введение

Теория дифференциальных уравнений в обобщённых производных берёт своё начало в работе А.О. Гельфонда и А.Ф. Леонтьева [4], в которой было введено понятие оператора обобщённого дифференцирования и впервые рассмотрено дифференциальное уравнение, содержащее этот оператор.

В последующем развитии этой проблематики отчётливо прослеживаются два основных направления. К первому из них относятся работы А.О. Гельфонда, А.Ф. Леонтьева [4], [13], Ю.Ф. Коробейника [11], [12], Ю.Н. Фролова [16], [17], Т.И. Демченко [9], [10], в которых изучались уравнения бесконечного порядка в различных пространствах аналитических скалярных функций. Второе направление образуют уравнения в обобщённых производных в пространствах аналитических векторнозначных функций, исследование которых (для уравнений как конечного, так и бесконечного порядка) проводилось в работах В.П. Громова [5]–[7], а также в работах автора [1], [2] (для уравнений первого порядка).

В настоящей работе исследуется задача, относящаяся ко второму направлению этой теории и представляющая собой обобщение результатов, полученных автором ранее [3].

Постановка задачи. Основные определения

Пусть H – произвольное счётно-полное локально выпуклое пространство, топология которого определяется мультинормой и $\{\|\cdot\|_p\}$, $p \in P$, пусть A – линейный оператор с областью определения $D(A) \subseteq H$. Оператор A не обязан быть непрерывным, но замкнут. Через $\beta_p(x)$ и $\alpha(x)$ обозначим соответственно операторный p -порядок и операторный тип вектора x относительно оператора A , а через $\beta(A)$ и $\alpha(A)$ – соответственно порядок и тип оператора A [8].

Определение 1. Пусть $D(A^\nu)$ – область определения оператора A^ν , $D_\infty(A) = \bigcap_{\nu \geq 0} D(A^\nu)$ – множество векторов пространства H , на которые оператор A действует бесконечно много раз. Вектор $x \in D_\infty(A)$ назовём вектором класса $\aleph_H^{\beta_p, \alpha}[1/\rho, \infty)$, если $\beta_p(x) < 1/\rho$, $\forall p$, либо $\beta_p(x) = 1/\rho$, $\forall p$, $\alpha(x) < \infty$.

Определение 2. Оператор A будем называть оператором класса $\aleph_H^{\beta(A), \alpha(A)}[1/\rho, \infty)$, если он имеет в пространстве H порядок $\beta(A) < 1/\rho$, либо $\beta(A) = 1/\rho$, но тогда его тип $\alpha(A) < \infty$.

Рассмотрим «однородное»¹ дифференциально-операторное уравнение

$$\sum_{j=0}^m A^j D_f^{m-j}(z) = 0, \quad m \in \mathbb{N}, \quad (1)$$

в котором D_f^k , $k \in \mathbb{N} \cup \{0\}$ – оператор обобщённого дифференцирования Гельфонда-Леонтьева [4], модифицированный В.П. Громовым на случай векторнозначных функций [5]:

$$D_f^k u(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{a_{n+k}} x_{n+k} z^n, \quad k \geq 1, \quad D_f^0 = E. \quad (2)$$

Здесь $x_n \in H$ – коэффициенты голоморфной в круге $|z| < R$, $R \leq \infty$ вектор-функции $u(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x_n z^n$,

а a_n – коэффициенты целой скалярной функции² $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$, $a_n \neq 0$, $\forall n$, $a_0 = 1$, имеющей нормальный порядок роста $\rho(f) = \rho$ и нормальный тип роста $\sigma(f) = \sigma$, причём

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n^{1/\rho} \sqrt[n]{|a_n|} = (\sigma e \rho)^{1/\rho}. \quad (3)$$

Задача Коши. Найти вектор-функцию $u(z)$, удовлетворяющую уравнению (1) и начальным условиям

$$D_f^k u(z)|_{z=0} = x_k, \quad x_k \in D_{\infty}(A), \quad 0 \leq k \leq m-1. \quad (4)$$

3. Теорема существования и единственности аналитического решения.

Пусть оператор A^l , $1 \leq l \leq m-1$ имеет обратный оператор A^{-l} , и пусть $x_l \in \text{Im } A^l$, $1 \leq l \leq m-1$. Тогда справедлива

Теорема 1. $\forall x_k \in \mathfrak{S}_H^{\beta_p, \alpha}[1/\rho, \infty)$, $0 \leq k \leq m-1$ задача Коши (1), (4) имеет единственное решение, являющееся голоморфной в окрестности нуля вектор-функцией $u(z)$ со значениями в пространстве H , представимое равенством

$$u(z) = \sum_{l=0}^{m-1} u_l(z, x_l), \quad (5)$$

где

$$u_l(z, x_l) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} A^{n-l}(x_l) z^n. \quad (6)$$

Здесь $|\Lambda| = \prod_{1 \leq q \leq s \leq m} (e^{2\pi si/(m+1)} - e^{2\pi qi/(m+1)})$ – определитель Вандермонда числовой матрицы

матрицы Вандермонда числовой матрицы

$$\Lambda = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ b & b^2 & b^3 & \dots & b^m \\ b^2 & b^4 & b^6 & \dots & b^{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b^{m-1} & b^{2(m-1)} & b^{3(m-1)} & \dots & b^{m(m-1)} \end{pmatrix},$$

в которой $b = e^{2\pi i/(m+1)}$, а $B_{l+1, \theta+1}/|\Lambda|$ – элементы матрицы, обратной к матрице Λ .

При этом, если $\beta_p(x_k) < 1/\rho$, $\forall p$, $0 \leq k \leq m-1$, то вектор-функция $u(z)$ является целой.

Если же хотя бы для одного из векторов x_k выполняются условия $\beta_p(x_k) = 1/\rho$, $\forall p$, $\alpha(x_k) < \infty$, то вектор-функция $u(z)$ является голоморфной в круге $|z| < R$,

$$R = \min_{0 \leq k \leq m-1} \left(\frac{1}{(\rho e \sigma)^{1/\rho} \alpha(x_k)} \right).$$

Лемма 1. Пусть $\beta_p(x_l) < 1/\rho$, $\forall p$. Тогда ряд (6) сходится по топологии пространства H абсолютно на $\mathbb{C}$ и определяет целую вектор-функцию $u_l(z, x_l)$.

Доказательство. Исследуем поведение коэффициентов ряда (6) по топологии пространства H при больших значениях n . На основании равенства (3) для коэффициентов a_n имеем:

$$|a_n| < \left(\frac{\rho e(\sigma + \varepsilon_1)}{n} \right)^{n/\rho}, \quad \forall n > n(\varepsilon_1), \quad \forall \varepsilon_1 > 0. \quad (7)$$

Отталкиваясь от (7) и оценки [8]

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, x), \forall n: \|A^n(x)\|_p < C_p(\varepsilon, x) n^{(\beta_p(x) + \varepsilon)n}, \quad (8)$$

получаем:

$$\begin{aligned} & \forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, x_l), \forall \varepsilon_1 > 0, \forall n > n_0(p, \varepsilon, \varepsilon_1) \\ & \left\| \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} A^{n-l}(x_l) \right\|_p \leq \\ & \leq \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} \|A^{n-l}(x_l)\|_p < \\ & < C_p(\varepsilon, x_l) \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \left(\frac{\rho e(\sigma + \varepsilon_1)}{n} \right)^{n/\rho} (n-l)^{(\beta_p(x_l) + \varepsilon)(n-l)} = \\ & = C_p(\varepsilon, x_l) \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} (\rho e(\sigma + \varepsilon_1))^{n/\rho} \times \\ & \times n^{(\beta_p(x_l) - 1/\rho + \varepsilon)n - l(\beta_p(x_l) + \varepsilon)} \left(1 - \frac{l}{n} \right)^{(\beta_p(x_l) + \varepsilon)(1-l)n}. \quad (9) \end{aligned}$$

В силу произвольности $\varepsilon > 0$, $\varepsilon_1 > 0$ и аналога формулы Коши-Адамара для векторнозначных функций [14]

¹ Однородность уравнения понимается в том смысле, что сумма степеней оператора A и порядков обобщённых производных является одним и тем же числом в каждом из слагаемых уравнения (1).

² Функция $f(z)$ предполагается фиксированной. Её принято называть порождающей функцией оператора обобщённого дифференцирования.

$$r_p = \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\|x_n\|_p} \right)^{-1}, \quad r = \inf_{(p)} r_p,$$

из оценки (9) вытекает справедливость утверждения леммы. Лемма 1 доказана.

Лемма 2. Пусть $\beta_p(x_l) = 1/\rho, \forall p, \alpha(x_l) < \infty$.

Тогда ряд (6) сходится по топологии пространства

H абсолютно в круге $|z| < ((\rho e \sigma)^{1/\rho} \alpha(x_l))^{-1}$.

Истинность леммы 2 устанавливается тем же методом, что и леммы 1, с той лишь разницей, что вместо оценки (8) в её доказательстве участвует оценка [8]

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, x), \forall n: \|A^n(x)\|_p < C_p(\varepsilon, x)(\alpha_p(x) + \varepsilon)^n n^{\beta_p(x)^n},$$

где $\alpha_p(x)$ – операторный p -тип вектора x относительно оператора A .

Следствие 1. Легко видеть, что при $\beta_p(x_l) = 1/\rho, \forall p, \alpha(x_l) = 0$ вектор-функция $u_l(z, x_l)$ является целой.

Приведём доказательство теоремы 1. Будем искать решение задачи в виде

$$u(z) = \sum_{\theta=0}^{m-1} u_\theta(z, y_\theta), \quad (10)$$

где

$$u_\theta(z, y_\theta) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} A^n(y_\theta) z^n, \quad (11)$$

а $y_\theta \in \mathfrak{X}_H^{\beta_p, \alpha} [1/\rho, \infty), 0 \leq \theta \leq m-1$.

Рассуждая аналогично [3], с помощью (2) не сложно показать, что вектор-функция (10) является решением уравнения (1).

Опираясь на (2), (10)-(11), в силу (4), задачу отыскания неизвестных векторов $y_\theta, 0 \leq \theta \leq m-1$ сведём к разрешимости системы векторных уравнений

$$\sum_{\theta=0}^{m-1} e^{2\pi(\theta+1)ki/(m+1)} y_\theta = A^{-k}(x_k), 0 \leq k \leq m-1. \quad (12)$$

Единственное решение системы (12) известно и имеет вид [3]:

$$y_\theta = \sum_{l=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} A^{-l}(x_l), \quad 0 \leq \theta \leq m-1. \quad (13)$$

Подставляя теперь (13) в (10)-(11) и проводя преобразования, приходим к решению задачи (1), (4) в форме (5)-(6).

Непосредственной подстановкой легко показать, что вектор-функция (5) удовлетворяет уравнению (1). Докажем выполнение начальных условий (4).

Опираясь на леммы 1-2 и равенства (13) и (12), будем иметь:

$$\begin{aligned} D_l^k u(z) \Big|_{z=0} &= \\ &= \sum_{l=0}^{m-1} \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} e^{2\pi(\theta+1)ki/(m+1)} A^{k-l}(x_l) = \\ &= A^k \sum_{\theta=0}^{m-1} e^{2\pi(\theta+1)ki/(m+1)} \left(\sum_{l=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} A^{-l}(x_l) \right) = \\ &= A^k \sum_{\theta=0}^{m-1} e^{2\pi(\theta+1)ki/(m+1)} y_\theta \\ &= A^k (A^{-k}(x_k)) = x_k, \quad 0 \leq k \leq m-1. \end{aligned}$$

Единственность решения задачи Коши (1), (4) непосредственно вытекает из единственности векторов $y_\theta, 0 \leq \theta \leq m-1$ и голоморфности вектор-функции (5). Теорема доказана.

Замечание 1. Методом от противного нетрудно установить, что задача Коши (1), (4) не имеет решения, если векторы $A^{-l}(x_l), 1 \leq l \leq m-1$ не существуют.

4. Теорема устойчивости решения

Теорема 2. Пусть обратные операторы $A^{-l}, 1 \leq l \leq m-1$ определены на всём пространстве H , и пусть A – оператор класса $\mathfrak{X}_H^{\beta(A), \alpha(A)} [1/\rho, \infty)$. Тогда решение задачи Коши (1), (4) непрерывно зависит от начальных данных.

Доказательство. Пусть оператор A имеет порядок $\beta(A) < 1/\rho$. Тогда из (7) и оценки [8]

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

для общего члена ряда (6) в круге $|z| \leq r, r < \infty$ имеем:

$$\begin{aligned} \forall p, \forall \varepsilon: 0 < \varepsilon < 1/\rho - \beta(A), \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon), \\ \forall \varepsilon_1 > 0, \forall x_l \in H, \forall n > n_0(p, \varepsilon, \varepsilon_1) \\ \max_{|z| \leq r} \left\| \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} A^{n-l}(x_l) z^n \right\|_p \leq \\ \leq \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} \right| \|A^{n-l}(x_l)\|_p r^n < \\ < C_p(\varepsilon) \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \right| (\rho e(\sigma + \varepsilon_1))^{n/\rho} \times \\ \times n^{(\beta(A)-1/\rho+\varepsilon)n-l(\beta(A)+\varepsilon)} \left(1 - \frac{l}{n}\right)^{(\beta(A)+\varepsilon)\left(1 - \frac{l}{n}\right)n} \|x_l\|_q r^n. \end{aligned} \quad (14)$$

Если же $\beta(A) = 1/\rho, \alpha(A) < \infty$, из (7) и оценки [8]

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

для общего члена ряда (6) в круге

$$|z| \leq r, r < (\rho e \sigma)^{1/\rho} \alpha(A)^{-1}$$

имеем: $\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon),$

$$\forall \varepsilon_1 > 0, \forall x_l \in H, \forall n > n_0(p, \varepsilon, \varepsilon_1)$$

$$\begin{aligned} \max_{|z| \leq r} \left\| \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} A^{n-l}(x_l) z^n \right\|_p &\leq \\ &\leq \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} a_n e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)} \right\|_p \|A^{n-l}(x_l)\|_p r^n < \\ &< \frac{C_p(\varepsilon)}{(\alpha(A) + \varepsilon)^l} \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \right| (\rho e(\sigma + \varepsilon_1))^{n/\rho} \times \\ &\times (\alpha(A) + \varepsilon)^n n^{-l/\rho} \left(1 - \frac{l}{n}\right)^{\frac{1}{\rho} \left(1 - \frac{l}{n}\right)n} \|x_l\|_q r^n. \end{aligned} \quad (15)$$

Из оценок (14)-(15) следует, что $\forall x_l \in H$ ряды (6) сходятся абсолютно и равномерно по топологии пространства H и их частичные суммы равностепенно непрерывны. При этом $u(z)$ есть вектор-функция, которая является либо целой, либо голоморфной в

круге $|z| < (\rho e \sigma)^{1/\rho} \alpha(A)^{-1}$. Кроме того, из этих оценок, с учётом теоремы о непрерывности предела равностепенно непрерывного семейства операторов [15] также следует, что ряды (6) имеют суммы, непрерывно зависящие от начальных данных, следовательно, и $u(z)$ непрерывно зависит от начальных данных. Теорема доказана.

Принимая во внимание, что $D_f^k u(z) = u^{(k)}(z)$ при $f(z) = e^z$, и задавая начальные условия в произвольной точке $a \in \mathbb{C}$, получаем

Следствие 2. Пусть в (1), (4) $f(z) = e^z$. Тогда задача (1), (4) трансформируется в задачу Коши для уравнения

$$\sum_{j=0}^m A^j u^{(m-j)}(z) = 0, \quad m \in \mathbb{N}, \quad (16)$$

с начальными условиями

$$u^{(k)}(a) = x_k, \quad x_k \in D_\infty(A), \quad a \in \mathbb{C}, \quad 0 \leq k \leq m-1. \quad (17)$$

Решение задачи Коши (16)-(17) задаётся формулами (5)-(6), в которых $a_n = \frac{1}{n!}$, а z заменено на $z - a$.

Этот результат был установлен ранее в работе [3].

Библиографический список

1. Аксёнов Н.А. Об одной абстрактной задаче Коши для уравнения с обобщённой производной и операторным коэффициентом // Вестник науки, Орёл: ОГУ, 2011. Вып. 10. С. 39-42.
2. Аксёнов Н. А. Третья краевая задача для уравнения с операторным коэффициентом и обобщённой производной Гельфонда-Леонтьева // Вестник науки, Орёл: ОГУ, 2011. Вып. 10. С. 43-47.
3. Аксёнов Н.А., Панюшкин С.В. Задача Коши для «однородного» дифференциально-операторного уравнения высокого порядка // Учёные записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки», 2010. № 2 (36). С. 11-16.
4. Гельфонд А.О., Леонтьев А.Ф. Об одном обобщении ряда Фурье // Математический сборник, 1951. Т. 29 (71). № 3. С. 477-500.
5. Громов В.П. Операторный метод решения линейных уравнений // Учёные записки лаборатории теории функций и функционального анализа ОГУ, 2002. Вып. 3. С. 4-36.
6. Громов В.П. Операторный метод решения задачи Коши дифференциально-операторных уравнений с переменными коэффициентами // Учёные записки лаборатории теории функций и функционального анализа ОГУ, 2006. Вып. 6. С. 4-18.
7. Громов В.П. Задача Коши для уравнений в свёртках в пространствах аналитических векторнозначных функций // Математические заметки, 2007. Т. 82. Вып. 2. С. 190-200.
8. Громов В.П., Мишин С.Н., Панюшкин С.В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Монография. Орёл: ОГУ, 2009. 430 с.
9. Демченко Т.И. Исследование разрешимости уравнений бесконечного порядка в обобщённых производных Гельфонда-Леонтьева в некотором классе целых функций // Литовский математический сборник, 1967. Т. 7. № 4. С. 611-618.
10. Демченко Т.И. О разрешимости одного класса дифференциальных уравнений бесконечного порядка в обобщённых производных // Известия вузов. Математика, 1973. № 8. С. 35-42.
11. Коробейник Ю.Ф. Об одном классе уравнений бесконечного порядка в обобщённых производных // Литовский математический сборник, 1964. Т. 4. № 4. С. 497-515.
12. Коробейник Ю.Ф. Об уравнениях бесконечного порядка в обобщённых производных // Сибирский математический журнал, 1964. Т. 5. № 6. С. 1259-1281.
13. Леонтьев А.Ф. Обобщения рядов экспонент. М.: Наука, 1981. 320 с.
14. Ле Хай Хой. Векторнозначные функции и дифференциальные операторы бесконечного порядка. Ростов-на-Дону: РГУ, 1981. 54 с.
15. Рид М., Саймон Б. Методы современной математической физики. М.: Мир, 1977. 357 с.
16. Фролов Ю.Н. О неоднородных уравнениях бесконечного порядка в обобщённых производных // Вестник

МГУ, 1960. № 4. С. 3-13.

17. Фролов Ю.Н. О решениях уравнения бесконечного порядка в обобщённых производных // Труды МИАН СССР, 1961. Т. 64. С. 294-315.

References

1. *Aksyonov N.A.* On an abstract Cauchy problem for an equation with generalized derivative operator coefficient // Bulletin of Science, Orel: OSU, 2011. Issue. 10. P. 39-42.
2. *Aksyonov N.A.* The third boundary value problem for the equation with operator coefficients and weak derivative Gelfond-Leontiev // Bulletin of Science, Orel: OSU, 2011. Issue. 10. P. 43-47.
3. *Aksyonov N.A., Panyushkin S.V.* The Cauchy problem for a “homogeneous” operator-differential equation of high order // Scientific notes of Orel State University. A series of “natural, technical and medical sciences”, 2010. № 2 (36). – P. 11-16.
4. *Gelfond A.O., Leont'ev A.F.* A generalization of the Fourier transform // Mathematical Collection, 1951. V. 29 (71). № 3. P. 477-500.
5. *Gromov V.P.* The operator method for solving linear equations // Proceedings of the laboratory function theory and functional analysis at OSU, 2002. Issue. 3. P. 4-36.
6. *Gromov V.P.* Operator method of solving the Cauchy problem of differential-operator equations with variable coefficients // Proceedings of the laboratory function theory and functional analysis at OSU, 2006. Issue. 6. P. 4-18.
7. *Gromov V.P.* The Cauchy problem for convolution equations in spaces of analytic vector-valued functions // Mathematical Notes, 2007. V. 82. Issue. 2. P. 190-200.
8. *Gromov V.P., Mishin, S.N., Panyushkin S.V.* Operators of finite order, and differential-operator equations. Monograph. Oryol: OSU, 2009. 430 p.
9. *Demchenko T.I.* Investigation of the solvability of equations of infinite order in generalized derivatives Gelfond-Leont'ev in a class of entire functions // Lithuanian mathematical collection, 1967. V. 7. № 4. P. 611-618.
10. *Demchenko T.I.* Solvability of a class of differential equations of infinite order in generalized derivatives // Trans. Mathematics, 1973. № 8. P. 35-42.
11. *Korobeinik Yu.F.* A class of equations of infinite order in generalized derivatives // Lithuanian mathematical collection, 1964. V. 4. № 4. P. 497-515.
12. *Korobeinik Yu.F.* On the equations of infinite order in generalized derivatives // Siberian Mathematical Journal, 1964. V. 5. № 6. P. 1259-1281.
13. *Leont'ev A.F.* Generalization of exponential series. Moscow: Nauka, 1981. 320 p.
14. *Le Hai Hoi.* Vector-valued functions and differential operators of infinite order. Rostov-on-Don: Rostov State University, 1981. 54 p.
15. *Reed M., Simon B.* Methods of modern mathematical physics. – Academic Press, 1977. 357 p.
16. *Frolov Yu. N.* Nonhomogeneous equations of infinite order in generalized derivatives // MSU, 1960. № 4. P. 3-13.
17. *Frolov Yu. N.* Solutions of the equation of infinite order in generalized derivatives // Proceedings of the Steklov Mathematical Institute of the USSR, 1961. V. 64. P. 294-315.

УДК 621.391

UDC 621.391

Е.И. АЛЕХИН

кандидат физико-математических наук, доцент,
зав. кафедрой математического и информационно-
го анализа экономических процессов Орловского го-
сударственного университета
E-mail: e.alehkin@mail.ru

candidate of Physical and Mathematical Sciences, head
of the Department "Mathematical and information
methods in Economics", Orel State University
E-mail: e.alehkin@mail.ru

В.Е. ФИСЕНКО

кандидат технических наук, доцент кафедры ин-
формационных систем Орловского Госуниверсите-
та – УНПК
E-mail: fisenko_v@mail.ru

V.E. FISENKO
candidate of Technical Sciences, associate professor, the
senior lecturer of chair «Information systems». The state
university - educational and scientific-industrial complex,
Orel
E-mail: fisenko_v@mail.ru

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР

THE MODEL OF THE DISTRIBUTED SYSTEM OF DATA EXCHANGE ON THE BASIS OF TREELIKE STRUCTURES

В статье предлагается новый подход к математическому моделированию коммутируемых распределенных систем обмена данных (PCOD) на основе встречно-соединенных дополненных древовидных структур. Данный подход позволяет перейти непосредственно к разработке на его основе метода оценки надежности коммутируемых PCOD с уменьшенной вычислительной сложностью – метода оценки надежности коммутируемых PCOD реального времени по приоритетным сечениям.

Ключевые слова: распределенные системы обмена данных, информационное направление, надежность, древовидные структуры.

In the article the new approach to mathematical modelling of the switched distributed systems of data exchange (DSDE) on the basis of the connected added treelike structures is offered. The given approach allows to pass directly to development on its basis of a method of estimating reliability of switched DSDE with the reduced computing complexity - a method of estimating reliability of switched DSDE of real time on priority sections.

Keywords: the distributed systems of data exchange, an information direction, reliability, treelike structures.

Введение

При анализе и синтезе PCOD с целью разработки новых подходов к оценке их надежности к числу наиболее важных и ответственных этапов относится математическое моделирование самих PCOD.

Появление метода оценки надежности информационных направлений (ИН) PCOD по приоритетным сечениям [1-4] стало возможным благодаря дальнейшему развитию методологии анализа и синтеза PCOD реального времени и в первую очередь разработке концепции оценки надежности PCOD на основе способа размена вычислительной сложности на точность измерений, введенном новом базовом понятии – приоритетные сечения и разработке математической модели коммутируемой PCOD на основе встречно-соединенных дополненных древовидных структур.

1. Дополненные древовидные структуры с разнотипным соединением узлов

На реальных коммутируемых PCOD в ИН, как правило, не выполняется постоянство коэффициента «размножения», то есть реальные ИН коммутируемых PCOD относятся к древовидным структурам с

разнотипным соединением узлов структуры. Кроме того, на реальных коммутируемых PCOD в ИН типовые древовидные структуры дополняются ребрами, соединяющими узлы как одного уровня, так и разных без учета коэффициента «размножения». Такие структуры, хорошо отображающие привязку (доступ) узлов реальных ИН к коммутируемым PCOD, предлагается называть *дополненными древовидными структурами с разнотипным соединением узлов*.

Определение 1. Дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов называется древовидная структура с переменным коэффициентом «размножения», дополненная ребрами, соединяющими часть узлов как одного уровня, так и разных без учета коэффициента «размножения».

Переменный коэффициент «размножения» определяет тот факт, что коэффициент «размножения» непостоянен не только на различных уровнях древовидной структуры, но и в пределах одного уровня этой структуры. В пределах одного уровня дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов можно говорить лишь об усредненном коэффициенте «размножения». Дадим определение усредненному коэффициенту «размножения».

Определение 2. Усредненным коэффициентом «размножения» уровня дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов называется показатель, численно равный среднему арифметическому коэффициентов «размножения» узлов, входящих в данный уровень.

Теорема 1. Если сечение коммутируемой РСОД построено на основе двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, то усредненный коэффициент «размножения» уровня дополненной древовидной структуры всегда принимает значение больше 2.

Докажем эту теорему.

Дано. Структура графа является дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов.

Доказать, что усредненный коэффициент «размножения» данной структуры всегда принимает значение больше 2.

Доказательство. Пусть усредненный коэффициент «размножения» уровня дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов равен двум.

Аксиома 1. Коэффициент «размножения» древовидных структур не может быть меньше двух.

Так как коэффициент «размножения» не может быть меньше двух, а по определению 2 он численно равен среднему арифметическому коэффициентов «размножения» узлов, входящих в данный уровень, то отсюда следует, что все коэффициенты «размножения» узлов, входящих в данный уровень, равны 2. Но если все коэффициенты «размножения» узлов, входящих в данный уровень, равны, то структура является дополненной древовидной структурой с однотипным соединением узлов, а это противоречит условию. Что и требовалось доказать.

Введем новое понятие для описания структуры ИН коммутируемой РСОД, а именно – *двойная встречно-соединенная дополненная древовидная структура с разнотипным соединением узлов*.

Определение 3. Двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов называется структура, полученная из двух дополненных древовидных структур с переменным коэффициентом «размножения» путем соединения с помощью ребер узлов наибольших уровней обеих структур.

Исходя из определения 3, ИН коммутируемой РСОД можно представить как две дополненные древовидные структуры с разнотипным соединением узлов, соединенные встречно. Коммутируемую РСОД, состоящую из ИН, можно представить следующей теоретико-множественной моделью

$$G = \{V, L, E, P, S, C, \Pi\}, \quad (1)$$

где $V = \{v_n / n = 1, 2, \dots, N\}$ – множество узлов (вершин) коммутируемой РСОД;

N – количество узлов (вершин) коммутируемой РСОД;

$L = \{l_u / u = 1, 2, \dots, U\}$ – множество ребер коммутируемой РСОД;

U – количество ребер (интервалов) коммутируемой РСОД;

$E = \{e_w / w = 1, 2, \dots, W\}$ – множество ИН коммутируемой РСОД;

W – количество ИН коммутируемой РСОД;

$S = \{s_i / i = 1, 2, \dots, I\}$ – множество сечений в ИН коммутируемой РСОД;

I – количество сечений в ИН коммутируемой РСОД;

$P = \{p_u / u = 1, 2, \dots, U\}$ – множество статистически независимых вероятностных характеристик надежности элементов коммутируемой РСОД;

$C = \{c_u / u = 1, 2, \dots, U\}$ – множество пропускных способностей ветвей коммутируемой РСОД;

$\Pi = \{n_z / z = 1, 2, \dots, Z\}$ – множество путей, составляющих ИН коммутируемой РСОД;

Z – количество путей в коммутируемой РСОД.

Очевидно, что первое сечение коммутируемой РСОД S_{Ew1} пересекает информационное направление $A-B$ ($UC_A - UC_B$) два раза, со стороны узла A и со стороны узла B , то есть сечение РСОД S_{Ew1} включает в себя два сечения S_{Ew1A} и S_{Ew1B} линий доступа узлов A и B , образующих данное ИН.

Для различия этих сечений при обращении к ним в дальнейшем будем называть их *сечениями* и *полными сечениями* и дадим им следующие определения.

Определение 4. Сечением двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, представляющей ИН коммутируемой РСОД, называется сечение одной из двух дополненных древовидных структур, ее образующих.

Определение 5. Полным сечением двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, представляющей ИН коммутируемой РСОД, называется совокупность сечений одного ранга обоих дополненных древовидных структур, ее образующих.

Аналогично, любое полное сечение коммутируемой РСОД состоит из двух сечений. В дальнейшем полные сечения в зависимости от их ранга (номера) будем обозначать как $S_{Ew1}, S_{Ew2}, S_{Ew3}$ и т.д., или $S_{Ew1AB}, S_{Ew2AB}, S_{Ew3AB}$ и т.д., сечения в зависимости от их ранга и принадлежности к узлу ИН будем обозначать как $S_{Ew1A}, S_{Ew1B}, S_{Ew2A}, S_{Ew2B}, S_{Ew3A}, S_{Ew3B}$ и т.д.

Информационное направление $A-B$ ($UC_A - UC_B$) включает в себя три основные части, а именно:

– линии доступа (линии привязки) от узла UC_A до центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$, к которым привязан данный узел (1 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны A – сечение S_{Ew1A});

– линии доступа от центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$ до центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$, по которым осуществляется передачи информации от узла UC_A до узла UC_B (собственно коммутируемая РСОД

в узком смысле);

– линии доступа (линии привязки) от центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$ до узла $УС_B$ (1 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны B – сечение S_{Ew1B}).

Очевидно, что надежность P_{EwSAB} информационного направления $УС_A - УС_B$ в свою очередь будет определяться надежностью образующих его составных частей, а именно:

$$P_{EwSAB} = P_{EwS1A} \cdot P_{EwCIC} \cdot P_{EwS1B} \quad (2)$$

где S_{EwS1A} – надежность линий доступа (линий привязки) от узла $УС_A$ до центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$;

S_{EwCIC} – надежность линий доступа от центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$ до центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$, по которым осуществляется передача информации от узла $УС_A$ до узла $УС_B$;

S_{EwS1B} – надежность линий доступа (линий привязки) от центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$ до узла $УС_B$.

Сечения РСОД, как показано на рисунке 1, проходят по линиям доступа (линиям привязки) и отделяют корреспондирующие узлы информационного направления $A-B$ ($УС_A - УС_B$) от собственно коммутируемой РСОД. Надо отметить, что отдельные исследователи полное сечение коммутируемой РСОД и считают собственно коммутируемой РСОД, доступ в которую с помощью линий доступа (линий привязки) и осуществляется корреспондирующими узлами информационного направления $A-B$ ($УС_A - УС_B$). Другими словами, S_{Ew1} первое полное сечение коммутируемой РСОД (сечения S_{Ew1A} , S_{Ew1B}) является 1-м уровнем доступа корреспондирующих узлов информационного направления $A-B$ ($УС_A - УС_B$) в коммутируемой РСОД. В зависимости от детализации структуры коммутируемой РСОД таких уровней доступа может быть несколько (первый уровень доступа узла к коммутируемой РСОД часто называют привязкой узла к коммутируемой РСОД, а линии доступа узла к коммутируемой РСОД – линиями привязки). Так, на рисунке 1 показано два уровня доступа корреспондирующих узлов информационного направления $A-B$ ($УС_A - УС_B$) в коммутируемой РСОД.

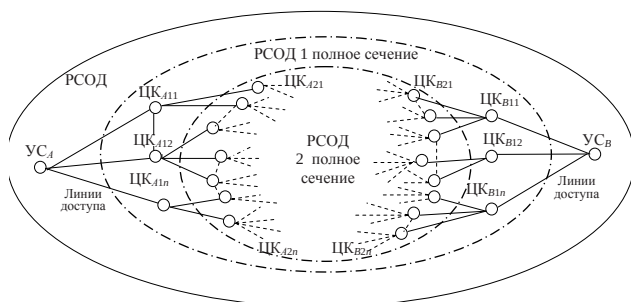


Рис. 1. Структура информационного направления с двойным доступом в коммутируемую РСОД.

Очевидно, что в этом случае информационное направление $A-B$ ($УС_A - УС_B$) включает в себя уже пять основных частей, а именно:

– линии доступа (линии привязки) от узла $УС_A$ до центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$, к которым привязан данный узел (1 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны A – сечение S_{Ew1A});

– линии доступа от центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$ до центров коммутации $ЦК_{A21} - ЦК_{A2n}$ (2 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны A – сечение S_{Ew2A});

– линии доступа от центров коммутации $ЦК_{A21} - ЦК_{A2n}$ до центров коммутации $ЦК_{B21} - ЦК_{B2n}$ (собственно коммутируемая РСОД в узком смысле);

– линии доступа от центров коммутации $ЦК_{B21} - ЦК_{B2n}$ до центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$ (2 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны B – сечение S_{Ew2B});

– линии доступа (линии привязки) от центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$ до узла $УС_B$ (1 полное сечение коммутируемой РСОД со стороны B – сечение S_{Ew1B}).

В рассматриваемом случае (рис. 1) линии доступа от центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$ до центров коммутации $ЦК_{B21} - ЦК_{B2n}$ (сечение S_{Ew2A}) и линии доступа от центров коммутации $ЦК_{B11} - ЦК_{B1n}$ до центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$, (сечение S_{Ew1B}) являются линиями доступа корреспондирующих узлов информационного направления $A-B$ ($УС_A - УС_B$) второго сечения. Другими словами, 2 сечение коммутируемой РСОД является 2 уровнем доступа корреспондирующих узлов информационного направления $A-B$ ($УС_A - УС_B$) в РСОД.

Надежность P_{EwSAB} информационного направления $УС_A - УС_B$ в свою очередь будет определяться надежностью образующих его составных частей, а именно:

$$P_{EwAB} = P_{EwS1A} \cdot P_{EwS2A} \cdot P_{EwCIC} \cdot P_{EwS2B} \cdot P_{EwS1B} \quad (3)$$

где S_{EwS1A} – надежность линий доступа (линий привязки) сечения S_{Ew1A} от узла $УС_A$ до центров коммутации $ЦК_{A1} - ЦК_{An}$;

S_{EwS2A} – надежность линий доступа сечения S_{Ew2A} от центров коммутации $ЦК_{A11} - ЦК_{A1n}$ до центров коммутации $ЦК_{B11} - ЦК_{B1n}$;

S_{EwCIC} – надежность линий доступа от центров коммутации $ЦК_{A21} - ЦК_{A2n}$ до центров коммутации $ЦК_{B21} - ЦК_{B2n}$, по которым осуществляется передачи информации от узла $УС_A$ до узла $УС_B$;

S_{EwS2B} – надежность линий доступа сечения S_{Ew2B} от центров коммутации $ЦК_{B11} - ЦК_{B1n}$ до центров коммутации $ЦК_{B1} - ЦК_{Bn}$;

S_{EwS1B} – надежность линий доступа (линий привязки) сечения S_{Ew1B} от центров коммутации $ЦК_{B11} - ЦК_{B1n}$ до узла $УС_B$.

2. Количество сечений в коммутируемой РСОД

В зависимости от степени детализации структуры коммутируемой РСОД и количество сечений коммутируемой РСОД может изменяться. В общем случае количество возможных сечений коммутируемой РСОД ограничивается только мощностью самой РСОД, и каждое сечение может выступать в качестве доступа соответствующего уровня корреспондирующих узлов информационного направления $A-B$ ($УС_A - УС_B$) к коммутируемой РСОД в ее узком смысле.

Проведенный анализ [1-2] показывает, что с увеличением ранга (номера) сечения мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает. Сформулируем это утверждение в виде теоремы 2.

Теорема 2. Если сечение коммутируемой РСОД построено на основе двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структуры с разнотипным соединением узлов, то с увеличением ранга (номера) сечения мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает. Докажем эту теорему.

Дано. Коммутируемая РСОД, являющаяся двойной встречно-соединенной дополненной древовидной структурой с разнотипным соединением узлов.

Доказать, что с увеличением номера сечения коммутируемой РСОД мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает.

Доказательство. Пусть сечение коммутируемой РСОД с большим рангом обладает меньшей мощностью множества ребер, чем предыдущее сечение. В этом случае усредненный коэффициент «размножения» этого сечения имеет отрицательное значение. Из аксиомы 1 следует, что коэффициент «размножения»

древовидных структур не может быть меньше двух. Так как коэффициент «размножения» этого сечения имеет отрицательное значение, то отсюда следует, что структура коммутируемой РСОД не является древовидной структурой, а тем более дополненной древовидной структурой с однотипным соединением узлов, а это противоречит условию. Что и требовалось доказать.

Следствие 2.1. С увеличением ранга сечения ИН коммутируемой РСОД мощность множества ребер, составляющих данное сечение, возрастает не менее чем в два раза.

Следствие 2.2. Центральное сечение ИН коммутируемой РСОД обладает наибольшей мощностью ребер, составляющих данное сечение.

Результаты расчетов зависимости количества ребер в сечении ИН коммутируемой РСОД от его ранга и усредненного коэффициента «размножения» K_{EwS}^{ycp} сведены в таблицу 1.

Из таблицы 1 видно, что количества ребер в сечении ИН коммутируемой РСОД с ростом его ранга и усредненного коэффициента «размножения» K_{EwS}^{ycp} резко возрастает, и уже при ранге сечения, равном 5 – 6, может достигать тысяч, при ранге сечения, равном 7 – 8, десятков тысяч ребер. Также видно, что рост количества ребер в сечении ИН коммутируемой РСОД с увеличением его ранга происходит по экспоненциальному закону. Этим и объясняется невозможность применения существующих методов анализа показателей надежности на РСОД, из-за стремительного роста вычислительной сложности данных методов (для многих методов также по экспоненциальному закону).

Таблица 1.

Зависимость количества ребер в сечении от его ранга и усредненного коэффициента «размножения» K_{EwS}^{ycp}

Ранг сечения	Количество ребер в сечении в зависимости от K_{EwS}^{ycp}				
	$K_{EwS}^{ycp} = 2$	$K_{EwS}^{ycp} = 2,5$	$K_{EwS}^{ycp} = 3$	$K_{EwS}^{ycp} = 3,5$	$K_{EwS}^{ycp} = 4$
1	2	3(2,5)	3	4(3,5)	4
2	4	7(6,3)	9	13(12,3)	16
3	8	16	27	49	64
4	16	39	81	150	256
5	32	98	243	525	1 024
6	64	244	729	1 838	4 096
7	128	610	2 187	6 434	16 384
8	256	1 525	6 561	22 519	65 536
9	512	3 814	19 683	78 815	262 144
10	1 024	9 536	59 049	275 855	1 048 576
11	2 048	23 841	177 147	965 491	4 194 304
12	4 096	59 604	531 441	3 379 220	16 777 216
13	8 199	149 011	1 594 323	11 827 272	67 108 864
14	16 384	372 529	4 782 969	41 395 451	268 435 456
15	32 768	931 322	14 348 907	144 884 079	1 073 741 827
16	65 536	2 328 306	43 046 721	507 094 277	4 294 967 296
17	131 072	5 820 766	129 140 163	1 774 829 971	17 179 869 184
18	262 144	14 551 915	387 420 489	6 211 904 899	68 719 476 736
19	524 288	36 379 788	1 162 261 467	21 741 667 147	274 877 906 944
20	1 048 574	90 949 470	3 486 784 401	76 095 835 016	1 099 511 627 776

Поэтому основным требованием к разрабатываемым методам оценки показателей надежности на коммутируемых сетях большого масштаба является минимальный рост их вычислительной сложности при значительном увеличении масштабов оцениваемой системы [3,4]. Наилучшим вариантом было бы достижение полной независимости вычислительной сложности новых методов от размерности коммутируемой РСОД.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Структуры ИН коммутируемой РСОД достаточно хорошо представляются двойными встречно-соединенными дополненными древовидными структурами с разнотипным соединением узлов.

2. В ИН реальных коммутируемой РСОД коэффициент «размножения» непостоянен не только на различных уровнях древовидной структуры, но и в пределах одного уровня этой структуры.

3. Мощность ИН коммутируемой РСОД напрямую зависит от количества сечений, составляющих данное ИН, и коэффициента «размножения» в исходящих узлах каждого сечения.

4. Надежность ИН определяется надежностью образующих его составных частей и, в первую очередь, сечений коммутируемой РСОД.

Заключение

Предложенная математическая модель коммутируемых РСОД на основе встречно-соединенных дополненных древовидных структур позволяет перейти непосредственно к разработке на ее основе метода оценки надежности коммутируемых РСОД с уменьшенной вычислительной сложностью – метода оценки надежности коммутируемых РСОД реального времени по приоритетным сечениям (метода приоритетных сечений).

Библиографический список

1. Фисенко В.Е. Оценка надежности информационно-телекоммуникационных систем в реальном масштабе времени на основе приоритетных методов: монография / В.Е. Фисенко, А.П. Фисун, В.В. Митяев. Орел: ОГУ, 2007. 191 с.
2. Фисун А.П. Развитие методологических основ информатики и информационной безопасности систем: монография / А.П. Фисун, В.Е. Фисенко [и др.]; под ред. А.П. Фисуна; Орл. гос. ун-т. Орел, 2004. 252 с. Деп. в ВИНТИ 07.07.04, № 1165-B2004.
3. Фисун А.П. Новые подходы к снижению вычислительной сложности оценки надежности элементов частично коммутируемых ИТКС/ В.Е. Фисенко, А.П. Фисун // Информационные системы и технологии. 2010. № 4 [60] июль-август. С. 134–137.
4. Фисенко В.Е. Математические аспекты снижения вычислительной сложности оценки надежности информационно-телекоммуникационных систем / В.Е. Фисенко // Социально-экономические и технические системы. 2008. Т.47, № 4. С. 28–32.

References

1. Fisenko V.E. The estimation of reliability of information-telecommunication systems in real time on the basis of priority methods [Text]: the monograph / V.E.Fisenko, A.P.Fisun, V.V. Mityaev. - Orel: Orel state university, 2007. - 191 p.
2. Fisun A.P. The development of methodological bases of computer science and information safety of systems [Text]: monograph / A.P.Fisun, V.E.Fisenko [etc.]; under the editorship of A.P.Fisun; Orel state university. – Orel, 2004. - 252 p. - It is deposited in VINITI 07.07.04, № 1165-V2004.
3. Fisun A.P. New approaches to decrease in computing complexity of estimating reliability of elements partially switched information-telecommunication systems [Text] / V.E.Fisenko, A.P.Fisun//Information systems and technologies. - 2010. - № July, 4th [60]. – Pp. 134 - 137.
4. Fisenko V.E. Mathematic aspects of decrease in computing complexity of estimating reliability of information-telecommunication systems [Text] / V.E.Fisenko//Social and economic and technical systems. - 2008. - Volume 47, № 4. – Pp. 28-32.

УДК 004.4

UDC 004.4

С.В. ЕРОХИН

магистрант физико-математического факультета
Орловского государственного университета
E-mail: till-devel@ya.ru

S.V. EROKHIN

trate of Faculty of Physics and Mathematics, Orel State
University
E-mail: till-devel@ya.ru

**РАСШИРЕНИЯ ПАКЕТА BLENDER ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЭВОЛЮЦИИ
ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ***

**THE EXTENSION OF THE PACK FOR BLENDER RENDERING PROCESS IN THE EVOLUTION
OF THE INTERFACE OF VARIOUS FLUIDS IN POROUS MEDIA**

Разработаны программные модули для визуализации процессов эволюции границы раздела различных жидкостей в пористых средах сложной геологической структуры. Визуализация производится на основе данных, полученных в результате решения задачи эволюции для плоского или трехмерного случая. Программные модули выполнены в виде расширений (плагинов) к пакету для работы с трехмерной графикой Blender.

Ключевые слова: процесс эволюции границы раздела различных жидкостей, визуализация.

Developed software modules for the visualization of the processes of evolution of the interface between different fluids in porous media is a complex geological structure. Visualization is based on data obtained by solving the problem of evolution for a flat or three-dimensional case. The software modules are designed as extensions (plugins) to the package to work with three-dimensional graphics, Blender.

Keywords: the evolution of the interface between different fluids, visualization.

Введение

При решении задач эволюции границ раздела различных жидкостей в пористых средах сложной геологической структуры широко используется метод дискретных особенностей. В частности, применению данного метода посвящены работы [1,2] для плоского и [3] для трехмерного случаев. При этом целью визуализации является воспроизведение на основе результатов расчетов точной пространственной структуры модели динамического процесса. Для этого визуализатор должен обладать следующими возможностями: совместимость с форматами представления данных расчетов; управление визуализацией (изменение точки обзора, масштаба, цвета и прозрачности объектов и т.д.); воспроизведение трехмерной модели процесса эволюции с анимацией; экспорт полученной анимации в видео или последовательность изображений.

Был проведен краткий обзор доступных средств научной визуализации с целью нахождения варианта, в полной мере удовлетворяющего сформулированным требованиям. Gnuplot – наиболее популярный инструмент, используемый для научной визуализации [4]. Данная программа может работать с данными как для двумерных, так и для трехмерных расчетов. Имеется возможность создания анимации на основе данных с последующим экспортом в графические файлы. Серьезный недостаток – ограниченные возможности отображения трехмерных

объектов: отсутствуют сплошная заливка, настройка прозрачности и др. В результате визуализация теряет свою наглядность.

MayaVi – визуализатор, основанный на популярном движке Visualization Toolkit (VTK) [5,6]. Поддерживает работу с данными только для трехмерного случая. Не имеет встроенных средств создания и редактирования анимации. Возможно расширение функционала за счет программных модулей на языке Python.

ParaView – визуализатор, как и MayaVi, основанный на VTK [7]. В отличие от MayaVi позволяет создавать анимацию и производить экспорт в видео, но не поддерживает ни один из требуемых форматов данных. Функционал может быть расширен с помощью программных модулей на языке C++ или Python.

Помимо описанных выше программ рассматривались и такие продукты, как Maple, Matlab, Maxima и др. Однако данные программы ориентированы в большей степени на выполнение символьных вычислений, а их встроенные средства визуализации имеют слишком ограниченные возможности.

По результатам проведенного обзора сделан вывод о том, что ни одна из рассмотренных программ не удовлетворяет всем сформулированным требованиям. Данный факт послужил основанием для разработки соответствующих средств визуализации процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в пористой среде сложной геологической структуры.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.B37.21.0388).

Постановка задачи

Данные для визуализации процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в пористых средах сложной геологической структуры являются результатом решения уравнения подвижной границы в неявном виде $F(x, y, z, t_k)$ – для трехмерного случая или $F(x, y, t_k)$ – для двумерного случая, где $0 < k < n$ и $k, n \in \mathbb{Z}$ (см. [1-3]). Для каждого значения параметра t необходимо выполнить геометрическую интерпретацию полученных данных путем изображения поверхности либо контура для трехмерного и плоского случаев соответственно. Последовательность изображений, упорядоченных по возрастанию параметра t , представляет динамический процесс в форме, удобной для человеческого восприятия.

Результаты расчетов для каждого значения параметра t представляют собой множество точек, принадлежащих той или иной подвижной границе раздела жидкостей. Помимо подвижных границ в процессе могут быть задействованы статические, которые известны заранее и не претерпевают изменений с течением времени. Полученные данные для всех границ и всех значений параметра t записываются в отдельные файлы.

Для записи данных используется текстовый формат – строковое представление чисел, разделенных пробельными символами. Такая форма записи позволяет хранить большие массивы числовых данных, не требуя при этом сложных методов чтения/записи. При решении трехмерной задачи методом дискретных вихревых рамок граница раздела (поверхность) аппроксимируется рамками (треугольными полигонами). Координаты рамок одной границы записываются в файл, где каждая i -я строка имеет вид $x_i^1 y_i^1 z_i^1 x_i^2 y_i^2 z_i^2 x_i^3 y_i^3 z_i^3$.

При решении задачи для плоского случая методом дискретных вихревых пар граница раздела (контур) аппроксимируется множеством точек, упорядоченных заданным направлением обхода контура. Координаты точек одной границы записываются в файл, где каждая строка имеет вид $x_i y_i$.

Схема работы расширений визуализации для пакета Blender

Любое расширение (плагин) пакета Blender [8] представляет собой модуль на языке Python, размещаемый в специальной директории. По своему назначению расширение должно относиться к одной из предопределенных категорий: импорт-экспорт, анимация и т.д. Разработанные плагины визуализации относятся к категории «импорт-экспорт», поскольку их ключевая функция – это импорт данных из внешнего формата во внутренний формат пакета Blender. Для использования в расширениях различных своих возможностей Blender предоставляет богатый Python API [10]. Взаимодействие с пользователем

производится через использование объектов класса **Operator**. Операторы позволяют инициировать и обрабатывать различные события с использованием элементов графического интерфейса. В зависимости от контекста использования оператор имеет различную графическую интерпретацию – от простых кнопок до панелей и диалогов.

После подключения плагина создается новый элемент в меню импорта Blender. Активация данного элемента меню иницирует запуск модального диалога со встроенным файловым менеджером. Диалог позволяет выбрать файл импорта, служащий для автоматизации загрузки большого количества файлов данных. В качестве внутреннего формата файла импорта используется объектная нотация JavaScript (JSON) [11]. В терминологии JSON содержимое представляет собой массив объектов. Каждый объект ассоциируется с конкретной границей раздела жидкостей и содержит два свойства: **name** – название границы и **file** – путь к единственному файлу данных для статической границы или **pattern** – шаблон (регулярное выражение в стиле языка Perl) множества путей к файлам данных для подвижной границы. Данные загружаются последовательно, конвертируются во внутренний формат Blender, и для подвижных границ автоматически создается анимация. После описанных действий пользователь получает возможность завершить настройку сцены (задать материалы границ, установить точку обзора и т.д.) и произвести экспорт, создав видеофайл или последовательность графических файлов.

Модуль визуализации для трехмерного случая

Программный код модуля обеспечивает его функциональность по следующим направлениям: взаимодействие с пользователем (интеграция в графический интерфейс); загрузка и конвертация данных; генерация анимации.

Загрузка и конвертация данных выполняет функция **mesh_from_raw** (см. листинг 1). Функция принимает параметры **file_name** – путь к файлу и **mesh_name** – имя границы, а возвращает объект геометрии границы **mesh**.

```
1. def mesh_from_raw(file_name, mesh_name):
2.     faces = []
3.     fd = open(file_name, «rb»)
4.     for line in fd:
5.         face = line_to_vertex(line)
6.         if face:
7.             faces.append(face)
8.     fd.close()
9.     vertices = []
10.    coords = {}
11.    faces_indices = []
12.    index_total = 0
13.    for f in faces:
14.        fi = []
15.        for i, v in enumerate(f):
16.            index = coords.get(v)
17.            if index is None:
18.                index = coords[v] =
index_total
```

```

19.             index_total+= 1
20.             vertices.append(v)
21.             i.append(index)
22.             faces_indices.append(fi)
23.     mesh = bpy.data.meshes.new(mesh_name)
24.     mesh.from_pydata(vertices, [], faces_
indices)
25.     return mesh

```

Листинг 1. Функция загрузки данных из файла.

Файл данных открывается для чтения; каждая строка данных преобразуется в набор координат отдельной грани поверхности и сохраняется в массиве **faces** (лист. 1, с. 2-8). На основе полученных данных формируются два массива: **vertices** – уникальные вершины и **faces_indices** – индексы граней (лист. 1, с. 12-22). Средствами API Blender создается объект класса **mesh** (геометрия будущей границы) и вызовом метода **from_pydata** ему присваиваются наборы вершин и индексов (лист. 1, с. 22,23).

Геометрию границы необходимо связать с объектом сцены Blender. Это действие выполняется в функции **create_surface** (см. листинг 2). Она принимает на входе параметры **obj_name** – имя будущего объекта сцены и **mesh** – объект геометрии границы, а возвращает готовый объект сцены.

```

1. def create_surface(obj_name, mesh):
2.     scene = bpy.context.scene
3.     for obj in scene.objects:
4.         obj.select = False
5.     mesh.update()
6.     mesh.validate()
7.     surface = bpy.data.objects.new(obj_
name, mesh)
8.     scene.objects.link(surface)
9.     surface.select = False
10.    lock = (True, True, True)
11.    surface.lock_location = lock
12.    surface.lock_scale = lock
13.    surface.lock_rotation = lock
14.    return surface

```

Листинг 2. Функция создания объекта сцены Blender.

Текущая сцена Blender хранится в переменной **scene** модуля **bpy.context** (лист. 2, с. 2). Объект геометрии границы проходит обновление и валидацию, после чего на его основе создается объект сцены **surface** с именем **obj_name** (лист. 2, с. 7). Полученный объект границы линкуется к сцене (лист. 2, с. 8) и блокируются все возможные его трансформации (лист. 2, с. 11-13).

Для взаимодействия с пользователем в модуле реализован класс **IMPORT_OT_evolve3d_scene**, производный от класса **Operator**. Метод **invoke** вызывается при генерации события активации элемента меню импорта и выполняет запуск модального диалога со встроенным менеджером файлов (см. листинг 3).

```

1. def invoke(self, ctx, event):
2.     ctx.window_manager.fileselect_add(self)
3.     return {'RUNNING_MODAL'}

```

Листинг 3. Метод запуска менеджера файлов класса оператора.

В метод передается объект текущего контекста Blender и объект события активации элемента меню

импорта. Запущенный менеджер позволяет выбрать файл импорта с расширением *.e3d. Путь к файлу сохраняется в статическом свойстве **filepath** класса оператора. После выбора нужного файла выполняется метод **execute** (см. листинг 4).

```

1. def execute(self, ctx):
2.     config = json.load(open(self.filepath,
"r"))
3.     dirname = fs.dirname(self.filepath)
4.     if not isinstance(config, list):
5.         raise RuntimeError("Bad import
file")
6.     for item in config:
7.         self.load_object(dirname, item)
8.     return {'FINISHED'}

```

Листинг 4. Метод execute класса оператора.

Данный метод производит парсинг файла импорта и для каждого объекта **desc**, описывающего границу, вызывает метод **load_object** (см. листинг 5).

```

1. def load_object(self, dirname, desc):
2.     if «name» not in desc:
3.         raise RuntimeError(«Surface name must
be specified»)
4.     surf_name = desc[«name»]
5.     if «file» in desc:
6.         full_path = fs.join(dirname,
desc[«file»])
7.     surface = create_surface(surf_
name, mesh_from_raw(full_path, surf_name))
8.     surface.layers[0] = True
9.     elif «pattern» in desc:
10.    pattern
11.    re.compile(desc[«pattern»])
12.    lst = []
13.    for filename in os.listdir(dirname):
14.        if pattern.search(filename):
15.            lst.append(filename)
16.            if len(lst) > 0:
17.                lst.sort(key = alphanum_key)
18.                i = 0
19.                for file_name in lst:
20.                    full_path =
fs.join(dirname, file_name)
21.                    surf_name_i = surf_
name + «#» + str(i)
22.                    surface = create_
surface(surf_name_i, mesh_from_raw(full_path, surf_
name_i))
23.                    surface.layers = [l =
19 for l in range(0, 20)]
24.                    surface.keyframe_
insert(«layers», -1, i)
25.                    surface.layers[0] =
True
26.                    surface.keyframe_
insert(«layers», -1, i + 1)
27.                    surface.layers[0] =
False
28.                    surface.keyframe_
insert(«layers», -1, i + 2)
29.                    i += 1
30.                else:
31.                    raise RuntimeError(«Property
'file' or 'pattern' must be specified»)

```

Листинг 5. Метод класса оператора для загрузки данных и создания анимации.

Имя границы сохраняется в локальной переменной **surf_name**. Если объект **desc** содержит свойство **file**, граница является статической и с помощью уже описанных ранее функций производится загрузка файла данных и создание объекта границы с размещением на первом слое сцены (лист. 5,

с. 5-8). Если же объект **desc** содержит свойство **pattern**, граница является подвижной и загружаются все файлы с именами, соответствующими указанному шаблону. Файлы упорядочиваются согласно алгоритму «natural order», и для каждого из них создается объект сцены (состояние подвижной границы в отдельный момент времени) с размещением на скрытом слое (лист. 5, с. 9-21). Анимация подвижной границы создается перемещением между слоями (изменением свойства **layers**) отдельно взятого объекта границы для каждого кадра (лист. 5, с. 22-27).

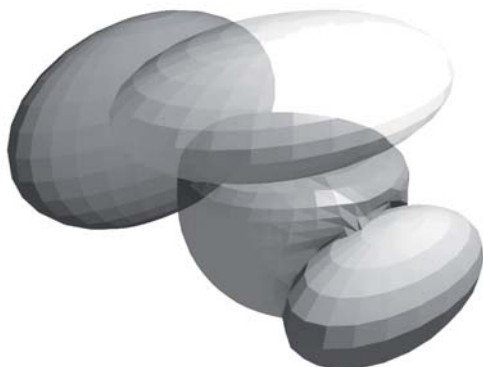


Рис. 1. Кадр сцены визуализации трехмерного процесса эволюции.

Пусть N – количество состояний подвижной границы; i – номер объекта подвижной границы, где $i \in [1; N]$; j – номер кадра, где $j \in [1; N]$. Если $i = j$, то i -й объект располагается на видимом слое, иначе – на скрытом слое. На рисунке 1 изображен результат визуализации сцены эволюции трехмерного процесса (данные для визуализации взяты из [3]).

Модуль визуализации для двумерного случая

Несмотря на свое название, двумерная модель эволюции границ используется для исследования именно пространственных процессов. Переход к рассмотрению проекций границ на плоскости возможен в случае, если независимо от выбранной плоскости сечения проекция не меняется. В результате можно пренебречь одним измерением. Примером тому служит [2], где рассматривается процесс эволюции границ раздела различных жидкостей в пласте грунта. В данном случае визуализация процесса представлена в виде набора статических изображений проекций границ на плоскости, проходящей параллельно подошве пласта. К сожалению, данный способ визуализации не отражает пространственной структуры изучаемого процесса. Для визуализации в пространстве расчетов для плоского случая разработан второй модуль Blender. В его основе лежит код предыдущего модуля с измененной реализацией нескольких функций.

Загрузку данных выполняет функция **mesh_from_raw**. Ее интерфейс остался неизменным (см. листинг 6).

```
1. def mesh_from_raw(file_name, mesh_name):
2.     vertices = []
3.     coords = {}
4.     edges_indices = []
5.     index_total = 0
6.     index = 0
7.     prev_index = 0
8.     fd = open(file_name, «rb»)
9.     for line in fd:
10.         v = line_to_vertex(line)
11.         prev_index = index
12.         index = coords.get(v)
13.         if index is None:
14.             index = coords[v] =
index_total
15.             index_total += 1
16.             vertices.append(v)
17.             if prev_index != index:
18.                 edges_indices.append
([prev_index, index])
19.         fd.close()
20.         mesh = bpy.data.meshes.new(mesh_name)
21.         mesh.from_pydata(vertices, edges_
indices, [])
22.         return mesh
```

Листинг 6. Функция загрузки данных двумерных расчетов.

Каждая строка файла данных преобразуется функцией **line_to_vertex** в трехмерный вектор (лист. 6, с. 10). Так как в файле хранятся двумерные данные, третья координата берется со значением 0. В цикле заполняются массив вершин **vertices** и массив индексов граней **edges_indices** (лист. 6, с. 11-18). На основе данных массивов создается объект геометрии сечения границы **mesh** (лист. 6, с. 20, 21).

Преобразование сечения границы в поверхность выполняется функцией **create_surface** (см. листинг 7). Как и в трехмерном случае, создается объект сцены Blender с заданным именем и геометрией (лист. 7, с. 2-8).

```
1. def create_surface(obj_name, mesh, height = 1.0,
rotation=(0.0, 0.0, 0.0)):
2.     scene = bpy.context.scene
3.     for obj in scene.objects:
4.         obj.select = False
5.     mesh.update()
6.     mesh.validate()
7.     surface = bpy.data.objects.new(obj_
name, mesh)
8.     scene.objects.link(surface)
9.     surface.select = True
10.    bpy.context.scene.objects.active
=
surface
11.    bpy.ops.object.mode_set(mode = 'EDIT')
12.    bpy.ops.mesh.select_all(action
=
'SELECT')
13.    bpy.ops.mesh.fill()
14.    bpy.ops.mesh.extrude_region_move(
15.        MESH_OT_extrude_region=
{«mirror»:False},
16.        TRANSFORM_OT_translate=
{«value»:(0.0, 0.0, height)})
17.    bpy.ops.object.mode_set(mode = 'OBJECT')
18.    surface.rotation_euler = rotation
19.    surface.select = False
20.    lock = (True, True, True)
21.    surface.lock_location = lock
22.    surface.lock_scale = lock
23.    surface.lock_rotation = lock
24.    return surface
```

Листинг 7. Функция создания объекта сцены Blender для двумерного случая.

Методом `fill` происходит заполнение контура границы, а затем выполняется экструдирование плоского объекта границы для придания ему объемного вида (лист. 7, с. 13-16). Высота границы (толщина пласта) задается параметром функции `height`. Параметр `rotation` позволяет задавать ориентацию пласта в пространстве.

Высота пласта и его ориентации представлены редактируемыми свойствами в диалоге загрузки файла импорта. Во избежание путаницы файл импорта для двумерного случая имеет расширение `*.e2d`. На рисунке 2 изображен результат визуализации данных в пространстве для плоского случая (данные для визуализации взяты из [2]).

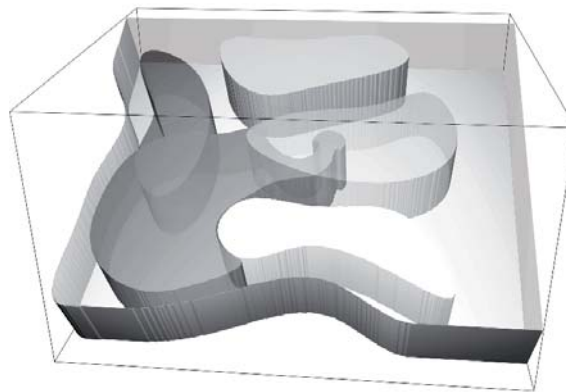


Рис. 2. Кадр сцены визуализации двумерных расчетов.

Библиографический список

1. Никольский Д.Н. Эволюция границы раздела различных жидкостей в неоднородных слоях. Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2010; т. 50, 7: 1269–1275.
2. Никольский Д.Н. Разработка программного обеспечения для численного решения задач эволюции границы раздела различных жидкостей в пористых средах сложной геологической структуры с использованием пакета NumPy. Ученые записки ОГУ 2012; 6: 42-47.
3. Никольский Д.Н. Трехмерная эволюция границы загрязнения в ограниченной кусочно-однородной пористой среде. Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2011; т. 51, 5: 913-919.
4. <http://www.gnuplot.info/>
5. <http://code.enthought.com/projects/mayavi/>
6. <http://www.vtk.org/>
7. <http://www.paraview.org/>
8. <http://www.blender.org/>
9. <http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Extensions/Python/Add-Ons>
10. http://www.blender.org/documentation/blender_python_api_2_65_5/
11. <http://www.json.org/>

References

1. Nikol'skii D. N. "Evolution of a liquid-liquid interface in inhomogeneous layers", Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz., 50:7 (2010), 1269–1275.
2. Nikol'skii D. N. "Development of software for numerical solution of problems evolution of the interface fluids in porous media complex geological structures using package NumPy", Scientific notes of OGU, 6 (2012), 42-47.
3. Nikol'skii D. N. "Three-dimensional evolution of the boundary of a polluted area in a bounded piecewise homogeneous porous material", Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz., 51:5 (2011), 913–919
4. <http://www.gnuplot.info/>
5. <http://code.enthought.com/projects/mayavi/>
6. <http://www.vtk.org/>
7. <http://www.paraview.org/>
8. <http://www.blender.org/>
9. <http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Extensions/Python/Add-Ons>
10. http://www.blender.org/documentation/blender_python_api_2_65_5/
11. <http://www.json.org/>

УДК 519.634

UDC 519.634

В.И. ДОРОФЕЕВА

кандидат физико-математических наук, доцент,
зав. кафедрой информатики Орловского государственного университета
E-mail: dorofeevavi@gmail.com

V.I. DOROFEEVA

Candidate of physical and mathematical sciences,
associate professor, Head of the Department of computer
science, Orel State University
E-mail: dorofeevavi@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В НЕОДНОРОДНЫХ СЛОЯХ*

INVESTIGATION OF GROUNDWATER LEVEL CHANGES IN THE INHOMOGENEOUS LAYERS

Исследуется двумерный процесс опускания бугра грунтовых вод под действием силы тяжести. Рассматриваются случаи оседания бугра в неоднородных слоях. В частности, в степенном слое и в слое, корень из проводимости которого удовлетворяет метагармоническому уравнению.

Ключевые слова: эволюция свободной поверхности, численный метод дискретных особенностей, метод интегральных уравнений.

A new mathematical model for the two-dimensional process of groundwater hill subsidence is investigated. The cases of groundwater hill subsidence in inhomogeneous layers are considered, particularly in the power layer and in the layer, the root of the conductivity satisfies metaharmonic equation.

Keywords: evolution of the free interface, numerical method of discrete singularities, the method of integral equations

Постановка задачи

Для математического моделирования процесса оседания бугра грунтовых вод в работе используется модель совместного движения двух жидкостей в постановке Лейбензона-Маскета (модель «поршневого» вытеснения). В этой модели внешняя жидкость рассматривается как фиктивная и, после построения основной системы интегрального и дифференциального уравнений, выбирается предельный случай, в котором вязкость и плотность внешней жидкости стремятся к нулю.

В работах [1-3] показано, что эволюция границы раздела жидкостей с различными вязкостями и плотностями описывается системой интегрального и дифференциального уравнения. Эта система при пренебрежении вязкостью и плотностью внешней жидкости принимает вид:

$$g - 2G[g, L_t] = f, \quad \frac{\partial \vec{x}}{\partial t} = \vec{V}[g, L_t] \text{ на } L_t$$

$$\text{при } t > 0, \quad \vec{x} = \vec{x}_0(\Theta) \text{ при } t = 0,$$

где $G[g, L_t](\vec{x}) = \int_{L_t} g(\vec{y}, t) \Omega(\vec{x}, \vec{y}) d\vec{y}$ – оператор

квазипотенциала двойного слоя, ядро

$$\Omega(\vec{x}, \vec{y}) = P(\vec{y}) \frac{\partial \Phi_1(\vec{x}, \vec{y})}{\partial \vec{n}_{\vec{y}}}, \quad \Phi_1(\vec{x}, \vec{y}) – \text{квазипо-}$$

тенциал стока с полным расходом, равным -1, $P(\vec{y}) = K(\vec{y})H(\vec{y})$ – проводимость слоя, $K(\vec{y})$ – про-

ницаемость грунта, $H(\vec{y})$ – толщина слоя, $f = -2\Pi$, $\Pi = -x_2$ – потенциал силы тяжести,

$$\vec{V}[g, L_t](\vec{x}) = \int_{L_t} \frac{\partial g(\vec{y}, t)}{\partial \vec{l}_{\vec{y}}} \vec{V}_2(\vec{x}, \vec{y}) d\vec{y} \text{ – оператор}$$

скорости квазипотенциала двойного слоя,

$$\vec{V}_2(\vec{x}, \vec{y}) = \frac{1}{H(M)} \left(\frac{\partial \Psi_2(\vec{x}, \vec{y})}{\partial x_2} \vec{e}_1 - \frac{\partial \Psi_2(\vec{x}, \vec{y})}{\partial x_1} \vec{e}_2 \right) \text{ –}$$

скорость вихря с полной циркуляцией, равной -1,

$\Psi_2(\vec{x}, \vec{y})$ – функция тока этого вихря, $\vec{e}_1$ и $\vec{e}_2$ – единичные орты.

Полученная математическая модель была протестирована на известных точных результатах. Так, в работе [3] проведено сопоставление результатов численных расчетов процесса оседания бугра грунтовых вод с использованием основной системы интегрального и дифференциального уравнений и решений, полученных П.Я.Кочиной и ее последователями для плоскопараллельных задач [4]. Численное решение выполнено методом дискретных особенностей и получено хорошее совпадение результатов.

Численная схема

В каждый момент времени t_j , $j = \overline{0, J}$ границу L_{t_j} разобьем на n частей и получим множество точек $\{\vec{x}_m^j \mid m = \overline{0, n-1}\}$, составляющих ломаную кривую. Выполняя дискретизацию основной системы уравнений, получим систему линейных алгебра-

* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.0388.

ических уравнений $g_m^j - 2 \sum_{\substack{k=0 \\ k \neq m}}^{n-1} g_k^j \Omega_{mk}^j \Delta l_k^j = f_m^j$ и

разностное соотношение

$$\bar{x}_m^{j+1} = \bar{x}_m^j + \sum_{k=0}^{n-1} g_{k+1/2}^j \Delta \bar{V}_{\varepsilon, k}^j \Delta t_j.$$

Здесь

$\bar{V}_{\varepsilon, k} = \Theta \bar{V}_{mk}$ – регуляризованное представление скорости вихря [5], где

$\Theta = (63(r/r_\varepsilon)^5 - 90(r/r_\varepsilon)^7 + 35(r/r_\varepsilon)^9)/8$ при $r \leq r_\varepsilon$, $\Theta = 1$ при $r > r_\varepsilon$, $\Delta t_j = t_{j+1} - t_j$, $m = \overline{0, n-1}$, r_ε – эффективный радиус вихря. В ходе численных расчетов подвижная граница переразбивалась на равные по длине части.

Исследование процесса оседания в слое проводимости $P = (x_2)^s$, $s > 0$

В работе [6] проведено исследование процесса оседания бугра грунтовых вод в слое со степенным законом изменения проводимости. Установлено влияние значения показателя степени в законе изменения проводимости на время опускания бугра до определенной высоты и на характер процесса опускания. Установлена необходимость учета закона изменения проводимости при моделировании процессов растекания бугров грунтовых вод.

В качестве примера на рисунках 1 и 2 представлен процесс оседания бугра грунтовых вод на непроницаемой линии для случая, когда проводимость слоя описывается степенной функцией $P(\bar{x}) = (x_2)^2$. Для определенности выбрано $K(\bar{x}) = (x_2)^2$ и $H = 1$. При этом [7]:

$$\Phi_1(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{1}{2\pi} (x_2 y_2)^{-1} Q_0(\zeta),$$

$$\Psi_2(\bar{x}, \bar{y}) = -\frac{1}{2\pi} (x_2 y_2)^{-1} Q_1(\zeta),$$

где $\zeta = \frac{(x_2 - y_1)^2 + x_1^2 + y_2^2}{2x_2 y_2}$, $Q_v(\zeta)$, $v = 0, 1$ – функция Лежандра второго рода аргумента ζ .

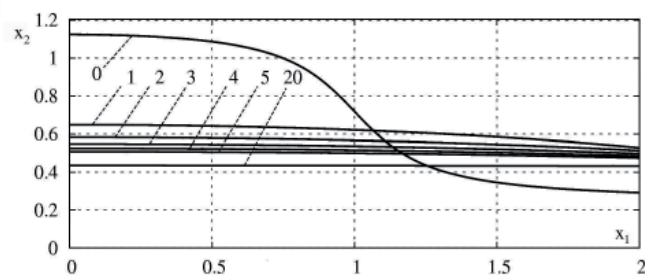


Рис. 1. Последовательные положения границы L_t .

На рисунке 1 построены последовательные положения границы раздела воды и воздуха L_t в моменты времени $t_j = j/20 \times T$ для $j = \overline{0, 5}$ и $t_{20} = T$. Здесь T – время,

по истечению которого высота бугра уменьшается в пять раз. На рисунке 2 представлено поле направлений.

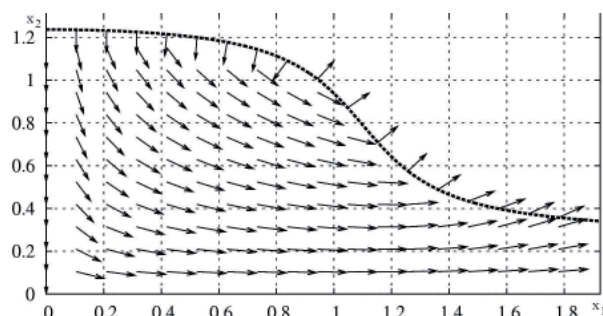


Рис. 2. Поле направлений в начальный момент времени $t=0$.

На рисунке 3 построено изменение высоты h бугра грунтовых вод в зависимости от времени протекания процесса t при различных значениях $s=0, 2, 4, 6$. Расчеты выполнялись при $n=201$, $\Delta t=0,001$, $r_\varepsilon=0,02$.

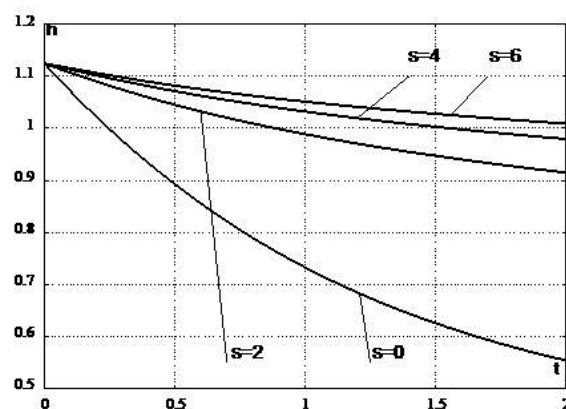


Рис. 3. Изменение высоты h бугра грунтовых вод с течением времени t при различных s .

В таблице 1 представлена зависимость времени опускания бугра грунтовых вод до 1/5 первоначальной высоты от проводимости слоя при $n=201$, $\Delta t=0,02$, $r_\varepsilon=0,02$.

Таблица 1.

Зависимость времени опускания бугра от проводимости слоя

s	0	2	4	6
T	4.4484	324.9	1950.34	9531

На рисунках 4 и 5 построены последовательные положения подвижной границы L_t в моменты времени $t=0$, $t=T/10$ и $t=T$, где момент времени $t=T$ соответствует времени уменьшения первоначальной высоты бугра грунтовых вод в пять раз. Проводимость слоя выбиралась равной $P(\bar{x}) = x_2^s$ при $s=2$ на рисунке 4 и при $s=4$ на рисунке 5.

Анализируя эти рисунки, видим, что при увеличении s область затопления, полученная при достижении 1/5 от первоначальной высоты, становится более узкой.

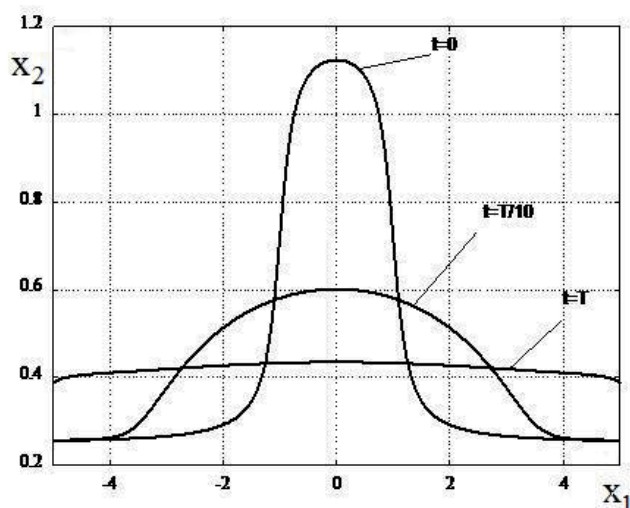


Рис. 4. Процесс оседания бугра грунтовых вод в степенном слое при $s=2$.

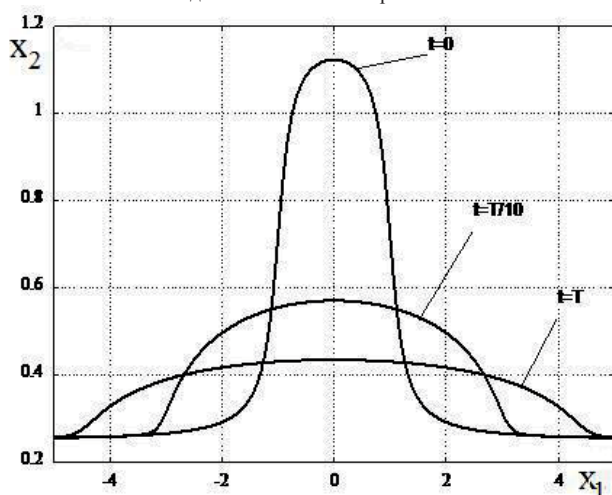


Рис.5. Процесс оседания бугра грунтовых вод в степенном слое при $s=4$.

Исследование процесса оседания в неоднородном слое, корень из проводимости которого удовлетворяет метагармоническому уравнению

Рассмотрим процесс оседания бугра грунтовых вод в среде без сложных геологических включений в неоднородном слое, корень из проводимости которого удовлетворяет метагармоническому уравнению $P(\bar{x}) = e^{-2\mu\bar{x}_2}$. Для определенности полагаем, что коэффициент проницаемости грунта $K(\bar{x}) = e^{-2\mu\bar{x}_2}$, а толщина слоя $H=1$. В основной системе функции $\Phi_1(\bar{x}, \bar{y})$ и $\Psi_2(\bar{x}, \bar{y})$ выбираются в следующем виде из [3]:

$$\Phi_1(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{K_0(\mu|\bar{x} - \bar{y}|)}{2\pi\sqrt{P(\bar{x})P(\bar{y})}} + \frac{K_0(\mu|\bar{x} - \tilde{\bar{y}}|)}{2\pi\sqrt{P(\bar{x})P(\tilde{\bar{y}})}},$$

$$\Psi_1(\bar{x}, \bar{y}) = -\frac{\sqrt{P(\bar{x})P(\bar{y})}K_0(\mu|\bar{x} - \bar{y}|)}{2\pi} + \frac{\sqrt{P(\bar{x})P(\tilde{\bar{y}})}K_0(\mu|\bar{x} - \tilde{\bar{y}}|)}{2\pi},$$

где $K_0(\mu|\bar{x} - \bar{y}|)$ есть модифицированная функция Бесселя 2 рода. В выбранном слое проводимость $P=0$ на оси $0x_1$.

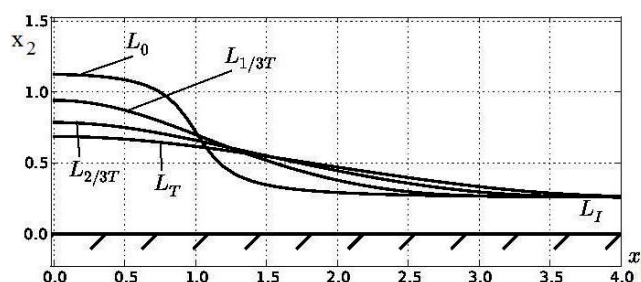


Рис. 6. Процесс оседания бугра грунтовых вод в неоднородном слое.

На рисунке 6 построены последовательные положения подвижной границы L_{t_j} в моменты времени $t_j = j/3T$, $j = \overline{0,3}$ и $t_j = T$ ($j = 3$). Время T содержит значение момента времени, по истечению которого высота бугра уменьшается в два раза.

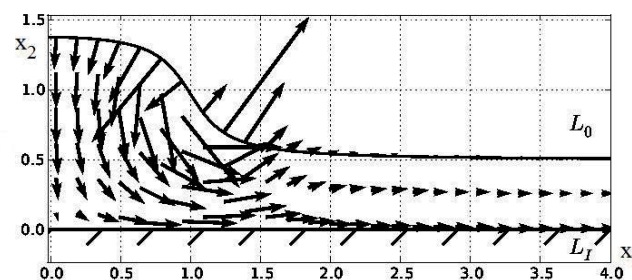


Рис. 7. Поле скоростей в неоднородном слое в момент времени $t = 0$.

Поле скоростей в области протекания процесса демонстрируется на рисунке 7 в фиксированный момент $t = 0$. Анализируя этот рисунок, можем отметить, что поле скоростей имеет физический смысл. Действительно, на границе раздела воды и воздуха вектора скоростей ориентированы под углом 90° к границе L_0 . Отклонение от прямого угла по краям кривой объясняется тем, что скорости на краях границы L_t малы, и их модули становятся сопоставимы с погрешностью вычислений. Следует отметить, что в процессе оседания бугра грунтовых вод точки с малыми скоростями практически не смещаются и, следовательно, не влияют на характер протекания процесса.

Заключение

В ходе исследований было установлено, что неоднородность грунта оказывает существенное влияние на процесс оседания бугра грунтовых вод и значительно увеличивает время оседания на заданную высоту. Поэтому при математическом моделиро-

вании процессов изменения уровня грунтовых вод, учет неоднородности грунта необходим.

Дальнейшее направление исследований может быть связано с исследованием процесса изменения

уровня грунтовых вод под действием силы тяжести и дренажных устройств, а также обобщением полученного результата на трехмерный случай [8].

Библиографический список

1. *Никольский Д.Н.* Вычисление скорости перемещения границы раздела различных жидкостей в неоднородном слое методом дискретных вихревых пар// Математическое моделирование, 2009,**21**, №12. С.122-128.
2. *Никольский Д.Н.* Эволюция границы раздела различных жидкостей в неоднородных слоях// Журнал вычислительной математики и математической физики, 2010,**50**, №7. С.1269-1275.
3. *Никольский Д.Н., Дорофеева В.И.* Математическое моделирование двумерного процесса изменения уровня грунтовых вод под действием силы тяжести методом дискретных особенностей// Вычислительные методы и программирование, 2011,**12**, С.85-89, [http:// num-meth.srcc.msu.ru](http://num-meth.srcc.msu.ru).
4. *Полубаринова-Кочина П.Я.* Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977. 644 с.
5. *Кириякин В.Ю., Сетуха А.В.* О сходимости вихревого численного метода решения трехмерных уравнений Эйлера в лагранжевых координатах// Дифференциальные уравнения. 2007, т. 43, № 9. С.1263-1276.
6. *Дорофеева В.И., Никольский Д.Н.* Исследование процесса оседания бугра грунтовых вод в неоднородных слоях//Труды XV Межд.симп. «МДОЗМФ-2011», 2011. С.171-174.
7. *Пивень В.Ф.* Теория двумерных процессов в неоднородных слоях со степенным законом изменения их проводимости//Прикладная математика и механика, 1997.,т.61.,вып.4. С.595-605.
8. *Никольский Д.Н.* Математическое моделирование трехмерной задачи эволюции поверхности раздела жидкостей различной вязкости и плотности в неоднородном грунте// Журн. вычисл. матем. и физики, 2007,**47**, №8. С.1401-1414.

References

1. *Nikol'skii D.N.* Calculation motion speed of different liquids separation border in the inhomogeneous stratum by the method of the discrete vortical pairs // Matem. Mod., 2009, Vol. 21, №12, Pages 122–128.
 2. *Nikol'skii D.N.* Evolution of a Liquid-Liquid Interface in Inhomogeneous Layers //Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2010,V.50, No 7, pp.1205-1211.
 3. *Nikol'skii D.N., Dorofeeva V.I.* Mathematical modeling of the two-dimensional process of changing groundwater levels under gravity by the method of discrete singularities // Numerical Methods and Programming, 2011,V.12,N0 1, pp.82-86.
 4. *Polubarinova-Kochina P.Ya.* Theory of ground water movement. Translated from the Russian by J. M. Roger De Wiest Princeton University Press, Princeton, N.J.1962 xix+613 pp.
 5. *Kiryakin V. Yu. and A. V. Setukha.* On the Convergence of a Vortical Numerical Method for Three-Dimensional Euler Equations in Lagrangian Coordinates// Diferential Equations Vol. 43, No. 9, 2007, pp.1295-1311.
 6. *Dorofeeva V.I., Nikolsky D.N.* Investigation of the process of settling the groundwater hill in inhomogeneous layer// Transactions of XV International Symposium “Discrete singularities methods in mathematical physics” (DSMMPh-2011).- Kharkov-Kherson, 2011.- pp. 171-174.
 7. *Piven V.F.* The theory of two-dimensional processes in inhomogeneous layers, with the conductivity of which varies according to a power law// Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 1997.,V.61.,No.4.,pp.595-605.
 8. *Nikol'skii D.N.* Mathematical modeling of the three-dimensional evolution of the interface between fluids of different viscosities and densities in an inhomogeneous ground //Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz., 2007, Volume 47, Number 8, pp.1402–1412.
-

УДК 37+53

UDC 37+53

П.С. КОРЧАГИН

аспирант кафедры физики Орловского государственного университета
E-mail: warpol@yandex.ru

О.И. МАРКОВ

доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики Орловского государственного университета

E-mail: O.I.Markov@mail.ru

Ю.В. ХРИПУНОВ

кандидат физико-математических наук, ст. преп. кафедры физики Орловского государственного университета

E-mail: Phyrexia@yandex.ru

P.S. KORCHAGIN

graduate student of chair of physics, Orel state university
E-mail: warpol@yandex.ru

O.I. MARKOV

doctor of physical and mathematical sciences, professor of chair of physics, Orel state university
E-mail: O.I.Markov@mail.ru

YU. V. HRIPUNOV

candidate of physical and mathematical sciences senior teacher of chair of physics, Orel state university
E-mail: Phyrexia@yandex.ru

О ВЛИЯНИИ ТРЕЩИНЫ СКОЛА НА СТРУКТУРУ СЛОЕВ ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВИСМУТА И СПЛАВОВ ВИСМУТ-СУРЬМА

EFFECT OF CHIP'S CRACK ON LAYER'S STRUCTURE OF THE SINGLE CRYSTAL BISMUTH'S SURFACE AND BISMUTH-ANTIMONY ALLOYS

В статье приводятся результаты исследований дефектности приповерхностных слоев скола монокристаллов висмута и сплавов висмут-сурьма.

Ключевые слова: дислокации, монокристаллы висмута/висмут-сурьма, металлография, атомно-силовая микроскопия.

The results of the research of the surface layers defectiveness of single crystals bismuth and bismuth-antimony alloy are presented in the paper.

Keywords: dislocations, single crystals of bismuth/bismuth-antimony, metallography, atomic-force microscopy.

Современное приборостроение испытывает потребность в высококачественных и высокоэффективных функциональных наноматериалах, требования к параметрам которых определяются соответствующей отраслью [1]. Особое внимание ученые всего мира уделяют разработке и созданию альтернативных источников энергии (АИЭ). Одним из перспективных и интенсивно развивающихся направлений развития АИЭ-отрасли является «термоэлектричество» (ТЭ), где главной задачей производителей является минитюаризация, повышение эффективности работы и создание новых конструкционных материалов для ТЭ-приборов. Висмут – полуметалл с малым перекрытием валентной зоны и зоны проводимости [2-5], свойства которого регулируются многими факторами: внешние воздействия; введение легирующих примесей; наличие, количество и структура дефектов; наноструктурирование, что представляет широкий практический интерес [5].

Целью работы является исследование структуры слоев поверхности скола монокристаллов висмута и сплавов висмут-сурьма.

Данная работа является продолжением [6-14]. В работе [14] приводился обзор исследований,

присущих кристаллам висмута дефектов (блоков, двойников, мозаичной структуры, дислокаций) и механизмов их образования, связанных с ростом и внешними воздействиями [15-21]. Особенно отмечались работы, посвященные изучению структуры поверхности монокристаллов висмута [22, 23], представляющей собой совокупность неоднородностей (террасы, двойники, вакансии и др.), меняющей свой вид при переходе от одной микрообласти к другой. Было показано [6-23], что совокупность ростовых особенностей кристаллов и внешних факторов оказывает существенное влияние на дефектность структуры поверхности и приповерхностных слоев. Сделан вывод [14] о необходимости указывать в каждом конкретном случае не только методы выращивания кристаллов, но и способ получения исследуемой поверхности.

Монокристаллы висмута и сплавов висмут-сурьма выращены методом горизонтальной зонной перекристаллизации. Для предотвращения дефектообразования уже выращенных монокристаллов проводилось травление стекла плавиковой кислотой, а для вырезания образцов использовался электроискровой метод. Образцы для исследований выреза-

лись из средней части слитков, затем производилось расщепление монокристалла при азотной температуре, по плоскостям спайности (111). Совершенство кристаллической структуры монокристаллов висмута и сплавов висмут-сурьма изучалось на плоскости (111). Для выявления дислокаций поверхность скола (111) травилась в растворе азотной и уксусной кислот. Для диагностики структуры поверхности применялись методы атомно-силовой (АСМ), электронной (ЭМ) и металлографической (МГ) микроскопии.

В работах [7, 9-14] представлены данные перепадов высот и шероховатости поверхности после кратковременного травления. В результате действия травителя образовывалось множество многочисленных характерных треугольных ямок в точках выхода дислокаций с явно выраженной кристаллографической ориентацией (Рис. 1). С помощью АСМ удалось установить направления дислокаций. Основное количество дислокаций представлено направлениями [111]. Также встречаются дислокации направлений [112] и [221] [12-14]. Плотность дислокаций для монокристаллов висмута (МКВ) составляла $\sim 10^9 \text{ см}^{-2}$, сплавов висмут-сурьма, выращенных в ампулах (тип АМ) $\sim 10^7 \text{ см}^{-2}$, выращенных в стеклянных трубочках (тип СТ) $\sim 10^4 \text{ см}^{-2}$ [14].

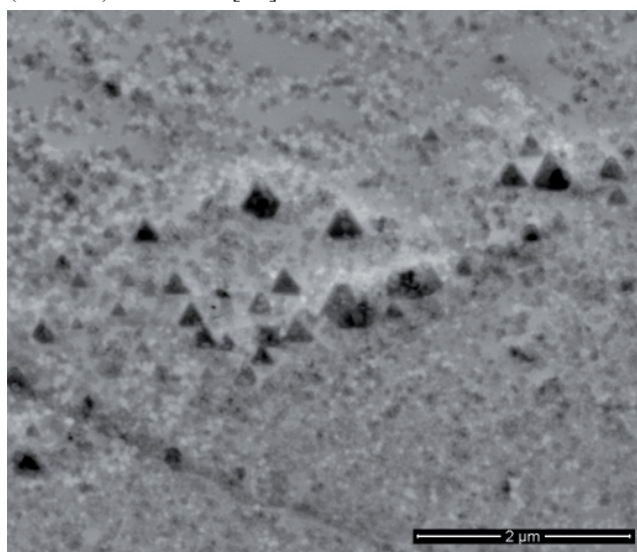


Рис. 1. ЭМ-кадр скола монокристалла висмута после действия травителя.

Были обнаружены границы двойниковых прослоек, дислокационные стены, периодически переходящие в обширные локальные области с повышенной плотностью дислокаций. Такие локальные области при движении от ампульного края вдоль радиального направления (от 1,2,3,4 или 5 к 0 (рис. 2)) к центру кристалла уменьшаются в размерах и на расстоянии 2/3 от него практически исчезают [14].

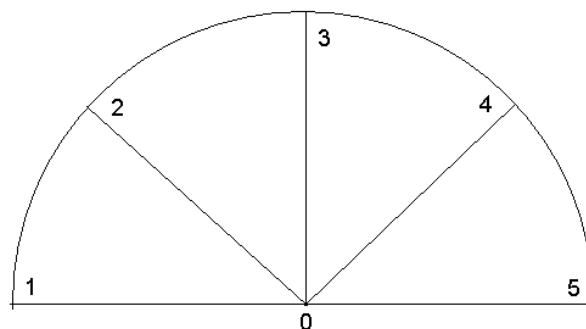


Рис. 2. Схема поверхности кристалла, выращенного методом зонной перекристаллизации. Край 12345 прилегает к стеклу ампулы.

При этом каждому из направлений соответствуют свои размеры локальных областей. Например, для направления 30 (рис. 2) области наиболее обширны, а при движении в направлениях 321 и 345 по краю их площади существенно уменьшаются. Так, в направлении 30 размеры областей составляют от 1.5 мм до 100 мкм, а в 50 от 0.7 мм до 40 мкм. При этом распределение дислокаций носит квазипериодический характер (рис. 3) [14].

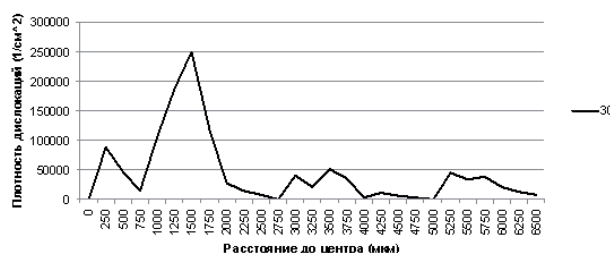


Рис. 3. График распределения плотности дислокаций для направлений 30.

В данной работе кристаллы висмута и сплавы висмут-сурьма были подвержены более длительному травлению, чем в [7, 9-14]. Анализ АСМ-, ЭМ- и МГ-кадров показал, что плотность распределения дислокаций в монокристаллах висмут-сурьма АМ в среднем уменьшилась на $0.3 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$, а в областях около центра кристалла – на $0.5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ и составляет $1.7 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$ и $2.5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ соответственно. Размеры областей с повышенной плотностью распределения дислокаций уменьшились. В некоторых случаях наблюдается дробление одной большой области на несколько (2-3) более малых (рис. 4-6). При этом в некоторых случаях (около края кристалла) появлялись новые области с повышенной плотностью распределения дислокаций.

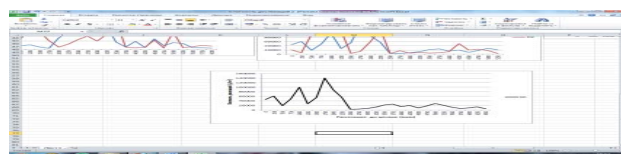


Рис. 4. График распределения плотности дислокаций для направлений 30 после длительного травления.

Из сравнения графиков распределения дислокаций, представленных на рисунках 3 и 4, видно, что обширная область в начале диаграммы 3 на диаграм-

ме 4 претерпевает разбиение на две менее обширные области. При этом в районе значения расстояния 5000 мкм происходит появление новой области с повышенной плотностью дислокаций. Аналогичные картины наблюдаются и для других направлений схемы из рисунка 2. Для примера графики плотности распределения дислокаций до и после длительного травления для направления 50 приведены на рисунках 5 и 6 соответственно.

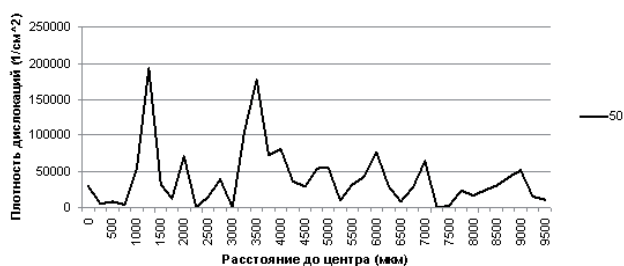


Рис. 5. График распределения плотности дислокаций для направлений 50 до длительного травления.

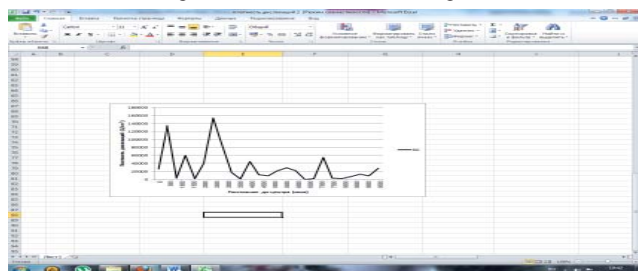


Рис. 6. График распределения плотности дислокаций для направлений 50 после длительного травления.

Сопоставляя участки графиков 5 и 6 в интервале от 0 до 3500 мкм, можно увидеть, как происходит перестройка поверхностного интерфейса: на месте «пустых» областей появляются области с повы-

шенной плотностью дислокаций и наоборот. Можно предположить, что причиной ее появления служат напряжения, создаваемые либо в процессе роста кристалла, либо передающиеся через слои кристалла в результате движения фронта трещины.

Итак, по результатам исследований удалось установить, что увеличение времени травления приводит к уменьшению размеров областей с повышенной плотностью дислокаций и, одновременно, к увеличению у края кристалла количества таких областей с сохранением квазипериодичности их расположения. Происходит расщепление крупных областей на более мелкие составляющие, что говорит о сокращении количества дислокаций при движении вглубь кристалла в перпендикулярном направлении от плоскости скола. Обнаруживают себя смены «пустых» областей на области с повышенной плотностью и наоборот.

Таким образом, можно предположить, что часть энергии пластической деформации идет на активное образование дислокационных структур в районе движения фронта трещины скола, а часть — на хрупкое разрушение с образованием множества террас, границы которых представляют собой дислокационные стены, распространяющиеся вглубь кристалла в направлении, перпендикулярном плоскости скола и имеющие разветвленный характер. Все вышесказанное позволяет говорить о дислокационных механизмах разрушения кристаллов висмута.

Дальнейшие исследования данных задач позволят получить информацию о дефектообразовании в процессе разделения монокристаллов висмута и сплавов висмут-сурьма в приповерхностных слоях, установить влияние дислокационных структур на изменение зонных параметров, с целью создания новых функциональных термоэлектрических материалов.

Библиографический список

1. Пул Ч.-мл., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2009. 336с.
2. Фальковский Л. А. Физические свойства висмута// УФН. Т. 94. Вып. 1. 1968. С. 3-41.
3. Эдельман В. С. Свойства электронов в висмуте.// УФН. Т. 123. Вып. 2. 1977. С. 257-287.
4. Грабов В.М., Иванов Г.А., Налетов В.Л., Понарядов В.С., Яковлева Т.А. Переход полуметалл-полупроводник в сплавах висмут-сурьма.// ФТТ, 1969, Т.11, С. 3653
5. Грабов В.М., Комаров В.А., Худякова И.И., Яковлева Т.А. Физика полуметаллов и низкоразмерных структур на их основе. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2001. 293с.
6. Марков О.И., Хрипунов Ю.В. Диагностика структуры поверхности, полученной при электроискровой резке монокристаллов висмута//Тезисы докладов I Всероссийской научной конференции Методы исследования состава и структуры функциональных материалов. Новосибирск. 2009. С.275.
7. Хрипунов Ю. В., Марков О. И. Исследование модификации структуры слоев поверхности монокристалла висмута // Материалы VI Международной научной конференции «Прочность и разрушение материалов и конструкций». Оренбург. ОГУ: 2010. С. 395-401.
8. Марков О.И., Хрипунов Ю.В. Разрушение монокристалла висмута посредством скола//Материалы 50-го Международного симпозиума «Актуальные проблемы прочности». Витебск. 2010. УО «ВГТУ», Ч. 2, С. 147-149.
9. Марков О. И., Хрипунов Ю. В. Некоторые аспекты металлографических исследований монокристаллов висмут-сурьма // Учёные записки ОГУ. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2010. №4(38). С.27-32.
10. Хрипунов Ю. В., Марков О. И. Исследование дислокационных структур поверхности кристаллов висмута// Труды 53-й научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук». Ч. 5 Физическая и квантовая электроника. М., 2010. С. 195-196.
11. Корчагин П.С., Марков О.И., Хрипунов Ю.В. Автодеформационные дефекты монокристаллов висмут-

сурьма // Учёные записки ОГУ. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2011. №3(41). С.61-66.

12. Марков О.И., Хрипунов Ю.В. Определение направлений дислокаций в монокристаллах висмута по ямкам травления // Материалы 51-й международной конференции «Актуальные проблемы прочности». Харьков. 2011. С. 351.

13. Марков О.И., Хрипунов Ю.В., Грибанов Е.Н. Особенности структуры поверхности кристаллов висмута после химического травления // Сборник статей 2-й международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химической науки, практики и образования». Курск. 2011. С. 124-127.

14. Корчагин П.С., Марков О.И., Хрипунов Ю.В. Исследование дефектов на поверхности монокристаллов висмута и сплавов висмут-сурьма // Учёные записки Орловского государственного университета. 2011. №5 (43). С. 173-179.

15. Физическое металловедение./ Под ред. Р. Кана. Вып.3. М.: Мир. 1968, 427 с.

16. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М.: Мир. 1974. 496с.

17. Современная кристаллография (в четырех томах). Том 4. Физические свойства кристаллов/ Шувалов Л.А., Урусовская А.А., Желудев И.С. и др. М.: Наука, 1981. 496с.

18. Данильчук Л.Н., Окунев А.О., Иванов К.Г., Тимофеева Ю.В. Исследование дефектов структуры полуметаллов и полупроводников на основе монокристаллических сплавов (Bi+Sb) методами рентгеновской топографии// Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т.74. №3. С. 25-32.

19. Данильчук Л.Н., Окунев А.О., Тимофеева Ю.В., Анисимов В.Г., Ткаль В.А. Изучение дефектов структуры монокристаллических сплавов Bi+Sb методом двухкристальной топографии в геометрии Брэгга//Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2005. С. 2308-2314 [Электронный ресурс]

20. Любалин М.Д. Рост кристаллов в расплаве. Кристаллографический анализ и эксперимент. СПб.: Наука, 2008.-391 с.

21. Косевич А.М. Образование дислокаций при расколе кристалла висмута по плоскости спайности. // Кристаллография. 1962. Т.7. Вып. 1. С.97-102.

22. Трояновский А.М., Эдельман В.С. Сканирующая туннельная микроскопия поверхности скола висмута// Кристаллография. 1999. т.44. №.2. С.336-346.

23. Хайкин М.С., Черемисин С.М., Эдельман В.С. Изготовление монокристаллов легкоплавких металлов // ПТЭ. 1970. №4. С.225-227.

References

1. Pool of H. – jr. Owens F. Nanotechnologies. M: Technosphere, 2009. 336p.
2. Falkovsky L. A. Physical properties of bismuth//UFN. Vol. 94 . Rel. 1. 1968 . Page 3-41.
3. Edelman V. S. Properties of electrons in bismuth.//UFN. Vol. 123 . Rel. 2. 1977 . P. 257-287.
4. Grabov V.M., Ivanov G. A. Naletov V.L., Ponaryadov V. S., Yakovlev T.A. Transition semi-metal semiconductor in alloys bismuth-surma.//FTT, 1969, Vol.11, P. 3653.
5. Grabov V.M., Komarov V.A., Khudyakov I.I. Yakovleva T.A. Physics of semi-metals and low-dimensional structures on their basis. SPb. : RGPU publishing house of A.I.Herzen, 2001. 293p.
6. Markov O. I. Hripunov Yu. V. Diagnostics of structure of the surface received at the electrosark are sharp single crystal of bismuth // Theses of reports of the I All-Russian scientific conference Methods of research of structure and structure of functional materials. Novosibirsk. 2009 . P. 275.
7. Hripunov Yu. V., Markov O. I. Research of modification of structure of layers of a surface of a single crystal of bismuth//Materials VI of the International scientific Durability conference and destruction of materials and designs. Orenburg. Orenburg state university: 2010 . P. 395-401.
8. Markov O. I. Hripunov Yu. V. Destruction of a single crystal of bismuth by means of a chip//Materials of the 50th International symposium Actual problems of durability. Vitebsk. 2010 . UO “VGTU”, H. 2, p. 147-149.
9. Markov O. I. Hripunov Yu. V. Some aspects of metalgraphic researches of monocrystals bismuth-antimony// Scientific notes of the Orel state university. Series: natural, technical and medical science. 2010 . Vol. 4(38). P. 27-32.
10. Hripunov Yu. V., Markov O. I. Research of dislocation structures of a surface of crystals of bismuth//Works of the 53rd MFTI scientific conference Modern problems of fundamental and applied sciences. H. 5 Physical and quantum electronics. - M: 2010 . P. 195-196.
11. Korchagin P. S., Markov O. I. Hripunov Yu. V. Autodeformation defects of single crystals bismuth-antimony// Scientific notes of the Orel state university. Series: natural, technical and medical science. 2011 . Vol. 3(41). Pp. 61-66.
12. Markov O. I. Hripunov Yu. V. Definition of the directions of dislocations in bismuth monocrystals on etching poles// Materials of the 51st international conference Actual problems of durability. Kharkov. 2011 . P. 351.
13. Markov O. I. Hripunov Yu. V. Griбанov E.N. Features of structure of a surface of crystals of bismuth after chemical etching//the Collection of articles of the 2nd international scientific and practical conference Actual problems of chemical science, practice and education. Kursk. 2011 . Pp. 124-127.
14. Korchagin P. S., Markov O. I. Hripunov Yu. V. Research of defects on a surface of single crystals of bismuth and alloys bismuth-antimony//Scientific notes of the Oryol state university. 2011 . Vol.5(43). Pp. 173-179.
15. Physical metallovedeniye./Under the editorship of the Cana River. Rel.3. M.:World.1968, 427p.

16. Kelly A., Grows G. Kristallografiya and defects in crystals. M: World. 1974 . 496p.
17. Modern crystallography (in four volumes). Vol. 4. Physical properties Crystals / Shuvalov L.A. Urusovsky A.A. Zheludev I.S. etc. M: Science, 1981. 496p.
18. Danilchuk L.N. Okunev A.O. Ivanov K.G. Timofeeva Yu.V. Research of defects of structure of semi-metals and semiconductors on the basis of single-crystal alloys (Bi+Sb) methods of x-ray topography//Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2008 . Vol.74. No. 3. P. 25-32.
19. Danilchuk L.N. Okunev A.O. Timofeeva Yu.V. Anisimov V. G., Tkai V.A. Studying of defects of structure of single-crystal alloys of Bi+Sb a method of two-crystal topography in Bragg's geometry//the Electronic scientific magazine "It Is Investigated in Russia". 2005 . P. 2308-2314 [Electronic resource]
20. Lyubalin M. D. Growth of crystals in fusion. Crystallographic analysis and experiment. SPb. : Science, 2008. -391p.
21. Kosevich A.M. Formation of dislocations at split of a crystal of bismuth on the spaynost plane. // Crystallography. 1962 . Vol.7. Rel.1 . P. 97-102.
22. Troyanovsky A.M. Edelman V. S. Scanning tunnel microscopy of a surface of a chip of bismuth//the Crystallography. 1999 . Vol.44. №.2. P. 336-346.
23. Khaikin M. S., Cheremisin S. M., Edelman V. S. Production of monocrystals of fusible metals//PTE. 1970 . No. 4. Pp. 225 227.

УДК 517.98

UDC 517.98

С.Н. МАНЬКО

S.N. MANKO

аспирант кафедры геометрии и методики преподавания математики Орловского государственного университета
E-mail: mankosvetlana88@mail.ru

graduate student of chair of geometry and technique of teaching of mathematics, Orel State University
E-mail: mankosvetlana88@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕКТОРНОЗНАЧНЫХ ФУНКЦИЙ, ПОРОЖДЕННЫХ ОПЕРАТОРОМ КОНЕЧНОГО ПОРЯДКА

CHARACTERISTICS OF THE VECTOR-VALUED FUNCTIONS GENERATED BY THE OPERATOR OF A FINAL ORDER

Векторнозначные функции, порожденные оператором конечного порядка, часто встречаются в функциональном анализе. В данной работе исследуются характеристики таких функций (порядок и тип – для целых функций, радиус сходимости ряда Тейлора – для функций, аналитических в круге). Инструментом исследования служат понятия порядка и типа оператора и операторных порядка и типа вектора относительно оператора, действующего в локально выпуклых пространствах, которые были введены В.П. Громовым И в дальнейшем обобщены С.Н. Мишиным.

Ключевые слова: локально выпуклое пространство; векторнозначная функция, порожденная оператором конечного порядка; порядок и тип векторнозначной функции.

Vector-valued function generated by the operator of a final order, are often met in the functional analysis. In this work characteristics of such functions (an order and type – for the whole functions, radius of convergence of a number of Taylor – for functions, analytical in a circle) are investigated. As the instrument of research concepts of an order and type of the operator and an operational order and vector type concerning the operator acting in locally convex spaces which were entered by V.P.Gromov And further are generalized by S. N. Mishin.

Keywords: locally convex space; vector-value function generated by the operator of a final order; order and type of vector-value function.

Пусть H – отделимое секвенциально полное локально выпуклое пространство и пусть $A: H \rightarrow H$ линейный непрерывный оператор.

Рассмотрим, как связаны между собой характе-

ристики скалярной функции комплексного переменного t (1) и векторнозначной функции, порожденной оператором A и скалярной функцией φ (2):

$$\varphi(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n t^n, \quad \{\varphi_n\} \subset \mathbb{C} \quad (1)$$

$$\varphi(tA)(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n A(x)^{k_n} t^n, \quad x \in H, \quad \{k_n\} \subset \mathbb{N}, \quad (2)$$

где

$$\max_{|t| \leq r} |\varphi(t)| \leq m(r), \quad m(r) > 0, \quad r > 0, \quad (3)$$

причем

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{r^n}{m(r)} = 0, \quad \forall n.$$

Теорема.

1) Пусть функция (1) – целая. И пусть выполняется условие

$$|\varphi_n| \geq L \cdot B_n, \quad \forall n; \quad L > 0, \quad (4)$$

где

$$B_n = \inf_{r>0} \frac{m(r)}{r^n}.$$

Функция (3) будет целой тогда и только тогда, когда

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \alpha_p(x)^n k_n^{\frac{k_n}{n}} \beta_p(x)^{\frac{k_n}{n}}, \quad (5)$$

где $\alpha_p(x)$ и $\beta_p(x)$ – операторный порядок и тип вектора x относительно оператора A [1].

Пусть $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k_n \ln k_n}{n \ln n} = T$, тогда

1. Если $T = 0$, то порядок функции (3):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k_n \ln k_n}{n \ln n} = T$$

2. Если $0 < T < \infty$, то порядок (3):

$$\rho = \frac{1}{-\beta_p(x)T - \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln B_n}{n \ln n}}.$$

3. Если $T = \infty$, то порядок функции (3):

$$\rho = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{-\ln B_n - \beta_p(x)k_n \ln k_n}.$$

(Во всех этих случаях ρ может быть равно 0 или ∞)

Если предел (5) больше нуля, но меньше бесконечности, то функция (3) аналитична в круге радиуса $R = \frac{1}{T}$, если предел (5) равен бесконечности, то ряд (3)

сходится только при $t = 0$.

2) Пусть функция (1) – аналитическая в круге радиуса r , при этом радиус сходимости вычисляется по формуле

$$\frac{1}{r} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|\varphi_n|}. \quad (6)$$

Пусть $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k_n}{n} = T$, тогда

1. Если $T = 0$, то $R = \frac{r}{\lim_{n \rightarrow \infty} k_n^{\beta_p(x) \frac{k_n}{n}}}$.

2. Если $0 < T < \infty$, то порядок (3):

$$R = \frac{r}{\alpha_p(x)^T \lim_{n \rightarrow \infty} k_n^{\beta_p(x)T}}.$$

а) если $\beta_p(x) = 0$, а $\alpha_p(x) \neq \infty$, то $R = \frac{r}{\alpha_p(x)^T}$,

если $\beta_p(x) = 0$, а $\alpha_p(x) = \infty$, то $R = 0$.

б) если $\beta_p(x) < 0$, то функция (3) – целая, со следующими характеристиками роста:

$$\rho_p = \frac{1}{-T\beta_p(x)},$$

$$\sigma_p = -\frac{r^{\frac{1}{\beta_p(x)T}} \beta_p(x)}{\alpha_p(x)^{\frac{1}{\beta_p(x)}} e}.$$

(В этом случае R может быть равно 0 или ∞)

Если $T = \infty$, то $R = 0$, где R – радиус сходимости (3).

Доказательство.

1) Так как $\max_{|t| \leq r} |\varphi(t)| \leq m(r)$, то исходя из неравенства Коши:

$$\forall r > 0, \quad |\varphi_n| \leq \frac{\max_{|t| \leq r} |\varphi(t)|}{r^n}$$

имеем

$$|\varphi_n| \leq \inf_{r>0} \frac{m(r)}{r^n} = B_n. \quad (7)$$

Оценим общий член ряда (3).

$\forall p, \forall \varepsilon > 0 \exists C_p(\varepsilon, x): \forall n$

$$\|A^{k_n}\|_p < C_p(\varepsilon, x)(\alpha_p(x) + \varepsilon)^{k_n} k_n^{\beta_p(x)k_n} \quad (8)$$

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0 \exists C_p(\varepsilon, x): \exists n_m \rightarrow \infty \quad (9)$$

($\beta_p(x)$ и $\alpha_p(x)$ – операторный порядок и тип вектора x относительно оператора A).

Из оценок (4) и (7)-(9) вытекает:

$\forall p, \forall \varepsilon > 0 \forall n, \exists C_p(\varepsilon, x):$

$$\|\varphi_n A^{k_n}\|_p \leq B_n C_p(\varepsilon, x)(\alpha_p(x) + \varepsilon)^{k_n} k_n^{\beta_p(x)k_n}$$

$\forall p, \forall \varepsilon > 0 \exists C_p(\varepsilon, x): \exists n_m \rightarrow \infty$

$$B_{n_m} C_p(\varepsilon, x)(\alpha_p(x) - \varepsilon)^{k_{n_m}} k_{n_m}^{\beta_p(x)k_{n_m}} \leq \|\varphi_n A^{k_{n_m}}\|_p.$$

Воспользуемся полученными оценками и аналогом формулы Коши-Адамара [2]

$$\frac{1}{R} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\|\varphi_n A^{k_n}\|_p} \quad (10)$$

$$R \leq \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \alpha_p(x) + \varepsilon)^{\frac{k_n}{n}} k_n^{\beta_p(x) \frac{k_n}{n}}},$$

$$\frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \alpha_p(x) - \varepsilon)^{\frac{k_{n_m}}{n_m}} k_{n_m}^{\beta_p(x) \frac{k_{n_m}}{n_m}}} \leq R.$$

Отсюда следует [3], что функция (3) – целая при условии (5).

Следовательно, можно вычислить порядок и тип данной функции.

$$\begin{aligned}\rho(\varphi(tA)) &= \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{-\ln \|\varphi_n A^{k_n}(x)\|} \leq \\ &\leq \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{\ln B_n}{n \ln n} - \frac{k_n \ln(\alpha_p(x) + \varepsilon)}{n \ln n} - \frac{\beta_p(x) k_n \ln k_n}{n \ln n}}. \\ \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{n_m \ln n_m}{-\ln \|\varphi_n A^{k_{n_m}}(x)\|} &\leq \\ &\leq \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{\ln B_{n_m}}{n_m \ln n_m} - \frac{k_{n_m} \ln(\alpha_p(x) - \varepsilon)}{n_m \ln n_m} - \frac{\beta_p(x) k_{n_m} \ln k_{n_m}}{n_m \ln n_m}} = \rho(\varphi(tA)).\end{aligned}$$

Отсюда следует, если $T = 0$, то

$$\begin{aligned}\rho(\varphi(tA)) &= \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{-\ln \|\varphi_n \cdot \|A^{k_n}(x)\|_p} = \\ &= \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{\ln \|\varphi_n\|}{n \ln n} - \frac{\ln \|A^{k_n}(x)\|_p}{n \ln n}} = \\ &= \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{\ln B_n}{n \ln n} - \frac{k_n \ln \alpha_p(x)}{n \ln n} - \frac{\beta_p(x) k_n \ln k_n}{n \ln n}} = \\ &= \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{-n \ln n}{\ln B_n}.\end{aligned}$$

Если $0 < T < \infty$, то порядок

$$\rho(\varphi(tA)) = \frac{1}{-\beta_p(x)T - \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln B_n}{n \ln n}}.$$

Если $T = \infty$, то порядок

$$\rho(\varphi(tA)) = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{-\ln B_n - \beta_p(x) k_n \ln k_n}.$$

Если предел (5) больше нуля, но меньше бесконечности, то функция (3) аналитична в круге радиуса $R = \frac{1}{T}$. Если предел (5) равен бесконечности, то ряд

$$\sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n A^{k_n} t^n \text{ сходится только при } t = 0.$$

Подставим коэффициенты ряда $\sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n A^{k_n} t^n$ в аналог формулы Коши-Адамара

$$\frac{1}{R} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\|\varphi_n A^{k_n}(x)\|_p} = \frac{1}{r} \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\|A^{k_n}(x)\|_p}$$

Из оценок (8)-(9) следует

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \alpha_p(x)^{\frac{k_n}{n}} k_n^{\beta_p(x) \frac{k_n}{n}}.$$

Отсюда следует, если $T = 0$, то $R = \frac{r}{\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} k_n^{\beta_p(x) \frac{k_n}{n}}}$.

$$\rho_p = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{-\ln \|\varphi_n \cdot \|A^{k_n}(x)\|_p} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{\ln \|\varphi_n\|}{n \ln n} - \frac{\ln \|A^{k_n}(x)\|_p}{n \ln n}} = \frac{1}{-T\beta_p(x)}.$$

$$(\sigma_p e \rho_p)^{\frac{1}{\rho_p}} = \lim_{n \rightarrow \infty} n^{\frac{1}{\rho_p}} \sqrt[n]{\|\varphi_n\| \cdot \|A^{k_n}(x)\|_p}.$$

$$\left(\sigma_p e \left(-\frac{1}{T\beta_p(x)} \right) \right)^{-T\beta_p(x)} = \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-T\beta_p(x)} \sqrt[n]{\|\varphi_n\| \cdot \|A^{k_n}(x)\|_p},$$

$$\left(\sigma_p e \left(-\frac{1}{T\beta_p(x)} \right) \right)^{-T\beta_p(x)} = \frac{1}{r} \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt[n]{\|A^{k_n}(x)\|_p}}{n^{-T\beta_p(x)}},$$

$$\left(\sigma_p e \left(-\frac{1}{T\beta_p(x)} \right) \right)^{-T\beta_p(x)} = \frac{\alpha_p(x)^T \cdot T^{\frac{1}{T\beta_p(x)}}}{r},$$

$$\frac{\sigma_p e}{-T\beta_p(x)} = \left(\frac{\alpha_p(x)^T \cdot T^{\frac{1}{T\beta_p(x)}}}{r} \right)^{\frac{1}{T\beta_p(x)}},$$

$$\sigma_p = -\frac{r^{\frac{1}{\beta_p(x)T}} \beta_p(x)}{\alpha_p(x)^{\frac{1}{\beta_p(x)}} e}.$$

Если $0 < T < \infty$, то $R = \frac{r}{\alpha_p(x)^T \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} k_n^{\beta_p(x)T}}$

а) если $\beta_p(x) = 0$, а $\alpha_p(x) \neq \infty$, то $R = \frac{r}{\alpha_p(x)^T}$,

если $\beta_p(x) = 0$, а $\alpha_p(x) = \infty$, то радиус $R = 0$.

б) если $\beta_p(x) < 0$, то функция (3) – целая, найдем её характеристики роста:

Если $\beta_p(x) > 0$, то ряд $\sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n A^{k_n} t^n$ сходится только

ко при $t = 0$, что доказывается аналогично.

Если $T = \infty$, то $R = 0$.

Примечание. В условиях теоремы неравенство (4) имеет смысл оценки снизу.

Библиографический список

1. Громов В.П. Порядок и тип оператора и целых векторнозначных функций. Ученые записки ОГУ, 1999. 1. С. 6-23.
2. Громов В. П., Мишин С. Н., Панюшкин С. В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Орел ОГУ, 2009. С. 430.
3. Ле Хай Хой. Векторнозначные функции и дифференциальные операторы бесконечного порядка. Ростов-на-Дону, РГУ, 1981. 54 с.

References

1. Gromov V.P. Poryadok's thunders and type of the operator and whole vector-valued functions. Scientific notes of regional public institution, 1999. 1: 6-23.
2. Gromov V.P., Mishin S. N., Panyushkin S. V. Operators of a final order and differential and operator equations. Orel: Orel State University, 2009, page - 430.
3. Le Huy Hui. Vector-valued functions and differential operators of an infinite order. Rostov-on-Don, RGU, 1981, - 54 pages.

УДК 517.97

UDC 517.97

С.М. МИРЗОЕВА

диссертант кафедры физики, математика и информатики Ленкоранского государственного университета
E-mail: Mirzayeva_Salima@mail.ru

S.M. MIRZAYEVA

researcher of the Department "Physics, Mathematics and Computer Science", Lankaran State University
E-mail: Mirzayeva_Salima@mail.ru

НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ В ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

THE NECESSARY CONDITION IN PROBLEM OF OPTIMUM MANAGEMENT ECOLOGICAL SYSTEM

В этой работе изучается вопрос необходимого условия в задаче оптимального управления для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с критерием качества типа функционала Лионса. При этом сначала исследуется дифференцируемость по Френе критерия качества и устанавливается формула для его градиента, на основе которого доказывается необходимое условие в виде вариационного неравенства.

Ключевые слова: обыкновенные дифференциальные уравнения, оптимальное управление, критерия качества, необходимое условие.

In this work is studied the question of necessary condition in problem of optimum management for common differential equation of the second order with criterion quality type of Lions functional. Also here is researched differentiability of quality criteria on Frene and there is fixed the formula for its gradient, on base which is proved the necessary condition in the manner of vibrational inequality.

Keywords: common differential equation, optimum management, quality criteria, the necessary condition.

Введение

В этой работе рассматривается вопрос необходимого условия в задаче оптимального управления для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с критерием качества типа функционала Лионса, которая часто возникает при моделировании и управлении экологических процессов [1]. При этом сначала исследуется дифференцируемость по Френе критерия качества и устанавливается формула для градиента, на основе которого доказывается необходимое условие в виде вариационного неравенства. Для установления этих фактов используется сопряженная задача к рассматриваемой задаче оптимального управления, разрешимость которой в отдельности подвергается к изучению. Следует отметить, что подобные задачи оптимального управления со специальным критерием качества, особенно с критерием качества Лионса, сравнительно мало изучены. В этом направлении можно отметить работы [2, 3], в которых изучаются задачи оптимального управления для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. Однако, задача оптимального управления, рассмотренная в этой работе, отличается от ранее изученных задач и по постановке, и по функциональным пространствам, используемым в этой работе.

Постановка задачи

Пусть управляемый процесс описывается следующим уравнением:

$$\rho \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{1}{x} \tilde{v}_1(x) \frac{du}{dx} - v_0(x)u = w(x), \quad (1)$$

где $a \leq x \leq b$, $a > 0$, $b_0 > 0$, $\rho > 0$ – заданные числа, ρ – плотность вещества, $v_0(x)$ – коэффициент переноса вещества, функция $\tilde{v}_1 = \tilde{v}_1(x)$ определена в виде:

$$\rho \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{1}{x} \tilde{v}_1(x) \frac{du}{dx} - v_0(x)u = w(x),$$

в которой $v_1(x)$ – скорость ветра, $w(x)$ – плотность экологически активных источников. Известно, что это уравнение описывает поток газа или жидкости и возникает при изучении экологических процессов.

Ясно, что с изменением $v_0(x)$, $v_1(x)$, $w(x)$ можно воздействовать на экологический объект, описываемый уравнением (1), то есть можно управлять этим объектом. В качестве управления будем выбирать вектор-функцию $v = v(x)v_0(x) = v_0(x), v_1(x), w(x)$. Множество допустимых управлений определим в виде:

$$\tilde{V} = \left\{ v = v(x) \equiv \begin{pmatrix} v_0(x), \tilde{v}_1(x), w(x) \end{pmatrix}, v_0 \in L_2(a, b), \tilde{v}_1 \in L_2(a, b), w \in L_2(a, b), \right. \\ \left. b_0 \leq v_0(x) \leq \tilde{b}_0, 0 \leq \tilde{v}_1(x) \leq b_1, \forall x \in (a, b), \tilde{v}_1(a) = \tilde{v}_1(b) = 0, \|w\|_{L_2(a, b)} \leq b_2 \right\}$$

где $\tilde{b}_0 > 0$, $b_n > 0$, $m = 0, 2$ – заданные числа.

При каждом $v \in \tilde{V}$ через $u_1 = u_1(x)$ обозначим

решение уравнения (1), при граничном условии

$$u(a) = u(b) = 0, \quad (2)$$

а через $u_2 = u_2(x)$ – решение уравнения (1) при граничном условии

$$\frac{du(a)}{dx} = \frac{du(b)}{dx} = 0. \quad (3)$$

Ясно, что $u_1 = u_1(x)$ является решением первой краевой задачи, а $u_2 = u_2(x)$ второй краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка вида (1).

С учетом сделанных выше замечаний можем сформулировать следующую задачу оптимального управления о минимизации функционала:

$$J_\alpha(v) = \|u_1 - u_2\|_{L_2(a,b)}^2 + \alpha \|v - \omega\|_H^2 \quad (4)$$

на множестве $\tilde{V}$ при условиях

$$\rho \frac{d^2 u_k}{dx^2} + \frac{1}{x} \tilde{v}_1(x) \frac{du_k}{dx} - v_0(x) u_k = w(x),$$

$$x \in (a, b), k = 1, 2, \quad (5)$$

$$u_1(a) = u_1(b) = 0, \quad \frac{du_2(a)}{dx} = \frac{du_2(b)}{dx} = 0, \quad (6)$$

где $\alpha \geq 0$ – заданное число, $H \equiv (L_2(a, b))^3$, $\omega \in H$ – заданный элемент.

При каждом $v \in \tilde{V}$ задачу об определении функций $u_k = u_k(x) \equiv u_k(x; v)$ $k = 1, 2$ из условий (5), (6) будем называть редуцированной задачей, под решением которой будем понимать функции $u_1 \in W_2^0(a, b)$ $u_2 \in W_2^2(a, b)$, удовлетворяющие уравнениям (5), для почти всех $x \in (a, b)$ и условиям (6).

С помощью результатов работы [4,5] сможем сформулировать следующее утверждение:

Теорема 1. Пусть $a > 0$, $\rho > 0$ – заданные числа, тогда при каждом $v \in \tilde{V}$ редуцированная задача (5), (6) имеет единственное решение $u_1 \in W_2^2(a, b)$ $u_2 \in W_2^2(a, b)$ и справедливы оценки:

$$\|u_1\|_{W_2^2(a,b)}^0 \leq c_1 \|w\|_{L_2(a,b)}, \quad (7)$$

$$\|u_2\|_{W_2^2(a,b)} \leq c_2 \|w\|_{L_2(a,b)}, \quad (8)$$

где $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ – некоторые постоянные, не зависящие от w .

Используя методику работы [6], можно доказать, что задача оптимального управления (4)–(6) при $\alpha \geq 0$ имеет хотя бы одно решение, то есть

$$\tilde{V}_* = \left\{ v^* \in \tilde{V} : J_\alpha(v^*) = J_{\alpha^*} = \inf_{v \in \tilde{V}} J_\alpha(v) \right\} \neq \emptyset.$$

2. Дифференцируемость критерия качества

Пусть функции $\psi_k = \psi_k(x)$ $k = 1, 2$ являются

решением следующей сопряженной задачи:

$$\rho \frac{d^2 \psi_k}{dx^2} + \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{x} \tilde{v}_1(x) \psi_k \right) - v_0(x) \psi_k = 2(-1)^k (u_1 - u_2),$$

$$x \in (a, b), k = 1, 2, \quad (9)$$

$$\psi_1(a) = \psi_1(b) = 0, \quad \frac{d\psi_2(a)}{dx} = \frac{d\psi_2(b)}{dx} = 0, \quad (10)$$

где $u_k = u_k(x) \equiv u_k(x; v)$, $k = 1, 2$ – решение редуцированной задачи (5), (6) при $v \in \tilde{V}$.

Определение 1. Под решением сопряженной задачи (9), (10) будем понимать функции $\psi_1 = \psi_1(x)$ из $W_2^1(a, b)$ $\psi_2 = \psi_2(x)$ из $W_2^1(a, b)$, удовлетворяющие следующим интегральным тождествам:

$$\int_a^b \left(-\rho \frac{d\psi_k}{dx} \frac{d\eta_{1k}}{dx} + \frac{1}{x} \tilde{v}_1(x) \psi_k \frac{d\eta_{1k}}{dx} - v_0(x) \psi_k \eta_{1k} \right) dx =$$

$$= 2 \cdot (-1)^k \int_a^b (u_1(x) - u_2(x)) \eta_{1k}(x) dx, k = 1, 2 \quad (11)$$

для любых функций $\eta_{11} \in W_2^1(a, b)$, $\eta_{12} \in W_2^1(a, b)$. Следует отметить, что сопряженная задача также состоит из двух краевых задач для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Для функции $\psi_1 = \psi_1(x)$ эта задача является первой краевой, а для $\psi_2 = \psi_2(x)$ второй краевой задачей для рассматриваемого уравнения. Ввиду измеримости и ограниченности коэффициента-управления $\tilde{v}_1(x)$ уравнения (9), невозможно свести к уравнению вида (5) и использовать результаты о существовании и единственности решения краевых задач для эллиптических уравнений, известных из работ [4, 5], для разрешимости сопряженной задачи (9), (10) при $v \in \tilde{V}$. Однако, используя метод Галеркина [4, 5] при $v \in \tilde{V}$, можно доказать следующее утверждение:

Теорема 2. Пусть $a > 0$, $\rho > 0$ – заданные числа и выполнено условие:

$$b_0 - \frac{b_1^2}{2a^2\rho} > 0. \quad (12)$$

Тогда при каждом $v \in \tilde{V}$ сопряженная задача (9), (10) имеет единственное решение $\psi_1 \in W_2^1(a, b)$ $\psi_2 \in W_2^1(a, b)$ и для этого решения справедливы оценки:

$$\|\psi_1\|_{W_2^1(a,b)}^0 \leq c_3 \|u_1 - u_2\|_{L_2(a,b)}, \quad (13)$$

$$\|\psi_2\|_{W_2^1(a,b)} \leq c_4 \|u_1 - u_2\|_{L_2(a,b)}, \quad (14)$$

где $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ – некоторые постоянные, которые не зависят от $u_1 - u_2$.

Введем функцию Гамильтона-Понтрягина для задачи оптимального управления (4)–(6) в виде:

$$\begin{aligned} H(x, u_1(x), u_2(x), v(x), \psi_1(x), \psi_2(x)) = \\ = - \left(\frac{1}{x} \frac{du_1(x)}{dx} \psi_1(x) + \frac{1}{x} \frac{du_2(x)}{dx} \psi_2(x) \right) \tilde{v}_1(x) + \\ + (v_1(x) \psi_1(x) + u_2(x) \psi_2(x)) v_0(x) + (\psi_1(x) + \\ + \psi_2(x)) w(x) - \alpha (v_0(x) - \omega_0(x))^2 - \\ - \alpha \left(\tilde{v}_1(x) - \omega_1(x) \right)^2 - \alpha (w(x) - \omega_2(x))^2, \end{aligned} \quad (15)$$

где $u_k = u_k(x) \equiv u_k(x; v)$ $k = 1, 2$ – решение редуцированной задачи (5), (6), $\psi_k = \psi_k(x) \equiv \psi_k(x; v)$ $k = 1, 2$ – решение сопряженной задачи при $v \in \tilde{V}$.

Теорема 3. Пусть выполнены условия теоремы 2 и $\omega \in H$ – заданный элемент. Тогда функционал $J_\alpha(v)$ дифференцируем по Фреше на множестве $\tilde{V}$, и для его градиента справедливо выражение:

$$J'_\alpha(v) = - \frac{\partial H}{\partial v} = - \left(\frac{\partial H}{\partial v_0}, \frac{\partial H}{\partial \tilde{v}_1}, \frac{\partial H}{\partial w} \right), \quad (16)$$

$$\frac{\partial H}{\partial v_0} = u_1(x) \psi_1(x) + u_2(x) \psi_2(x) - 2\alpha (v_0(x) - \omega_0(x)), \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial \tilde{v}_1} = - \frac{1}{x} \frac{du_1(x)}{dx} \psi_1(x) - \\ - \frac{1}{x} \frac{du_2(x)}{dx} \psi_2(x) - 2\alpha \left(\tilde{v}_1(x) - \omega_1(x) \right), \end{aligned} \quad (18)$$

$$\frac{\partial H}{\partial w} = \psi_1(x) + \psi_2(x) - 2\alpha (w(x) - \omega_2(x)). \quad (19)$$

Доказательство. Возьмем любой элемент $v \in \tilde{V}$ и придадим ему приращение $\Delta v \in B$ такое, что $v + \Delta v \in \tilde{V}$. Вычислим приращение функционала $J_\alpha(v)$ на любом элементе $v \in \tilde{V}$. С помощью формулы (4) имеем:

$$\begin{aligned} J_\alpha(v) = J_\alpha(v + \Delta v) - J_\alpha(v) = \\ = 2 \int_a^b (u_1(x) - u_2(x)) (\Delta u_1(x) - \Delta u_2(x)) dx + \\ + 2\alpha \int_a^b (v_0(x) - \omega_0(x)) \Delta v_1(x) dx + \\ + 2\alpha \int_a^b \left(\tilde{v}_1(x) - \omega_1(x) \right) \Delta \tilde{v}_1(x) dx + \\ + 2\alpha \int_a^b (w(x) - \omega_2(x)) \Delta w(x) dx + \\ + \|\Delta u_1\|_{L_2(a,b)}^2 + \|\Delta u_2\|_{L_2(a,b)}^2 - \\ - 2 \int_a^b \Delta u_1(x) \Delta u_2(x) dx + \alpha \|w\|_H^2, \end{aligned} \quad (20)$$

где $\Delta u_k = \Delta u_k(x)$ $k = 1, 2$ – решение следующей краевой задачи:

$$\begin{aligned} \rho \frac{d^2 \Delta u_k}{dx^2} + \frac{1}{x} \left(\tilde{v}_1(x) + \Delta \tilde{v}_1(x) \right) \frac{d \Delta u_k}{dx} - \\ - (v_0(x) + \Delta v_0(x)) \Delta u_k = \\ = - \frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \frac{du_k}{dx} + \Delta v_0(x) u_k + \\ + \Delta w(x), x \in (a, b), k = 1, 2, \end{aligned} \quad (21)$$

$$\Delta u_1(x) = \Delta u_2(x) = 0, \quad \frac{d \Delta u_2(a)}{dx} = \frac{d \Delta u_2(b)}{dx} = 0. \quad (22)$$

Используя метод интегральных тождеств, для решения этой краевой задачи можем установить справедливость оценки:

$$\|\Delta u_1\|_{W_2^1(a,b)}^0 \leq c_5 \|\Delta v\|_B, \quad (23)$$

$$\|\Delta u_2\|_{W_2^1(a,b)} \leq c_6 \|\Delta v\|_B, \quad (24)$$

где $c_5 > 0$, $c_6 > 0$ – постоянные, не зависят от Δv .

Сначала преобразуем первое слагаемое правой части равенства (20). Ясно, что $\Delta u_1 \in W_2^2(a, b)$ $\Delta u_2 \in W_2^2(a, b)$ удовлетворяют следующим интегральным тождествам:

$$\begin{aligned} \int_a^b \left(\rho \frac{d^2 \Delta u_k}{dx^2} + \frac{1}{x} \left(\tilde{v}_1(x) + \Delta \tilde{v}_1(x) \right) \frac{d \Delta u_k}{dx} - \right. \\ \left. - (v_0(x) + \Delta v_0(x)) \Delta u_k \right) \eta_k(x) dx = \\ = \int_a^b \left(- \frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \frac{du_k}{dx} + \Delta v_0(x) u_k + \right. \\ \left. + \Delta w(x) \right) \eta_k(x) dx, k = 1, 2, \end{aligned} \quad (25)$$

для любых функций $\eta_k = \eta_k(x)$ $k = 1, 2$ из $L_2(a, b)$. В этих интегральных тождествах вместо $\eta_k = \eta_k(x)$ $k = 1, 2$ из $L_2(a, b)$ возьмем функции $\psi_1 \in W_2^1(a, b)$ $\psi_2 \in W_2^1(a, b)$ и произведем интегрирование по частям в первом слагаемом левой части полученных равенств. Тогда имеем:

$$\begin{aligned} \int_a^b \left(- \rho \frac{d \Delta u_k}{dx} \frac{d \psi_k}{dx} + \frac{1}{x} \left(\tilde{v}_1(x) + \Delta \tilde{v}_1(x) \right) \frac{d \Delta u_k}{dx} \psi_k - \right. \\ \left. - (v_0(x) + \Delta v_0(x)) \Delta u_k \psi_k \right) dx = \\ = \int_a^b \left(- \frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \frac{d \Delta u_k}{dx} + \Delta v_0(x) u_k + \Delta w(x) \right) \psi_k(x) dx, \\ k = 1, 2. \end{aligned} \quad (26)$$

В интегральных тождествах (11), вместо $\eta_{11} \in W_2^1(a, b)$, $\eta_{12} \in W_2^1(a, b)$ возьмем соответственно $\Delta u_1 \in W_2^2(a, b)$, $\Delta u_2 \in W_2^2(a, b)$. Тогда отсюда получим справедливость равенств:

$$\int_a^b \left(-\rho \frac{d\psi_k}{dx} \frac{d\Delta u_k}{dx} + \frac{1}{x} \tilde{v}_1(x) \psi_k \frac{d\Delta u_k}{dx} - v_0(x) \psi_k \Delta u_k \right) dx = 2(-1)^k \int_a^b (u_1(x) - u_2(x)) \Delta u_k(x) dx, \quad k=1,2 \quad (27)$$

При $k=1$ из равенства (26) вычтем равенство (27). Тогда имеем:

$$\begin{aligned} & 2 \int_a^b (u_1(x) - u_2(x)) \Delta u_1(x) dx = \\ & = \int_a^b \left(\frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \frac{du_1(x)}{dx} - \Delta v_0(x) u_1 - \Delta w(x) \right) \psi_1(x) dx + \\ & + \int_a^b \left(\frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \frac{d\Delta u_1}{dx} - \Delta v_0(x) \Delta u_1 \right) \psi_1(x) dx. \end{aligned} \quad (28)$$

Аналогично при $k=2$ из (26), (27) получим справедливость равенства:

$$\begin{aligned} & -2 \int_a^b (u_1(x) - u_2(x)) \Delta u_2(x) dx = \\ & = \int_a^b \left(\frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \frac{du_2(x)}{dx} - \Delta v_0(x) u_2 - \Delta w(x) \right) \psi_2(x) dx + \\ & + \int_a^b \left(\frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \frac{d\Delta u_2}{dx} - \Delta v_0(x) \Delta u_2 \right) \psi_2(x) dx. \end{aligned} \quad (29)$$

Суммируя равенства (28), (29) и полученное равенство, если учесть в формуле приращения функционала $J_\alpha(v)$, то можем написать следующую формулу для приращения функционала в виде:

$$\begin{aligned} \Delta J_\alpha(v) = & \int_a^b \left[\frac{1}{x} \left(\frac{du_1(x)}{dx} \psi_1(x) + \frac{du_2(x)}{dx} \psi_2(x) \right) \Delta \tilde{v}_1(x) - \right. \\ & - (u_1(x) \psi_1(x) + u_2(x) \psi_2(x)) \Delta v_0(x) - \\ & - (\psi_1(x) + \psi_2(x)) \Delta w(x) \Big] + 2\alpha \int_a^b (v_0(x) - \omega_0(x)) \Delta v_0(x) dx + \\ & + 2\alpha \int_a^b (\tilde{v}_1(x) - \omega_1(x)) \Delta \tilde{v}_1(x) + \\ & + 2\alpha \int_a^b (w(x) - \omega_2(x)) \Delta w(x) dx + R(\Delta v). \end{aligned} \quad (30)$$

где $R(\Delta v)$ определяется формулой:

$$\begin{aligned} R(\Delta v) = & \alpha \|\Delta v\|_H^2 + \|\Delta u_1\|_{L_2(a,b)}^2 + \|\Delta u_2\|_{L_2(a,b)}^2 - \\ & - 2 \int_a^b \Delta u_1(x) \Delta u_2(x) dx + \\ & + \int_a^b \left[\frac{1}{x} \left(\frac{d\Delta u_1(x)}{dx} \psi_1(x) + \frac{d\Delta u_2(x)}{dx} \psi_2(x) \right) \Delta \tilde{v}_1(x) + \right. \\ & \left. + (\Delta u_1(x) \psi_1(x) + \Delta u_2(x) \psi_2(x)) \Delta v_0(x) \right] dx. \end{aligned} \quad (31)$$

Если применим неравенство Коши-Буняковского и используем оценки (7), (8), (13), (14), (23),

(24), то из последней формулы для $R(\Delta v)$ имеем:

$$|R(\Delta v)| \leq c_7 \|\Delta v\|_B^2, \quad (32)$$

где $c_7 > 0$ – постоянная, не зависит от Δv . Отсюда ясно, что

$$R(\Delta v) = o(\|\Delta v\|_B), \quad (33)$$

то есть слагаемое $R(\Delta v)$ является бесконечно малой величиной высокого порядка относительно $\|\Delta v\|_B$. С учетом этого приращение функционала $J_\alpha(v)$ представляется в виде:

$$\begin{aligned} \Delta J_\alpha(v) = & J_\alpha(v + \Delta v) - J_\alpha(v) = \\ = & \int_a^b \left(-\frac{\partial H}{\partial v}, \Delta v \right)_{E_3} dx + o(\|\Delta v\|_B), \end{aligned} \quad (34)$$

где $H = H(x, u_1, u_2, v, \psi_1, \psi_2)$ определяется формулой (15), E_3 – трехмерное евклидово пространство с соответствующим скалярным произведением. В силу определения дифференцируемости по Фреше функционалов в функциональных пространствах заключаем, что $J_\alpha(v)$ дифференцируем по Фреше на множестве $\tilde{V}$ и для его градиента справедливы формулы (16)-(19). Теорема доказана.

3. Необходимое условие в виде вариационного неравенства.

В этом разделе будем устанавливать необходимое условие в виде вариационного неравенства.

Теорема 4. Пусть выполнены условия теоремы 3 и множество

$$\tilde{V}_* \equiv \left\{ v^* \in V : J_\alpha(v^*) = J_{\alpha*} = \inf_{v \in \tilde{V}} J_\alpha(v^*) \right\}$$

есть

множество решений задачи оптимального управления (4)-(6). Тогда для любой точки $v^* \in \tilde{V}_*$ выполнены неравенства:

$$\begin{aligned} & \int_a^b \left[\frac{1}{x} \left(\frac{du_1^*(x)}{dx} \psi_1^*(x) + \frac{du_2^*(x)}{dx} \psi_2^*(x) \right) + \right. \\ & + 2\alpha \left(\tilde{v}_1^*(x) - \omega_1(x) \right) \left(\tilde{v}_1(x) - \tilde{v}_1^*(x) \right) dx + \\ & + \int_a^b \left[- (u_1^*(x) \psi_1^*(x) + u_2^*(x) \psi_2^*(x)) + \right. \\ & + 2\alpha \left(\tilde{v}_0^*(x) - \omega_0(x) \right) \left(v_0(x) - \tilde{v}_0^*(x) \right) dx + \\ & + \int_a^b \left[- (\psi_1^*(x) + \psi_2^*(x)) + 2\alpha (w^*(x) - \right. \\ & \left. \left. - \omega_2(x)) \right] (w(x) - w^*(x)) dx \geq 0, \quad \forall v \in \tilde{V} \end{aligned} \quad (35)$$

где $u_k^*(x) \equiv u_k(x; v^*)$, $\psi_k^*(x) \equiv \psi_k(x; v^*)$, $k=1,2$ соответственно решение редуцированной задачи (5), (6) и сопряженной задачи (9), (10) при $v^* \in \tilde{V}$.

Доказательство. По структуре множества $\tilde{V}$ ясно, что оно является выпуклым множеством в B , а функ-

ционал $J_\alpha(v)$ при условиях теоремы 3 дифференцируем по Фреше на множестве $\tilde{V}$. Докажем, что функционал $J_\alpha(v)$ непрерывно дифференцируем по Фреше на множестве $\tilde{V}$. С этой целью достаточно установить непрерывность функционала $J_\alpha(v)$ и градиента $J'_\alpha(v)$ на этом множестве. Непрерывность функционала $J_\alpha(v)$ следует непрерывность функционалов $J_0(v)$ и $\|v - w\|_H^2$. А непрерывность функционала $J_0(v)$ следует из неравенства:

$$|J_0(v + \Delta v) - J_0(v)| \leq c_8 (\|\Delta v\|_B + \|\Delta v\|_B^2), \quad \forall v \in \tilde{V}, \quad (36)$$

которое следует из равенства (20) при $\alpha = 0$ на основе оценки (7), (8) и (23), (24). Поэтому остается

доказать непрерывность градиента $J'_\alpha(v)$ на множестве $\tilde{V}$. С этой целью достаточно доказать справедливость неравенства:

$$\|J'_\alpha(v + \Delta v) - J'_\alpha(v)\|_{\tilde{B}} \leq c_9 \|\Delta v\|_B \quad \forall v \in \tilde{V}, \quad (37)$$

где $c_9 > 0$ постоянная, не зависит от Δv и

$\tilde{B} = (L_1(a, b)^2 \times L_2(a, b))$. Для доказательства оценки (37) достаточно получить оценку для каждой компоненты градиента $J'_\alpha(v)$. Действительно, используя формулу для $J'_{\alpha 0}(v) = -\frac{\partial H}{\partial v_0}$ из (17), имеем:

$$\begin{aligned} J'_{\alpha 0}(v + \Delta v) - J'_{\alpha 0}(v) &= -u_{1\Delta} \psi_{1\Delta} - u_{2\Delta} \psi_{2\Delta} + \\ &+ 2\alpha(v_0(x) + \Delta v_0(x) - w_0(x)) + u_1 \psi_1 + u_2 \psi_2 - \\ &- 2\alpha(v_0(x) - w_0(x)) = -u_{1\Delta} \Delta \psi_1 - u_{2\Delta} \Delta \psi_2 - \\ &- \Delta u_1 \psi_1 - \Delta u_2 \psi_2 + 2\alpha \Delta v_0(x), \end{aligned} \quad (38)$$

где $u_{k\Delta} = u_{k\Delta}(x) \equiv u_k(x; v + \Delta v)$, $k = 1, 2$ – решение редуцированной задачи (5), (6) при $v + \Delta v \in \tilde{V}$, $\Delta u_k = \Delta u_k(x)$, $k = 1, 2$ – решение краевой задачи (21), (22), а

$$\begin{aligned} \Delta \psi_k &= \Delta \psi_k(x) = \psi_{k\Delta}(x) - \psi_k(x) \equiv \\ &\equiv \psi_k(x; v + \Delta v) - \psi_k(x; v), \quad k = 1, 2 \end{aligned}$$

– решение следующей краевой задачи:

$$\begin{aligned} \rho \frac{d^2 \Delta \psi_k}{dx^2} - \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{x} \left(\tilde{v}_1(x) + \Delta \tilde{v}_1(x) \right) \Delta \psi_k \right) - \\ - (v_0(x) + \Delta v_0(x)) \Delta \psi_k = \\ = \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \psi_k \right) + \Delta v_0(x) \psi_k + 2 \cdot (-1)^k \cdot \\ \cdot (\Delta u_1(x) - \Delta u_2(x)), \quad x \in (a, b), \quad k = 1, 2, \end{aligned} \quad (39)$$

$$\Delta \psi_1(a) = \Delta \psi_1(b) = 0, \quad \frac{d\Delta \psi_2(a)}{dx} = \frac{d\Delta \psi_2(b)}{dx} = 0. \quad (40)$$

Здесь $\psi_k = \psi_k(x) \equiv \psi_k(x; v)$, $k = 1, 2$ – решение

сопряженной задачи (9), (10) при $v^* \in \tilde{V}$.

Теперь оценим решение этой задачи. Из интегральных тождеств (11) для функций $\Delta \psi_1 \in W_2^1(a, b)$, $\Delta \psi_2 \in W_2^1(a, b)$ следует справедливость следующих тождеств:

$$\begin{aligned} \int_a^b \left(-\rho \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \frac{d\eta_{1k}}{dx} + \frac{1}{x} \left(\tilde{v}_1(x) + \Delta \tilde{v}_1(x) \right) \Delta \psi_k \frac{d\eta_{1k}}{dx} - \right. \\ \left. - (v_0(x) + \Delta v_0(x)) \Delta \psi_k \eta_{1k} \right) dx = \\ = - \int_a^b \left(\frac{1}{x} \Delta \tilde{v}_1(x) \psi_k \right) \frac{d\eta_{1k}}{dx} dx + \int_a^b \Delta v_0(x) \Delta \psi_k \eta_{1k} dx + \\ + 2 \cdot (-1)^k \int_a^b (\Delta u_1(x) - \Delta u_2(x)) \eta_{1k}(x) dx, \end{aligned} \quad (41)$$

$k = 1, 2$ для функций $\eta_{11} \in W_2^1(a, b)$, $\eta_{12} \in W_2^1(a, b)$. В этих тождествах вместо пробных функций $\eta_{1k}(x)$, $k = 1, 2$ возьмем $\Delta \psi_1 \in W_2^1(a, b)$, $\Delta \psi_2 \in W_2^1(a, b)$ соответственно. Тогда с помощью условий $b_0 \leq v_0(x) + \Delta v_0(x) \leq \tilde{b}_0$, $0 \leq \tilde{v}_1(x) + \Delta \tilde{v}_1(x) \leq \tilde{b}_1$, $\forall x \in (a, b)$ можно установить справедливость неравенств:

$$\begin{aligned} \rho \left\| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right\|_{L_2(a, b)}^2 + b_0 \|\Delta \psi_k\|_{L_2(a, b)}^2 \leq \frac{b_1}{a} \int_a^b |\Delta \psi_k| \left| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right| dx + \\ + \frac{1}{a} \int_a^b |\Delta \tilde{v}_1(x)| |\psi_k| \left| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right| dx + \\ + \int_a^b |\Delta v_0(x)| |\psi_k| |\Delta \psi_k| dx + 2 \int_a^b (|\Delta u_1| + |\Delta u_2|) |\Delta \psi_k| dx, \end{aligned} \quad k = 1, 2.$$

Применяя неравенство Коши с ε в последних двух слагаемых правой части этих неравенств и выбирая $\varepsilon = b_0$, получим:

$$\begin{aligned} \rho \left\| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right\|_{L_2(a, b)}^2 + \frac{b_0}{2} \|\Delta \psi_k\|_{L_2(a, b)}^2 \leq \\ \leq \frac{1}{2b_0} \int_a^b [2(|\Delta u_1| + |\Delta u_2|) + |\Delta v_0(x)| |\psi_k|]^2 dx + \\ + \frac{b_1}{a} \int_a^b |\Delta \psi_k| \left| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right| dx + \frac{1}{a} \int_a^b |\Delta \tilde{v}_1(x)| |\psi_k| \left| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right| dx, \end{aligned} \quad k = 1, 2$$

Во втором слагаемом правой части этих неравенств если опять применить неравенство Коши с ε , то с выбором $\varepsilon = \rho$ получим следующее неравенство:

$$\begin{aligned} \frac{\rho}{2} \left\| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right\|_{L_2(a, b)}^2 + \frac{b_0}{2} \|\Delta \psi_k\|_{L_2(a, b)}^2 \leq \\ \leq \frac{1}{2b_0} \int_a^b [2(|\Delta u_1| + |\Delta u_2|) + |\Delta v_0(x)| |\psi_k|]^2 dx + \\ + \frac{b_1^2}{2a^2 \rho} \|\Delta \psi_k\|_{L_2(a, b)}^2 + \frac{1}{a} \int_a^b |\Delta \tilde{v}_1(x)| |\psi_k| \left| \frac{d\Delta \psi_k}{dx} \right| dx, \quad k = 1, 2 \end{aligned}$$

Отсюда с помощью условия (12) имеем:

$$\begin{aligned} & \frac{\rho}{2} \left\| \frac{d\Delta\psi_k}{dx} \right\|_{L_2(a,b)}^2 + c_{10} \|\Delta\psi_k\|_{L_2(a,b)}^2 \leq \\ & \leq \frac{1}{2b_0} \int_a^b [2(|\Delta u_1| + |\Delta u_2|) + |\Delta v_0(x)| \|\psi_k\|]^2 dx + \\ & + \frac{1}{a} \int_a^b \left| \Delta \tilde{v}_1(x) \right| \left| \psi_k \right| \left| \frac{d\Delta\psi_k}{dx} \right| dx, \quad k = 1, 2. \end{aligned}$$

где $c_{10} = \frac{b_0}{2} - \frac{b_1^2}{2a^2\rho} > 0$. В последнем слагаемом этих неравенств если применим неравенство Коши с ε , то с выбором $\varepsilon = \frac{\rho}{2}$ получим справедливость оценок:

$$\begin{aligned} & \frac{\rho}{4} \left\| \frac{d\Delta\psi_k}{dx} \right\|_{L_2(a,b)}^2 + c_{10} \|\Delta\psi_k\|_{L_2(a,b)}^2 \leq \\ & \leq \frac{1}{2b_0} \int_a^b [2(|\Delta u_1| + |\Delta u_2|) + |\Delta v_0(x)| \|\psi_k\|]^2 dx + \\ & + \frac{1}{a^2\rho} \int_a^b \left(\left| \Delta \tilde{v}_1(x) \right| \left| \psi_k \right| \right)^2 dx, \quad k = 1, 2. \end{aligned}$$

Отсюда в силу оценок (7), (8), (13), (14), (23), (24) нетрудно установить справедливость оценок:

$$\|\Delta\psi_1\|_{W_2^1(a,b)}^0 \leq c_1 \|\Delta v\|_B, \quad (42)$$

$$\|\Delta\psi_2\|_{W_2^1(a,b)} \leq c_2 \|\Delta v\|_B, \quad (43)$$

где $c_{11} > 0$, $c_{12} > 0$ постоянные, не зависят от Δv .

С помощью формулы (38) можем установить справедливость неравенства:

$$\begin{aligned} & \|J'_{\alpha 0}(v + \Delta v) - J'_{\alpha 0}(v)\|_{L_1(a,b)} \leq \\ & \leq \|u_{10}\|_{L_1(a,b)} \|\Delta\psi_1\|_{L_1(a,b)} + \|u_{20}\|_{L_1(a,b)} \|\Delta\psi_2\|_{L_1(a,b)} + \\ & + \|\Delta u_1\|_{L_1(a,b)} \|\psi_1\|_{L_1(a,b)} + \|\Delta u_2\|_{L_1(a,b)} \|\psi_2\|_{L_1(a,b)} + \\ & + 2\alpha \|\Delta v_0\|_{L_1(a,b)}. \end{aligned}$$

Известно, что оценки (7), (8) имеют место для любого $v \in \tilde{V}$. Тогда в этих оценках вместо $v \in \tilde{V}$ если возьмем $v + \Delta v \in \tilde{V}$, то отсюда получим:

$$\|u_{1\Delta}\|_{W_2^2(a,b)}^0 \leq c_1 \|w_1 + \Delta w\|_{L_2(a,b)}, \quad (45)$$

$$\|u_{2\Delta}\|_{W_2^2(a,b)} \leq c_2 \|w_1 + \Delta w\|_{L_2(a,b)}. \quad (46)$$

Из этих оценок при $v + \Delta v \in \tilde{V}$ имеем:

$$\|u_{1\Delta}\|_{L_2(a,b)} \leq c_1 b_2, \quad \|u_{2\Delta}\|_{L_2(a,b)} \leq c_2 b_2, \quad (47)$$

С учетом этих неравенств и оценки (7), (8), (13) (14) из (44) имеем:

где $c_{13} > 0$ постоянная, не зависит от Δv . Отсюда в силу оценок (23), (24), (42), (43) получим:

$$\|J'_{\alpha 0}(v + \Delta v) - J'_{\alpha 0}(v)\|_{L_1(a,b)} \leq c_{14} \|\Delta v\|_B, \quad \forall v \in \tilde{V} \quad (48)$$

$$\begin{aligned} & \|J'_{\alpha 0}(v + \Delta v) - J'_{\alpha 0}(v)\|_{L_1(a,b)} \leq c_{13} (\|\Delta u_1\|_{L_2(a,b)} + \\ & + \|\Delta u_2\|_{L_2(a,b)} + \|\Delta\psi_1\|_{L_2(a,b)} + \|\Delta\psi_2\|_{L_2(a,b)}) + 2\alpha \|\Delta v\|_{L_1(a,b)} \end{aligned}$$

где $c_{14} > 0$ – постоянная, не зависит от Δv . Аналогично получению этой оценки для компонентов

$$J'_{\alpha 1}(v) = -\frac{\partial H}{\partial v_1}, \quad J'_{\alpha 2}(v) = -\frac{\partial H}{\partial w} \quad \text{нетрудно устано-}$$

вить справедливость соотношений:

$$\|J'_{\alpha 1}(v_1 + \Delta v_1) - J'_{\alpha 1}(v)\|_{L_1(a,b)} \leq c_{15} \|\Delta v\|_B, \quad \forall v \in \tilde{V}, \quad (49)$$

$$\|J'_{\alpha 2}(v + \Delta v) - J'_{\alpha 2}(v)\|_{L_2(a,b)} \leq c_{16} \|\Delta v\|_B, \quad \forall v \in \tilde{V}, \quad (50)$$

где $c_{14} > 0$, $c_{15} > 0$ – постоянные, не зависят от Δv . Таким образом, используя соотношения (48)-(50) получим справедливость оценки (37). Из оценки (37) следует непрерывность градиента $J'_\alpha(v)$ функционала $J_\alpha(v)$ на любом элементе $v \in \tilde{V}$, то есть на множестве $\tilde{V}$. Следовательно, нами доказано, что функционал $J_\alpha(v)$ непрерывно дифференцируем на выпуклом множестве $\tilde{V}$, то есть $J_\alpha(v) \in C^1(\tilde{V})$. Это означает, что выполняются все условия теоремы, известной из работы [7, стр. 28], о необходимом условии для точки минимума функционала $J_\alpha(v)$ на множестве $\tilde{V}$. Поэтому можем написать неравенство:

$$\langle J'_\alpha(v^*), v - v^* \rangle_B \geq 0, \quad \forall v \in \tilde{V}, \quad (51)$$

где $v^* \in \tilde{V}$ – есть точка минимума $J_\alpha(v)$ на множестве $\tilde{V}$, то есть решение задачи оптимального управления (4)-(6). В этом неравенстве, используя формулы (16)-(19) при $v = v(x) = v^*(x) \in \tilde{V}$, получим утверждение теоремы.

Теорема 4 доказана.

Библиографический список

1. Марчук Г.Н. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 320 с.
2. Салманов В.И. Об одной задаче оптимального управления для сосредоточенных систем со специальным критерием качества // Вестник Ленкоранского государственного университета. Серия естественных и экономических наук, 2005. С. 83 – 90.
3. Махмудов Н.М., Салманов В.И. Существование решения задачи оптимального управления для линейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка // Труды седьмой Всероссийской научной конференции «Математическое моделирование и краевые задачи», 3-6 июня 2010 г., г. Самара. С. 187-192.

4. Ладыженская О.А. Краевые задачи математической физики. М.: Наука, 1973. 408 с.
5. Ладыженская О.А., Уралцева Н.Н. Линейные и квазилинейные уравнения эллиптического типа. М.: Наука, 1973. 576 с.
6. Лионс Ж.Л. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. М.: Мир, 1972. 416 с.
7. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981. 400 с.

References

1. Marchuk N. Mathematical modeling in the environmental problem. Moscow: Nauka, 1982. 320 p.
2. Salmanov V.I. An optimal control problem for lumped systems with a special criterion for the quality // Bulletin of Lankaran State University. A series of natural and economic sciences, 2005, Pp. 83-90.
3. Mahmudov N.M., Salmanov V.I. The existence of the solution of the problem of optimal control for linear systems of ordinary differential equations of the first order / Proceedings of the Seventh All-Russian Conference "Mathematical modeling and boundary value problems", 3-6 June 2010, Samara, Pp. 187-192.
4. Ladyzhenskaya O.A. Boundary value problems of mathematical physics. Moscow: Nauka, 1973. 408 p.
5. Ladyzhenskaya O.A., Ural'tseva N.N. Linear and quasilinear equations of elliptic type. Moscow: Nauka, 1973. 576 p.
6. Lions, J.L. Optimal control of systems described by partial differential equations. Mir, 1972. 416 p.
7. Vasil'ev F.P. Methods for solving extreme problems. Moscow: Nauka, 1981. 400 p.

УДК 519.2

UDC 519.2

А.Г. МОТИН

A.G. MOTIN

студент физико-математического факультета
Орловского государственного университета
E-mail: moon_shaman@mail.ru

student of Physics and Mathematics faculty, Orel State
University
E-mail: moon_shaman@mail.ru

РЕДАКТОР КОНТУРОВ ДЛЯ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ *

CONTOUR EDITOR FOR THE METHOD OF DISCRETE SINGULARITIES

Разработано приложение с графическим интерфейсом пользователя для ввода и редактирования контуров, а также построения их дискретных аналогов для метода дискретных особенностей. При построении дискретного аналога контуры интерполируются линейными или кубическими сплайнами. Поддерживается равномерный и неравномерный шаг разбиения по длине дуги. Для задания геометрии контуров разработан специальный язык.

Ключевые слова: метод дискретных особенностей, системы автоматического проектирования, разработчик интерпретатора.

The application with a graphical user interface for entering and editing contours, as well as the construction of their digital analogs for the method of discrete features, is developed. In constructing the discrete analog contours are being interpolated by linear or cubic splines. Even and uneven step of the partition respect to arc length is supported. Special language to set geometry of contour is developed.

Keywords: method of discrete features, automatic design system, development of interpreter.

Введение

Существует множество разделов численных методов для решения краевых задач. Одним из них является «метод дискретных особенностей» (МДО) [1]. В этом методе границы заменяются простым, вихревым или двойным слоями с последующей аппроксимацией этих слоёв соответствующей системой дискретных особенностей. Так, в работе [6] поверхности обтекаемых тел и вихревого следа за-

меняются вихревым слоем, в работе [2] на трёхмерные границы раздела жидкостей, полупроницаемых и непроницаемых включений, раздела пористой среды и свободной жидкости наносится двойной слой. Реальные пространственные процессы могут происходить в тонких слоях пористой среды, и в этом случае физические границы представляют собой контуры [3]. Преимущество такого подхода перед сеточными методами состоит в том, что размерность

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.0388.

снижается на единицу. Кроме того, в случае сложных кривых сеточные методы требуют построения адаптивных сеток, приспособленных под конфигурацию сложной кривой. В МДО для разбиения кривой или поверхности конфигурации любой сложности используются однотипные алгоритмы.

Программное обеспечение, ориентированное для применения МДО к решению краевых задач, не является достаточно развитым. Так, существует необходимость ввода геометрии границ и получение их дискретных аналогов. Был проведён краткий анализ имеющихся на данный момент программных продуктов на удовлетворение этим требованиям. Изучены возможности AutoCAD, SolidWorks, CATIA, MEDUSA4, IronCAD – двухмерных и трёхмерных систем проектирования [7-11]. Рассмотренные продукты позволяют вводить геометрию границ, но напрямую не подходят. Они ориентированы на применение метода конечных элементов или метода конечных объёмов. Поэтому возникает потребность в разработке программного комплекса, ориентированного на применение метода дискретных особенностей к построению геометрии границ. Автор данной статьи принял решение начать работу с двухмерного случая. В ходе анализа функций, необходимых исследователю, выявлены следующие подзадачи:

1. разработка алгоритма дискретизации контура;
2. разработка языка, позволяющего описывать геометрию стационарных границ;
3. создание редактора с графическим интерфейсом пользователя для ввода опорных точек и получения его дискретного аналога.

Дискретизация контура

Полагаем, что контур задан опорными точками $p_0(x_0, y_0), p_1(x_1, y_1), \dots, p_n(x_n, y_n)$. При этом для каждой опорной точки задана длина прилежащего сегмента $h_0, h_1, \dots, h_n$. Необходимо произвести разбиение исходного двухмерного контура таким образом, чтобы длины отрезков, полученных в результате разбиения, прилегающих к точке $p_i(x_i, y_i)$ были меньше или равны $h_i, i = 0, n$.

Пусть дан отрезок длины l_i , концами которого являются точки $p_i(x_i, y_i)$ и $p_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1})$, для которых заданы длины прилежащих сегментов h_i, h_{i+1} . Необходимо учесть тот факт, что длины соседних отрезков получившихся при разбиении не должны существенно отличаться друг от друга, так как МДО в этом случае даёт меньшую погрешность [1]. Будем получать точки разбиения смещением от точки $p_i(x_i, y_i)$ к точке $p_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1})$ путём прибавления к длине отрезка, полученного на предыдущем шаге величины α , которая вычисляется следующим образом: вначале находим величину $g = \frac{2l_i}{h_i + h_{i+1}}$ (1). Если g – целое, то $\alpha = \frac{h_{i+1} - h_i}{g - 1}$ (2). Если g – действительное, то оно берётся равным $g = [g] + 1$. При этом наибольшая из h_i, h_{i+1} умень-

шается, получая значение, равное $\frac{2l_i}{g} - \min\{h_i, h_{i+1}\}$.

Значение α вычисляется по формуле (2). Координаты точек разбиения получаются по следующим формулам

$$x_m = x_{m-1} + (\alpha + l'_{m-1}) \cos \gamma,$$

$$y_m = y_{m-1} + (\alpha + l'_{m-1}) \sin \gamma,$$

где $m = \overline{1, g}$, $l'_0 = h_i - \alpha$, γ – угол между отрезком $[p_i, p_{i+1}]$ и положительным направлением оси абсцисс.

На основе полученных формул написан скрипт переразбиения на языке Python. В листинге ниже приводится реализация функции partition. Эта функция предназначена для получения точек разбиения отрезка.

```

1. def partition(x0, x1):
2.     gamma = angle(x0[0], x0[1], x1[0], x1[1])
3.     l = ((x1[0]-x0[0])**2+(x1[1]-x0[1])**2)**0.5
4.     g = 2*l/(x0[2]+x1[2])
5.     if g != int(g):
6.         g = int(g)+1
7.         if x0[2] > x1[2]:
8.             x0[2] = 2*l/g-min(x0[2], x1[2])
9.         else:
10.            x1[2] = 2*l/g-min(x0[2], x1[2])
11.     alpha = (x1[2]-x0[2])/(g-1)
12.     result = []
13.     i = 0
14.     x_tmp = x0[0]
15.     y_tmp = x0[1]
16.     l_tmp = x0[2]
17.     while i != g+1:
18.         result += [[x_tmp, y_tmp]]
19.         x_tmp += l_tmp*math.cos(gamma)
20.         y_tmp += l_tmp*math.sin(gamma)
21.         l_tmp += alpha
22.         i += 1
23.     return result

```

В первой строке объявляется функция. В качестве параметров ей будут передаваться два массива размером 1x3, у которых первые два значения – координаты точки, а последнее – длина прилежащего сегмента. Строки 2-3 описывают нахождение угла между положительным направлением оси абсцисс и прямой, проходящей через точки x_0, x_1 , и нахождение длины заданного отрезка. Функция angle пишется самостоятельно. В строке 4 согласно формуле (1) находится значение g . В 5-10 производится проверка g , и если оно не целое, тогда у точки с большей длиной сегмента переписывается значение на найденное новое. В строке 11 находится коэффициент по формуле (2). Далее инициализируются необходимые для дальнейшей работы переменные (строки 12-16). В строках 17-22 описан цикл, в котором согласно вышеприведённым формулам для двумерного случая находятся точки разбиения и записываются в результирующий массив. По сути g – это количество шагов,

которые необходимо выполнить, чтобы прийти из точки x_0 в точку x_1 . В строке 23 функция возвращает массив точек, получившихся в результате разбиения.

Язык для описания геометрии границ

Пусть имеет место грамматика $M = \{N, \Sigma, P, S\}$, описывающая язык ввода геометрии. Введём множество нетерминальных символов грамматики M

$$N = \{S, E, F\},$$

где S – начальный нетерминал, E – арифметическое выражение, F – множитель. Определим алфавит грамматики

$$\Sigma = \{num, dig, id, Point, Line, LineLoop, \{, \}, (,), +, -, *, /, =, ", '\}$$

Правила грамматики P имеют вид

$$S \rightarrow id = dig \mid Point(num) = \{E, E[E]?\}$$

$$\mid Line(num) = \{num, num\}$$

$$\mid LineLoop = \{[-]? num, [-]? num, [-]? num\}$$

$$E \rightarrow F \mid id[+ \mid - \mid * \mid / dig]?$$

$$F \rightarrow id \mid dig$$

Здесь [...] означают повторение 0 и более раз заключённой в них конструкции, а [...]? – необязательный параметр. Токены *num* и *dig* определяют целые беззнаковые и действительные числа, а *id* – идентификаторы. Служебное слово *Point* используется для задания точки. В круглых скобках ей присваивается номер, а в фигурных – координаты и длина прилежащего сегмента. *Line* задаёт линию, которой также присваивается номер. В фигурных скобках указываются номера точек её начала и конца. *LineLoop* задаёт направление обхода контура. В фигурных скобках указываются по порядку номера линий. Знак «-» перед номером означает, что прямая обходится в обратном направлении.

На языке Python с использованием модуля *PyParsing*[13] разработан сканер. Ниже в листинге представлена реализация шаблонов.

```
1. Dig = Word ( nums + «.» )
2. Var = Word ( alphanums )
3. Oper = Var + Word ( '+-* / ', max=1 ) + Dig
4. Eqv = Var + '=' + Dig
5. Point = Word ( 'Point ' ) + '(' + Word ( nums ) + ')'
+ '=' + Literal ( '{' ) + ( Num | Oper | Var ) + ',' + ( Num | Oper | Var ) +
Optional ( ',' + ( Num | Oper | Var ) ) + '}'
6. Line = Word ( 'Line ' ) + '(' + Word ( nums ) + ')' + '=' + '{' +
Word ( nums ) + ',' + Word ( nums ) + '}'
7. LineLoop = Word ( 'LineLoop ' ) + '=' + '{' + Word ( nums +
«-» ) + ZeroOrMore ( ',' + Word ( nums + «-» ) ) + '}'
8. Pattern = Point ^ Line ^ LineLoop ^ Eqv
```

Беззнаковые целые числа в используемом модуле соответствуют константе **nums**. В первой строке задаётся шаблон, который соответствует действительному числу. Вторая строка описывает идентификатор. Строки 3-4 описывают шаблоны для операции и инициализации идентификатора. Далее описываются шаблоны для *Point*, *Line* и *LineLoop* (строки

5-7). Шаблон в строке 8 используется для сопоставления с данными, считанными построчно из файла и выполнения дальнейших действий над ними.

Графический редактор

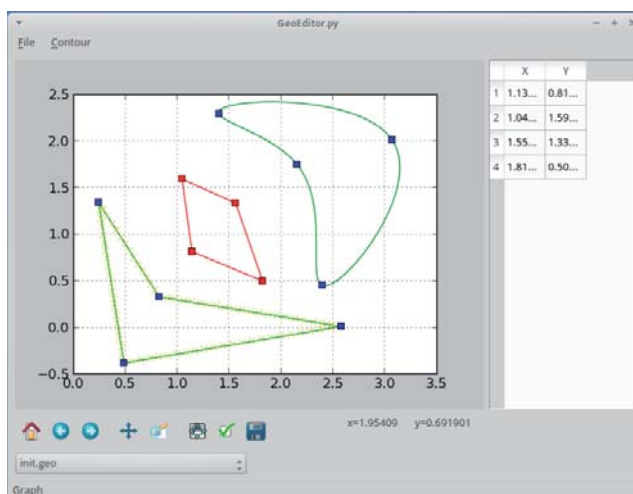


Рис. 1. Редактор контуров.

Графический редактор был разработан на языке Python с использованием модулей *PyQt* [5] и *Matplotlib* [12]. Интерполяция параметрическими кубическими сплайнами контуров и их разбиение на равные по длине части выполнялась с помощью модуля [4].

Главное окно создавалось на основе класса *QMainWindow*. Виджет документа разработан как потомок класса *QWidget*. В него входят кнопки управления, таблица для редактирования координат, выпадающий список для выбора контура и виджет отображения графиков. Эти элементы созданы на основе классов *QPushButton*, *QTableWidget* и *QComboBox* соответственно. Виджет отображения графиков и панель инструментов поддерживаются модулем *Matplotlib*.

Меню редактора состоит из двух пунктов. Это *File* и *Contour*. Пункт *File* содержит следующие подпункты:

- *Open* – открыть меню выбора файла с расширением *.geo*, содержащего описание контура.
- *Save* – сохранить изменения в исходном файле выбранного контура.
- *Exit* – выход из приложения.

При открытии файла с описанием контура появляется диалоговое окно, предлагающее выбрать тип разбиения для данного контура. Данный редактор поддерживает три типа разбиения: 1) кубический сплайн 2) линейное равномерное разбиение 3) линейное неравномерное разбиение. Если выбран первый или второй тип разбиения, то указывать длину прилежащего сегмента не нужно. Длина прилежащего сегмента используется только для третьего типа разбиения.

Пункт *Contour* появляется после открытия хотя бы одного файла. Он содержит следующие подпункты:

- Set the number of points – установить число точек разбиения (используется для линейного равномерного разбиения и кубического сплайна). По умолчанию его значение равно 200.

- Save contour in file – сохранить дискретный аналог выбранного контура в файл. Открывает меню сохранения файла.

Контур считается выбранным, если он выбран в выпадающем списке (см. Рис.1). Выбранный кон-

тур отображается другим цветом. Редактор позволяет как вручную изменять координаты опорных точек выбранного контура, так и с помощью мыши. Для этого нужно либо изменить значения координат точек в таблице, либо кликом мыши выбрать нужную точку и кликом указать, в какое место её необходимо переместить. Панель инструментов зависит от версии установленного пакета Matplotlib и с его функционалом можно ознакомиться в документации [12].

Библиографический список

1. *Лифанов И.К.* Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. М.: ТОО «Янус», 1995.
2. *Никольский Д.Н.* Трёхмерная эволюция границы загрязнения в ограниченной кусочно-однородной пористой среде. Журнал вычислительной мат. и мат. физ. 2011; т. 51, 5. С. 913–919.
3. *Никольский Д.Н.* Разработка программного обеспечения для численного решения задач эволюции границы раздела различных жидкостей в пористых средах сложной геологической структуры с использованием пакета NumPy. Ученые записки Орловского государственного университета. 2012; 6.С. 42-47.
4. *Никольский Д.Н., Нестеренко Д.С.* О моделировании плоскопараллельного процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в грунте сложной геологической структуры. Ученые записки Орловского государственного университета. 2011; 5:164-168.
5. *Прохоренок Н.А.* Python 3 и PyQt. Разработка приложений. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
6. *Сетуха А.В., Лифанов И.К., Гутников В.А.* О моделировании аэродинамики зданий и сооружений методом замкнутых вихревых рамок. Изв. РАН. МЖГ. 2006; 4. С. 78-92.
7. CATIA // <http://www.3ds.com/products/catia/>
8. MEDUSA4 // <http://www.cad-schroer.com/Software/MEDUSA4/>
9. AutoCAD // <http://www.autodesk.ru/autocad>
10. IronCAD // <http://www.ironcad.com/>
11. SolidWorks // <http://www.solidworks.ru/>
12. Matplotlib // <http://matplotlib.org/>
13. Pyparsing // <http://pyparsing.wikispaces.com/>

References

1. *Lifanov I.K.* The method of singular integral equations and numerical experiment. Moscow: TOO “Janus”, 1995.
2. *Nikolsky D.N.* Three-dimensional evolution of the boundaries of contamination in a limited piecewise homogeneous porous medium. Computational Math. and mate. nat. 2011, v. 51, 5:913-919.
3. *Nikolsky D.N.* Development of software for the numerical solution of the evolution of the interface between different fluids in porous media is a complex geological structure using the package NumPy. Proceedings of the Oryol State University. 2012; 6:42-47.
4. *Nikolsky D.N., Nesterenko D.S.* On the modeling of the evolution of the plane-parallel interfaces of different liquids in the soil complex geological structure. Scientific notes of Orel State University. 2011, 5:164-168.
5. *Prohorenok N.A.* Python 3 and PyQt. Application Development. St. Petersburg.: BHV-Petersburg, 2012.
6. *Setukha A.V., Lifanov I.K., Gutnikov V.A.* On the modeling of the aerodynamics of buildings and structures by closed vortex frames. Math. RAS. Fluid Dynamics. 2006; 4: 78-92.
7. CATIA // <http://www.3ds.com/products/catia/>
8. MEDUSA4 // <http://www.cad-schroer.com/Software/MEDUSA4/>
9. AutoCAD // <http://www.autodesk.ru/autocad>
10. IronCAD // <http://www.ironcad.com/>
11. SolidWorks // <http://www.solidworks.ru/>
12. Matplotlib // <http://matplotlib.org/>
13. Pyparsing // <http://pyparsing.wikispaces.com/>

УДК 519.634

UDC 519.634

Д.С. НЕСТЕРЕНКО

аспирант кафедры информатики физико-математического факультета Орловского государственного университета
E-mail: hopelessbikemaniac@gmail.com

D.S. NESTERENKO

post-graduate student of Department of Informatics, Physical and Mathematical Faculty, Orel State University
E-mail: hopelessbikemaniac@gmail.com

ПЕРЕРАЗБИЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЭВОЛЮЦИИ В НЕОДНОРОДНЫХ СЛОЯХ ГРУНТА*

THE REPARTITIONING OF THE BOUNDARY BETWEEN DIFFERENT LIQUIDS IN ITS EVOLUTION PROCESS IN INHOMOGENEOUS LAYERS OF GROUND

В работе исследуется применение процедуры переразбиения на равные по длине части подвижной границы раздела фильтрующихся жидкостей в неоднородных пористых средах со сложной геологической структурой. Необходимость ее использования показана на примере распространения загрязнения от точечного источника, расположенного на непроницаемой границе вблизи другой непроницаемой границы в слое переменной проводимости.

Ключевые слова: эволюция границы раздела различных жидкостей, фильтрация в неоднородных слоях, интерполяция параметрическими сплайнами, метод дискретных особенностей.

This article describes the investigation of the application of uniform repartitioning of moving boundary between the filtrating liquids in inhomogeneous porous layers with complex geological structure. The necessity of its usage is demonstrated through the example of the pollution spreading from point well located in the impermeable boundary near another impermeable boundary in the layer of variable permeability.

Keywords: the evolution of boundary between different liquids, the filtration in inhomogeneous layers, the cubic parametric spline interpolation, the discrete singularities method.

1. Основная система уравнений

Задача об эволюции границы раздела жидкостей различной плотности и вязкости L_t в неоднородных слоях является двумерной. Проводимость слоя описывается кусочно-непрерывной функцией $P(\vec{x}) = K(\vec{x})H(\vec{x})$, где $K(\vec{x}) = K \cdot \bar{K}(\vec{x})$ – проницаемость грунта ($\bar{K}(\vec{x})$ – непрерывная функция во всей области протекания процесса, K – константа), $H(\vec{x})$ – толщина пласта. Фильтрация, проходящая в области D при наличии непроницаемой границы L_t , подчиняется закону Дарси и уравнению неразрывности [1]. Решение задачи сводится к совместному решению сингулярного интегрального уравнения на границе L_t , интегрального уравнения типа Фредгольма второго рода и дифференциального уравнения на границе L_t . Численная схема основной системы уравнений получена методом дискретных особенностей [2,3,4]:

$$\sum_{j \in M_L} V_n [g_j, L_j] (\vec{x}_{i+1/2}, t_m) = -W_{0n} (\vec{x}_{i+1/2}, t_m),$$

$$i = \overline{0, n_t - 1}, \quad (1)$$

$$g_t (\vec{x}_{i+1/2}, t_m) - 2\lambda_t \sum_{j \in M_L} G [g_j, L_j] (\vec{x}_{i+1/2}, t_m) =$$

$$= f_t (\vec{x}_{i+1/2}, t_m), \quad i = \overline{0, n_t - 1}, \quad (2)$$

$$\frac{\Delta \vec{x}_i}{\Delta t_m} = \vec{W}_0 (\vec{x}_i, t_m) + \sum_{j \in M_L} \vec{V} [g_j, L_j] (\vec{x}_i, t_m),$$

$$t > 0, \quad i = \overline{0, n_t - 1}. \quad (3)$$

Здесь t – время, $f_t = 2\lambda_t \varphi_0 + 2\alpha \Pi$, Π – потенциал массовых сил ($\vec{F} = \nabla \Pi$), параметры $\lambda_t = (\mu_2 - \mu_1)/(\mu_2 + \mu_1)$ и $\alpha = (\rho_1 - \rho_2)/(\mu_1 + \mu_2)$, μ_1 и ρ_1 – вязкость и плотность жидкости вне L_t , μ_2 и ρ_2 – внутри L_t , φ_0 – квазипотенциал невозмущенного течения, $\vec{W}_0(\vec{x}, t) = K(\vec{x}) \nabla \varphi_0$, $\vec{x} = (x^0, x^1) \in R^2$. При $t = 0$ положение L_t задано условием $\vec{x} = \vec{x}_0$.

$$G [g_j, L_j] \left(\vec{x}_{s+\frac{1}{2}} \right) = \sum_{\substack{k=0 \\ \vec{x}_s \neq \vec{x}_k}}^{n_j} g_{j,k+\frac{1}{2}} G [e, l_{jk}] \left(\vec{x}_{s+\frac{1}{2}} \right),$$

$\vec{V} [g_j, L_j] (\vec{x}_s) = \sum_{k=0}^{n_j} g_{j,k+\frac{1}{2}} \vec{V}_\varepsilon [e, l_{jk}] (\vec{x}_s)$ – дискретные аналоги операторов квазипотенциала и скорости квазипотенциала двойного слоя, распределенного с плотностью g по границе L , $\vec{V}_\varepsilon = \Theta(x/r_\varepsilon) \vec{V}$ – сглаживающая функция [5,6], $e \equiv 1$, n_j – число отрезков,

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.0388.

составляющих границу L_j , $j \in M_L$, $M_L = \{t, I\}$. Согласно [1], если проводимость слоя удовлетворяет метагармоническому уравнению $\Delta\sqrt{P} - \beta^2\sqrt{P} = 0$, то квазипотенциал нормированного стока мощностью -1 , необходимый для вычисления $G[g_j, L_j]$ и $\bar{V}[g_j, L_j]$, представим в виде:

$$\Phi(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{U(\bar{x} - \bar{y}) + F(\bar{x}, \bar{y})}{\sqrt{P(\bar{x})P(\bar{y})}},$$

$$U(\bar{x}) = \begin{cases} (2\pi)^{-1} K_0(\beta|\bar{x}|), & \beta \neq 0 \\ -(2\pi)^{-1} \ln|\bar{x}|, & \beta = 0 \end{cases} \quad (4)$$

где $K_0(\beta|\bar{x}|)$ – функция Макдональда, $F(\bar{x}, \bar{y})$ – конечная регулярная функция.

2. Алгоритм переразбиения подвижной границы

Для решения задач эволюции границы раздела жидкостей используется метод дискретных особенностей. Однако, для устойчивого численного счета требуется приблизительное равенство отрезков, аппроксимирующих границы [7]. В задачах с подвижным контуром обеспечение контроля выполнения этого требования становится необходимым в процессе работы алгоритма. Это обусловлено тем, что с течением времени отдельные части границы могут вытягиваться, а другие, наоборот, сжиматься, приводя к сильной неравномерности, которая в свою очередь ведет к потере устойчивости численного счета и невозможности интерпретировать полученные результаты. Этот эффект может возникать вблизи границ включений, но особенно сильно проявляется при решении задач фильтрации в неоднородных слоях.

Для снижения влияния возникающей неравномерности предлагается применять процедуру переразбиения границы. В случае плоскопараллельной и двумерной фильтрации уместно использовать параметрические кубические сплайны в кусочно-многочленном представлении или в представлении через В-сплайны [8]. Их применение обеспечивает получение на каждом шаге кривой класса C^2 , что, в свою очередь, диктуется ограничениями, накладываемыми на границу методом дискретных особенностей. Кроме этого параметрические сплайны, в отличие от простых, не приводят к возникновению паразитных осцилляций вблизи точек, в которых касательная вертикальна.

Параметрический сплайн представляет собой совокупность двух кубических сплайнов $S(x^0, l)$ и $S(x^1, l)$, строящихся на сетке $\Delta: l_0 < l_1 < \dots < l_n$. В качестве параметра l выступает суммарная длина хорд, аппроксимирующая длину дуги кривой. Для получения равномерного по параметру разбиения при расчете новых координат узлов подвижной границы параметр l последовательно принимает значения $l = i \frac{dl}{N}$, $i = \overline{0, N}$, где dl – длина ломаной в исходном представлении границы, N – число точек в новом

представлении. Более подробно аналогичная процедура рассмотрена в статье [9].

Отличие кусочно-многочленных сплайнов от В-сплайнов заключается в том, что первые являются частью некой кубической параболы на каждом отрезке, а вторые на каждом отрезке представляют собой В-сплайн. При этом реализация алгоритма построения кубического сплайна в В-сплайн представлении на ЭВМ имеет ряд преимуществ, обеспечивающих большую производительность.

Процедура переразбиения подвижной границы может производиться как на каждом шаге решения задачи эволюции границы (после смещения точек), так и при достижении определенной неравномерности. Также с помощью этого алгоритма можно на определенном этапе вычислений увеличивать или уменьшать число точек подвижной границы, тем самым регулируя точность вычислений. Например, в задачах эволюции от источника граница раздела жидкостей постоянно растягивается и, для сохранения уровня детализации, по мере необходимости количество точек, аппроксимирующих ее, увеличивается, но при этом не нарушается равномерность сетки.

3. Апробация

Пример использования переразбиения границы раздела различных жидкостей в плоскопараллельном однородном случае рассмотрен в статье [9]. Теперь, используя численную схему (1) – (3), выполним расчет процесса распространения загрязнения от точечного источника на непроницаемой границе в поступательном потоке для неоднородного слоя с проводимостью $P = K(\bar{x})H(\bar{x})$ при наличии непроницаемого включения L_I , где $K(\bar{x}) = x_1^2$, а $H(\bar{x}) \equiv 1$. Из (4) для указанного слоя получаем значения потенциала единичного стока и функции тока единичного вихря [2,3,4]:

$$\Phi_1(\bar{x}, \bar{y}) = -\frac{\ln \frac{(x_0 - y_0)^2 + (x_1 - y_1)^2}{(x_0 - y_0)^2 + (x_1 + y_1)^2}}{2\pi x_1 y_1} \quad (5)$$

$$\Psi_2(\bar{x}, \bar{y}) = -\frac{x_1 y_1 + \frac{x_1^2 + y_1^2 + (x_0 - y_0)^2}{2} \ln \frac{(x_0 - y_0)^2 + (x_1 - y_1)^2}{(x_0 - y_0)^2 + (x_1 + y_1)^2}}{4\pi}$$

Источник загрязнения будем моделировать точечным источником, расположенным в точке $(0;0)$ на непроницаемой границе $x_1 = 0$, которая учитывается с помощью метода изображения особых точек (метод электростатических изображений). Для определенности полагаем, что мощность источника $Q = 2\pi$, поступательный поток направлен вдоль оси Ox слева направо, его скорость $v_0 = 2$, параметры $\lambda_t = 0.5$ и $\alpha = 0$.

На рисунках 1 и 2 представлены поля скоростей и положения границы раздела жидкостей в некоторый момент времени T для случаев неиспользования процедуры переразбиения подвижной границы

L_t на равные по длине части (рисунок 1) и ее использования (рисунок 2).

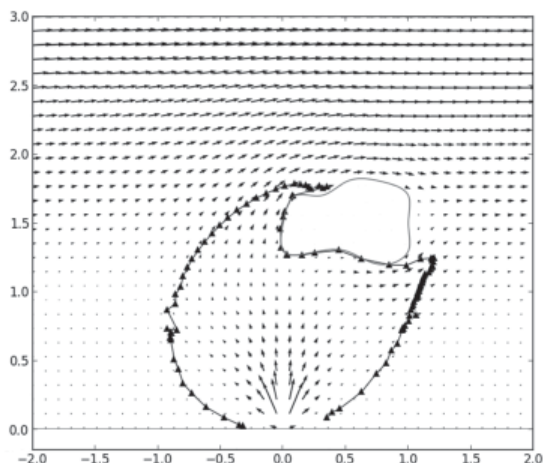


Рис. 1. Поле скоростей и граница раздела жидкостей L_t без применения процедуры переразбиения.

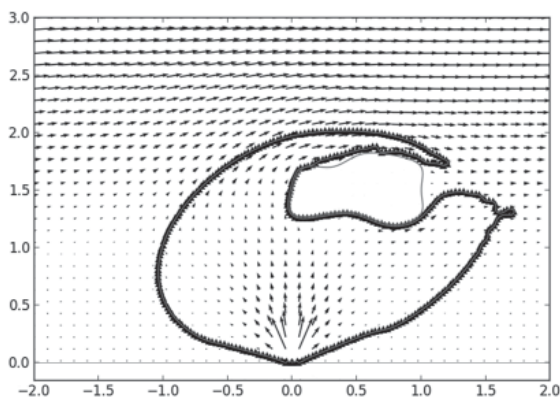


Рис. 2. Поле скоростей и граница раздела жидкостей L_t с применением процедуры переразбиения.

Анализируя рисунок 1, видим, что в случае неиспользования процедуры переразбиения граница L_t в момент времени $t = T$ имеет разрывы и сгущения то-

чек. Такая неравномерность приводит к конфигурациям границы, не имеющим физического смысла, и делает дальнейшие вычисления невозможными, так как через несколько шагов численный счет невозможен. На рисунке 2, наоборот, граница имеет равномерное разбиение, что позволяет и дальше продолжать вычисления. При этом картина течения физична.

Вывод

Подводя итог, можно сказать, что применение процедуры переразбиения подвижной границы раздела жидкостей различной плотности и вязкости помогает избегать негативных растяжений и сжатий отрезков, ее аппроксимирующих, тем самым повышая устойчивость всего алгоритма и позволяя производить расчеты для гораздо более длительных промежутков времени.

Дальнейшее развитие идеи переразбиения подвижных границ лежит в области трехмерных задач. Так как принцип их решения, основные системы уравнений и дискретные схемы схожи с плоским и двумерным случаем [10], то в них также можно улучшить устойчивость и увеличить временные отрезки расчетов путем получения на каждом шаге нового равномерного представления границы. Однако, для пространства потребуется построение уже бикубического сплайна поверхности на нерегулярной треугольной сетке с последующей анизотропной триангуляцией этой поверхности. Здесь анизотропия понимается в смысле получения конечной сетки из приблизительно одинаковых по форме и размерам треугольников безотносительно к кривизне поверхности. Это может быть реализовано с помощью модифицированного алгоритма Лоусона [11,12]. На момент написания статьи осуществляется реализация процедуры переразбиения трехмерной границы раздела жидкостей для пространственных задач фильтрации.

Библиографический список

1. Голубева О.В. Курс механики сплошных сред. М.: Наука, 1971. С.368.
2. Никольский Д.Н. Вычисление скорости перемещения границы раздела различных жидкостей в неоднородном слое методом дискретных вихревых пар// Математическое моделирование, 2009. Т. 21. №12. С. 122 – 128.
3. Никольский Д.Н. Эволюция границы раздела различных жидкостей в неоднородных слоях// Журнал вычислительной математики и математической физики, 2010. Т. 50. №7. С. 1269 – 1275.
4. Никольский Д.Н. Математическое моделирование процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в кусочно-неоднородных слоях сложной геологической структуры// Журнал вычислительной математики и математической физики, 2013. Т. 53. №6. С. 202 – 209.
5. Кирякин В.Ю., Сетуха А.В. О сходимости вихревого численного метода решения трехмерного уравнения Эйлера в лагранжевых координатах// Дифференциальные уравнения, 2007. Т. 43. №9. С. 1263 – 1276.
6. Никольский Д.Н. Регуляризация дискретной схемы для плоской задачи об эволюции границы раздела различных жидкостей// Вычислительные технологии. 2010. Т. 15. №1. С. 98 – 104.
7. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент (в математической физике, аэродинамике, теории упругости и дифракции волн). – М.: ТОО «Янус», 1995. –520с.
8. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М.: Наука, 1980. – 352с.
9. Никольский Д.Н., Нестеренко Д.С. О моделировании плоскопараллельного процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в грунте сложной геологической структуры// Ученые записки Орловского государственного университета, 2011. №5. С. 164 – 168.

10. *Nikolskii D. N.* Mathematical Modeling of the Three-Dimensional Evolution of the Interface between Fluids of Different Viscosities and Densities in an Inhomogeneous Ground// Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2007. Vol. 47. No. 8, pp. 1347 – 1357.
11. *Боровиков С.Н., Крюков И.А., Иванов И.Э.*, Построение нерегулярных треугольных сеток на криволинейных гранях на основе триангуляции Делоне// Математическое моделирование, 2005. Т. 17. №8. С. 31 – 45.
12. *Lawson C.L.* Software for C^1 Surface Interpolation. Mathematical Software III (John R. Rice, editor), pages 161-194. Academic Press, New York, 1977.

References

1. *Golubeva O.V.* The Course of Mechanics of Continuous Mediums. M.: Nauka, 1971. P.368.
 2. *Nikolskii D.N.* The Computation of Shifting Speed of Boundary that Divides Different Liquids in Inhomogeneous Layer with the Help of Discrete Vortex Pairs Method // Mathematical Modeling, 2009. Vol. 21. No12. pp. 122 – 128.
 3. *Nikolskii D.N.* Evolution of a Liquid – Liquid Interface in Inhomogeneous Layers// Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2010. Vol. 50. No7. pp. 1269 – 1275.
 4. *Nikolskii D.N.* Математическое моделирование процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в кусочно-неоднородных слоях сложной геологической структуры Mathematical Modeling of the Evolution Process of Boundary between Different Liquids in Piecewise-Inhomogeneous Layers of Complex Geological Structure// Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2013. Vol. 53. No6. pp. 202 – 209.
 5. *Kiryakin V.U., Setuha A.V.* About the Convergence of Vortex Numerical Method of Solving Three-Dimensional Euler Equation in LaGrange Coordinates. // Differential Equations, 2007. Vol. 43. No9. pp. 1263 – 1276.
 6. *Nikolskii D.N.* Regularization of a Discrete Scheme Governing the Plain Problem of Evolution of a Fluid – Fluid Interface // Computational Technologies. 2010. Vol. 15. No1. pp. 98 – 104.
 7. *Lifanov I.K.* The Method of Singular Integral Equations and Numerical Experiment (in Mathematical Physics, Aerodynamics, Theory of Elasticity and Wave Diffraction). – M.: “Janus”, 1995. –520p.
 8. *Zavialov U.S., Kvasov B. I., Miroshnichenko V. L* The Methods of Spline Functions. – M.: Nauka, 1980. – 352p.
 9. *Nikolskii D.N., Nesterenko D.S.* About modeling of plane-parallel evolution process of boundary that divides different liquids in the ground of complex geological structure // Scientific notes of Orel State University, 2011. No5. pp. 164 – 168.
 10. *Nikolskii D.N.* Mathematical Modeling of the Three-Dimensional Evolution of the Interface between Fluids of Different Viscosities and Densities in an Inhomogeneous Ground// Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2007. Vol. 47. No. 8, pp. 1347 – 1357.
 11. *Borovikov S.N., Kryukov I.A., Ivanov I.E.* The Anisotropic Triangular Mesh Generation on the Curvilinear Edges Based on Delaunay Triangulation// Mathematical Modeling, 2005. Vol. 17. Vol.8. pp. 31 – 45.
 12. *Lawson C.L.* Software for C^1 Surface Interpolation. Mathematical Software III (John R. Rice, editor), pp. 161- 194. Academic Press, New York, 1977.
-

УДК 517.956

UDC 517.956

Н.ДЖ ПАШАЕВ

аспирант кафедры физики, математики и информатики Ленкоранского Государственного Университета
E-mail: umud-96@mail.ru

N.J. PASHAEV

post-graduate student the Department "Physics, Mathematics and Computer Science", Lankaran State University
E-mail: umud-96@mail.ru

ОБ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТИПА РЕАКЦИЯ- ДИФФУЗИЯ

ON ONE INVERSE PROBLEM FOR "REACTION DIFFUSION" TYPE SYSTEM

В работе исследуются вопросы корректности обратной задачи об определении зависящего от пространственных переменных коэффициентов в правой части уравнений системы типа реакция-диффузия. Доказана теорема о единственности и устойчивости решения.

Ключевые слова: системы типа реакция-диффузия, обратная задача.

In the work the questions of correctness of inverse problem on definition of the coefficients depending on space variables from the right side of equations of the "reaction-diffusion" type system are investigated. The uniqueness and stability theorem of solution is proved.

Keywords: reaction-diffusion system, inverse problem.

Примем следующие обозначения: R^n – вещественное n -мерное евклидово пространство, $B \subset R^n$ – ограниченная область с границей $\partial B \in C^{2+\alpha}$, $\Omega = B \times (0, T]$, $S(B) = \partial B \times [0, T]$, $T > 0$. Пространства $C^l(\cdot)$, $C^{l,1/2}(\cdot)$, $C^{l+\alpha}(\cdot)$, $C^{l+\alpha, (l+\alpha)/2}(\cdot)$, $l = 0, 1, 2$, $0 < \alpha < 1$ и нормы в этих пространствах определены, например, в [1, с.16], $u = (u_1, \dots, u_m)$, $\|u\|_l = \sum_{k=1}^m \|u_k\|_{C^l}$.

$$u_{kt} = \frac{\partial u_k}{\partial t}, \quad u_{kx_j} = \frac{\partial u_k}{\partial x_j}, \quad \frac{\partial u_k}{\partial \vec{v}} = \sum_{j=1}^n \frac{\partial u_k}{\partial x_j} \cos(\vec{v}, x_j), \quad \vec{v}$$

– единичный вектор внутренней нормали к S в какой-либо ее точке, $\frac{\partial}{\partial \vec{v}}$ означает дифференцирова-

ние вдоль $\vec{v}$, $\Delta u_k = \sum_{i=1}^n \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_i^2}$.

Рассмотрим задачу об определении $\{f_k(x), u_k(x, t), k = \overline{1, m}\}$ из условий

$$u_{kt} - \Delta u_k = f_k(x) g_k(x, t, u), \quad (x, t) \in \Omega, \quad (1)$$

$$u_k(x, 0) = \varphi_k(x), \quad x \in \overline{B} = B \cup \partial B, \quad \frac{\partial u_k}{\partial \vec{v}} = \psi_k(x, t), \quad (x, t) \in S(B), \quad (2)$$

$$\int_0^T u_k(x, t) dt = r_k(x), \quad x \in \overline{B}, \quad (3)$$

здесь

$g_k(x, t, u)$, $\varphi_k(x)$, $\psi_k(x, t)$, $r_k(x)$, $k = \overline{1, m}$ – заданные функции.

Подобные задачи, как правило, некорректны в смысле Адамара и изучались в работах [1, 2, 5, 6].

Естественно, если часть из функций $f_k(x)$ известна, то соответствующие дополнительные условия из (3) оказываются лишними и не задаются.

Определение. Систему функций

$\{f_k(x), u_k(x, t), k = \overline{1, m}\}$ назовем решением за-

дачи (1)-(3), если:

$$1) f_k(x) \in C(\overline{B});$$

$$2) u_k(x, t) \in C^{2,1}(\overline{B} \times [0, T]);$$

3) для них удовлетворяются соотношения (1)-(3), при этом условия (3) определяются следующим образом:

$$\frac{\partial u_k(x, t)}{\partial \nu(x, t)} = \lim_{\substack{y \rightarrow x \\ y \in \sigma}} \frac{\partial u_k(y, t)}{\partial \nu(y, t)},$$

где σ –любой замкнутый конус с вершиной x , который содержится в $B \cup \{x\}$.

Теорема единственности, а также оценка устойчивости решения обратных задач занимает центральное место в исследовании вопросов их корректности. Здесь, при наиболее общих предположениях, доказывается единственность решения задачи (1)-(3) и устанавливается оценка, характеризующая устойчивость решения.

Теорема 1. Пусть выполнены:

1⁰. $g_k(x, t, u) \in C_{x,t}^{\alpha, \alpha/2}(A)$; $g_k(x, t, u)$ непрерывна

по Липшицу по переменной v , равномерно по отношению (x, t, v) в ограниченных множествах A , т.е.

$$|g_k(x, t, v_1) - g_k(x, t, v_2)| \leq \sigma_1 |v_1 - v_2|, \\ (x, t, v_1), (x, t, v_2) \in A;$$

где $A = \bar{B} \times [0, T] \times R^m$.

$$2^0. \varphi_k(x) \in C^{1+\alpha}(\bar{B}), \quad \psi_k(x, t) \in C^{1+\alpha, \alpha/2}(S(B));$$

$$3^0. r_k(x) \in C^{2+\alpha}(\bar{B}).$$

4⁰. существует решение задачи (1)-(3), принадлежащее множеству

$$K^\alpha = \left\{ \left(f_k, u_k, k = \overline{1, m} \right) \left| \begin{array}{l} f_k(x) \in C^\alpha(\bar{B}), \\ u_k(x, t) \in C^{2+\alpha, 1+\alpha/2}(\bar{B} \times [0, T]) \end{array} \right. \right\}.$$

Тогда на множестве K^α решение задачи (1)-(3) единственно и верна следующая оценка устойчивости:

$$\|u - \bar{u}\|_0 + \|f - \bar{f}\|_0 \leq \\ \leq M \left[\|g - \bar{g}\|_0 + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_2 + \|\psi - \bar{\psi}\|_{1,0} + \|r - \bar{r}\|_2 \right],$$

где $M > 0$ зависит от данных задачи (1)-(3) и множества K^α , $\{f_k(x), \bar{u}_k(x, t), k = \overline{1, m}\}$ – решение задачи (1)-(3) из множества K^α с данными $\bar{g}_k(\cdot), \bar{\varphi}_k(\cdot), \bar{\psi}_k(\cdot), \bar{r}_k(\cdot)$, которые удовлетворяют условиям 1⁰, 2⁰, 3⁰, соответственно.

Доказательство. Обозначим

$$z_k(x, t) = u_k(x, t) - \bar{u}_k(x, t), \quad \lambda_k(x) = f_k(x) - \bar{f}_k(x), \\ \delta_{1k}(x, t, v) = g_k(x, t, v) - \bar{g}_k(x, t, v), \\ \delta_{2k} = \varphi_k(x) - \bar{\varphi}_k(x), \quad \delta_{3k}(x, t) = \psi_k(x, t) - \bar{\psi}_k(x, t), \\ \delta_{4k}(x) = r_k(x) - \bar{r}_k(x).$$

Интегрируя обе части уравнения (1) по переменной t в интервале $(0, T)$, с учетом условий теоремы для функции $f_k(x)$ получим:

$$f_k(x) = [u_k(x, T) - \varphi_k(x) - \Delta r_k(x)] / \int_0^T g_k(x, t, u) dt,$$

$$k = \overline{1, m}.$$

Можно проверить, что функции $\{\lambda_k(x), z_k(x, t), k = \overline{1, m}\}$ удовлетворяют соотношениям системы

$$z_{kt} - \Delta z_k = \lambda_k(x) g_k(x, t, u) + F_k(x, t, u) \\ (x, t) \in Q, \quad (6)$$

$$z_k(x, 0) = \delta_{2k}(x), \quad x \in \bar{B}, \quad \frac{\partial z_k}{\partial \nu} = \delta_{3k}(x, t), \\ (x, t) \in S, \quad (7)$$

$$\lambda_k(x) = z_k(x, T) / \int_0^T g_k(x, t, u) dt + H_k(x), \quad (8)$$

где

$$F_k(x, t, u) = \bar{f}_k(x) [\delta_{1k}(x, t, u) + \bar{g}_k(x, t, u) - \bar{g}_k(x, t, \bar{u})],$$

$$H_k(x) = \{ (\bar{u}_k(x, T) - \bar{\varphi}_k(x) - \Delta \bar{r}_k(x)) \\ [\delta_{1k}(x, t, u) + \bar{g}_k(x, t, u) - \bar{g}_k(x, t, \bar{u})] - \\ - \left(\delta_{2k}(x) + \Delta \delta_{4k}(x) \int_0^T \bar{g}_k(x, t, \bar{u}) dt \right) \} / \\ / \int_0^T g_k(x, t, y) dt \cdot \int_0^T \bar{g}_k(x, t, \bar{u}) dt.$$

При условиях теоремы следует, что правая часть уравнения (6) удовлетворяет условию Гельдера. Значит, существует классическое решение задачи (6)-(7) об определении $z_k(x, t)$ и оно может быть представлено в виде [4, с.182]:

$$z_k(x, t) = \int_0^t \int_{\partial B} \Gamma_k(x, t; \xi, \tau) P_k(\xi, \tau) d\xi d\tau + \\ + \int_B \Gamma_k(x, t; \xi, 0) \delta_{2k}(\xi) d\xi - \\ - \int_0^t \int_B \Gamma_k(x, t; \xi, \tau) [\lambda_k(\xi) g_k(\xi, \tau, u) + \\ + F_k(\xi, \tau, u)] d\xi d\tau, \quad (9)$$

где $P_k(x, t)$ – решение интегрального уравнения

$$P_k(x, t) = 2 \int_0^t \int_{\partial B} \frac{\partial \Gamma_k(x, t, \xi, \tau)}{\partial \nu} P_k(\xi, \tau) d\xi d\tau + \\ + 2 \int_B \frac{\partial \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)}{\partial \nu} \delta_{2k}(\xi) d\xi - \\ - 2 \int_0^t \int_B \frac{\partial \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)}{\partial \nu} [\lambda_k(\xi) g_k(\xi, \tau, u) + F_k(\xi, \tau, u)] d\xi d\tau - \\ - 2 \delta_{3k}(x, t), \quad (10)$$

здесь $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n)$, $d\xi = d\xi_1 \dots d\xi_n$. $\Gamma_k(\cdot)$ – фундаментальные решения уравнения (6), для которых верны следующие оценки [3, с.427, 444]:

$$|D_x^l \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)| \leq c_1 (t - \tau)^{-\frac{n+1}{2}} \exp \left(-c_2 \frac{|x - \xi|^2}{t - \tau} \right), \\ \left| \int_{R_n} \Gamma_k(x, t; \xi, \tau) d\xi \right| \leq c_3, \\ \left| \int_{R_n} D_x^l \Gamma_k(x, t; \xi, \tau) d\xi \right| \leq c_4 (t - \tau)^{-\frac{l-\alpha}{2}}, \quad l = 0, 1, 2, \quad (11)$$

где $c_1, c_2, c_3, c_4 > 0$ – положительные постоянные.

Положим

$$\chi = \|u - \bar{u}\|_0 + \|f - \bar{f}\|_0.$$

Оценим функции $z_k(x, t)$, $k = \overline{1, m}$. Из (9) следует, что

$$\begin{aligned} |z_k(x, t)| &\leq \int_0^t \int_{\partial B} |\Gamma_k(x, t; \xi, \tau)| |P_k(\xi, \tau)| d\xi d\tau + \\ &+ \int_0^t |\Gamma_k(x, t; \xi, \tau)| |\delta_{2k}(\xi)| d\xi + \\ &+ \int_0^t \int_B |\Gamma_k(x, t; \xi, \tau)| [|\lambda_k(\xi) g_k(\xi, \tau, u)| + |F_k(\xi, \tau, u)|] d\xi d\tau, \end{aligned}$$

Для $|P_k(x, t)|$ из (10) получим

$$\begin{aligned} |P_k(x, t)| &\leq 2 \int_0^t \int_{\partial B} \left| \frac{\partial \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)}{\partial \nu} \right| |P_k(\xi, \tau)| d\xi d\tau + \\ &+ 2 \int_0^t \left| \frac{\partial \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)}{\partial \nu} \right| |\delta_{2k}(\xi)| d\xi + \\ &+ 2 \int_0^t \int_{\partial B} \left| \frac{\partial \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)}{\partial \nu} \right| [|\lambda_k(\xi) g_k(\xi, \tau, u)| + \\ &+ |F_k(\xi, \tau, u)|] d\xi d\tau + 2|\delta_{3k}(x, t)|. \end{aligned} \quad (13)$$

Сначала оценим $|P_k(x, t)|$. Учитывая оценки (11), получим

$$\begin{aligned} \int_0^t d\tau \int_B \left| \frac{\partial \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)}{\partial \nu} \right| d\xi &\leq c_4 \int_0^t (t - \tau)^{\frac{1-\alpha}{2}} d\tau = c_5 t^{(1+\alpha)/2}, \\ \int_0^t d\tau \int_{\partial B} \left| \frac{\partial \Gamma_k(x, t; \xi, \tau)}{\partial \nu} \right| d\xi &\leq c_5 t^{(1+\alpha)/2}, \end{aligned} \quad (15)$$

где $c_5 > 0$ – зависит от данных задачи.

Подынтегральная функция $|\lambda_k(x) g_k(x, t, u)|$ в третьем слагаемом правой части (13), в силу требований, наложенных на входные данные и на множества K^α , удовлетворяет оценке

$$|\lambda_k(x) g_k(x, t, u)| \leq c_6 \|f - \bar{f}\|_0, \quad (x, t) \in \overline{\Omega}, \quad (16)$$

где $c_6 > 0$ – зависит от данных задачи.

Для подынтегральной функции $|F_k(x, t, u)|$, в силу условий теоремы, получим

$$|F_k(x, t, u)| \leq c_7 \|g - \bar{g}\|_0 + \|u - \bar{u}\|_0, \quad (x, t) \in \overline{\Omega}. \quad (17)$$

Учитывая оценки (14), (15), (16), (17) из (13), получим

$$\begin{aligned} |P_k(x, t)| &\leq c_8 \|g - \bar{g}\|_0 + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_0 + \|\psi - \bar{\psi}\|_0 + \\ &+ c_7, c_8, c_9, c_{10} > 0, \end{aligned} \quad (18)$$

где $c_7, c_8, c_9, c_{10} > 0$ – зависят от данных задачи и множества K^α .

Неравенство (18) удовлетворяется при всех $(x, t) \in \overline{\Omega}$. Оно должно удовлетворяться также для максимальных значений левой части. Следовательно,

$$\begin{aligned} \|P\|_0 &\leq c_8 \|g - \bar{g}\|_0 + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_0 + \|\psi - \bar{\psi}\|_0 + \\ &+ c_9 t^{(1+\alpha)/2} \|P\|_0 + c_{10} t^{(1+\alpha)/2} \chi. \end{aligned}$$

Пусть T_1 ($0 < T_1 \leq T$) такое число, что

$c_9 t^{(1+\alpha)/2} < 1$. Тогда из последнего неравенства получим:

$$\begin{aligned} \|P\|_0 &\leq c_{11} \|g - \bar{g}\|_0 + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_0 + \|\psi - \bar{\psi}\|_0 + \\ &+ c_{12} t^{(1+\alpha)/2} \chi, \end{aligned} \quad (19)$$

где $c_{11}, c_{12} > 0$ – зависят от данных задачи и множе-

ства K^α .

Аналогичным образом для $|z_k(x, t)|$ из (12) получим:

$$\begin{aligned} |z_k(x, t)| &\leq c_{13} \|g - \bar{g}\|_0 + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_0 + \|\psi - \bar{\psi}\|_0 + \\ &+ c_{14} t^{(1+\alpha)/2} \chi, \end{aligned} \quad (20)$$

где $c_{13}, c_{14} > 0$ – зависят от данных задачи и множества K^α .

Теперь оценим функцию $|\lambda_k(x)|$. Из (8) следует

$$|\lambda_k(x)| \leq |z_k(x, T)| / \int_0^T |g_k(x, t, u)| dt + |H_k(x)|$$

Учитывая условия теоремы, определение множества K^α , неравенство (20) и поступая аналогичным образом, как и при выводе неравенств (19) и (20), из последнего неравенства получим:

$$\begin{aligned} |\lambda_k(x)| &\leq c_{15} \|g - \bar{g}\|_0 + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_0 + \|\psi - \bar{\psi}\|_0 + \|r - \bar{r}\|_2 + \\ &+ c_{16} t^{(1+\alpha)/2} \chi, \quad x \in \bar{B}, \end{aligned} \quad (21)$$

где $c_{15}, c_{16} > 0$ – зависят от данных задач и множества K^α .

Неравенства (20) и (21) удовлетворяются при любых значениях $(x, t) \in \overline{\Omega}$. Поэтому они должны удовлетворяться также для максимальных значений левых частей. Следовательно, объединяя эти неравенства, получим

$$\begin{aligned} \chi &\leq c_{17} \|g - \bar{g}\|_0 + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_0 + \|\psi - \bar{\psi}\|_0 + \|r - \bar{r}\|_2 + \\ &+ c_{18} t^{(1+\alpha)/2} \chi, \end{aligned}$$

где $c_{17}, c_{18} > 0$ – зависят от данных задачи и множе-

ства K^α .

Пусть T_2 ($0 < T_2 \leq T$) такое число, что $c_{18} t^{(1+\alpha)/2} < 1$. Тогда получим, что при $(x, t) \in \bar{B} \times [0, T_2]$, $T_3 = \min(T_1, T_2)$ верна оценка устойчивости (4) для решения задачи (1)-(3).

Единственность решения задачи (1)-(3) следует из оценки (4) при

$$\begin{aligned} g_k(x, t, u) &= \bar{g}_k(x, t, u), \quad \varphi_k(x) = \bar{\varphi}_k(x), \\ \psi_k(x, t) &= \bar{\psi}_k(x, t), \quad r_k(x) = \bar{r}_k(x). \end{aligned}$$

Теорема доказана.

Замечание. Пусть правая часть системы (1) имеет один из следующих видов:

$$1) \Phi_k(x, t, u) = f_k(t) g_k(x, t, u);$$

$$2) \Phi_k(x, t, u) = f_k(x', t) \times \times g_k(x, t, u);$$

$$3) \Phi_k(x, t, u) = f_k(u_k(x, t))g_k(x, t, u),$$

где $g_k(x, t, u)$ заданные, а $f_k(\cdot)$ – неизвестные функции.

В зависимости от структуры правой части $\Phi_k(x, t, u)$ рассматриваются следующие обратные задачи:

Задача А. Требуется определить систему функций $\{f_k(t), u_k(x, t), k = \overline{1, m}\}$ из условий

$$u_{kt} - \Delta u_k = f_k(t)g_k(x, t, u), (x, t) \in \Omega,$$

$$u_k(x, 0) = \varphi_k(x), x \in \overline{B}; \quad \frac{\partial u_k}{\partial \vec{v}} = \psi_k(x, t),$$

$$(x, t) \in S(B), \int_B u_k(x, t) dx = h_k(t), t \in [0, T].$$

Задача В. Требуется определить систему функций $\{f_k(x', t), u_k(x, t), k = \overline{1, m}\}$ из условий

$$u_{kt} - \Delta u_k = f_k(x', t)g_k(x, t, u), (x, t) \in Q,$$

$$u_k(x, 0) = \varphi_k(x), x \in \overline{D}, \quad \frac{\partial u_k}{\partial \vec{v}} = \psi_k(x, t),$$

$$(x, t) \in S(D), \int_{y_1(x')}^{y_2(x')} u_k(x', x_n, t) dx_n = q_k(x', t), (x', t) \in \overline{Q'},$$

где $D \subset R^n$ ограниченная область с границей $\partial D \in C^{2+\alpha}$, $D = D' \times (y_1(x'), y_2(x'))$, где D' – проекция D на гиперплоскость $x_n = 0$, $y_1(x)$, $y_2(x)$ – известные достаточно гладкие функции, $x' = (x_1, \dots, x_{n-1})$, $x = (x', x_n)$ – произвольные точки областей D' и D соответственно. $Q' = D' \times (0, T]$, $Q = D \times (0, T]$.

Задача С. Требуется определить систему функций $\{f_k(u_k(x, t)), u_k(x, t), k = \overline{1, m}\}$ из условий

$$u_{kt} - \Delta u_k = f_k(u_k)g_k(x, t, u), (x, t) \in \Omega,$$

$$u_k(x, 0) = \varphi_k(x), x \in \overline{B}, \quad \frac{\partial u_k}{\partial \vec{v}} = \psi_k(x, t),$$

$(x, t) \in S(B)$, $u_k(x^k, t) = \theta_k(t)$, $x^k \in B$ – фиксированные точки, $t \in [0, T]$.

Для задач А, В и С получены результаты, аналогичные результатам задачи (1)-(3).

Библиографический список

1. Искендеров А.Д. Многомерные обратные задачи для линейных и квазилинейных параболических уравнений. //ДАН СССР, т.225, №5, 1975, с.1005-1008.
2. Искендеров А.Д., Ахундов А.Я. Обратная задача для линейной системы параболических уравнений. //Докл. РАН, т.424, №4, с. 442-444, 2009.
3. Ладыженская О.А., Солонников В.А., Уральцева Н.Н. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа. М., 1967, 617с.
4. Фридман А. Уравнения с частными производными параболического типа. М., 1968, 428с.
5. Belov Yu.Ya. Inverse problems for Partial Differential Equations. VSP, 2002, 315p.
6. Lavrentiev M.M., Avdeev A.V., Lavrentiev M.M. Jr., Priimenko V.I. Inverse problems of Mathematical Physics. Inverse and ILL-posed problems series. VSP, 2003, 281p.

References

1. Iskenderov A.D. Multidimensional inverse problems for linear and quasi-linear parabolic equations. /DAS SSSR, V.225, № 5, 1975, Pp.1005-1008.
2. Iskenderov A.D., Akhundov A.Y. The inverse problem for a linear system of parabolic equations. / Report, Russian Academy of Sciences, V.424, № 4, Pp. 442-444, 2009.
3. Ladyzhenskaya O.A., Ural'tseva N.N. Linear and quasilinear equations of elliptic type. – Moscow, 1967. – 617 p.
4. Friedman A. The equation of partial parabolic type. М., 1968, 428p.
5. Belov Yu.Ya. Inverse problems for Partial Differential Equations. VSP, 2002, 315p.
6. Lavrentiev M.M., Avdeev A.V., Lavrentiev M.M. Jr., Priimenko V.I. Inverse problems of Mathematical Physics. Inverse and ILL-posed problems series. VSP, 2003, 281p.

УДК 532.546

UDC 532.546

В.Ф. ПИВЕНЬ

доктор физико-математических наук, профессор,
зав. кафедрой теоретической физики и математи-
ческого моделирования Орловского государственного
университета

E-mail: oryol@au.ru

М.А. ФРОЛОВ

кандидат физико-математических наук, доцент
кафедры математики и естественнонаучных дис-
циплин Орловского государственного института
экономики и торговли

E-mail: mark.75@list.ru

V.F. PIVEN

doctor of physics-mathematical sciences, head of the
department of physics, Orel State University
E-mail: oryol@au.ru

M.A. FROLOV

candidate of physics-mathematical sciences, associate
professor of the department of mathematics, analysis and
statistics, Orel State Institute of Economy and Trade

E-mail: mark.75@list.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕБИТ СКВАЖИНЫ ДЛИНЫ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ ТРЕЩИНЫ (ЗАВЕСЫ) В ПЛАСТЕ ГРУНТА С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ

EFFECT ON THE YIELD OF A CHINK OF LENGTH OF A SEMIPERMEABLE CRACK (SCREEN) IN A LAYER OF A GROUND WITH A LINEAR CONTOUR OF FEED

Ставится плоскопараллельная граничная задача о дебите скважины при наличии полупроницаемой трещины (завесы) в пласте. Но в отличие от исследования [8] скважина находится внутри трещины (завесы). Исследуется влияние на дебит скважины длины трещины (завесы). 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-paralled boundary problem about a yield of a chink is put at presence of a semipermeable crack (screen) in a layer is set. But in contrast to [8] the chink is inside a crack (screen). Effect on a yield of a chink of the length of a crack (screen) is explored. The problem is solved numerically by a method of discrete singularities that allows to simulate a crack (screen) the arbitrary sleek and piecewise smooth boundaries and to have them voluntary.

Keywords: a yield of a chink, a semipermeable crack (screen), a pressure parting of a layer, a numerical solution of a problem.

Введение

При проектировании водозаборов и разработке нефтяных и газовых месторождений актуальна проблема интенсификации добычи флюидов. Одним из самых эффективных методов повышения продуктивности скважин на сегодняшний день 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].

В настоящей работе рассматривается вытянутая эллиптическая трещина (завеса), внутри которой находится скважина. Исследуется зависимость дебита скважины от длины трещины (завесы) в случае прямолинейного контура питания.

Постановка задачи

Стационарное течение несжимаемой жидкости в недеформируемой изотропной однородной пористой среде описывается законом Дарси и уравнением неразрывности, записанными в безразмерных величинах [8]:

$$\vec{v} = k \nabla \varphi, (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0, (2)$$

Рассмотрим плоскопараллельное течение в координатной плоскости Oxy . Пусть 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].

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Орловской области в рамках научного проекта №12-01-97522 p_центр_a

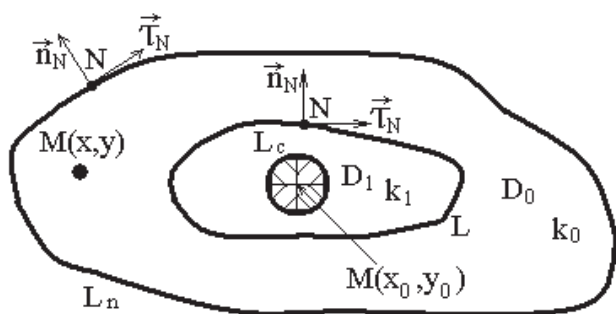


Рис. 1. Постановка задачи.

Замкнутый контур питания L_n скважины ограничивает область фильтрации D_0 . Предположим, что в области D_0 имеется трещина (завеса) произвольной формы, ограниченная замкнутым контуром L . Скважина находится внутри трещины (завесы). Пусть вне трещины (завесы) – область D_0 , заполнена средой с коэффициентом проницаемости k_0 , а сама трещина (завеса) – область D_1 – средой с коэффициентом проницаемости k_1 (для трещины $k_1 > k_0$ и завесы $k_1 < k_0$). Потенциалы скоростей течения в областях D_0 и D_1 обозначим соответственно φ_0 и φ_1 . Контур L_n и L моделируем гладкими кривыми.

Как следует из уравнений (1) и (2), функции φ_0 и φ_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:

$$\Delta \varphi_\nu(M) = 0, \quad M \in D_\nu, \quad \nu = 0, 1. \quad (3)$$

Их представим в виде:

$$\varphi_\nu(M) = \frac{\varphi(M) + \varphi_*(M)}{k_\nu}, \quad M \in D_\nu, \quad \nu = 0, 1. \quad (4)$$

Функция $\varphi(M)$ – потенциал, описывающий течение жидкости к скважине в безграничной (при отсутствии контура $\Gamma = L_c \cup L \cup L_n$) однородной среде проницаемости k_1 вида:

$$\varphi(M) = \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{r}, \quad r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}. \quad (5)$$

Функция $\varphi_*(M)$ – потенциал возмущения, вызванный наличием трещины (завесы), 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 $\varphi_*(M)$, согласно [7] имеют вид:

$$\varepsilon(n) = \begin{cases} 1, & \text{если } n \in \mathbb{N}_0; \\ -1, & \text{если } n \in \mathbb{N}_1. \end{cases} \quad (6)$$

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)

$$\lambda = \frac{k_0 - k_1}{k_0 + k_1}, \quad \lambda \in (-1, 1).$$

Согласно [7] на контурах питания и скважины имеем условия:

$$\varphi_*^-(M) = \alpha(M) - \varphi(M), \quad M \in L_n, \quad (7)$$

$$\varphi_*(M) = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{R_c}, \quad M = M_0, \quad (8)$$

где C – произвольная постоянная, $\alpha(M)$ – в общем случае непрерывная периодическая функция координат.

Таким образом, чтобы найти дебит q скважины, необходимо определить потенциал $\varphi_*(M)$, удовлетворяющий условиям (6) – (8).

Сведение задачи к системе интегральных уравнений и интегрального соотношения

В случае 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 $\varphi_*(M)$ ищем в виде потенциала двойного слоя:

$$\begin{aligned} \varphi_*(M) = & \int_L g_\nu(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ & + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N, \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{где } \Phi(M) = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r}, \quad r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} -$$

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:

$$\begin{aligned} & -2\lambda \left(\int_L g(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N + \right. \\ & \left. + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N \right) + g(M) = \\ & = 2\lambda \varphi(M), \quad M \in L, \\ & 2 \left(\int_L g(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N + \right. \\ & \left. + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) \vec{n}_N dS_N \right) - f(M) = \\ & = 2[\alpha(M) - \varphi(M)], \quad M \in L_n \end{aligned}$$

и интегральное соотношение:

$$\begin{aligned} & \int_L g(N) \nabla_N \Phi(N, M) \bar{n}_N dS_N + \\ & + \int_{L_n} f(N) \nabla_N \Phi(N, M) n_N dS_N = \\ & = C - \frac{q}{2\pi k_0} \ln \frac{1}{R_c}, M = M_0. \end{aligned} \quad (10)$$

Используя развитый в [4-6] подход, задача решается численно. Задавая контуры L_n и L параметрически и производя их дискретизацию, перейдём к системе линейных неоднородных алгебраических уравнений [8].

**Задача о дебите скважины с
прямолинейным контуром питания**

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:

$$G(N, M) = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{NM}} - \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1}{r_{NM}^*},$$

$$\text{где } r_{NM} = \sqrt{(x_N - x_M)^2 + (y_N - y_M)^2},$$

$r_{NM}^* = \sqrt{(x_N - x_M)^2 + (y_N + y_M)^2}$. 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:

$$\begin{aligned} \varphi'(M) &= \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{r} - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{r^*}, \text{ где} \\ r^* &= \sqrt{(x - x_0)^2 + (y + y_0)^2}. \end{aligned}$$

Тогда имеем систему одного интегрального уравнения на контуре L и интегрального соотношения на контуре скважины:

$$\begin{aligned} & -2\lambda \int_L g(N) \nabla_N G(N, M) \bar{n}_N dS_N + g(M) = \\ & = 2\lambda \varphi'(M), M \in L, \\ & \int_L g(N) \nabla_N G(N, M) \bar{n}_N dS_N = \\ & = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{2y_0}{R_c}, M = M_0. \end{aligned} \quad (11)$$

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:

$$\begin{aligned} x_N &= x(t), y_N = y(t), x_M = x(t_0), y_M = y(t_0), \\ t_0, t &\in [0, S], N, M \in L, \end{aligned} \quad (12)$$

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:

$$\bar{r}_{NM} = ((x(t) - x(t_0))\bar{i} + (y(t) - y(t_0))\bar{j}),$$

$$\bar{n}_N = \frac{-y'_t \bar{i} + x'_t \bar{j}}{\sqrt{x_t'^2 + y_t'^2}},$$

$$dS_N = \sqrt{x_t'^2 + y_t'^2} dt, N \in L. \quad (13)$$

Учитывая (13), запишем систему (11) в параметрическом виде:

$$\begin{cases} -2\lambda \int_0^S g(t) K(t, t_0) dt + g(t_0) = 2\lambda \varphi'(t_0), t_0 \in [0, S], \\ \int_0^S g(t) K(t, M) dt = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{2y_0}{R_c}, M = M_0, \end{cases} \quad (14)$$

где $K(t, t_0)$, $K(t, M)$ – интегральные ядра [8]:

$$K(t, t_0) = \left[\begin{aligned} & -\frac{\partial G(x(t), y(t), x(t_0), y(t_0))}{\partial x(t)} y'_t + \\ & + \frac{\partial G(x(t), y(t), x(t_0), y(t_0))}{\partial y(t)} x'_t \end{aligned} \right]$$

$$K(t, M) = \left[\begin{aligned} & -\frac{\partial G(x(t), y(t), x(M), y(M))}{\partial x(t)} y'_t + \\ & + \frac{\partial G(x(t), y(t), x(M), y(M))}{\partial y(t)} x'_t \end{aligned} \right],$$

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:

$$\begin{cases} -2\lambda \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq m}}^n g_k K(t_k, t_m) h + g_m = 2\lambda \varphi'(t_m), \\ m = 1, \dots, n, \\ \sum_{k=1}^n g_k K(t_k, M) h = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{2y_0}{R_c}, \\ M = M_0. \end{cases} \quad (15)$$

Решая эту систему, например, методом Гаусса, находим неизвестные величины: g_k ($k = 1, \dots, n$) и дебит q .

Полупроницаемую трещину моделируем эллипсом L с полуосями a , b и центром в точке расположения скважины $M(x_0, y_0)$ (рис. 2). В качестве

характерного размера выберем радиус скважины R_c ($R_c = 1$).

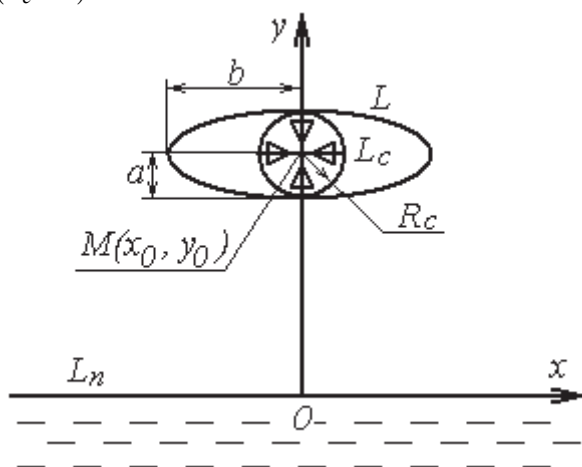


Рис. 2. Скважина в эллиптической трещине (завесе) с прямолинейным контуром питания.

Исследуем влияние на дебит скважины длины большой полуоси b . Остальные числовые значения выберем следующими: $x_0 = 0$, $y_0 = 100R_c$, $a = R_c$, $C = 1$, $\alpha(M) = 0$, $\lambda = -0.9$, $k_0 = 1$, $n = 1600$. Число точек разбиения n выбиралось исходя из исследования практической сходимости решения таким, что при удвоении n изменение дебита не превысит 3%.

На рис. 3 показаны зависимости величины $\eta = \frac{q_\lambda}{q_0} - 1$ от длины полуоси b , которую измеряем в R_c . Здесь q_0 – дебит скважины в отсутствие трещины, q_λ – при наличии трещины. Кривая 1 соответствует ориентации контура L большой полуосью b параллельно контуру питания L_n (см. рис. 2), кривая 2 – повороту контура L на 90° относительно точки $M(x_0, y_0)$. Как видно из графиков рис.3, влияние контура питания невелико. Так, например, при $b = 70R_c$ различие в дебитах для случаев 1 и 2 составляет около 4%. На расстоянии $y_0 = 1000R_c$ влияния контура питания на дебит не обнаружено – кривые 1 и 2 совпадают (рис.4).

Сопоставляя кривые на рис. 3 и рис. 4 видно, что с увеличением расстояния y_0 изменяется и скорость прироста дебита. Как видно из рис. 4, начиная с величины $b = 40R_c$ изменение дебита скважины с увеличением длины трещины не превысит 5%. Следовательно, дальнейшее увеличение длины трещины ощутимого вклада в дебит уже не принесёт, наступает так называемое «насыщение».

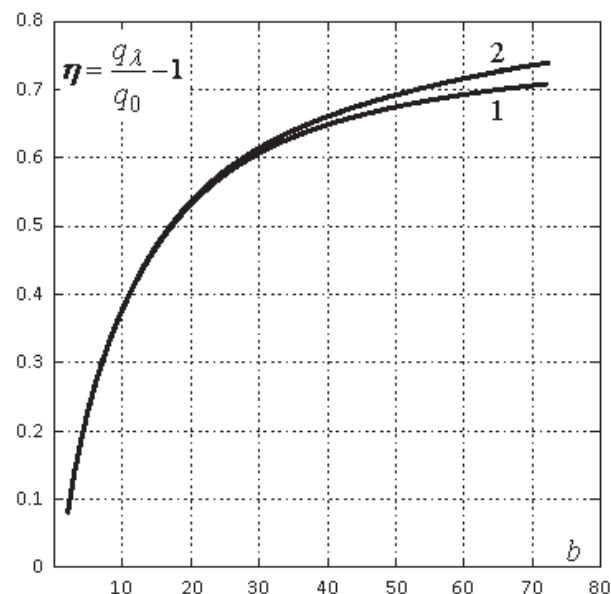


Рис.3. Зависимость $\eta(b)$ при $y_0 = 100R_c$.

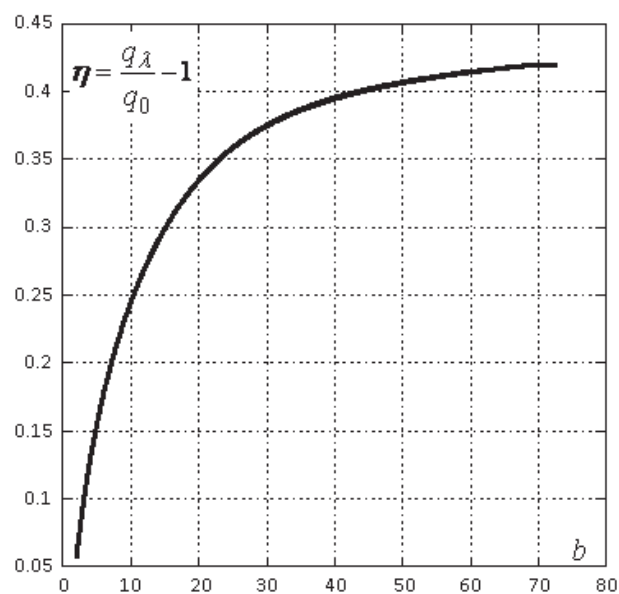


Рис.4. Зависимость $\eta(b)$ при $y_0 = 1000R_c$.

Основные результаты и выводы

Из рис.3 и рис.4 видно, что влияние ориентации трещины необходимо учитывать, если трещина находится вблизи контура питания.

При достаточном удалении от контура питания, например, при $y_0 = 1000R_c$ (рис. 4), можно указать такую длину трещины, начиная с которой увеличением дебита можно пренебречь. Это важно знать при проведении гидроразрыва пласта. При промывке водяных скважин, по этой же причине, можно увеличить дебит только в определённых пределах.

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 гос. ун-т, 1998, 266с.
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 размеров полупроницаемой трещины (завесы) в пласте грунта // Ученые записки Орловского государственного университета, №2, 2010 Орел: Изд-во ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2010, с.56 -63.

References

1. *Kazantsev P.U.* 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. *Kanevskay R.D.* Mathematical modeling of the elaboration of oil and gas entrails with the application of pressure parting of a layer. M.:Nedra. 1999. p.213
 3. *Kanevskay R.D.* The Mathematic modeling of the hydrodynamic processes of elaboration of entrails of hydrocarbons. Moscow – Igevsk: The Institute of computer researches, 2003, p.128
 4. *Lifanov I.K.* The method of singular cumulative equations and numeral experiment. M.: TOO «Yanus», 1995, p.520
 5. *Piven V.F.* The mathematic modeling of two-dimensional tasks of hydrodynamics in heterogeneous layers. Doctoral thesis. Orel, Orel State University, 1998, p.266.
 6. *Piven V.F.* Cumulative equation of the boundary sum of conjugation of filtration flows in heterogeneous medium. Transactions of IX International Symposium «MDOZMF-2000». Orel, 2000. p.343-348.
 7. *Piven V.F., M.A.Frolov.* The researching of the yield of a chink in the layer of the ground with crack (screen) // Transactions of XIV International Symposium «MDOZMF-2009» 2009. P.2. P.137-140.
 8. *Piven V.F., M.A.Frolov.* The researching of influence of proportions of the semipermeable crack (screen) on the yield of a chink in the layer of the ground // Scientific notes of Orel State University, №26 2010 Orel: Publishing house GOU VPO « Orel State University», 2010, p.56-63.
-
-

УДК 37+51

UDC 37+51

О.А. ПОЗДНЯКОВА

аспирант кафедры геометрии и методики преподавания математики Орловского государственного университета
E-mail.ru: OlesyPozdnyakov@yandex.ru

O.A. POZDNYAKOVA

post-graduate student of chair "Geometry and technique of teaching of mathematics", Orel State University
E-mail.ru: OlesyPozdnyakov@yandex.ru

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ НА УРОКАХ ГЕОМЕТРИИ

PRACTICAL TASKS AT GEOMETRY LESSONS

В статье раскрывается необходимость применения задач прикладного содержания на уроках геометрии. Дан ряд рекомендаций для учителя математики по включению задач практической направленности в школьный курс геометрии. Приведены примеры задач с практическим содержанием разной тематической направленности.

***Ключевые слова:** практические задачи, условие задачи, производственное окружение школы, измерительные работы на местности.*

The article demonstrates relevance of practical tasks usage at geometry lessons. A number of recommendations is given to the mathematics teacher on inclusion of tasks with a practical orientation in a school course of geometry. Examples of tasks with the practical content of a different thematic orientation are given in the article.

***Keywords:** practical tasks, the conditions of the problem, a production environment of the school, the measurement works on the ground.*

Наши первые учителя – наши руки, ноги, глаза. Заменить это все книгами – это значит научить нас не рассуждать, а пользоваться разумом других людей; это значит научить нас многое принимать на веру и никогда ничего не знать.[1]

Руссо

В связи с Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 года №899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» и существующей потребностью специалистов в области проектной инженерии на современном этапе развития страны возрастает необходимость в специалистах политехнического образования. Современные вузы, ведущие подготовку инженеров, испытывают острую нехватку абитуриентов. Поэтому особое внимание следует уделять проведению профессионально-ориентационной работы со школьниками.

Данная задача может быть реализована в процессе обучения школьников в рамках учебной программы математики с практическим применением изученных знаний. В последние годы осуществляется тесное сотрудничество математики с другими разделами науки: экономика, социология, химия, авиационное, статистика, фармацевтика. Прикладные вопросы математики расширились во все сферы человеческой деятельности.

Изменение школьных программ повлекло за со-

бой увеличение материала, изучаемого в школе. Появились новые разделы: статистика, комбинаторика, теория вероятности, а количество часов неуклонно уменьшается. Курс математики в средней школе достаточно плотно снабжен абстрактными понятиями, теоремами, что диктуется современным состоянием науки и требованиями, предъявляемыми к абитуриентам вузов. Уделяется недостаточное внимание прикладным задачам, которые показывают связь теории с практикой в повседневной жизни. А ведь именно прикладные задачи больше всего вызывают у учащихся трудность при решении. Как правило, они включены в олимпиадные и конкурсные задания, в ГИА и ЕГЭ. Реализация политехнического обучения в преподавании математики требует увеличения количества прикладных задач, особенно решаемых в курсе геометрии.

Геометрия – это не только раздел математики, изучающий пространственные отношения и формы предметов. Геометрия – это мир, который окружает нас. С самого рождения мы сталкиваемся с геометрическими фигурами, с их свойствами. Поэтому именно через школьный курс геометрии можно показать связь теоретических знаний и их практического применения в повседневной жизни.

Одной из наиболее эффективных форм проведения практических занятий является измерительные работы на местности и в быту, позволяющие увидеть масштабы применения математики в жизни человека. В условиях территории школы это может быть измерение длины и ширины участка, площадь

сада, урожайность в школьном саду, определение количества материала, нужного для ремонта кабинета. Работы с измерительными инструментами не только повышают интерес учащихся, но и демонстрируют масштабы применения геометрии в жизни человека.

Связывая подобные примеры из жизни и математические знания, становится возможным прививать интерес учащихся к ее дальнейшему изучению, активизировать познавательную деятельность, формировать умения и навыки обращения с различными приборами и инструментами, справочной литературой. Каждая конкретно решенная задача и понимание ее ценности на практике развивают у учащегося тягу к дальнейшему познанию в области применяемого предмета. Данное обстоятельство стимулирует самостоятельный поиск и постановку аналогичных задач учеником в быту. При логическом продолжении этого процесса в сознании ученика появляется стремление к овладению соответствующей профессии. Как известно, важным элементом построения алгоритма решения задач учителем является грамотный подбор последовательности решения соответствующих конкретных задач. Систематизация получаемых знаний на определенном этапе обучения способствует качественному изменению выбора подходов к решению задач и отысканию учеником новых способов.

При планировании уроков учителю следует учитывать психолого-физиологические особенности учащихся; жизненный опыт, приобретаемый в быту; пропедевтическую работу; способность к усвоению материала; доступность измерительных приборов; структурные особенности школы и др. В связи с возрастными особенностями учащихся и их уровнем восприятия алгоритмов выполнения заданий необходимо принять во внимание ряд факторов, влияющих на адекватное усвоение излагаемой темы: познавательность, усидчивость, смекалка, упорство, трудолюбие, проработка полученных знаний учеником через неоднократное мысленное повторение выполнения плана действий. При логичном изложении материала первые четыре фактора формируют предпосылки к пятому, при вовлечении в который у учащегося появляется естественное желание продвигаться в достигнутом.

При включении практических задач в курс геометрии желательно выполнение следующих условий: присутствие в задаче технического содержания, доступность и ясность изложения терминов, реальность описываемой в условии задачи ситуации, числовых значений, постановки вопроса и полученного решения. Все понятия, которые включены в условие задачи, должны быть ясны и доступны для понимания учащимся. Недопонимание условия задачи или трудность восприятия влечет снижение интереса к решению задачи. Практические задачи должны быть включены в курс только после прочного усвоения теоретических знаний и решений элементарных задач по данной теме. Нужно также учитывать производственное окружение школы при составлении

текста задач для учащихся различных школ. Для учеников сельских школ будут полезны задачи на деление и измерение земельных участков, определение урожайности.

Для понимания общей схемы изложенных рекомендаций следует рассмотреть конкретные примеры практических задач различной тематики. Задачи на деление земельного участка, измерение площади полей являются, на мой взгляд, самыми распространенными.[6]

Задача 1. Диаметр опаленной площади тайги от взрыва Большого Тунгусского метеорита равен приблизительно 38 км. Какая площадь тайги была опалена?

Задача 2. Основание прямоугольного садового домика 6х8 (м). Крыша наклонена под углом 45° к основанию. Найдите площадь крыши. В ответе укажите приближенное значение, равное целому числу квадратных метров.

Задача 3. Поле имеет форму прямоугольника, основание которого 840 м, а высота 320 м. Через поле под углом, примерно равным 50° к основанию, проходит дорога, ширина которой 7 м. Найдите посевную площадь поля.

Особое место занимают задачи, в которых необходимо произвести рациональный раскрой металлической заготовки, полотна ткани, расчет строительного материала.

Задача 4. Какова наибольшая ширина досок, которые можно выпилить из бревен диаметром $AC = d = 450$ мм, если из каждого бревна требуется получить 9 досок одинаковой ширины толщиной 30 мм каждая?

Учащимся будут интересны задачи, которые возникают в повседневной жизни.

Задача 5. Чтобы сделать выкройку юбки “солнце” для девочки, построили две концентрические окружности, длина одной из этих окружностей равна длине «окружности талии» 62,8 см, а радиус другой больше радиуса первой на 60 см. Сколько квадратных метров ткани потребовалось на пошив юбки?

Задача 6. Пол комнаты, имеющий форму прямоугольника со сторонами 5 м и 6 м, требуется покрыть паркетом из прямоугольных дощечек со сторонами 5 см и 30 см. Сколько потребуется таких дощечек?

Задача 7. Лестница длиной 12,5 м приставлена к стене так, что расстояние от ее нижнего конца до стены равно 3,5 м. На какой высоте от земли находится верхний конец лестницы?

Задача 8. Определить площадь гаража для двух автомобилей, имеющих длину 4,5 м, а ширину 1,8 м, при условии, что между машинами со стенами должен быть оставлен проход в 1 м.

Задача 9. Требуется оклеить обоями комнату размером 5х4 м и высотой 3 м. Сколько кусков обоев нужно купить, если длина куска 9 м, а ширина 0,5 м?

Задача 10. Две трубы, диаметры которых равны 10 см и 24 см, требуется заменить одной, не изменяя их пропускной способности. Каким должен быть

диаметр новой трубы?

В настоящее время собран уже достаточно большой материал для раскрытия взаимосвязи геометрии с различными областями производства, сельского хо-

зяйства, техники. Примеры подобных задач хорошо освещаются в литературе. Необходимо, чтобы накопленный опыт стал достоянием учителей геометрии.

Библиографический список

1. *Астряб А.М.* Наглядная геометрия. Начальный курс. 6-е издание. Государственное издательство Москва, 1923. 162 с.
2. *Гангнус Р.В., Гурвиц Ю.О.* Геометрия. Методическое пособие для высших педагогических учебных заведений и преподавателей средней школы. Часть первая. Планиметрия. Под ред. И.К. Андропова. Москва, 1934. 323 с.
3. *Карасев П.А.* Элементы наглядной геометрии в школе. Пособие для учителей. Москва. 1955. 212 с.
4. *Ланков А.В.* Математика в трудовой школе. Очерки по методике математики. Издание второе, Изд. «Работник просвещения». М.: 1924. 190 с.
5. *Рыбкин Н.А.* Сборник задач по геометрии. Часть 1. Планиметрия. Для 6-9 классов средней школы. – М.: УчПедГиз, 1961.– 120 с.
6. Политехническое обучение в преподавании математики. Сборник статей под редакцией А.Д. Семушина. Издательство Академия педагогических наук РСФСР. Москва 1956. 228 с.
7. *Фоминых Ю.Ф.* Прикладные задачи по алгебре для 7-9 классов: Книга для учителя. М.: Просвещение, 1999. 112с.:ил.

References

1. *Astryab A.M.* Naglyadnaya geometriya. Initial course. 6th edition. State publishing house Moscow, 1923. 162 pages.
 2. *Gangnus P.B., Gurvits Yu.O.* Geometriya. Methodical grant for the highest pedagogical educational institutions and teachers of high school. Part one. Planimetriya. Under the editorship of I.K.Andronov. Moscow, 1934. 323 pages.
 3. *Karasev P.A.* Elementy naglyadnoy geometrii v shkole. Grant for teachers. Moscow, 1955. 212 pages.
 4. *Lankov A.V.* Matematika v trudovoy shkole. Sketches by a mathematics technique. Edition second, Prod. “Worker of education”, M: 1924. 190 pages.
 5. Rybkin, N.A. Sbornik zadach po geometrii. Part 1. Planimetriya. For 6-9 classes of high school. M: Uchpedgiz, 1961. 120 pages.
 6. Politekhicheskoe obuchenie v prepodavanii matematiki. The collection of articles under edition Semushina, A.D. Izdatelstvo Akademiya pedagogicheskikh nauk RSFSR. Moscow, 1956. 228 pages.
 7. *Fominykh YU.F.* Prikladnye zadachi po algebre dlya 7-9 klassov: The book for the teacher. M: Education, 1999. 112 pages.
-
-

УДК 621.317.75:519.6

UDC 621.317.75:519.6

В.М. РАДЫГИН

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
Академии ФСО России
E-mail: boch_p@mail.ru

О.В. ИВАНЦОВ

кандидат технических наук, доцент Академии ФСО
России
E-mail: boch_p@mail.ru

П.В. БОЧКОВ

кандидат технических наук, доцент, старший преподаватель Академии ФСО России
E-mail: boch_p@mail.ru

V.M. RADIGIN

doctor of engineering sciences, professor, the head of chair,
The Federal Guard Service Academy
E-mail: boch_p@mail.ru

O.V. IVANTSOV

candidate of engineering sciences, docent, associate
professor of the department, The Federal Guard Service
Academy
E-mail: boch_p@mail.ru

P.V. BOCHCOV

candidate of engineering sciences, docent, senior teacher,
The Federal Guard Service Academy,
E-mail: boch_p@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ

THE IMPLICATION OF THE POLYNOMIAL SYSTEM OF CLASS CALCULATION FOR CORRECTING MISTAKES IN SYSTEMS OF TRANSMITTING TIME SIGNALS

В данной статье авторы решают задачу повышения помехоустойчивости процесса цикловой синхронизации системы передачи данных на базе вероятностных способов декодирования информации и сигналов времени методом выделения зачетного отрезка на рекуррентной последовательности.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов; помехоустойчивость; синхронизация; сигналы времени; цикловое фазирование.

In the article authors solve a problem of data communication system cyclical synchronization process noise-immunity rise in terms of probabilistic methods of information decoding and of time signals by separation of test segment in recurrent sequence.

Keywords: digital processing of signals; noise-immunity; synchronization; signals of time; cyclical phasing.

В последние годы к системам цифровой обработки сигналов (ЦОС) стали предъявляться высокие требования по помехоустойчивости. В соответствии с этим для обработки сигналов в реальном масштабе времени было предложено использовать полиномиальную систему класса вычетов (ПСКВ) [1]. В то же время высокие требования предъявляются и к надежности работы таких систем. Одним из условий надежной работы ЦОС является помехоустойчивое функционирование системы передачи сигналов времени. Из существующих подходов к решению данной задачи в настоящее время все большее применение находят методы теории кодирования, так как целенаправленное введение избыточности позволяет обнаружить и исправить ошибки, возникающие в результате передачи сигналов времени.

Часто применяемая в ЦОС система синхронизации, построенная по методу «зачетного отрезка» (ЗОТ), позволяет с помощью генерации рекуррентной последовательности ввести избыточность для передачи сигнала времени.

Однако ведение избыточности с помощью рекурренты позволяло в методе ЗОТ только обнаружить

ошибку и тем самым избежать ложной цикловой синхронизации, что неоправданно снижало эффективность этого метода. Если же помимо выделения ЗОТ на рекуррентной последовательности при обработке сигналов в реальном масштабе времени дополнительно ввести функции определения места ошибки и ее последующего исправления, то помехоустойчивость процесса синхронизации станет выше.

На основании вышеизложенного можно предположить, что параллельная обработка данных в устройстве приема сигналов времени по модулям полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ) может служить базисом в реализации процедур коррекции ошибок.

Тогда если на диапазон возможного изменения кодируемого множества полиномов наложить ограничения, то есть выбрать k из n оснований ПСКВ ($k < n$), то это позволит осуществить разбиение полного диапазона $P_{\text{полн}}(z)$ расширенного поля Галуа $GF(p^n)$ на два непересекающихся множества. Первое подмножество называется рабочим диапазоном и определяется выражением

Многочлен $A(z)$ с коэффициентами из поля $GF(p^v)$ будет считаться разрешенным в том и только в том случае, если он является элементом нулевого интервала полного диапазона $P_{\text{полн}}(z)$, то есть принадлежит рабочему диапазону $A(z) \in P_{\text{раб}}(z)$. Второе подмножество поля Галуа $GF(p^v)$, определяемое произведением $r = n - k$ контрольных оснований, задает совокупность запрещенных комбинаций.

Если $A(z)$ является элементом второго подмножества, то считается, что данная комбинация содержит ошибку. Таким образом, местоположение полинома $A(z)$ относительно подмножеств позволяет однозначно определить, является ли кодовая комбинация $A(z) = (\alpha_1(z), \alpha_2(z), \dots, \alpha_n(z))$ разрешенной, или она содержит ошибочные символы.

$$\text{ord } p_i(z) \leq \text{ord } p_{k+1}(z), \quad i=1, 2, \dots, k. \quad (3)$$
$$A(z) = (\alpha_1(z), \alpha_2(z), \dots, \alpha_n(z)) \text{ и}$$

$C(z) = \gamma_1(z), \gamma_2(z), \dots, \gamma_n(z)$ не содержит ошибок. В противоположном случае результат $C(z)$ является ошибочным.

$$C(z) < P_{\text{полн}}(z) / p_{k+1}(z), \quad (4)$$
$$P_{\Pi \cap \Pi_H}(z)/p_i(z) \geq P_{\Pi \cap \Pi_H}(z)/p_{k+1}(z). \quad (5)$$
$$C(z) < P_{\text{полн}}(z) / p_i(z). \quad (6)$$
$$C^*(z) > P_{\text{FOU}}(z)/p_i(z). \quad (7)$$

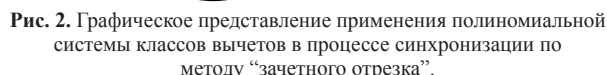
Теорема. Если в упорядоченной системе оснований $p_1(z), \dots, p_{k+1}(z)$ ПСКВ расширенного поля Галуа $GF(2^v)$ полином $C^*(z) \in P_{\text{раб}}(z)$, то модулярный код данного полинома содержит как минимум одну ошибку [2].

Данная теорема определяет возможность применения избыточных кодов ПСКВ для процедур поиска ошибок в системе передачи сигналов времени по дискретному каналу.

Одним из примеров, подтверждающих актуальность теоремы, является метод «зачетного отрезка», применяемый в современных системах синхронизации (рис. 1).



Если УСС исправен и в АРП выделяется «зачетный отрезок», счетчик совпадений считает m нулей подряд, тогда $C(z) \in [0]$ и входит в интервал $[0, P_{\text{полн}}(z)/p_i(z)]$, а модулярный код полинома $C^*(z) \in P_{\text{наб}}(z)$ (рис. 2).



Следствие 1. Если в упорядоченной системе оснований $p_1(z), \dots, p_{k+1}(z)$ ПСКВ расширенного поля Галуа $GF(2^n)$ модулярный код имеет хотя бы одну ошибку и полином $C^*(z) \in P_{\text{раб}}(z)$, а исходный операнд $A(z)$ с коэффициентами из поля $GF(p)$ является элементом нулевого интервала полного диапазона $P_{\text{полн}}(z)$, то операнд $B(z) \in P_{\text{раб}}(z)$ и содержит как минимум одну ошибку.

Дано: $B(z), A(z) \in P_{\text{раб}}(z)$ – операнды с коэффици-

ентами поля $GF(p^v)$;

$C(z) = A(z) \circ B(z)$, $C(z) \in P_{\text{раб}}(z)$ – модулярный код;

$C^*(z) \notin P_{\text{раб}}(z)$ – модулярный код, имеющий ошибки.

Доказать: $B(z) \notin P_{\text{раб}}(z)$.

Доказательство:

Действительно результатом выполнения арифметической операции $A(z) \circ B(z)$ является $C(z)$ (рис. 1).

Если исходный операнд $A(z) = (\alpha_1(z), \alpha_2(z), \dots, \alpha_n(z))$ и $B(z) = (\beta_1(z), \beta_2(z), \dots, \beta_n(z))$ при исправной вычислительной системе лежит внутри диапазона $P_{\text{раб}}(z)$, то и $C(z) \in P_{\text{раб}}(z)$ и соответствует выражению

$$C(z) = A(z) \circ B(z). \quad (8)$$

Если модулярный код имеет хотя бы одну ошибку при исправной вычислительной системе и исходном операнде $A(z) \in P_{\text{раб}}(z)$, то результат арифметической операции может быть вычислено по формуле

$$C^*(z) = A(z) \circ B^*(z). \quad (9)$$

Если по условию $C(z) \in P_{\text{раб}}(z)$, а $C^*(z) \notin P_{\text{раб}}(z)$, то согласно теореме $C^*(z) \neq C(z)$ тогда и $B^*(z) \neq B(z)$.

Если $B^*(z) \neq B(z)$, то операнд $B^*(z) \notin P_{\text{раб}}(z)$ и содержит как минимум одну ошибку.

Результаты данной теоремы и следствия 1 можно использовать для борьбы с ошибками в канале.

Например, после успешного тестирования УСС и его применения (рис.1) в случае, если полином $C^*(z) \notin P_{\text{раб}}(z)$, то исходные операнды $A(z)$ и $B(z)$ или один из них содержат как минимум одну ошибку, полученную при передаче рекуррентной последовательности по каналу.

Так как операнд $A(z)$ вычисляется в АРП из операнда $B(z)$ (рис.1), то необходимо для обнаружения ошибок на операндах $B(z)$ обеспечить, чтобы семейство операндов $A(z)$ принадлежало $P_{\text{раб}}(z)$ в процессе всего приема РкП.

Таким образом, функционирование УСС с одновременным обнаружением и исправлением ошибок возможно только лишь в случае обеспечения исправности вычислительной системы, то есть безошибочности арифметической операции « $\circ$ » и отсутствии ошибок на полиноме $A(z)$ в течение всего анализа РкП.

Безошибочности операнда $A(z)$ можно добиться двумя способами:

1. обеспечить начальное заполнение ЛЛР анализатора рекуррентной последовательности (АРП) заведомо безыскаженной комбинацией, так как начальное заполнение ЛЛР на передаче не меняется, и поддержанием правильного текущего состояния ЛЛР на приеме;

2. найти на рекуррентной последовательности усеченную безыскаженную часть «зачетного отрезка» величиной n , гарантирующую правильное текущее заполнение ЛЛР АРП и поддержание правильного текущего состояния ЛЛР на приеме на все время анализа РкП.

Для реализации процедур обнаружения и исправления искажений в процессе синхронизации с применением избыточных кодов ПСКВ предлагается усовершенствованная структурная схема цикловой синхронизации по методу ЗОТ с исправлением ошибок (рис. 3).

При таком подходе (рис.3) первую задачу по обнаружению неискаженных n кодовых символов выполняют следующие элементы: линейный рекуррентный регистр (ЛРР) на n разрядов, схема 1 сложения по m_2 и счетчик на c совпадений.

Основная задача перечисленных элементов – в начальный момент времени при приеме рекуррентной последовательности на любом ее участке обнаружить комбинацию, которая бы относилась к одному из ожидаемых кодовых символов в ЛРР на n .

Счетчик, насчитав c совпадений, условно это подтверждает. Значение c выбирается из максимального количества ячеек в ЛРР, находящихся между обратными связями с добавлением 3÷5 бит для уменьшения вероятности наложения искажения по обратной петле с ЛРР на искажение импульса РкП из канала, таким образом, чтобы на выходе схемы 1 сложения по m_2 получился «0». Вероятность повторения такого события 3÷5 раз подряд маловероятна.

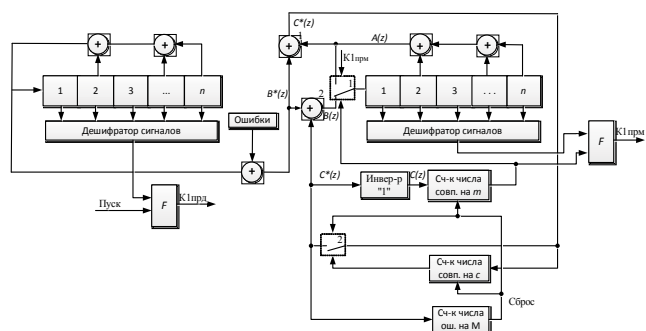


Рис. 3. Схема цикловой синхронизации приема по методу ЗОТ с исправлением ошибок.

Таким образом, текущее состояние ЛРР на приеме с большой долей вероятности правильное и не имеет ошибок.

Для получения семейства безыскаженных операндов $A_n(z) \in P_{\text{раб}}(z)$ необходимо включить в работу управляемый инвертор (схема № 2 сложения по m_2) на входе АРП, который со схемой № 1 сложения по модулю два, с одной стороны, поддерживал бы в период анализа всей РкП выработку безыскаженных операндов $A_n(z)$, а с другой стороны, обеспечивал бы вычисление $C(z)$, показывающее искажения каждого операнда из семейства $B_n(z)$ на входе АРП.

Многочлен $A(z)$ с коэффициентами из поля $GF(p)$ будет считаться разрешенным в том и только в том случае, если он является элементом нулевого интервала полного диапазона $P_{\text{полн}}(z)$, то есть принадлежит рабочему диапазону $A_n(z) \in P_{\text{раб}}(z)$.

Нетрудно заметить, что ложное цикловое фазирование происходит тогда, когда какой-либо отрезок длиной $n_0 = n + m$ рекуррентной последовательности

сти из-за помех (ошибок) в канале преобразуется в отрезок РкП с другой начальной фазой и счетчик совпадений (рис. 2) зарегистрирует m совпадений.

Это событие произойдет тогда и только тогда, когда выполняются соотношения

$$\sum_{k=0}^n e_{i-k} h_{n-k} = 0 \pmod{2} \quad i = i_0, i_0 + 1, \dots, i_0 + m - 1; \\ \sum_{i=i_0}^{i_0+m-1} e_i \neq 0, \quad (10)$$

где e_i – образец ошибки, равный 0 при отсутствии ошибки и 1 при их наличии, k – количество проверочных символов, h_{n-k} – значения символов в ЛРП, подвергающихся проверке для выделения «зачетного отрезка».

Из теории кодирования следует [3], что соотношения (10) эквивалентны появлению необнаруженной ошибки при использовании блочного (n_0, n) кода с проверочной матрицей

$$H = \begin{bmatrix} h_0 & \dots & \dots & h_n & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_0 & \dots & \dots & h_n & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & 0 & h_0 & \dots & h_n \end{bmatrix}.$$

Легко убедиться, что блочный код с проверочной матрицей такого вида совпадает с кодом, полученным из $(2^n - 1, n)$ – кода максимальной длины путем выбора произвольно расположенного «сечения» всех его комбинаций длиной n_0 – сегмента кода максимальной длины (КМД). Если считать, что $n_0 = A(z) + C(z)$, $n = A(z)$, то код $(A(z) + C(z) \mid A(z))$ является блочным с соответствующим d (d – минимальное кодовое расстояние). Наличие у «зачетного отрезка» двух ярко выраженных свойств «скользящего окна» и блочного (n_0, n) кода являются достаточным для формулирования следующего следствия.

Следствие 2. Если в упорядоченной системе оснований $p_1(z), \dots, p_{k+1}(z)$ ПСКВ расширенного поля Галуа $GF(2^v)$ модулярный код имеет ошибки и полином $C^*(z) \notin P_{\text{раб}}(z)$, а исходный операнд $A(z)$ с коэффициентами из поля $GF(p)$ является элементом нулевого интервала полного диапазона $P_{\text{полн}}(z)$, то возможна процедура коррекции полинома при коли-

честве ошибок операнда $B(z)$, не превышающем $d-1$.

При появлении ошибок при передаче операнда $B^*(z)$ полином $C^*(z) = A(z) \circ B^*(z)$ тоже будет иметь такое же количество ошибок, $d-1$ из которых можно исправить без снижения вероятности правильной синхронизации.

Функцию (рис. 3) по обнаружению ошибок операнда $B^*(z)$ выполняет схема № 1 сложения по модулю два, а исправление ошибок – схема № 2 сложения по модулю два, которая включается в работу только после выделения операнда $A(z)$ так, что $f(B^*(z)) = B(z)$. Исправление операнда $B^*(z)$ ведет к появлению семейства операндов $A(z)$. Чтобы количество обнаруженных и исправленных ошибок не превышало $d-1$, счетчик на $M \ll 1$ ограничивает их количество. Если $M > d-1$, происходит сброс значений счетчика на m совпадений и отказ от проведенной арифметической операции и полученного полинома $C^*(z)$.

Функцию коррекции полинома $C^*(z)$, имеющего не нулевые значения, выполняет инвертор «1», который обеспечивает $f(C^*(z)) = C(z)$.

Действительно, если на операнде $B^*(z)$ произведено обнаружение и исправление ошибок, то учитывать ненулевые значения полинома $C^*(z)$ нет необходимости и инвертор логических единиц реализует функцию $f(C^*(z)) = C(z)$.

На рисунке 2 представлена область допустимых значений полинома $C(z)$ – точка с нулевыми координатами, что соответствует поиску на рекуррентной последовательности неискаженного зачетного отрезка.

На рисунке 4 представлена область допустимых значений $C^*(z)$, находящихся в границах круга радиусом $d-1$ с выколотым центром, что соответствует поиску на рекуррентной последовательности зачетного отрезка с ошибками, количество которых не превышает $d-1$.

Из рисунков 2 и 4 видно, что потенциальная помехоустойчивость системы передачи сигналов времени, построенной по методу ЗОТ с исправлением ошибок (рис. 3), выше, чем у системы, в которой реализован классический метод ЗОТ (рис. 1).

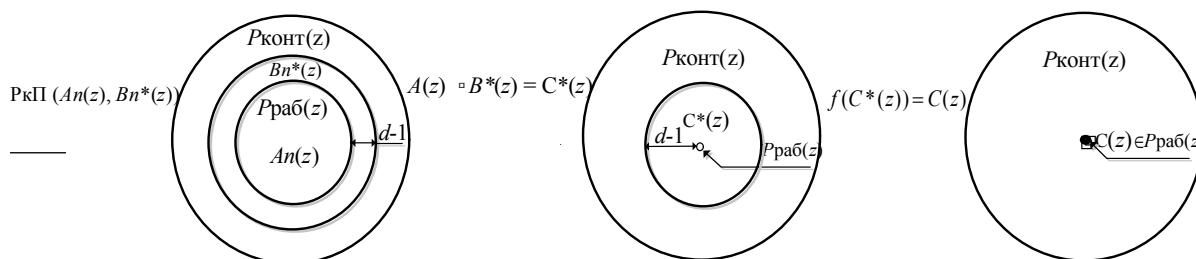


Рис. 4. Графическое представление применения полиномиальной системы классов вычетов в процессе синхронизации по методу «зачетного отрезка» с исправлением ошибок.

Библиографический список

1. *Калмыков И.А., Червяков Н.И., Гахов В.Р., Шилов А.А.* Математическая модель коррекции ошибок в полиномиальной системе классов вычетов на основе определения корней интервального полинома. Волновые процессы 2003; 5 т. 6: 30–34.
2. *Калмыков И.А., Руденко А.С.* Применение полиномиальной системы классов вычетов для коррекции ошибок в модулярных кодах. Современные наукоемкие технологии 2008; 7: 46–48.
3. *Кловский Д.Д.* Цифровая связь. М.: Радио и связь, 2000.

References

1. *Kalmykov I.A., Chervyakov N.I., Gakhov V.R., Shilov A.A.* Mathematical model of correction of mistakes in polyrated system of residue classes on the basis of definition of roots of an interval polynomial. Wave processes. 2003; 5 t.6 : 30-34.
 2. *Kalmykov I.A., Rudenko A.S.* Use of polyrated system of residue classes for correction of mistakes in modular codes. The modern high technologies. 2008; 7; 46-48.
 3. *Klovsky D.D.* Digital communication. M.: Radio and communication, 2000.
-

УДК 533.72

UDC 533.72

С.А. САВКОВ

доктор физико-математических наук, профессор
кафедры физики Орловского государственного уни-
верситета
E-mail: sa.savkov@gmail.com

С.С. ЕВСЕЕВА

аспирант кафедры физики Орловского государствен-
ного университета
E-mail: cwetaevseeva@yandex.ru

S.A. SAVKOV

doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
of the Department of physics, Orel state University
E-mail: sa.savkov@gmail.com

S.S. EVSEEVA

post-graduate student of the Department of physics, Orel
state University
E-mail: cwetaevseeva@yandex.ru

РЕШЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ В ЗАДАЧЕ О ВРАЩЕНИИ СФЕРЫ

SOLUTION OF THE KINETIC EQUATION IN THE PROBLEM OF ROTATION OF THE SPHERE

Рассмотрена задача о вращении сферы в однородном по температуре газе. Представлены значения действующей на частицу силы трения. Проведен анализ зависимости точности результата от числа удерживаемых в функции распределения моментов. Получены граничные условия скольжения. Проведено сравнение с аналитическим решением и анализ вклада высших поправок по числу Кнудсена.

Ключевые слова: кинетическое уравнение, коэффициент изотермического скольжения, скорость скольжения газа, моментный метод.

The problem of rotation of the sphere in a homogeneous for the temperature of the gas is considered in the article. Values acting on the particle friction force are shown. The analysis of the dependence of the accuracy of the result of the number held in the distribution of the moments is carried out. Boundary conditions of sliding are obtained. The comparison of the analytical solution and analysis of the contribution of higher amendments according to the number of Knudsen is carried out.

Keywords: the kinetic equation, the coefficient of isothermal slip, slip velocity of the gas, torque method.

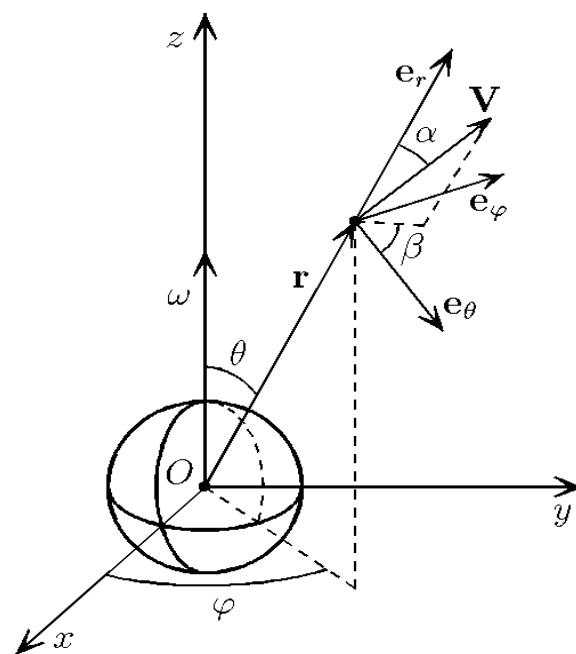
Решение кинетического уравнения при произвольных значениях числа Кнудсена составляет фундаментальную проблему физической кинетики. Общим недостатком всех известных методов [1–3] является отсутствие объективной оценки их погрешности. В данной публикации применяется вариант моментного метода, аналогичный развитому в работах [4–6]. В качестве критерия точности используется возможность вычисления коэффициента изотермического скольжения

Постановка задачи

Рассмотрим сферическую частицу радиуса R , вращающуюся с постоянной угловой скоростью ω . Состояние окружающего её газа определяется кинетическим уравнением [7]

$$C \cdot \cos \beta \frac{\partial h}{\partial r} + C \frac{\sin \beta}{r} \left(\cos \alpha \frac{\partial h}{\partial \theta} + \frac{\sin \alpha}{\sin \theta} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - \frac{\partial h}{\partial \beta} - \sin \alpha \cdot \operatorname{ctg} \theta \frac{\partial h}{\partial \alpha} \right) = I_{st}[h]. \quad (1)$$

Здесь $C = \sqrt{m/2kT} V$, $G = \pi^{-3/2} \int C \exp(-C^2) d^3C$, T , m и V – температура, масса и собственная скорость



теплового движения молекул газа, k – постоянная Больцмана, h – поправка к равновесной максвелловской функции распределения. За единицу длины принята величина $l = \frac{2\lambda}{\sqrt{\pi}}$, где $\lambda = \frac{\xi}{n} \sqrt{\frac{\pi}{2mkT}}$ – сред-

ная длина свободного пробега, η – коэффициент динамической вязкости, n – концентрация молекул газа.

Конкретные расчеты проведем для БГК модели интеграла столкновений [8]

$$I_{st}[h] = 2C \cos \beta G_\varphi - h \quad (2)$$

Функция h должна удовлетворять требованию конечности и условию взаимодействия молекул газа с поверхностью частицы, в качестве которого примем закон диффузного отражения:

$$h|_{r=R, C_r > 0} = 2C_\varphi \Omega \sin \theta, \quad \Omega = \omega R \sqrt{m/2kT}. \quad (3)$$

Момент действующей на сферу силы трения определяется выражением

$$M_z = 2\pi \int_0^\pi \sigma_{r\varphi} \Big|_{r=R} \sin^2 \theta d\theta,$$

$$\sigma_{r\varphi} = -2nkT\pi^{-3/2} \int C_r C_\varphi h \exp(-C^2) d^3C. \quad (4)$$

В свободномолекулярном режиме, т.е. при $Kn = \lambda/R \gg 1$, обратным влиянием газа на частицу можно пренебречь и считать $h|_{C_r < 0} = 0$, что дает

$$\sigma_{r\varphi} \Big|_{r=R} = -R\omega \sin \theta \sqrt{\frac{mkT}{2\pi}},$$

$$M_{z, fm} = -\frac{4}{3} R^4 n \omega \sqrt{2\pi mkT}.$$

В континуальном (газодинамическом) пределе ($Kn \ll 1$) распределение молекул газа по скоростям задается функцией Чепмена-Энскога

$$h = 2C_\varphi G_\varphi - 2C_r C_\varphi S_{r\varphi}, \quad (5)$$

где

$$S_{r\varphi} = \left(\frac{\partial G_\varphi}{\partial r} - \frac{G_\varphi}{r} \right). \quad (6)$$

Отсюда, с учетом $G_\varphi = \frac{R^2}{r^2} \Omega \sin \theta$, находим

$$\sigma_{r\varphi} \Big|_{r=R} = -3\eta\omega \sin \theta, \quad M_{z, c} = -8\pi\eta R^3 \omega.$$

Численное решение кинетического уравнения в промежуточном диапазоне значений числа Кнудсена.

Решение уравнения (1) в промежуточном диапазоне значений числа Кнудсена может быть аппроксимировано функцией

$$h = \sum_{k=1}^4 \sum_{i=1}^{N_{appr}} h_k^i H_k \sin \theta, \quad (7)$$

где

$$H_1 = H(C_r - \gamma C), \quad H_2 = H(C_r) H_1, \quad H_3 = H(-C_r) H_4,$$

$$H_4 = H(-C_r - \gamma C), \quad \gamma = \sqrt{1 - R^2/r^2}, \quad H(x) = \frac{|x| - x}{2x} -$$

функция Хевисайда.

Функции h_k^i задаются соотношениями

$$h_k^1 = F_k^1 C_\varphi + F_k^2 C_\varphi C_r, \quad h_k^2 = F_k^3 C_\varphi C^2 + F_k^4 C_\varphi C_r^2,$$

$$h_k^3 = F_k^5 C_\varphi C_r C^2 + F_k^6 C_\varphi C_r^3$$

и т.д. Другими словами: h_k^1 содержат моменты, входящие в распределение Чепмена-Энскога, что обеспечивает адекватное описание состояния газа в газодинамической области, т.е. на достаточно большом расстоянии от частицы. Последующие h_k^2 , h_k^3 и т.д. учитывают слагаемые, получающиеся при подстановке предыдущих в левую часть (1).

Коэффициенты F_k^i , зависящие только от расстояния до центра сферы, определяются из системы моментных уравнений, для составления которых (1) следует последовательно умножить на входящие в (3) функции скорости и проинтегрировать по всему пространству скоростей с весом $\exp(-C^2)$, что, в частности, при $N_{appr} = 1$ даёт:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{\partial F_1^1}{\partial r} - \frac{F_1^1}{r} \right) + \frac{1}{16} (2 - 5\gamma^3 + 3\gamma^5) \frac{\partial F_1^2}{\partial r} + \\ & + \frac{3}{8} (2 - 5\gamma + 5\gamma^3 - 2\gamma^5) \frac{F_1^2}{r} = -\frac{R^4}{32r^4} \left(3 + \frac{R^2}{r^2} \right) F_1^1 - \\ & - \frac{R^4}{16\sqrt{\pi} r^4} \left(2 + 2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} \right) F_1^2 + \\ & + \frac{1}{32} \left(6\gamma - 2\gamma^3 + \frac{R^6}{r^6} - 4 + 3\frac{R^4}{r^4} \right) F_2^1 + \\ & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2 - 2\frac{R^4}{r^4} - 6\gamma^3 + 5\gamma^5 - \gamma^7 \right) F_2^2 + \\ & + \frac{1}{32} \left(6\gamma - 2\gamma^3 + \frac{R^6}{r^6} - 4 + 3\frac{R^4}{r^4} \right) F_3^1 + \\ & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2\frac{R^4}{r^4} - 2 + 6\gamma^3 - 5\gamma^5 + \gamma^7 \right) F_3^2 + \\ & + \frac{1}{32} \left(8 - 8\gamma - 4\gamma \frac{R^2}{r^2} - 3\frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_4^1 + \\ & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(3\gamma - 7\gamma^3 + 5\gamma^5 - \gamma^7 - \frac{R^4}{r^4} \right) F_4^2, \\ & \frac{1}{16} \left(\frac{\partial F_1^1}{\partial r} - \frac{F_1^1}{r} \right) (2 - 5\gamma^3 + 3\gamma^5) + \\ & + \frac{R^4}{4\sqrt{\pi} r^4} \left(3 - 2\frac{R^2}{r^2} \right) \left(\frac{\partial F_1^2}{\partial r} - \frac{F_1^2}{r} \right) = \\ & = -\frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{R^2 \gamma}{r^2} + 2\gamma + 2 \right) F_1^1 + \\ & + \frac{1}{16} \left(\frac{2R^8}{\pi r^8} + 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} + 2\gamma^3 - 2 \right) F_1^2 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\gamma}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{R^2}{r^2} + 2 \right) F_2^1 + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(1 - \frac{R^4}{r^4} \right) F_2^2 + \\
 & + \frac{\gamma}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{R^2}{r^2} + 2 \right) F_3^1 + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{R^4}{r^4} - 1 \right) F_3^2 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(2 - \gamma \frac{R^2}{r^2} - 2\gamma \right) F_4^1 - \frac{1}{8\pi} \frac{R^8}{r^8} F_4^2 + \\
 & \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(1 - \frac{R^4}{r^4} \right) \left(\frac{\partial F_2^1}{\partial r} - \frac{F_2^1}{r} \right) + \frac{1}{16} \left(3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} + 2\gamma^3 \right) \frac{\partial F_1^2}{\partial r} + \\
 & + \frac{1}{16} \left(8\gamma + 4\gamma \frac{R^2}{r^2} + 3\gamma \frac{R^4}{r^4} - 2\gamma^3 - 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} \right) \frac{F_2^2}{r} = \\
 & \frac{1}{32} \left(-4 + 4\gamma + 2\gamma \frac{R^2}{r^2} + 3\frac{R^4}{r^4} + \frac{R^6}{r^6} \right) F_1^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} \right) F_1^2 + \\
 & + \frac{1}{32} \left(4 - 8\gamma - 4\gamma \frac{R^2}{r^2} - 3\frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_2^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(-4 + 2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} + 4\frac{R^4}{r^4} - 2\gamma \frac{R^4}{r^4} - \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_2^2 + \\
 & + \frac{1}{32} \left(4 - 3\frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_3^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(-2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} + 2\gamma \frac{R^4}{r^4} + \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_3^2 + \\
 & + \frac{1}{32} \left(-4 + 4\gamma + 2\gamma \frac{R^2}{r^2} + 3\frac{R^4}{r^4} + \frac{R^6}{r^6} \right) F_4^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(-2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} \right) F_4^2, \\
 & \frac{1}{16} \left(2\gamma^3 + 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} \right) \left(\frac{\partial F_2^1}{\partial r} - \frac{F_2^1}{r} \right) + \\
 & + \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(1 - 3\frac{R^4}{r^4} + 2\frac{R^6}{r^6} \right) \left(\frac{\partial F_2^2}{\partial r} - \frac{F_2^2}{r} \right) = \\
 & = \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2 - 2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} - 2\frac{R^4}{r^4} + 2\gamma \frac{R^4}{r^4} + \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_1^1 + \\
 & + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(1 - \frac{R^4}{r^4} \right) F_1^2 + \\
 & + \frac{1}{16} \left(\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \frac{R^4}{r^4} + \frac{2}{\pi} \frac{R^8}{r^8} - 2\gamma^3 - 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} \right) F_2^2 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} - 2\gamma \frac{R^4}{r^4} - \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_3^1 + \\
 & + \frac{1}{8\pi} \left(-1 + 2\frac{R^4}{r^4} - \frac{R^8}{r^8} \right) F_3^2 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2 - 2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} - 2\frac{R^4}{r^4} + 2\gamma \frac{R^4}{r^4} + \frac{R^6}{r^6} \right) F_4^1 + \\
 & + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{R^4}{r^4} - 1 \right) F_4^2, \\
 & \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(\frac{R^4}{r^4} - 1 \right) \left(\frac{\partial F_3^1}{\partial r} - \frac{F_3^1}{r} \right) + \frac{1}{16} \left(2\gamma^3 + 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} \right) \frac{\partial F_3^2}{\partial r} + \\
 & + \frac{1}{16} \left(8\gamma + 4\gamma \frac{R^2}{r^2} - 2\gamma^3 - 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} + 3\gamma \frac{R^4}{r^4} \right) \frac{F_3^2}{r} = \\
 & = \frac{1}{32} \left(-4 + 4\gamma + 2\gamma \frac{R^2}{r^2} + 3\frac{R^4}{r^4} + \frac{R^6}{r^6} \right) F_1^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} \right) F_1^2 + \frac{1}{32} \left(4 - 3\frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_2^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} - 2\gamma \frac{R^4}{r^4} - \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_2^2 + \\
 & + \frac{1}{32} \left(4 - 4\gamma(2 + \frac{R^2}{r^2}) - 3\frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_3^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(4 - 2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} + (2\gamma - 4)\frac{R^4}{r^4} + \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_3^2 + \\
 & + \frac{1}{32} \left(-4 + 4\gamma + 2\gamma \frac{R^2}{r^2} + 3\frac{R^4}{r^4} + \frac{R^6}{r^6} \right) F_4^1 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(-\gamma \frac{R^2}{r^2} - 2\gamma \right) F_4^2, \\
 & \frac{1}{16} \left(2\gamma^3 + 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} \right) \left(\frac{\partial F_3^1}{\partial r} - \frac{F_3^1}{r} \right) + \\
 & + \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(-1 + 3\frac{R^4}{r^4} - 2\frac{R^6}{r^6} \right) \frac{\partial F_3^2}{\partial r} + \\
 & + \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(-1 - 3\frac{R^4}{r^4} + 4\frac{R^6}{r^6} \right) \frac{F_3^2}{r} = \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(-2 + 2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} + 2\frac{R^4}{r^4} - 2\gamma \frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_1^1 + \\
 & + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{R^4}{r^4} - 1 \right) F_1^2 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(-2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} + 2\gamma \frac{R^4}{r^4} + \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_2^1 + \\
 & + \frac{1}{8\pi} \left(-1 + 2\frac{R^4}{r^4} - \frac{R^8}{r^8} \right) F_2^2 + \\
 & + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(4 - 2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} + (2\gamma - 4)\frac{R^4}{r^4} + \gamma \frac{R^6}{r^6} \right) F_3^1 + \\
 & + \frac{1}{8} \left(\frac{1}{\pi} - \gamma^3 - \frac{3}{2}\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} - \frac{2}{\pi} \frac{R^4}{r^4} + \frac{1}{\pi} \frac{R^8}{r^8} \right) F_3^2 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(-2 + 2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} + 2 \frac{R^4}{r^4} - 2\gamma \frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_4^1 + \\
& \quad + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(1 - \frac{R^4}{r^4} \right) F_4^2, \\
& - \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{\partial F_4^1}{\partial r} - \frac{F_4^1}{r} \right) + \frac{1}{16} (2 - 5\gamma^3 + 3\gamma^5) \frac{\partial F_4^2}{\partial r} + \\
& \quad + \frac{3}{8} (2 - 5\gamma + 5\gamma^3 - 2\gamma^5) \frac{F_4^2}{r} = \\
& = - \frac{R^4}{32r^4} \left(3 + \frac{R^2}{r^2} \right) F_1^1 - \frac{R^4}{16\sqrt{\pi} r^4} \left(2 + 2\gamma - \gamma \frac{R^2}{r^2} \right) F_1^2 + \\
& \quad + \frac{1}{32} \left(6\gamma - 2\gamma^3 + \frac{R^6}{r^6} - 4 + 3 \frac{R^4}{r^4} \right) F_2^1 + \\
& \quad + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2 - 2 \frac{R^4}{r^4} - 6\gamma^3 + 5\gamma^5 - \gamma^7 \right) F_2^2 + \\
& \quad + \frac{1}{32} \left(6\gamma - 2\gamma^3 + \frac{R^6}{r^6} - 4 + 3 \frac{R^4}{r^4} \right) F_2^1 + \\
& \quad + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(2 - 2 \frac{R^4}{r^4} - 6\gamma^3 + 5\gamma^5 - \gamma^7 \right) F_2^2 + \\
& \quad + \frac{1}{32} \left(8 - 8\gamma - 4\gamma \frac{R^2}{r^2} - 3 \frac{R^4}{r^4} - \frac{R^6}{r^6} \right) F_4^1 + \\
& \quad + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \left(3\gamma - 7\gamma^3 + 5\gamma^5 - \gamma^7 - \frac{R^4}{r^4} \right) F_4^2, \\
& \quad + \frac{1}{16} \left(2 - 2\gamma^3 - 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} \right) \left(\frac{\partial F_4^1}{\partial r} - \frac{F_4^1}{r} \right) + \\
& \quad + \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(2 \frac{R^2}{r^2} - 3 \right) \frac{\partial F_4^2}{\partial r} + \\
& \quad + \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(- \frac{R^2}{r^2} + 3 \right) \frac{F_4^2}{r} = \\
& \quad + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} - 2 \right) F_1^1 - \frac{1}{8\pi} \frac{R^8}{r^8} F_1^2 - \\
& - \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(\gamma \frac{R^2}{r^2} + 2\gamma \right) F_2^1 + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(\frac{R^4}{r^4} - 1 \right) F_2^2 - \\
& - \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(\gamma \frac{R^2}{r^2} + 2\gamma \right) F_3^1 + \frac{1}{8\pi} \frac{R^4}{r^4} \left(1 - \frac{R^4}{r^4} \right) F_3^2 + \\
& \quad + \frac{1}{16\sqrt{\pi}} \frac{R^4}{r^4} \left(2 + 2\gamma + \gamma \frac{R^2}{r^2} \right) F_4^1 + \\
& \quad + \frac{1}{16} \left(2\gamma^3 + 3\gamma^3 \frac{R^2}{r^2} + \frac{2}{\pi} \frac{R^8}{r^8} - 2 \right) F_4^2.
\end{aligned}$$

В таблице 1 приведены значения отношения $M_z / M_{z, fm}$, рассчитанные по результатам численного решения представленной системы дифференциальных уравнений. Первая, вторая и третья колонки

цифр соответствуют $N_{appr} = 1, 2, 3$, четвертая – результаты интегрального метода [2]. Там же указаны значения коэффициента изотермического скольжения, определяемого в пределе $R \rightarrow \infty$, соотношением

$$M_z = - \frac{8\pi\eta R^2 \omega}{1 + 3C_m Kn}.$$

Таблица 1.

R	1	2	3	[2]
0.1	0.9915	0.9915	0.9915	0.9883
0.25	0.9793	0.9789	0.9789	0.9756
0.5	0.9589	0.9570	0.9570	0.9504
0.75	0.9376	0.9337	0.9337	0.9268
1.	0.9154	0.9094	0.9095	0.9008
2.	0.8239	0.8126	0.8134	0.8059
3.	0.7380	0.7259	0.7270	0.7212
4.	0.6628	0.6520	0.6529	
5.	0.5985	0.5894	0.5902	0.5857
6.	0.5438	0.5364	0.5370	
7.	0.4973	0.4913	0.4917	0.4881
8.	0.4574	0.4526	0.4529	
9.	0.4231	0.4191	0.4194	
10.	0.3932	0.3900	0.3902	0.3878
20.	0.2282	0.2276	0.2276	
30.	0.1601	0.1599	0.1599	
50.	0.1000	0.1000	0.1000	
100.	0.05157	0.05157	0.05157	
200.	0.02618	0.02618	0.02618	
300.	0.01754	0.01754	0.01754	
500.	0.01057	0.01057	0.01057	
1000.	0.005301	0.005301	0.005301	
Cm	1.1520	1.1477	1.1466	

Как видно из представленных данных, в случае мелкой ($R \leq 0.1$) и крупной ($R \geq 10$) частицы момент силы трения практически не зависит от числа удерживаемых в функции распределения слагаемых. Наибольшая погрешность наблюдается для R , лежащих в диапазоне от 0.5 до 5. При этом разница значений, полученных при $N_{appr} = 1$ и 2, не превышает 2%. Вклад следующих моментов ($N_{appr} = 3$) менее 0.1 %. Тот же порядок составляет различие с результатами [2]. Коэффициент изотермического скольжения отличается от точного $C_m = 1.1466$ [8] на 0.5, 0.1 и 0.03% для $N_{appr} = 1, 2$ и 3 соответственно. Указанный факт служит дополнительным критерием точности изложенного метода решения кинетического уравнения.

Режим течения со скольжением

В случае достаточно крупной сферы состояние газа может быть определено уравнениями газовой динамики с граничными условиями скольжения, для определения которых решение кинетического уравнения необходимо представить в виде

$$h = h^+ H(C_r) + h^- H(C_r) + \tilde{h}.$$

Функции $h^\pm$ описывают состояние газа в слое Кнудсена (т.е. на расстояниях порядка длины свобод-

ного пробега от поверхности), $\tilde{h}$ – за его пределами.

В простейшем случае в качестве $\tilde{h}$ может быть принято распределение Чепмена–Энскога:

$$\tilde{h} = \tilde{h}_1 = 2C_\phi G_\phi - 2C_r C_\phi S_{r\phi},$$

соответственно

$$h^\pm = (a_1^\pm + C_r a_2^\pm) C_\phi \sin \theta.$$

Коэффициенты $a_i^\pm$ должны удовлетворять требованию конечности и вытекающим из (3) условиям

$$a_1^+ \sin \theta + 2G_\phi = \Omega \sin \theta \text{ и } a_2^+ \sin \theta = 2S_{r\phi} \quad (8)$$

на поверхности частицы.

Повторяя изложенную в предыдущем параграфе процедуру составления моментных уравнений в линейном по числу Кнудсена приближении, получим

$$\begin{aligned} \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(\frac{\partial a_1^+}{\partial x} + \varepsilon a_1^+ \right) + \frac{1}{8} \left(\frac{\partial a_2^+}{\partial x} + 3\varepsilon a_2^+ \right) - \frac{\varepsilon}{2\sqrt{\pi}} a_1^- = \\ = \frac{(a_1^- - a_1^+)}{8} - \frac{(a_2^+ + a_2^-)}{8\sqrt{\pi}}, \\ \frac{1}{8} \left(\frac{\partial a_1^+}{\partial x} - \varepsilon a_1^+ \right) + \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(\frac{\partial a_2^+}{\partial x} + \varepsilon a_2^+ \right) = \\ = \frac{(a_1^- - a_1^+)}{8\sqrt{\pi}} + \frac{(a_2^+ - a_2^-)}{8\pi} - \frac{a_2^+}{8}, \\ -\frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(\frac{\partial a_1^-}{\partial x} + \varepsilon a_1^- \right) + \frac{1}{8} \left(\frac{\partial a_2^-}{\partial x} + 3\varepsilon a_2^- \right) + \frac{\varepsilon}{2\sqrt{\pi}} a_1^+ = \\ = \frac{(a_1^+ - a_1^-)}{8} + \frac{(a_2^+ + a_2^-)}{8\sqrt{\pi}}, \\ \frac{1}{8} \left(\frac{\partial a_1^-}{\partial x} - \varepsilon a_1^- \right) - \frac{1}{4\sqrt{\pi}} \left(\frac{\partial a_2^-}{\partial x} + \varepsilon a_2^- \right) = \\ = \frac{(a_1^- - a_1^+)}{8\sqrt{\pi}} - \frac{(a_2^+ - a_2^-)}{8\pi} - \frac{a_2^-}{8}. \end{aligned}$$

Здесь $x = r - R$, $\varepsilon = \frac{1}{R} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} Kn$.

Решение представленной системы уравнений определяется соотношениями

$$\dot{a}_i^\pm = K \alpha_i^\pm \exp(-(1.8808 + \varepsilon)x), \quad \alpha_1^+ = 1,$$

$$\alpha_1^- = 0.9795 - 0.8635\varepsilon, \quad \alpha_2^+ = 0.2295 - 2.3471\varepsilon,$$

$$\alpha_2^- = 0.1101 - 1.7848\varepsilon,$$

подстановка которых в условия (11) дает

$$G_1|_{r=R} = \Omega R \sin \theta + 1.1520 Kn S_{r\phi}|_{r=R}. \quad (9)$$

Учитывая, что в газодинамической области скорость увлекаемого частицей газа определяется соотношением

$$G = \Omega_\infty \frac{R^3}{r^2} \sin \theta.$$

в силу (4), (6), (9) находим

$$\Omega_{\infty,1} = \frac{\Omega}{1 + 3.4559 Kn}, \quad M_{z,1} = -\frac{8\pi R^3 \omega \eta}{1 + 3.4559 Kn}.$$

Определение высших поправок по числу Кнудсена требует удержания в функции $\tilde{h}$ следующих слагаемых разложения Чепмена–Энскога:

$$\tilde{h}_2 = 2C_\phi C_r^2 \left(\frac{\partial S_{r\phi}}{\partial r} - 2 \frac{S_{r\phi}}{r} \right) + 2C_\phi C^2 \frac{S_{r\phi}}{r},$$

$$\begin{aligned} \tilde{h}_3 = -2C_\phi C_r^3 \left(\frac{\partial^2 S_{r\phi}}{\partial r^2} - \frac{5}{r} \frac{\partial S_{r\phi}}{\partial r} + 8 \frac{S_{r\phi}}{r^2} \right) - \\ - C_\phi C_r C^2 \frac{6}{r} \left(\frac{\partial S_{r\phi}}{\partial r} - 2 \frac{S_{r\phi}}{r} \right) \end{aligned}$$

и т.д., а также соответствующих моментов в $h^\pm$, что дает

$$G_2|_{r=R} = \Omega R \sin \theta + 1.1477 Kn S_{r\phi}|_{r=R} -$$

$$* Kn^2 \left[1.6135 \frac{\partial S_{r\phi}}{\partial r} + 2.2867 S_{r\phi} \right]_{r=R},$$

$$G_3|_{r=R} = \Omega R \sin \theta + 1.1469 Kn S_{r\phi}|_{r=R} -$$

$$- Kn^2 \left[1.6127 \frac{\partial S_{r\phi}}{\partial r} - 2.2568 S_{r\phi} \right]_{r=R} +$$

$$+ Kn^3 \left[2.6163 \frac{\partial^2 S_{r\phi}}{\partial^2 r} + 6.8229 \frac{\partial S_{r\phi}}{\partial r} - 11.4804 S_{r\phi} \right]_{r=R},$$

$$M_{z,2} = -\frac{8\pi R^3 \omega \eta}{1 + 3.4430 Kn + 7.6612 Kn^2},$$

$$M_{z,3} = -\frac{8\pi R^3 \omega \eta}{1 + 3.4408 Kn + 7.7436 Kn^2 - 1.6605 Kn^3}.$$

При этом по мере увеличения числа удерживаемых моментов наблюдается уменьшение отличия от аналитического решения[9]:

$$G = \Omega R \sin \theta + 1.1466 Kn S_{r\phi} -$$

$$- 1.6123 Kn^2 \frac{\partial S_{r\phi}}{\partial r} - 2.2074 Kn^2 \frac{S_{r\phi}}{R},$$

$$M_z = -\frac{8\pi R^3 \omega \eta}{1 + 3.4399 Kn + 7.8888 Kn^2}.$$

Особый интерес представляет анализ вклада высших по порядку числа Кнудсена поправок. В таблице 2 приведены значения отношения $M_{z,3} / M_{z,fm}$, рассчитанные с учетом слагаемых, пропорциональных нулевой, первой, второй и третьей степени Кн.

Таблица 2.

R	$O(Kn^1)$	$O(Kn^2)$	$O(Kn^3)$	$O(Kn^4)$
2.	2.6587	1.0531	0.6573	0.6816
3.	1.7725	0.8790	0.6584	0.6690
4.	1.3293	0.7543	0.6205	0.6258
5.	1.0635	0.6606	0.5739	0.5768
6.	0.8862	0.5876	0.5284	0.5301
7.	0.7596	0.5291	0.4870	0.4881
8.	0.6647	0.4812	0.4503	0.4509
9.	0.5908	0.4413	0.4179	0.4183
10.	0.5317	0.4075	0.3893	0.3897
20.	0.2659	0.2307	0.2277	0.2277
30.	0.1772	0.1609	0.1600	0.1600
50.	0.1063	0.1002	0.1000	0.1000
100.	0.05317	0.05160	0.05157	0.05157
200.	0.02659	0.02619	0.02618	0.02618
300.	0.01772	0.01755	0.01755	0.01755
500.	0.01063	0.01057	0.01057	0.01057
1000.	0.005317	0.005317	0.005317	0.005317

Сравнение с результатами численного решения показывает, что газодинамическое решение обеспечивает точность в пределах 10% вплоть до $Kn < 0.03$. Удержание слагаемых, пропорциональных первой и второй степени числа Кнудсена, позволяет расширить область применимости результатов до $Kn \sim 0.6$ и 0.3 соответственно. При этом учет эффектов второго порядка позволяет существенно уменьшить погрешность расчетов, тогда как рассмотрение эффектов третьего порядка не дает практически значимого увеличения точности.

Библиографический список

1. Смирнов Л.П., Чекалов В.В. Медленное вращение сферы в ограниченном объеме разреженного газа // Изв. АН СССР. МЖГ. 1978. № 4. С. 117–124.
2. Loyalka S.K. Motion of a sphere in a gas: numerical solution of the linearized Boltzmann equation // Phys. Fluids. A. 1992. V. 4. № 5. P. 1049–1056.
3. Поддоскин А.Б., Юшканов А.А. Вращение сферы в неограниченном газе // Изв. АН СССР. МЖГ. 1997. № 1. С. 165–171.
4. Алешин П.С., Савков С.А. О решении кинетического уравнения в задаче вычисления потока тепла между коаксиальными цилиндрами // ЖВМиМФ. 2004. Т. 44. № 1. С. 1495–1504.
5. Савков С.А., Юшканов А.А., Яламов Ю.И. Модификация метода полупространственных моментов в приложении к задаче вычисления потока тепла от сферической частицы при произвольных числах Кнудсена // ТВТ. 2000. Т. 38. № 8. С. 139–148.
6. Савков С.А., Тюлькина Е.Ю. О решении кинетического уравнения при вычислении потока тепла в многоатомных газах // ЖТФ. 2008. Т. 78. Вып. 7. С. 16–20.
7. Черчиньяни К. Теория и приложения уравнения Больцмана. М.: Мир, 1978. 495 с.
8. Bhatnagar P.L., Gross E.P., Krook M.A. A model for collision processes in gases // Phys. Rev. 1954. V.94. № 3. P. 511–525.
9. Андреев А.П., Попов Н.В. Построение профиля массовой скорости разреженного молекулярного газа, увлекаемого вращающейся сферой, с учетом теплофизических характеристик газа // ЖТФ. 2009. Т. 79. Вып. 12. С. 40–43.

References

1. Smirnov L.P., Chekalov V.V. Slow rotation of a sphere in a limited amount of a rarefied gas, « Izv. ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR. Fluid and gas mechanics. 1978. № 4. Pp. 117-124.
2. Loyalka S.K. Motion of a sphere in a gas: numerical solution of the linearized Boltzmann equation // Phys. Fluids. A. 1992. Vol. 4. № 5. Pp. 1049-1056.
3. Poddoskin A.V., YUshkanov A.A. The rotation of the sphere in unlimited Gaza, « Izv. ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR. Fluid and gas mechanics. 1997. № 1. Pp. 165-171.
4. Alyoshin R.S., Savkov S. A. About the solution of the kinetic equation in the problem of calculation of the heat flux between coaxial cylinders // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2004. Vol. 44. № 1. Pp. 1495-1504.
5. Savkov S.A., YUshkanov A.A., YAlamov YU.I.. Modified method of spatial moments in the Annex to the problem of calculation of the heat flux from a spherical particle in an arbitrary Knudsen numbers // TVT. 2000. Vol. 38. № 8. Pp. 139-148.
6. Savkov S.A., Tyulkin, E.YU. About the solution of the kinetic equation for the calculation of the heat flux in polyatomic gases // Sov. 2008. Vol. 78. No. 7. Pp. 16-20.
7. CHERCHINYANI K. Theory and applications of Boltzmann equation. M.: MIR, 1978. 495 p.
8. Bhatnagar P.L., Gross E.P., Krook M.A. A model for collision processes in gases // Phys. Rev. 1954. V.94. № 3. Pp. 511-525.
9. Andreev A., Popov N.V. Building a profile of a mass flow of a rarefied molecular gas, dragged a rotating sphere with the account of the thermophysical characteristics of gas // Sov. 2009. T. 79. Vol. 12. P. 40-43.

УДК 004.942

UDC 004.942

Л.В. САХАРОВА

кандидат технических наук, доцент кафедры математики филиала Морской государственной академии имени адмирала Ф.Ф.Ушакова
E-mail: L_Sakharova@mail.ru

L.V. SAKHAROVA

candidate of technical sciences, associate professor of the chair of Scientific Disciplines, Maritime State Academy named after Admiral F.F. Ushakov
E-mail: L_Sakharova@mail.ru

«ГИПЕРГАУССОВСКАЯ» АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЯ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФОКУСИРОВАНИЯ

«HYPERGAUSSIAN» ASYMPTOTIC OF SOLUTION BY THE INTEGRO-DIFFERENTIAL PROBLEM OF ISOELECTRIC FOCUSING

Статья посвящена асимптотическому анализу математической модели многокомпонентных гомогенных электрохимически активных смесей на примере изоэлектрического фокусирования (ИЭФ) в «аномальных» режимах. «Аномальным» режимам, имеющим место при высоких плотностях тока ИЭФ, соответствует жесткая интегро-дифференциальная задача, решения которой существенно отличаются от стандартных гауссовских решений. В настоящей статье методом перевала построено математически обоснованное «гипергауссовское» асимптотическое решение данной задачи. Решение имеет форму экспоненциальной функции со степенным рядом в показателе и является обобщением гауссовской функции для жесткой задачи ИЭФ.

Ключевые слова: жесткая интегро-дифференциальная задача; гауссовская функция; метод перевала, гипергауссовская асимптотика.

The article is devoted to asymptotic analysis of mathematic model by multicomponent homogeneous electrochemical active mixtures on example Isoelectric Focusing (IEF) in “anomalous” regimen. The rigidity integro-differential problem is correspond to “anomalous” regimen under the high current density. Its solutions has essential difference with standard gaussian solutions. In this article mathematical justified «hypergaussian» solution was constructed. The solution has form of the exponential with power series in exponent; it is generalization of gaussian function for rigidity problem of IEF.

Keywords: rigidity integro-differential problem; gaussian function; saddle-point method, «hypergaussian» asymptotic.

Введение

Изоэлектрическое фокусирование (ИЭФ) является одним из наиболее употребительных и универсальных электрофоретических методов фракционирования и анализа биохимических смесей [1]. При ИЭФ в электролитическую камеру (ЭК), представляющую собой цилиндр длиной l и радиусом r , помещается раствор амфолитов (амфотерных аминокислот, обладающих высокой буферной емкостью). В ЭК под действием электрического тока создается неоднородная по pH среда pH ($pH = -\lg H$, где H – концентрация ионов водорода); разделяемые компоненты при некоторых значениях pH имеют нулевую скорость миграции и собираются (фокусируются) в соответствующих областях ЭК [1]. Говорят, что в этом случае образовалось стационарное *распределение амфолитов*. Картина при этом остается неизменной в любом осевом сечении ЭК. Таким образом, все рассматриваемые величины являются функциями одной переменной x , ось которой параллельна оси цилиндра (Рис.1). Соответствующие точки $x=x_k$ в электрохимии называются *изоэлектрическими точками*, или просто *изоточками*. В соот-

ветствующих разделах механики сплошных сред, посвященных моделированию электрофоретических явлений, для описания системы используются функции *аналитических концентраций* амфолитов; их графики принято называть *профилями концентраций амфолитов* (Рис.1).

Основоположниками математической теории ИЭФ [1] – [2] была построена базовая математическая модель, согласно которой распределение концентрации амфолитов определяется плотностью гауссовского распределения: $C = C_0 \exp(-pEx^2 / 2D)$, где C – концентрация, E – напряженность поля, D – коэффициент диффузии, p – градиент электрофоретической подвижности амфолита.

Фундаментальная математическая теория электрофоретических явлений была сконструирована на основе представления электрохимически активной среды как гомогенной смеси; поведение системы в ней описывается с помощью непротиворечивой, математически корректной системы основных уравнений баланса [4]-[6]. Решения соответствующей интегро-дифференциальной задачи ИЭФ при низких и средних плотностях тока также имеют

вид гауссовских функций; однако при высоких плотностях тока задача становится *жесткой* (малые изменения производных искомых функций вызывают существенные изменения самих функций), что приводит к существенным трудностям при ее интегрировании.

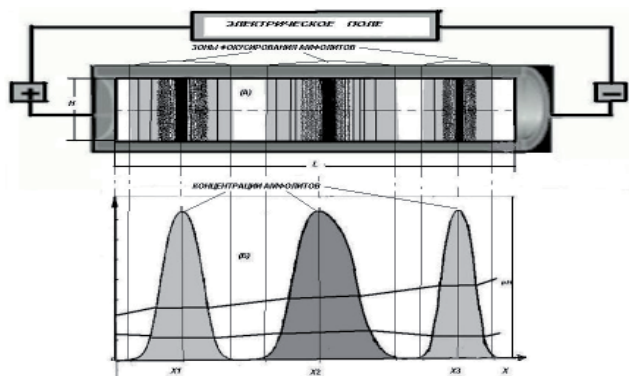


Рис.1. (А): продольное (осевое) сечение ЭК со стационарным распределением трех амфолитов; (Б): профили их концентраций и график pH в ЭК.

Гауссовские кривые для концентраций амфолитов были получены при компьютерном моделировании ИЭФ многими зарубежными авторами [7]-[9]. С другой стороны, ими же при высоких плотностях тока было получено искажение гауссовского распределения [10]-[13], получившее название «*аномальных*» режимов ИЭФ. На вершинах профилей появляются «плато», нехарактерные для гауссовских кривых, которые тем шире, чем выше плотность тока, при которой осуществляется процесс ИЭФ. Автором настоящей статьи также были зафиксированы «аномальные» режимы ИЭФ при численном решении соответствующей интегро-дифференциальной задачи [14]-[16] (Рис.2).

Математический аспект наблюдаемого явления остался за рамками работ [9]-[13], являющихся прикладными электрохимическими исследованиями. *Какая формула выражает аналитически «аномальные» режимы, соответствующие жесткой математической задаче?* Вопрос представляет серьезный научный интерес не только для математической теории ИЭФ, но и для других областей математической физики, широко использующих гауссовское распределение. В условиях, когда при выходе в «аномальный» режим гауссовская кривая плавно «перерастает» в некую иную кривую, логичным является допущение, что формула плотности гауссовского распределения является частным случаем некоей общей формулы, являющейся «расширением» гауссовского распределения. Целью настоящей работы является исследование «жесткой» задачи математического моделирования ИЭФ для высоких плотностей тока. Исследование проводилось на основе замкнутых моделей ИЭФ [4]-[6], использующих основные уравнения баланса и рассматривающих электролит как односкоростной многокомпонентный континуум. Асимптотическими методами математической фи-

зики, в частности, методом перевала [17], автором решена проблема, имеющая практическое (электрохимическое) и теоретически-прикладное (математическое) значение: построено «гипергауссовское» решение, являющееся обобщением гауссовского распределения для жесткой интегро-дифференциальной задачи ИЭФ в «аномальных» режимах.

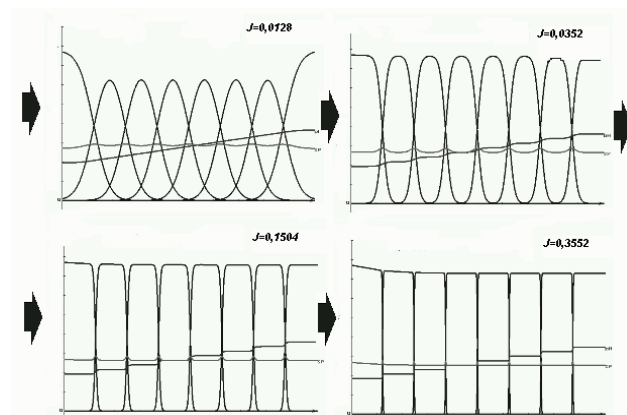


Рис.2. Процесс трансформации классических гауссовских кривых ИЭФ в «аномальных» режимах при возрастании плотности тока.

Физическая и математическая постановка задачи

В электрофоретическую камеру помещен водный раствор N амфолитов, для каждого амфолита известны его коэффициенты миграции μ_k , константы диссоциации реакций $K_1^{(k)}$ и $K_1^{(k)}$, а также общие количества m_k , $k=1, \dots, N$. Температура T внутри ЭК считается постоянной. Под действием постоянного тока плотности J в ЭК сформировано распределение концентраций амфолитов, приведшее к стационарному распределению концентрации ионов водорода.

Для математического описания системы традиционно используются следующие функции [4]-[6]: $H(x)$ – концентрация ионов водорода; OH^- – концентрация гидроксил-ионов, связанная с H стандартным уравнением $OH = k_w^2 / H$, где $k_w^2 = 10^{-14}$ константа автодиссоциации воды; $E(x)$ – напряженность электрического поля; $\xi_k(x)$ – аналитические концентрации амфолитов (то есть суммарные концентрации их отрицательных, положительных и нейтральных ионов). Указанные функции являются решениями одномерной задачи, состоящей из $N=1$ дифференциальных уравнений (уравнения массопереноса плюс обобщенный закон Ома), одного алгебраического уравнения (уравнение электронейтральности) и N интегральных уравнений, заменяющих краевые условия (закон сохранения массы для каждого из амфолитов):

$$-\varepsilon \cdot \frac{d\xi_k}{dx} + \xi_k e_k E = 0, \quad k=1, 2, \dots, N; \quad (1)$$

$$J = \sum_{k=1}^N \mu_k \left[-\varepsilon \frac{d}{dx} (e_k \xi_k) + \sigma_k \xi_k E \right] - \mu_H \left(\varepsilon \frac{dH}{dx} + HE \right) D_H + \mu_{OH} \left(\varepsilon \frac{d(OH)}{dx} + OH \cdot E \right); \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^N e_k \xi_k + H - OH = 0 \quad (3)$$

$$\pi^2 \cdot \int_0^l \xi_k(x) dx = m_k, \quad k=1,2,\dots,N, \quad (4)$$

$$e_k = \frac{H^2 - K_1^{(k)} \cdot K_2^{(k)}}{K_1^{(k)} \cdot K_2^{(k)} + K_1^{(k)} \cdot H + H^2}$$

$$\sigma_k = \frac{H^2 + K_1^{(k)} \cdot K_2^{(k)}}{K_1^{(k)} \cdot K_2^{(k)} + K_1^{(k)} \cdot H + H^2},$$

где $\varepsilon = RT/F$ – стандартный электрохимический параметр (величины R , T и F – соответственно универсальная газовая постоянная, температура и число Фарадея); μ_k , μ_H , μ_{OH} – известные константы, коэффициенты миграции амфолитов, ионов водорода и гидроксид-ионов.

Основная математическая проблема численного интегрирования системы (1)-(4) заключается в том, что: а) при решении системы дифференциальных уравнений (1) относительно концентраций необходимо определять величину H из алгебраического уравнения (3); б) вместо обычных краевых условий приходится использовать интегральные условия (4). Поэтому система была преобразована и приведена к более удобному для дальнейшего исследования виду.

Преобразование системы

Утверждение 1. Решение интегро-дифференциальной задачи (1)-(4), то есть функции H , ξ_k , $k=1,2,\dots,N$, могут быть найдены из краевой задачи относительно N новых неизвестных функций $c_k(x)$, $k=1,2,\dots,N$:

$$\varepsilon \frac{dc_k}{dx} \frac{1}{c_k} = \frac{\varphi'_k(\psi)}{\varphi_k(\psi)} \frac{J}{\sigma}, \quad (5)$$

$$\sigma = \sum_{k=1}^n \mu_k c_k \left(\varphi''_k(\psi) - \frac{(\varphi'_k(\psi))^2}{\varphi_k(\psi)} \right) + k_w \mu ch(\psi - \psi_0), \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^n c_k \varphi'_k + 2k_w sh\psi = 0, \quad (7)$$

$$\pi^2 \cdot \int_0^l c_k(x) \varphi_k(\psi) dx = M_k, \quad (8)$$

где $\varphi_k(\psi)$, вспомогательные функции, определяются формулами:

$$\varphi_k(\psi) = \delta_k + ch(\psi - \psi_k), \quad (9)$$

причем:

$$\xi_k(x) = c_k(x) \varphi_k(\psi), \quad (10)$$

$$H = k_w \exp(\psi). \quad (11)$$

Доказательство. На первом этапе доказательства была введена в рассмотрение новая функция ψ , определенная уравнением (11). Для упрощения уравнений введены новые параметры:

$$\psi_k = 0,5 \ln(K_1^{(k)} K_2^{(k)}) - \ln k_w \quad (12)$$

(ψ_k – значение переменной ψ , соответствующее изоэлектрической точке k -го амфолита),

$$\delta_k = 0,5(K_1^{(k)} / K_2^{(k)})^{1/2}, \quad (13)$$

$$\psi_0 = 0,5(\ln \mu_{OH} - \ln \mu_H), \quad (14)$$

$$\mu = (\mu_H \mu_{OH})^{1/2}. \quad (15)$$

В новых обозначениях функции, входящие в (1)–(3), приобрели форму:

$$e_k = \frac{sh(\psi - \psi_k)}{\delta_k + ch(\psi - \psi_k)}, \quad \sigma_k = \frac{ch(\psi - \psi_k)}{\delta_k + ch(\psi - \psi_k)}.$$

Кроме того, были введены новые функции и новая плотность тока: $\xi_k = 2k_w \xi_k^*$, $J = 2k_w J^*$. В результате систему дифференциальных уравнений (1) – (3) можно переписать в форме, исключающей малый параметр k_w :

$$-\varepsilon \frac{d\xi_k^*}{dx} + \xi_k^* e_k E = 0, \quad (16)$$

$$J^* = \sum_{k=1}^N \mu_k \left(-\varepsilon \frac{d}{dx} (e_k \xi_k^*) + \sigma_k \xi_k^* E \right) + (-\varepsilon \nabla \psi + E) \mu ch(\psi - \psi_0), \quad (17)$$

$$\sum_{k=1}^N e_k \xi_k^* + sh\psi = 0. \quad (18)$$

На втором этапе доказательства для упрощения системы были введены новые функции (определены как (9)): $\varphi_k(\psi) = \delta_k + ch(\psi - \psi_k)$; тогда

$$\frac{d\varphi_k(\psi)}{d\psi} = \varphi'_k(\psi) = sh(\psi - \psi_k),$$

$$\frac{d^2 \varphi_k(\psi)}{d\psi^2} = ch(\psi - \psi_k),$$

$$e_k = \frac{\varphi'_k(\psi)}{\varphi_k(\psi)}, \quad \sigma_k = \frac{\varphi''_k(\psi)}{\varphi_k(\psi)}.$$

Очень важно, что теперь функции $\xi_k^*(x)$ могут быть найдены в следующей форме: $\xi_k^*(x) = c_k^* \varphi_k(\psi)$, где $c_k^*(x)$ – новая неизвестная функция. В новых переменных система (16)–(18) приобретает форму трех уравнений, обозначенных как (5)–(7). Система дифференциальных уравнений (5)–(7) значительно проще, чем (1)–(3), так как из нее исключена неизвестная функция E . По сути, уравнения (5) и (6) могут быть записаны одним дифференциальным уравнением.

На третьем этапе осуществлен возврат к старым переменным: $c_k^* = c_k / 2k_w$, $J^* = J / 2k_w$, а интегральные условия (4) непосредственной подстановкой функции (10) были трансформированы в условия (8).

Утверждение доказано.

В итоге, система была приведена к более компактному виду: сократилось количество неизвестных функций; кроме того, как видно из системы (5)–(7), четко обозначился тип алгебраических и интегро-дифференциальных зависимостей неизвест-

ных функций c_k .

Для дальнейших преобразований системы была введена в рассмотрение новая функция

$$a_k = c_k \varphi_k, \quad (19)$$

формально совпадающая с искомой функцией концентрации ζ_k ; этим символом будем обозначать асимптотическое решение задачи, обладающее условием бесконечной дифференцируемости, т.е. $a_k \in C^\infty$.

Утверждение 2. Путем введения новой функции

$$\theta_k = \varphi_k' / \varphi_k = sh(\psi - \psi_k)(\delta_k + ch(\psi - \psi_k))^{-1} \quad (20)$$

решение системы дифференциальных уравнений (5) – (7) может быть сведено к решению следующей системы:

$$\frac{da_k}{dx} \frac{1}{a_k} = \frac{\lambda J}{\sigma} \theta_k + \frac{d\psi}{dx} \theta_k, \quad (21)$$

$$\sigma = \sum_{k=1}^n \mu_k a_k \frac{d\theta_k}{d\psi} + 2k\mu ch(\psi - \psi_0), \quad (22)$$

$$\sum_{k=1}^n a_k \theta_k + 2k_w sh\psi = 0, \quad (23)$$

$$\frac{d\psi}{dx} = -\frac{\lambda J}{\sigma} \left(\sum_{k=1}^n a_k \theta_k^2 \right) \left(\sum_{k=1}^n a_k (\theta_k^2 + \theta_k') + 2k_w ch\psi \right)^{-1}. \quad (24)$$

Утверждение 2 доказывается простейшими алгебраическими и дифференциальными преобразованиями системы дифференциальных уравнений (5) – (7).

Представление решения в форме экспоненты с рядом в показателе

Утверждение 3. Функция a_k , являющаяся решением дифференциального уравнения (21), может быть представлена в интегральной форме:

$$a_k(x) = a_k(0) \varphi_k(\psi) (\varphi_k(\psi(0)))^{-1} \exp \left(\lambda J \int_0^x \theta_k / \sigma dx \right). \quad (25)$$

Утверждение 3 доказывается непосредственным интегрированием уравнения (21).

Поскольку $\lambda = F/RT \approx 38/9105$, то при больших значениях плотности тока решение (25) может рассматриваться как экспонента с большим параметром λJ в показателе. При подстановке формулы (25) в интегральное условие (4) получим уравнение:

$$a_k(0) (\varphi_k(\psi(0)))^{-1} \int_0^1 \varphi_k(\psi) \exp(\lambda J \int_0^x \theta_k / \sigma dx) dx = m_k, \quad (26)$$

где $m_k = M_k / \pi^2$. В соответствии с методом перевала [17], если для интеграла $F(\lambda) = \int_a^b f(x) \exp(\lambda S(x)) dx$ выполнены условия: λ есть большой параметр; $I = [a, b]$ – конечный отрезок;

$f(x), S(x) \in C(I)$; $\max_{x \in I} S(x)$ достигается только в одной точке x_0 ; $f(x), S(x) \in C^\infty$ в окрестности точки x_0 , $S^{(j)}(x_0) = 0$, $\leq j \leq 2m-1$ и $S^{(2m)}(x_0) \neq 0$, $m \geq 1$, то при $\lambda \rightarrow \infty$ главный член асимптотики имеет вид:

$$F(\lambda) = m^{-1} \Gamma(1/2m) \left(-(2m)! / S^{(2m)}(x_0) \right)^{1/2m} \times \lambda^{-1/2m} \exp(\lambda S(x_0)) (f(x_0) + O(\lambda^{-1/2m})).$$

Применение метода перевала к уравнению (26) позволяет доказать следующее Утверждение 4.

Утверждение 4. Функция a_k , являющаяся асимптотическим решением интегро-дифференциальной задачи (21)–(24), (4), может быть представлена в следующей форме:

$$a_k(x) = \frac{m_k \varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k) \sqrt{-2\pi / S''(x_k) (\lambda J)^{-1/2} + O((\lambda J)^{-1})}} \times \exp \left[\lambda J \left(\int_0^x \frac{\theta_k}{\sigma} dx - \int_0^{\psi_k} \frac{\theta_k}{\sigma} d\psi \right) \right], \quad (27)$$

где $x=x_k$ есть изоэлектрическая точка k -го амфолита, ψ_k – значение переменной ψ , соответствующее изоэлектрической точке k -го амфолита, определяемое формулой (12)).

Доказательство. Метод перевала применим к интегралу в левой части уравнения (26) в случае переобозначений: $f(x) = \varphi_k(\psi)$ (φ_k зависит от переменной x как сложно заданная функция);

$$S_k(x) = \int_0^x \theta_k / \sigma dx. \quad (28)$$

Как следует из (9), (22), (28), а также (12) – (15), если $a_k \in C^\infty$, то функции $f(x), S(x) \in C^\infty$ в окрестности точки x_k , то есть удовлетворяют требованиям гладкости, допускающим применение к ним метода перевала. Найдем критическую точку функции (28), используя соотношения (9) и (20):

$$S_k'(x) = 0, \Rightarrow \frac{\theta_k}{\sigma} = 0, \Rightarrow \frac{d\varphi_k}{d\psi} = 0. \text{ Следовательно,}$$

$sh(\psi - \psi_k) = 0, \psi - \psi_k = 0$, а значит, экстремум достигается в изоэлектрической точке $x=x_k$.

Кроме того,

$$S_k''(x) = \frac{\theta_k'}{\sigma} \psi_x' - \theta_k \frac{\sigma'}{\sigma^2}, \quad S_k''(x_k) = \frac{\theta_k'(\psi_k)}{\sigma(\psi_k)} \psi_x'(x_k) \quad (29)$$

Как следует из (20),

$$\theta_k'(\psi) = (\delta_k ch(\psi - \psi_k) + 1)(\delta_k + ch(\psi - \psi_k))^{-2},$$

$$\theta_k'|_{x=x_k} = (\delta_k + 1)(\delta_k + 1)^{-2} = (\delta_k + 1)^{-1}.$$

На основании формул (22) и (24), $S_k''(x_k) \neq 0$, $S_k''(x_k) < 0$, а это означает, что $x=x_k$ является точкой максимума. В итоге, применение метода перевала к уравнению (26) дает формулу:

$$\frac{a_k(0)}{\varphi_k(\psi(0))} = m_k \exp \left(-\lambda J \int_0^{\psi_k} \frac{\theta_k}{\sigma} d\psi \right) \times (\varphi_k(\psi_k) \sqrt{-2\pi / S''(x_k) (\lambda J)^{-1/2} + O((\lambda J)^{-1})})^{-1},$$

и решение (25) приобретает форму (27).

Утверждение доказано.

Рассмотрим функцию, образовавшуюся в показателе экспоненты (27):

$$s_k(x) = \int_0^x \theta_k / \sigma dx - \int_0^{\psi_k} \theta_k / \sigma d\psi. \quad (30)$$

Из сравнения (28) и (30) очевидно, что $s_k'(x) = S_k'(x)$,

$$s_k''(x) = S_k''(x). \quad (31)$$

Теперь представим функцию $s_k(x)$ в виде ряда

$$\text{Тейлора: } s_k(x) = \frac{s_k''(x_k)}{2!} (x - x_k)^2 + \frac{s_k'''(x_k)}{3!} (x - x_k)^3 + \dots \quad (32)$$

Таким образом, получен Вывод: Решение задачи (21) – (24) представимо в виде экспоненты

$$a_k(x) = m_k \varphi_k(\psi) \left(\varphi_k(\psi_k) \sqrt{-2\pi/S''(x_k)} (\lambda J)^{-1/2} + O((\lambda J)^{-1}) \right) \exp[\lambda J s_k(x)] \quad (33)$$

с рядом (32) в показателе. Определить коэффициенты ряда в формуле (32) и является задачей дальнейшего исследования.

Получение первого члена «гипергауссовской» асимптотики

Утверждение 5. Функция a_k , являющаяся асимптотическим решением интегро-дифференциальной задачи (21)–(24), (4), в окрестности изоэлектрической точки $x=x_k$ имеет асимптотическую оценку:

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma_2^2} + \dots\right), \quad (34)$$

где $\sigma_2 = m_k / (\sqrt{2\pi} a_0)$, то есть первое отличное от нуля слагаемое в экспоненте не содержит λJ как линейный множитель и определяет гауссовское распределение.

Доказательство. Как следует из (23), в точке $x=x_k$ $a_k(x_k) = m_k \left(\sqrt{-2\pi/S''(x_k)} (\lambda J)^{-1/2} + O((\lambda J)^{-1}) \right)^{-1}$. Из последнего равенства вытекает формула:

$$s_k''(x_k) = -(\lambda J)^{-1} 2\pi a_k^2(x_k) (m_k^2 + O((\lambda J)^{-1}))^{-1}. \quad (35)$$

В случае, когда достигнута J_{kr} , соответствующая переходу системы в «аномальный» режим, значение максимума гауссовской кривой $a_k(x_k)$ перестает возрастать и принимает фиксированное значение $a_k(x_k) = a_0$ (см. Рис. 2), где $a_0 = L^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N m_i$ есть параметр, определяемый электрохимической системой [16]. В результате формула (35) приобретает вид:

$$s_k''(x_k) = -(\lambda J)^{-1} 2\pi a_0^2 (m_k^2 + O((\lambda J)^{-1}))^{-1}. \quad (36)$$

Подстановка (36) в (32), (33) с учетом (30) приводит к следующей формуле:

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{2\pi a_0^2}{m_k^2 + O((\lambda J)^{-1})} \frac{(x-x_k)^2}{2!} + \dots\right) \quad (37)$$

Как следует из (37), при $J \rightarrow \infty$ слагаемым $O((\lambda J)^{-1})$ можно пренебречь, и, следовательно, множитель становится «стационарным» по λJ в окрестности изоэлектрической точки. *Утверждение доказано.*

Последующие три следствия из Утверждения 5 получены на основании **допущения**, что в «аномальном» режиме вклад слагаемых с множителями a_i , $i \neq k$ в суммы уравнений (21) – (24) пренебрежимо мал по сравнению со вкладом слагаемых, содержащих множители a_{k-1} , a_{k+1} (следует из Рис.2 и асимптотического исследования задачи [15], [16]).

Следствие 1. Асимптотическая оценка для в окрестности изоэлектрической точки имеет вид: (38)

Доказательство. Из (129) следует, что в окрестности изоэлектрической точки $x=x_k$:

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{2\pi a_0^2}{m_k^2 + O((\lambda J)^{-1})} \frac{(x-x_k)^2}{2!} + \dots\right),$$

а значит, с учетом допущения, $\sigma(\psi_k) \approx \mu_k a_0 \theta_k'(\psi_k)$, откуда и следует требуемая оценка.

Следствие доказано.

Следствие 2. В окрестности изоэлектрической точки $x=x_k$ справедлива оценка:

$$\left(\sum_{k=1}^n a_k \theta_k^2 \right) \Big|_{x=x_k} \approx B_k (\lambda J)^{-2}, \quad B_k = 2\pi a_0^5 \mu_k^2 m_k^{-2} (1 + \delta_k)^{-2}. \quad (38)$$

Доказательство вытекает из уравнения (24) и оценки (38).

Следствие 3. В окрестности изоэлектрической точки значения функций a_{k-1} , a_{k+1} имеют следующую оценку:

$$\begin{aligned} a_{k-1} &= -(\lambda J)^{-2} B_k (\theta_{k+1} (\theta_{k-1} - \theta_{k+1}))^{-1}, \\ a_{k+1} &= -(\lambda J)^{-2} B_k (\theta_{k-1} (\theta_{k-1} - \theta_{k+1}))^{-1}. \end{aligned} \quad (40)$$

Доказательство. На основании **допущения**, оценки (39) и уравнения (23) была получена система для определения значений функций a_{k-1} и a_{k+1} в точке $x=x_k$:

$$\begin{cases} a_{k-1} \theta_{k-1}^2 + a_{k+1} \theta_{k+1}^2 = B_k (\lambda J)^{-2} \\ a_{k-1} \theta_{k-1} + a_{k+1} \theta_{k+1} = -2k \operatorname{sh} \psi_k, \end{cases}$$

из которой, с учетом малости слагаемых с k_{ψ} , и следует требуемая оценка.

Получение n-го члена «гипергауссовской» асимптотики

Утверждение 6. В окрестности изоэлектрической точки функция a_k , являющаяся асимптотическим решением интегро-дифференциальной задачи (21)–(24), (4), имеет вид экспоненты с рядом в показателе:

$$\begin{aligned} a_k(x) &= a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma_2^2} - \sum_{n=3}^{\infty} (\lambda J)^{n-2} \frac{k_n}{n!} (x-x_k)^n\right), \\ \sigma_2 &= \frac{m_k}{\sqrt{2\pi} a_0}, \quad k_n = \frac{(1+\delta_k)^{n-2}}{\mu_k^{n-2} a_0^{n-4}} \frac{2\pi}{m_k^2} \sum_{l=0}^{n-2} \theta_{k+1}^l \theta_{k-1}^{n-l-1}. \end{aligned} \quad (41)$$

Доказательство. На первом этапе на основе формулы Лейбница была получена общая формула для производной функции $s_k^{(n)}(x_k)$:

$$s_k^{(n)}(x_k) = \left(\frac{\theta_k}{\sigma} \right)_x^{(n-1)} = (\theta_k)_{x_k}^{(n-1)} \sigma^{-1} + C_{n-1}^1 (\theta_k)_{x_k}^{(n-2)} (\sigma^{-1})' +$$

$$+ \dots + C_{n-1}^m (\theta_k)_{x_k}^{(n-m-1)} (\sigma^{-1})^{(m)} + \dots + C_{n-1}^1 (\theta_k)_{x_k}' (\sigma^{-1})^{(n-2)} + \theta_k (\sigma^{-1})^{(n-1)}$$

Особенность формулы: $\theta_k(x_k) = 0$, поэтому старший порядок производной имеет слагаемое $(\theta_k)_{x_k}^{(n-1)} \sigma^{-1}$.

В соответствии с формулой производной сложно заданной функции:

$$\begin{aligned} (\theta_k)_{x_k}^{(n-1)} &= \theta_k' \psi_x^{(n-1)} + \\ &+ \theta_k' \left(C_{n-2}^1 \psi_x' \psi_x^{(n-2)} + \sum_{k=2}^{n-2} C_{n-2}^{k1} \psi_x^{(n-k-1)} \psi_x^{(k1)} \right) + \dots + \theta_k^{(n-1)} (\psi_x')^{n-1}; \end{aligned}$$

На втором этапе методом математической индукции была получена общая формула для $\psi^{(n)}$. Дифференцировалось уравнение (24):

$$\psi'_x \left(\sum_{k=1}^n a_k (\theta_k^2 + \theta'_k) + 2k ch \psi \right) = - \left((\psi'_x)^2 f_1 - \psi'_x \frac{\lambda J}{\sigma} f_2 - \left(\frac{\lambda J}{\sigma} \right)^2 f_3 \right), \quad (43)$$

где

$$\begin{aligned} f_1 &= \sum_{k=1}^n a_k (3\theta'_k \theta_k + \theta_k^3 + \theta_k'') + 2k sh \psi, \\ f_2 &= \sum_{k=1}^n a_k (3\theta'_k \theta_k + 2\theta_k^3) - \\ &\frac{1}{\sigma} \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^2 \left(\sum_{k=1}^n \mu_k a_k (\theta'_k \theta_k + \theta_k'') + 2k sh(\psi - \psi_0) \right), \\ f_3 &= \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^3 - \frac{1}{\sigma} \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^2 \left(\sum_{k=1}^n \mu_k a_k \theta'_k \theta_k \right). \\ \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^3 &\approx \frac{B_k}{(\lambda J)^2} (\theta_{k-1} + \theta_{k+1}); \\ \sum_{k=1}^n a_k \theta_k \theta'_k &\approx \frac{B_k}{(\lambda J)^2} \frac{\theta'_{k-1} - \theta'_{k+1}}{\theta_{k-1} - \theta_{k+1}} \\ \sum_{k=1}^n a_k \theta'_k &\approx \frac{B_k}{(\lambda J)^2} \left(\frac{\theta''_{k-1}}{\theta_{k-1}} - \frac{\theta''_{k+1}}{\theta_{k+1}} \right) (\theta_{k-1} - \theta_{k+1})^{-1} \end{aligned}$$

(на основании Следствия 2).

$$\begin{aligned} (\psi'_x)^2 f_1 &\approx O\left(\frac{1}{(\lambda J)^4}\right), \quad \psi'_x \frac{\lambda J}{\sigma} f_2 \approx O\left(\frac{1}{(\lambda J)^2}\right), \\ \left(\frac{\lambda J}{\sigma}\right)^2 f_3 &\approx O\left(\frac{1}{(\lambda J)^0}\right). \end{aligned}$$

Старший порядок по имеет слагаемое:

$$\left(\frac{\lambda J}{\sigma}\right)^2 f_3 \approx \left(\frac{\lambda J}{\sigma}\right)^2 \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^3 \Big|_{x=x_k} = \frac{B_k}{\sigma^2(x_k)} (\theta_{k-1} + \theta_{k+1})$$

Следовательно, уравнение (43) имеет асимптотическую оценку: $\psi''_x = -\frac{2\pi a_0^2(1+\delta_k)}{m_k^2} (\theta_{k-1} + \theta_{k+1})$. Теперь предположим, что

$$\psi^{(n-1)} \sum_{k=1}^n a_k (\theta_k^2 + \theta'_k) \approx -\left(\frac{\lambda J}{\sigma}\right)^{(n-1)} \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^n.$$

Дифференцируем уравнение:

$$\begin{aligned} \psi^{(n)} \sum_{k=1}^n a_k (\theta_k^2 + \theta'_k) + \psi^{(n-1)} \psi' \sum_{k=1}^n a_k (2\theta_k \theta'_k + \theta_k'') + \\ + \psi^{(n-1)} \sum_{k=1}^n a_k \left(\frac{\lambda J}{\sigma} + \psi'_x \right) \theta_k (\theta_k^2 + \theta'_k) \approx \\ \approx \sigma \frac{(n-1)(\lambda J)^{(n-1)}}{\sigma^n} \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^n - \psi'_x \left(\frac{\lambda J}{\sigma} \right)^{(n-1)} \sum_{k=1}^n a_k n \theta_k^{n-1} \theta'_k + \\ + \left(\frac{\lambda J}{\sigma} \right)^{(n-1)} \sum_{k=1}^n a_k \left(\frac{\lambda J}{\sigma} + \psi'_x \right) \theta_k^{n+1} \end{aligned}$$

Поскольку

$$\sigma' = \psi'_x \sum_{k=1}^n \mu_k a_k (\theta'_k \theta_k + \theta_k'') + \frac{\lambda J}{\sigma} \sum_{k=1}^n \mu_k a_k \theta \theta'_k \approx O\left(\frac{1}{\lambda J}\right),$$

то $\psi^{(n)} \sum_{k=1}^n a_k (\theta_k^2 + \theta'_k) \approx -\left(\frac{\lambda J}{\sigma}\right)^{(n)} \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^{(n+1)}$. Оценка правой части последнего уравнения имеет вид:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n a_k \theta_k^{n+1} &= a_{k-1} \theta_{k-1}^{n+1} + a_{k+1} \theta_{k+1}^{n+1} = \\ &= \frac{B_k}{(\lambda J)^2} \frac{\theta_{k-1}^n - \theta_{k+1}^n}{\theta_{k-1} - \theta_{k+1}} = \frac{B_k}{(\lambda J)^2} \sum_{l=0}^{n-1} \theta_{k+1}^l \theta_{k-1}^{n-l-1}, \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\psi^{(n)}(x_k) \approx -(\lambda J)^{n-2} \frac{(1+\delta_k)^{n-1}}{\mu_k^{n-2} a_0^{n-4}} \frac{2\pi}{m_k^2} \sum_{l=0}^{n-1} \theta_{k+1}^l \theta_{k-1}^{n-l-1}. \quad (44)$$

На третьем этапе, по аналогии со вторым этапом, была получена оценка функции $\sigma^{(n)}$, установлено, что она также имеет порядок $O((\lambda J)^{n-2})$.

На четвертом этапе на основании пунктов 1-3 сделан вывод, что $s_k^{(n)}(x_k)$ в окрестности изоэлектрической точки имеет порядок старшей производной ψ по λJ : $s_k^{(n)}(x_k) \approx \psi_x^{(n-1)}(x_k) \theta'_k(x_k) / \sigma(x_k)$. Следовательно, на основании формул (43) – (44) справедлива оценка:

$$s_k^{(n)}(x_k) = -(\lambda J)^{n-3} \frac{(1+\delta_k)^{n-2}}{\mu_k^{n-2} a_0^{n-4}} \frac{2\pi}{m_k^2} \sum_{l=0}^{n-2} \theta_{k+1}^l \theta_{k-1}^{n-l-1}. \quad (45)$$

На пятом этапе формула (45) была подставлена в (32), получена требуемая формулировка (41). Утверждение доказано.

Асимптотика для случая равномерного распределения

Случай так называемого равномерного распределения (наиболее часто рассматриваемого в работах по теоретическому исследованию ИЭФ [7] – [13]) характеризуется равномерным шагом по константам диссоциации и изоэлектрическим точкам: $pI^{(k)} = pI_{нач} + \Delta pI$, $pK^{(k)} = pI^{(k)} - \Delta pK$; $\Delta pI = const$; $\Delta pK = const$. Как следствие, все $\Delta \psi_k$ в формулах (8) равны. Равномерное распределение характеризуется отсутствием асимметрии профилей концентрации и их «классическим» гауссовским видом в обычных режимах. Как следует из формул (20) и (45), для равномерного распределения $\theta_{k-1} = -\theta_{k+1}$, а значит,

$$s_k^{(2n-1)}(x_k) = 0, \quad s_k^{(2n)}(x_k) = -(\lambda J)^{2n-3} \frac{(1+\delta_k)^{2n-2}}{\mu_k^{2n-2} a_0^{2n-4}} \frac{2\pi}{m_k^2} \theta_{k-1}^{2n-2},$$

где $\theta_{k-1}^2 = \frac{sh^2(\psi_k - \psi_{k-1})}{(\delta_k + ch(\psi_k - \psi_{k-1}))^2} = \frac{sh^2 \Delta \psi_k}{(\delta_k + ch \Delta \psi_k)^2}$. Отсюда вытекает

Вывод: В случае равномерного распределения асимптотика имеет вид: (46)

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma_2^2} - \sum_{n=2}^{\infty} (\lambda J)^{2n-2} \frac{k_{2n}}{2n!} (x-x_k)^{2n}\right)$$

$$\text{где } \sigma_2 = \frac{m_k}{\sqrt{2\pi} a_0}, \quad k_{2n} = \frac{(1+\delta_k)^{2n-2}}{\mu_k^{2n-2} a_0^{2n-4}} \frac{2\pi}{m_k^2} \frac{sh^{2n-2} \Delta \psi_k}{(\delta_k + ch \Delta \psi_k)^{2n-2}}.$$

Для равномерного распределения автором было доказано утверждение, являющееся центральным результатом данного исследования.

Утверждение 7. Функция a_k , являющаяся асимптотическим решением интегро-дифференциальной задачи (21)–(24), (4), в окрестности изоэлектрической точки $x=x_k$ в «аномальном» режиме имеет следующую асимптотическую оценку: если плотность тока заключена в интервале $J_{2n-2}^{kr} < J < J_{2n}^{kr}$, где

$$J_{2n}^{kr} = \frac{1}{\lambda} \frac{a_0^2 \mu_k}{m_k (1+\delta_k) R_k} \left(\frac{2^{2n} (2n)! \Gamma^{2n} (1+1/2n)}{2\pi} \right)^{1/(2n-2)},$$

$$R_k = \frac{sh \Delta \psi_k}{\delta_k + ch \Delta \psi_k}, \quad \text{то}$$

$$a_k(x) = m_k \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma^2} - \sum_{l=2}^{n-1} \frac{(x-x_k)^{2l}}{\sigma_{2l}^{2l}}\right) \times \\ \times \exp\left(-\sum_{l=n}^{\infty} (\lambda J)^{2l-2} \frac{k_{2l}}{(2l)!} (x-x_k)^{2l}\right), \quad (47)$$

$$\sigma_2 = \frac{m_k}{\sqrt{2\pi}a_0}, \quad \sigma_{2l} = \frac{m_k}{2a_0\Gamma(1+1/2l)},$$

Доказательство. Первый этап. Вернемся к начальной асимптотике (37). Будем считать, что J_2^{kr} есть критическая плотность тока, при переходе через которую (то есть при $J > J_2^{kr}$) вклад слагаемого $O((\lambda J)^{-1})$ в (37) становится пренебрежимо малым. Рассмотрим, как изменяется асимптотика в этом случае:

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma^2}\right) \times \\ \times \exp\left(-(\lambda J)^2 \frac{k_4}{4!} (x-x_k)^4 \dots\right), \quad (48)$$

то есть «гауссовский» сомножитель уже не зависит от $(\lambda J)^{-1}$. Применение метода перевала в этом случае к уравнению (26) показывает, что

$$f(x) = \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma^2}\right), \quad S_k(x) = -\frac{k_4}{4!} (x-x_k)^4,$$

$S'_k(x_k) = S''_k(x_k) = S'''_k(x_k) = 0$; $S^{(4)}_k(x_k) = -k_4 < 0$, а значит, подстановка (48) в интегральное условие (4) приводит к уравнению:

$0,5a_0 \Gamma(1/4) (4!/k_4 (\lambda J)^2)^{1/4} (1 + O((\lambda J)^{-1/2})) = m_k$. Выразив отсюда k_4 и подставив его в формулу (48), получим:

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma^2} - \frac{(x-x_k)^4}{\sigma_4^4} (1 + O((\lambda J)^{-1/2})) + \dots\right), \quad (49)$$

где $\sigma_4 = m_k (2a_0 \Gamma(1+1/4))^{-1}$.

Сопоставление формул (46) и (49) приводит к выводу, что $a_0^4 \Gamma^4(1/4) 4! m_k^{-4} 2^{-4} (\lambda J)^{-2} = 2\pi (1 + \delta_k)^2 \theta_{k-1}^2 m_k^{-2} \mu_k^{-2}$. Последнее равенство означает, что формула (49) применима, если $J_2^{kr} < J < J_4^{kr}$,

$$J_4^{kr} = \frac{1}{\lambda} \frac{a_0^2 \mu_k}{(1 + \delta_k) \theta_{k-1} m_k} \frac{\Gamma^2(1/4) \sqrt{4!}}{2^2 \sqrt{2\pi}}. \quad (50)$$

Второй этап. Очевидно, что формула (49) применима до тех пор, пока не будет достигнута J_4^{kr} ; попадание плотности тока в интервал $J_4^{kr} < J < J_6^{kr}$ означает переход к следующей асимптотической формуле, когда очередное слагаемое становится «стационарным» по λJ :

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma^2} - \frac{(x-x_k)^4}{\sigma_4^4}\right) \times \\ \times \exp\left(-(\lambda J)^4 \frac{k_6}{6!} (x-x_k)^6 \dots\right).$$

Третий этап. Обобщая результаты предыдущих этапов, приходим к следующему выводу: если $J_{2n-2}^{kr} < J < J_{2n}^{kr}$, то применима следующая асимптотическая формула, в которой первые $n-1$ слагаемых «стационарны» по λJ :

$$a_k(x) = a_0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\frac{(x-x_k)^2}{2\sigma^2} - \sum_{l=2}^{n-1} \frac{(x-x_k)^{2l}}{\sigma_{2l}^{2l}}\right) \times \\ \times \exp\left(\lambda J s_k^{(2n)}(x_k) \frac{(x-x_k)^{(2n)!}}{2n!}\right).$$

В этом применение интегрального условия приводит к равенству:

$a_0 / n \Gamma(1/2n) (- (2n)! / s_k^{(2n)}(x_k))^{1/2n} (\lambda J)^{-1/2n} (1 + O((\lambda J)^{-1/2n})) = m_k$, элементарные преобразования которого позволяют получить формулу:

$$s_k^{(2n)}(x_k) = -(\lambda J)^{-1} (a_0 / m_k)^{2n} (2n)! 2^{2n} \Gamma^{2n}(1+1/2n).$$

Соответствующий экспоненциальный сомножитель имеет вид:

$$\exp(\lambda J s_k^{(2n)}(x_k) (x-x_k)^{2n} / (2n)!) = \exp(-(x-x_k)^{2n} / \sigma_{2n}^{2n}),$$

где $\sigma_{2n} = m_k (2a_0 \Gamma(1+1/2n))$. В то же время,

$\lambda J s_k^{(2n)}(x_k) = (\lambda J)^{2n-2} k_{2n}$, откуда следует:

$$J_{2n}^{kr} = \frac{1}{\lambda} \frac{a_0^2 \mu_k}{m_k (1 + \delta_k) R_k} \left(\frac{2^{2n} (2n)! \Gamma^{2n}(1+1/2n)}{2\pi} \right)^{1/(2n-2)}.$$

Утверждение доказано.

Заключение

Как следует из формулы (34), функция $a_k(x)$, являющаяся решением жесткой задачи ИЭФ для равномерного распределения в окрестности изоточки $x=x_k$, представляет собой экспоненциальную функцию с рядом по степеням $(x-x_k)^{2l}$ в показателе, «весовые» коэффициенты при которых зависят от плотности тока J . Появление «плато» на графике $a_k(x)$ при возрастании большого параметра J обусловлено появлением в ряде «стационарных» относительно J слагаемых (то есть «весовые» коэффициенты, при которых не зависят от J). При попадании J в интервал значений $J_{2n-2}^{kr} < J < J_{2n}^{kr}$ «стационарными» являются первые $n-1$ слагаемых: $\sum_{l=1}^{n-1} (x-x_k)^{2k} / \sigma_{2l}^{2l}$, в то время как вкладом остальных слагаемых можно пренебречь в силу их малости. В этом случае решение «гипергауссовское» решение включает в себя $n-1$ сомножителей вида $\exp(-(x-x_k)^{2k} / 2\sigma_{2k}^{2k})$, старшему из которых соответствует $k = n-1$. Как показывает графическое исследование функций данного типа (Рис.3), у этих функций, в отличие от гауссовского распределения, имеется «плато» на вершине, которое тем шире, чем больше значение k в показателе функции.

Проведенный анализ в полной мере объясняет поведение профилей концентраций в «аномальных» режимах и указывает формулу, являющуюся обобщением гауссовского решения для жесткой интегродифференциальной задачи ИЭФ. Построенная автором модель может быть использована как в прикладных электрохимических исследованиях, так и для построения аналогичных моделей в математической физике, в первую очередь, в задачах, зависящих от большого параметра.

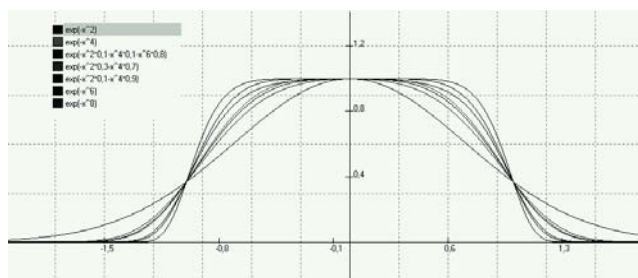


Рис.3. Графики функций $\exp(-x^2)$, полученные с помощью программы Math Graph.

Библиографический список

1. *Righetti P.G.* Isoelectric focusing: Theory, Methodology and Application. Elsevier Biomedical Press, New York-Oxford: Elsevier, 1983. 386 p.
2. *Rilbe H.* Theoretical aspects of steady – state isoelectric focusing // Isoelectric focusing. Acad. Pres, New York – London. 1976. P. 14-52.
3. *Mosher R.A., Bier M., Righetti P.G.* Computer simulation of immobilized pH gradients at acid and alkaline extremes: A quest for extended pH intervals // Electrophoresis. 1985, № 7. P. 59-66.
4. *Бабский В.Г., Жуков М.Ю., Юдович В.И.* Математическая теория электрофореза: Применение к методам фракционирования биополимеров. Киев: Наукова думка, 1983. 202 с.
5. *Жуков М.Ю., Юдович В.И.* Многокомпонентные смеси в локальном химическом равновесии // Молекуляр. биология Вып. 28. Киев: Наукова думка, 1981. С. 54-57.
6. *Жуков М.Ю.* Массоперенос электрическим полем. Ростов н/Д: Изд-во Рост. Ун-та, 2005. 216 с.
7. *Mosher R.A., Salive D.A., Thorman W.* The Dynamics of Electrophoresis. VCH Publishers, New York, 1992. 236 p.
8. *Mosher R.A., Thorman W.* The condensation of ampholytes in steady state moving boundaries. Analysis by computer simulation // Electrophoresis. 1985, № 7. P. 595-400.
9. *Mosher R.A., Thorman W., Graham A., Bier M.* The formation of stable pH gradients with weak monovalent buffers for isoelectric focusing in free solution // Electrophoresis. 1985, № 6. P. 545-551.
10. *Zilberstein G.V., Baskin E.M., Bukshpan Sh.* Parallel processing in the isoelectric focusing chip // Electrophoresis. 2003, № 24. P. 3735-3744.
11. *Viovy J.-L.* Electrophoresis of DNA and other polyelectrolytes: Physical mechanisms // Rev. Modern Phys. 2000. V. 72. № 3. P. 813-872.
12. *Thormann W., Huang T., Pawliszyn J., Mosher R. A.* High-resolution computer simulation of the dynamics of isoelectric focusing of proteins // Electrophoresis. 2004, № 25. P. 324-337.
13. *Thormann W., Mosher R. A.* High-resolution computer simulation of the dynamics of isoelectric focusing using carrier ampholytes: Focusing with concurrent electrophoretic mobilization is an isotachophoretic process. Research Article // Electrophoresis. 2006, № 27. P. 968-983.
14. *Sakharova L.V., Vladimirov V.A., Zhukov M.Yu.* Anomalous pH-gradient in Ampholyte Solution. – arXiv: 0902.3758v1 [physics.chem-ph] 21 Feb 2009.
15. *Сахарова Л.В.* Асимптотическое решение задачи изоэлектрического фокусирования методом касательных. Труды XIV международной конференции «Математика. Экономика. Образование», 28 мая – 3 июня 2006 г., База отдыха «Моряк» Новороссийского морского пароходства. Ростов-на-Дону, 2006. С. 151-158.
16. *Сахарова Л.В.* Асимптотическое тестирование задачи математического моделирования ИЭФ в «аномальных» режимах // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2011. №3, с. 73-82.
17. *Федорюк М.В.* Метод перевала. М: Наука, 1977. 268 с.

References

1. *Righetti P.G.* Isoelectric focusing: Theory, Methodology and Application. Elsevier Biomedical Press, New York-Oxford: Elsevier, 1983. 386 p.
2. *Rilbe H.* Theoretical aspects of steady - state isoelectric focusing // Isoelectric focusing. Acad. Pres, New York - London. 1976. P. 14-52.
3. *Mosher R.A., Bier M., Righetti P.G.* Computer simulation of immobilized pH gradients at acid and alkaline extremes: A quest for extended pH intervals // Electrophoresis. 1985, № 7. P. 59-66.
4. *Babskiy V.G., Zhukov M.Yu., Yudovich V.I.* Mathematical theory of electrophoresis: Application of the methods of fractionation of biopolymers. Kiev: Naukova Dumka, 1983. 202 p.
5. *Zhukov M.Yu., Yudovich V.I.* Multi-component mixture in the local chemical equilibrium // Molecular biology, № 28., Kiev: Naukova Dumka, 1981. Pp. 54-57.
6. *Zhukov M.Yu.* Mass transfer by electric field. Rostov-on Don: Publishing House of the Rostov-on Don University Press, 2005. 216p.

7. Mosher R.A., Salive D.A., Thorman W. The Dynamics of Electrophoresis. VCH Publishers, New York, 1992. 236 p.
 8. Mosher R.A., Thorman W. The condensation of ampholytes in steady state moving boundaries. Analysis by computer simulation // Electrophoresis. 1985, № 7. P. 595-400.
 9. Mosher R.A., Thorman W., Graham A., Bier M. The formation of stable pH gradients with weak monovalent buffers for isoelectric focusing in free solution // Electrophoresis. 1985, № 6. P. 545-551.
 10. Zilberstein G.V., Baskin E.M., Bukshpan Sh. Parallel processing in the isoelectric focusing chip // Electrophoresis. 2003, № 24. P. 3735-3744.
 11. Viovy J.-L. Electrophoresis of DNA and other polyelectrolytes: Physical mechanisms // Rev. Modern Phys. 2000. V. 72. № 3. P. 813-872.
 12. Thormann W., Huang T., Pawliszyn J., Mosher R. A. High-resolution computer simulation of the dynamics of isoelectric focusing of proteins // Electrophoresis. 2004, № 25. P. 324-337.
 13. Thormann W., Mosher R. A. High-resolution computer simulation of the dynamics of isoelectric focusing using carrier ampholytes: Focusing with concurrent electrophoretic mobilization is an isotachophoretic process. Research Article // Electrophoresis. 2006, № 27. P. 968-983.
 14. Sakharova L.V., Vladimirov V.A., Zhukov M.Yu. Anomalous pH-gradient in Ampholyte Solution. - arXiv: 0902.3758v1 [physics.chem-ph] 21 Feb 2009.
 15. Sakharova L.V. Asymptotic solution of the isoelectric focusing method of tangents. Proceedings of the XIV International Conference "Mathematics. Economics. Education," May 28 - June 3, 2006, Recreation center "Sailor" Novorossiysk Shipping Company. Rostov-on-Don, 2006. Pp. 151-158.
 16. Sakharova L.V. Asymptotic testing problem of mathematical modeling of the IEF in the "abnormal" modes // Journal of Environmental science centers of the BSEC, 2011. №3. Pp. 73-82.
 17. Fedoryuk M.V. The method of pass. Moscow: Nauka, 1977. 268 p.
-

УДК 544.022 : 536.42 : 519.245

UDC 544.022 : 536.42 : 519.245

Д.Н. СОКОЛОВ

аспирант кафедры теоретической физики Тверского государственного университета
E-mail: dnsokolov@mail.ru

Н.Ю. СДОБНЯКОВ

к.ф.-м.н., доцент кафедры теоретической физики Тверского государственного университета
E-mail: nsdobnyakov@mail.ru

П.В. КОМАРОВ

к.ф.-м.н., доцент кафедры теоретической физики Тверского государственного университета
E-mail: pv_komarov@mail.ru

А.Ю. КОЛОСОВ

аспирант кафедры теоретической физики Тверского государственного университета
E-mail: kolosov-au@yandex.ru

D.N. SOKOLOV

graduate student of chair of theoretical physics, Tver State University
E-mail: dnsokolov@mail.ru

N.Y. SDOBNYAKOV

candidate of physical and mathematical sciences, senior lecturer of chair of theoretical physics, Tver State University
E-mail: nsdobnyakov@mail.ru

P.V. KOMAROV

candidate of physical and mathematical sciences, senior lecturer of chair of theoretical physics, Tver State University
E-mail: nsdobnyakov@mail.ru

A.YU. KOLOSOV

graduate student of chair of theoretical physics, Tver State University
E-mail: kolosov-au@yandex.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА
ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ КРИСТАЛЛ-ЖИДКОСТЬ***

RESEARCH OF CHANGES IN THE SHAPE OF GOLD NANOPARTICLES IN THE PHASE TRANSITION SOLID-LIQUID

В данной работе методом Монте-Карло проведено исследование изменения формы наночастиц золота при фазовом переходе кристалл-жидкость. Взаимодействие между частицами моделировалось с помощью многочастичного потенциала Гупта. Установлены температурные зависимости радиуса инерции, асферичности и ацилиндричности наночастиц.

Ключевые слова: асферичность, ацилиндричность, относительная анизотропия формы, потенциал Гупта, нанокластер, фазовый переход.

In this paper, the investigation of the changes in the shape of gold nanoparticles in the phase transition solid-liquid has been carried out with Monte Carlo method. The interaction between the particles is simulated using a many-body potential Gupta. The temperature dependence of the radius of gyration, asphericity and atsilindrichnosti nanoparticles have been defined.

Keywords: aspherical atsilindrichnost relative shape anisotropy, the potential Gupta, nanocluster, phase transition.

Введение

В последние десятилетия стремительно развиваются исследования в области физико-химии низкоразмерных структур. Наноструктурированные материалы являются объектом растущего интереса для фундаментальной и прикладной науки [1], поскольку с уменьшением характерных размеров их структурных единиц до наноуровня они зачастую приобретают новые свойства, обусловленные квантово-размерными эффектами и возрастающей ролью поверхностных атомов и взаимодействий. Современный интерес к этой наиболее динамично развивающейся области физики связан как с принципиально новыми фундаментальными научными проблемами и физическими явлениями, так и с перспективами создания на основе уже открытых явлений совершенно новых квантовых устройств и систем с широкими функциональными возможностями

ми для наноэлектроники, метрологии и измерительной техники [2-4]. Экспериментальные исследования наночастиц и наноструктур являются как правило затруднительными и дорогостоящими. В еще большей степени это касается осуществления новых нанотехнологических процессов. Теоретические подходы к изучению наносистем также в полной мере не апробированы. Это делает особо актуальной разработку численных и аналитических методов прогнозирования свойств наночастиц и наносистем, а также протекающих в них процессов.

Необходимо отметить, что исследование структурных характеристик наночастиц на основе теоретических методов и методов компьютерного моделирования является актуальным как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения, поскольку позволяет установить степень их влияния на основные физико-химические характеристики

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №№ 12-03-31593, 13-03-00119.

нанообъектов [5,6], а также на их биологические свойства [7]. Фундаментальный аспект значимости исследований в этой области обуславливается тем, что использование понятий макроскопических теорий применительно к наночастицам требует особого обоснования. Важно также отметить, что форма наночастиц может существенно влиять на важнейшие физические характеристики, такие как температура плавления [8], намагниченность [9].

Методика расчёта

Целью настоящей работы является исследование процесса изменения формы наночастиц золота вблизи точки фазового перехода кристалл-жидкость. Для моделирования фазового перехода кристалл-жидкость использовался метод Монте-Карло, в котором взаимодействие атомов описывалось много-частичным потенциалом Гупта [10].

Для построения атомистической модели наночастиц золота диаметра D был использован следующий алгоритм:

- сначала строится гранецентрированная кубическая решетка большого размера с длиной ребра элементарной ячейки 0.41 нм и углом между ребрами 90° ;

- далее выбираются координаты тех атомов, которые целиком принадлежат сфере диаметра D .

Такой алгоритм неизбежно приводит к появлению огранки наночастиц. Отметим, что реально наблюдаемые наночастицы золота также обладают огранкой [11]. Значение полной потенциальной энергии наночастиц, содержащей A атомов металла, в случае использования потенциала Гупта дается выражением:

$$U = \sum_{i=1}^A \left(\sum_{j=1, i \neq j}^A \mathcal{G} \exp(-P(\frac{r_{ij}}{D_{Au}} - 1)) - \sqrt{\sum_{j=1, i \neq j}^A \zeta^2 \exp(-2 \cdot Q(\frac{r_{ij}}{D_{Au}} - 1))} \right) \quad (1)$$

где r_{ij} – расстояние между парой атомов с номерами i и j . Для атомов золота параметры потенциала $\mathcal{G}, P, D_{Au}, \zeta, Q$ взяты из работы [10].

Рассмотрим нанокластер, состоящий из N одинаковых атомов. Номера атомов кластера обозначим индексом i , где $i=1...N$. Центр инерции определим так, чтобы $\sum_{i=1}^N \vec{r}_i = 0$ (т.е. центр инерции помещаем в начало координат), где $\vec{r}_i = (x_i, y_i, z_i)$ – радиус-вектор i -ой частицы. Для i -ой частицы можно сформировать тензор второго ранга: $\vec{r}_i \otimes \vec{r}_i^T$, который будет иметь следующую структуру

$$\begin{pmatrix} x_i^2 & x_i y_i & x_i z_i \\ x_i y_i & y_i^2 & y_i z_i \\ x_i z_i & y_i z_i & z_i^2 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Тензор циркуляции радиуса («radius of gyration

tensor») вводится путём усреднения тензора (2) по всем частицам системы:

$$\mathbf{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \vec{r}_i \otimes \vec{r}_i^T = \begin{pmatrix} \langle x^2 \rangle & \langle xy \rangle & \langle xz \rangle \\ \langle xy \rangle & \langle y^2 \rangle & \langle yz \rangle \\ \langle xz \rangle & \langle yz \rangle & \langle z^2 \rangle \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Рассмотрим уравнение, определяющее собственные значения матрицы $\mathbf{S}$: $\det(\mathbf{S} - \lambda \mathbf{E}) = 0$, где $\mathbf{E}$ – единичная матрица, λ – собственные значения матрицы $\mathbf{S}$. Раскрыв определитель, получим следующее кубическое уравнение, определяющее собственные значения матрицы

$$\lambda^3 - \text{tr}(\mathbf{S})\lambda^2 + k\lambda - \det(\mathbf{S}) = 0, \quad (4)$$

где коэффициент k определяется через элементы матрицы $\mathbf{S}$ следующим образом:

$$k = s_{11}s_{22} + s_{11}s_{33} + s_{22}s_{33} - s_{12}s_{21} - s_{13}s_{31} - s_{23}s_{32}.$$

Используя тригонометрическую формулу Виета, легко получить решение уравнения (4). Поскольку матрица $\mathbf{S}$ диагональная, заключаем, что все корни уравнения (4) должны быть действительными. Обозначим полученные собственные значения через X^2, Y^2, Z^2 , причём упорядочим их таким образом, чтобы $X^2 \geq Y^2 \geq Z^2$.

Первым инвариантом матрицы $\mathbf{S}$ является величина её следа

$$I_1 = \text{tr}(\mathbf{S}) = X^2 + Y^2 + Z^2 = R^2, \quad (5)$$

которая даёт значение квадрата центра инерции R^2 и определяет средние размеры рассматриваемой системы. Кроме того, зная $\mathbf{S}$, для нанокластера, состоящего из одинаковых атомов, можно найти тензор момента инерции по формуле

$$I = \text{tr}(\mathbf{S})\mathbf{E} - \mathbf{S} = \text{diag}(X^2 + Z^2, Z^2 + X^2, X^2 + Y^2). \quad (6)$$

Рассмотрим тензор $\mathbf{S}^*$, который определим соотношением

$$\mathbf{S}^* = \mathbf{S} - \frac{1}{3}\text{tr}(\mathbf{S})\mathbf{E} \quad (7)$$

(видно, что

$$\text{tr}(\mathbf{S}^*) = \text{tr}(\mathbf{S}) - \frac{1}{3}\text{tr}(\mathbf{S})\text{tr}(\mathbf{E}) = \text{tr}(\mathbf{S}) - \text{tr}(\mathbf{S}) = 0).$$

Используя методику Смита и Мортенса [12,13], тензор $\mathbf{S}^*$ разобьём на две части

$$\mathbf{S}^* = b \text{diag}\left(\frac{2}{3}, -\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}\right) + c \text{diag}\left(0, \frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right), \quad (8)$$

где коэффициент b называется асферичностью, а коэффициент c – ацилиндричностью объекта. Сравнивая (7) и (8), получим

$$b = X^2 - \frac{1}{2}(Y^2 + Z^2), \quad b \geq 0, \quad (9)$$

$$c = Y^2 - Z^2, \quad c \geq 0. \quad (10)$$

Значения коэффициентов b и c используются для описания формы нанокластера. Например у тетраэдральной или более высокой симметрии асферичность и ацилиндричность имеют значение $b = c = 0$, для цилиндрической симметрии $c = 0$. Для дальнейшего описания формы нанокластеров, необходимо воспользоваться остальными инвариантами матри-

цы $\mathbf{S}$, а также функциями от них. Простым вычислением получаем

$$tr(\mathbf{S}^* \mathbf{S}^*) = \frac{2}{3}b^2 + \frac{1}{2}c^2 = \frac{2}{3}I_1^2 - 2I_2, \quad (11)$$

где $I_2 = X^2Y^2 + Y^2Z^2 + Z^2X^2$ – второй инвариант матрицы $\mathbf{S}$. Воспользуемся выражением (11) для нахождения *относительной* анизотропии формы k^2 (relative shape anisotropy)

$$k^2 = \frac{3tr(\mathbf{S}^* \mathbf{S}^*)/2}{[tr(\mathbf{S})]^2} = \frac{(b^2 + 3c^2/4)}{R^4}, \quad (12)$$

которую можно представить как функцию инвариантов матрицы $\mathbf{S}$:

$$k^2 = 1 - \frac{3I_2}{I_1^2}. \quad (13)$$

Относительная анизотропия формы может принимать значения от 0 до 1. Линейная цепочка атомов, например, характеризуется значением $k^2 = 1$; если атомы расположены в вершинах правильного многоугольника, то $k^2 = 1/4$; для тетраэдральных и более симметричных структур значение $k^2 = 0$. В частности в работе [14] подобное рассмотрение для коэффициентов асферичности b , ацилиндричности c и относительной анизотропии формы k^2 было произведено для линейных полимеров.

Результаты и обсуждение

Исследование структурных характеристик нанокластеров в процессе фазового перехода кристалл-жидкость может быть проведено на основе анализа калорических зависимостей потенциальной части удельной внутренней энергии нанокластеров [15]. При этом скачки (изломы) на подобных зависимостях позволяют идентифицировать как фазовый переход первого рода, т.е. переход твердое тело $\rightarrow$ жидкость, а соответствующую температуру как температуру плавления. Отметим, что вместо скачка (излома) потенциальной части удельной внутренней энергии для идентификации фазового перехода можно исследовать пик на температурной зависимости удельной теплоемкости $c_v = (\partial U / \partial T)_v$ [15, 17]. Возрастание теплоемкости происходит в очень узкой температурной области вокруг точки фазового перехода, что позволяет с достаточной точностью определять температуру плавления и кристаллизации нанокластера. Кроме того, для идентификации фазового перехода возможно также исследовать поведение такой важной структурной характеристики, как среднее значения первого координационного числа $\langle Z_1 \rangle$, скачок которого непосредственно связан со скачком удельного объема v . При этом важно отметить, что в силу особенностей нахождения температур плавления и кристаллизации для нанокластеров описанными выше способами можно говорить, что для наночастиц характерно существование области плавления и области кристаллизации [18], позволяющее ввести понятие температуры начала и конца плавления, а также начала и конца кристаллизации.

Необходимо также отметить, что в настоящее время существуют также методы нетермодинамического исследования фазовых переходов в нанокластерах, в частности акустический метод [19].

На рис. 1, 2 представлена динамика изменения радиуса инерции нанокластеров Au_{177} и Au_{1055} в процессе нагревания до температуры выше температуры плавления, соответствующей размеру данного нанокластера. Изучению размерной зависимости температуры плавления нанокластеров посвящен в частности ряд наших работ [16,20,21]. Анализ показывает, что при определенной температуре, соответствующей фазовому переходу кристалл-жидкость наблюдает резкий рост (скачок) значения радиуса инерции. Необходимо также отметить, что если в области температур ниже точки фазового перехода радиус инерции линейно возрастает, то выше точки фазового перехода наблюдаются флуктуации значения радиуса инерции, связанные, прежде всего, с активным перемещением частиц в наноклапте. Данный метод также позволяет идентифицировать фазовое состояние наночастицы, наличие флуктуаций в непосредственной близости к точке фазового перехода говорит в пользу теории предплавления и наличия некоторого поверхностного слоя – скин-слоя [22-25]. Аналогичные закономерности наблюдаются для температурных зависимостей асферичности, ацилиндричности и относительной анизотропии формы нанокластера Au_{177} и Au_{1055} (см. рис. 3-6).

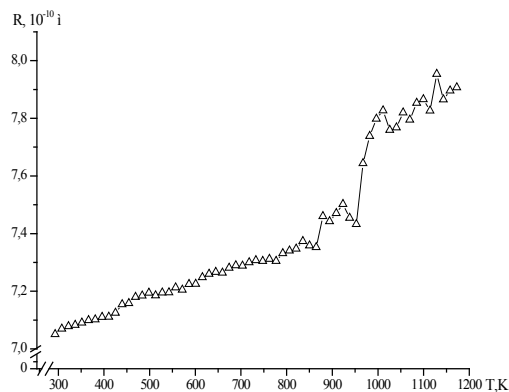


Рис. 1. Температурная зависимость радиуса инерции нанокластера Au_{177} .

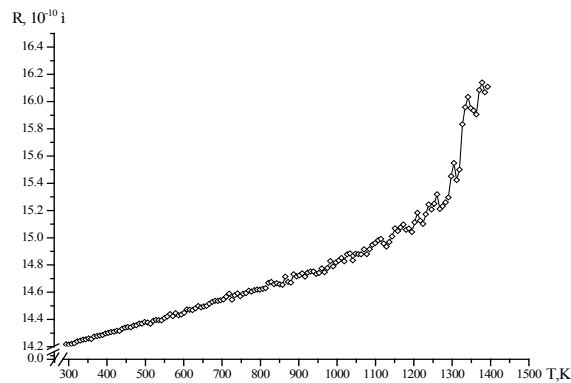


Рис. 2. Температурная зависимость радиуса инерции нанокластера Au_{1055} .

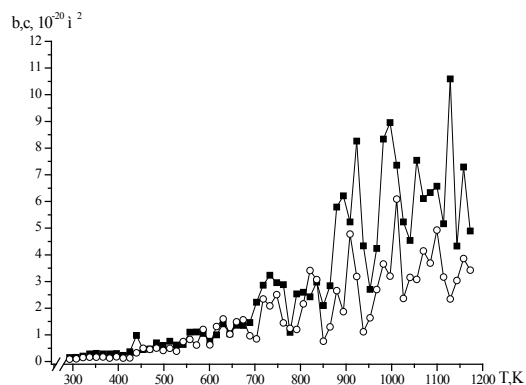


Рис. 3. Температурная зависимость асферичности b (темные круги) и ацилиндричности c (полые квадраты) нанокластера Au_{177} .

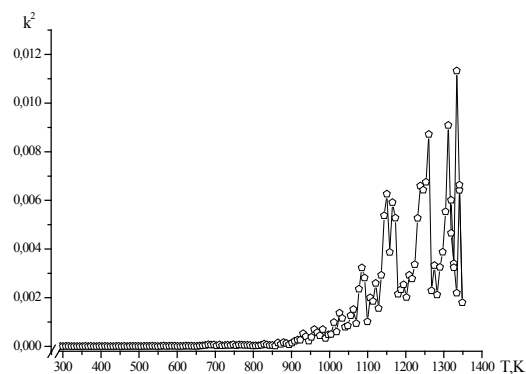


Рис. 6. Температурная зависимость относительной анизотропии формы нанокластера Au_{1055} .

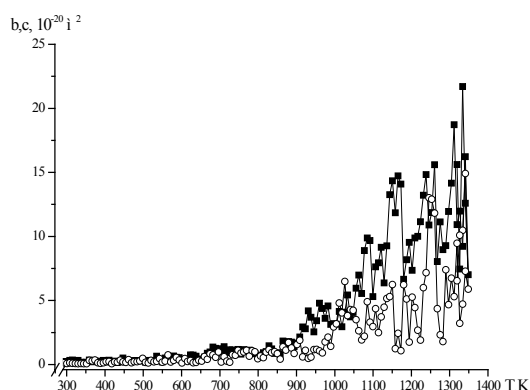


Рис. 4. Температурная зависимость асферичности b (темные круги) и ацилиндричности c (полые квадраты) нанокластера Au_{1055} .

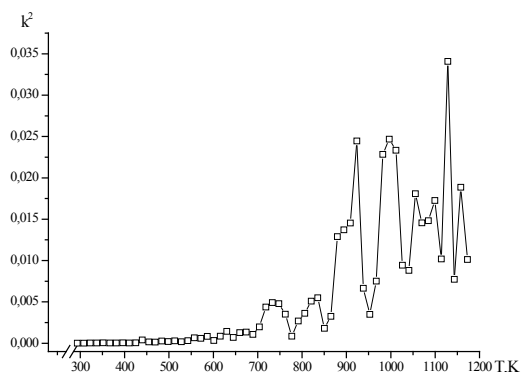


Рис. 5. Температурная зависимость относительной анизотропии формы нанокластера Au_{177} .

Заключение

Таким образом, проведенный компьютерный эксперимент по моделированию фазового перехода показывает, что в процессе нагревания нанокластера, наблюдается рост радиуса инерции, а также существенное изменение формы за счет перестройки атомов. По температурным зависимостям асферичности, ацилиндричности и относительной анизотропии формы может быть определена область предплавления нанокластера Au_{177} и Au_{1055} .

Библиографический список

1. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления развития / под ред. М.К.Роко, Р.С.Уильямса и П. Аливисатоса. М.: Мир, 2002.
2. Крутиков В.Н., Золотаревский Ю.М., Андрияшечкин С.Е. Метрологическое обеспечение, стандартизация и оценка соответствия нанотехнологий и нанопродукции. Ч. 1 Метрология 2008; 2: 1-24.
3. Муравская Н.П. Метрологическое обеспечение оценки параметров композиционных наноматериалов Измерительная техника 2011; 9: 58-60.
4. Демин А.В., Левин Г.Г. Нанoeлектроника и нанофотоника на Первом Международном форуме по нанотехнологиям. Измерительная техника 2009; 6: 67-70.
5. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр «Академия», 2005.
6. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005.
7. George S., Lin S., Ji Z. et al. Surface defects on plate-shaped silver nanoparticles contribute to its hazard potential in a fish gill cell line and zebrafish embryos. ACS Nano 2012; 6 (5): 3745–3759.
8. Сторожев В.Б. Численное моделирование процесса плавления наночастицы металла, заключенной в ма-

трицу. Коллоидный журнал 2010; 72 (6): 830-838.

9. Маньков Ю.И., Хлебопрос Р.Г. Влияние формы антиферромагнитной наночастицы на ее намагниченность. Журнал технической физики 2012; 82 (5): 157-158.

10. Gupta R.P. Lattice relaxation at a metal surface. Physical Review B 1981; 23 (12): 6265-6270.

11. Wang Y., Teitel S., Dellago C. Melting and equilibrium shape of icosahedral gold nanoparticles. Chemical Physics Letter 2004; 394 (4-6): 257-261.

12. Smith R.P., Mortensen E.M. Bond and Molecular Polarizability Tensors. I. Mathematical Treatment of Bond Tensor Additivity. Journal of Chemical Physics 1960; 32: 502-507.

13. Smith R.P., Mortensen E.M. Bond and Molecular Polarizability Tensors. II. Discussion of Values of Polarizability Parameters for Some Single Bond Involving Carbon. Journal of Chemical Physics 1960; 32: 508-511.

14. Doros N.T., Ulrich W.S. Shape of Unperturbed Linear Polymers: Polypropylene. Macromolecules 1985; 18: 1206-1214.

15. Yu X., Duxbury P.M. Kinetics of nonequilibrium shape change in gold clusters. Physical Review B. 1995; 52 (3): 2102-2106.

16. Сдобняков Н.Ю., Комаров П.В., Соколов Д.Н., Самсонов В.М. Исследование термодинамических характеристик нанокластеров золота с использованием многочастичного потенциала Гупта. Физика металлов и металловедение 2011; 111 (1): 15-22.

17. Cheng H.-P., Li X., Whetten R.L., Berry R.S. Complete statistical thermodynamics of the cluster solid-liquid transition. Physical Review A 1992; 46 (2): 791-801.

18. Kofman R., Cheyssac P., Lereach Y., Stella A. Melting of clusters approaching 0D. The European Physical Journal D 1999; 9: 441-444.

19. Борисов Б.Ф., Гартвик А.В., Горчаков А.Г., Черная Е.В. Акустические исследования плавления и кристаллизации наноструктурированного декана. Физика твердого тела 2009; 51 (4): 777-782.

20. Сдобняков Н.Ю., Репчак С.В., Самсонов В.М., Базулев А.Н., Кульпин Д.А., Соколов Д.Н. О взаимосвязи размерных зависимостей температур плавления и кристаллизации наночастиц металлов. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования 2011; 5: 109-112.

21. Сдобняков Н.Ю., Соколов Д.Н., Самсонов В.М., Комаров П.В. Исследование гистерезиса плавления и кристаллизации нанокластеров золота с использованием многочастичного потенциала Гупта. Металлы 2012; 2: 48-54.

22. Hanszen K.-J. Theoretische untersuchungen uber den schmelzpunkt kleiner kugelchen. // Zeitschrift fur Physik. Bd 1960; 157 (5): 523-553.

23. Wronski C.R.W. The size dependence of the melting point of small particles of tin. British Journal of Applied Physics 1967; 18 (12): 1731-1737.

24. Coombes C.J. The melting of small particles of lead and indium. Journal of Physics F: Metal Physics 1972; 2(5): 441-449.

25. Rahman M.S. In situ microscopy of the melting point of small crystallites of tin. Micron 1982; 13: 273-274.

References

1. Nanotechnology research directions: Vision for nanotechnology R&D in the next decade / Ed. M.K. Roko, R.S. P.C. Williams and P. Alivisatos. M.: Mir, 2002.

2. Krutikov V.N., Zolotarevskiy Yu.M., Andryusheehkin S.E. Metrological maintenance, standardization and estimation of conformity nanotechnology and nanoproduction. Pt.1 Measurement Techniques 2008; 2: 1-24.

3. Muravskaya N.P. Metrological provisions for evaluation of composite nanomaterial parameters Measurement Techniques 2011; 9: 58-60.

4. Demin A.V., Levin G.G. Nanoelectronics and nanophotonics at the first forum on nanotechnologies. Measurement Techniques 2009; 6: 67-70.

5. Andrievskii R.A., Ragulya A.V. Nanostructured materials. M.: Publishing Center «Academy», 2005.

6. Gusev A.I. Nanomaterials, nanostructures, nanotechnology. M.: Fizmatlit, 2005.

7. George S., Lin S., Ji Z. et al. Surface defects on plate-shaped silver nanoparticles contribute to its hazard potential in a fish gill cell line and zebrafish embryos. ACS Nano 2012; 6 (5): 3745-3759.

8. Storozhev V.B. Numerical simulation of nanoparticle melting inside a matrix. Colloid Journal 2010; 72 (6): 830-838.

9. Mankov Y.I., Khlebopros R.G. Effect of the shape of an antiferromagnetic nanoparticle on its magnetization. Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics 2012; 8 (5): 157-158.

10. Gupta R.P. Lattice relaxation at a metal surface. Physical Review B 1981; 23 (12): 6265-6270.

11. Wang Y., Teitel S., Dellago C. Melting and equilibrium shape of icosahedral gold nanoparticles. Chemical Physics Letter 2004; 394 (4-6): 257-261.

12. Smith R.P., Mortensen E.M. Bond and Molecular Polarizability Tensors. I. Mathematical Treatment of Bond Tensor Additivity. Journal of Chemical Physics 1960; 32: 502-507.

13. Smith R.P., Mortensen E.M. Bond and Molecular Polarizability Tensors. II. Discussion of Values of Polarizability

Parameters for Some Single Bond Involving Carbon. Journal of Chemical Physics 1960; 32: 508-511.

14. Doros N.T., Ulrich W.S. Shape of Unperturbed Linear Polymers: Polypropylene. Macromolecules 1985; 18: 1206-1214.
 15. Yu X., Duxbury P.M. Kinetics of nonequilibrium shape change in gold clusters. Physical Review B. 1995; 52 (3): 2102-2106.
 16. Sdobnyakov N.Yu., Komarov P.V., Sokolov D.N., Samsonov V.M. Study of the thermodynamic characteristics of gold nanoclusters using a Gupta multiparticle potential // The Physics of Metals and Metallography 2011; 111 (1): 15-22.
 17. Cheng H.-P., Li X., Whetten R.L., Berry R.S. Complete statistical thermodynamics of the cluster solid-liquid transition. Physical Review A 1992; 46 (2): 791-801.
 18. Kofman R., Cheyssac P., Lereach Y., Stella A. Melting of clusters approaching 0D. The European Physical Journal D 1999; 9: 441-444.
 19. Borisov B.F., Gartvik A.V., Gorchakov A.G., Charnaya E.V. Acoustic studies of melting and crystallization of nanostructured decane. Physics of solid state 2009; 51 (4): 777-782.
 20. Sdobnyakov N.Yu., Repchak S.V., Samsonov V.M., Bazulev A.N., Kulpin D.A., Sokolov D.N. Correlation between the size-dependent melting and crystallization temperatures of metal nanoparticles. Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques 2011; 5: 109-112.
 21. Sdobnyakov N.Yu., Sokolov D.N., Samsonov V.M., Komarov P.V. Gupta multiparticle potential study of the hysteresis of the melting and solidification of gold nanoclusters // Russian Metallurgy (Metally) 2012; 2: 48-54.
 22. Hanszen K.-J. Theoretische untersuchungen uber den schmelzpunkt kleiner kugelchen. // Zeitschrift fur Physik. Bd 1960; 157 (5): 523-553.
 23. Wronski C.R.W. The size dependence of the melting point of small particles of tin. British Journal of Applied Physics 1967; 18 (12): 1731-1737.
 24. Coombes C.J. The melting of small particles of lead and indium. Journal of Physics F: Metal Physics 1972; 2(5): 441-449.
 25. Rahman M.S. In situ microscopy of the melting point of small crystallites of tin. Micron 1982; 13: 273-274.
-

УДК 517.547

UDC 517.547.

О.Д. СОЛОМАТИН

кандидат физико-математических наук, профессор
кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений Орловского государственного университета
E-mail: solomatin_od@bk.ru

O.D. SOLOMATIN

candidate of physical and mathematical sciences,
professor of chair of the mathematical analysis and differential equations, Orel state university
E-mail: solomatin_od@bk.ru

ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА ЦЕЛОЙ ВЕКТОРНОЗНАЧНОЙ ФУНКЦИИ БЕСКОНЕЧНОГО ПОРЯДКА

CHARACTERISTICS OF AN ENTIRE VECTOR-VALUED FUNCTION OF INFINITE ORDER

В статье доказаны теоремы и формулы для подсчета порядка и типа целой векторнозначной функции бесконечного порядка с помощью коэффициентов ее степенного разложения.

Ключевые слова: целые векторные функции, локально выпуклое пространство, логарифмический порядок и тип, целые функции бесконечного порядка.

In the article we prove theorems and formulas to calculate the order and type of an entire vector-valued function of infinite order with the help of the coefficients of its power series expansion.

Keywords: the whole vector-valued functions, locally convex space, logarithmic order and type, the whole function of an infinite order.

Если трансцендентная функция имеет бесконечный порядок роста, то для изучения ее роста часто рассматривается так называемая большая шкала роста (Б-шкала).

Определение. Пусть $f: \mathbb{C} \rightarrow H$ – целая векторнозначная функция бесконечного порядка роста. Величина

$$\alpha_p = \overline{\lim}_{r \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln \ln M(f, r, p)}{\ln r}$$

называется Б- p -порядком функции f , а число

$$\alpha(f) = \sup_{(p)} \{\alpha_p\} \text{ – ее Б-порядком.}$$

Из определения, в частности, следует, что $\forall \varepsilon > 0$

$$M(f, r, p) < C_p \exp \left\{ \exp \left(r^{\alpha_p + \varepsilon} \right) \right\}, \quad \forall r > 0$$

и существует последовательность $\{r_k\}: r_k \rightarrow \infty$, такая, что

$$M(f, r_k, p) > \exp \left\{ \exp \left(r_k^{\alpha_p - \varepsilon} \right) \right\}, \quad k = 1, 2, \dots$$

Для функций конечного Б- p -порядка $\alpha_p > 0$ вводится более тонкая характеристика – Б- p -тип.

Определение. Пусть f имеет конечный Б- p -порядок $\alpha_p > 0$. Тогда величина

$$\omega_p = \overline{\lim}_{r \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln M(f, r, p)}{r^{\alpha_p}}$$

называется Б- p -типом функции f , а $\omega(f) = \sup_{(p)} \{\omega_p\}$ – ее Б-типом.

Из определения видно, в частности: если f имеет Б- p -порядок α_p и Б- p -тип ω_p , то $\forall \varepsilon > 0$

$$M(f, r, p) < C_p \exp \left\{ \exp \left((\omega_p + \varepsilon) r^{\alpha_p} \right) \right\}, \quad \forall r > 0$$

и существует последовательность $\{r_k\}: r_k \rightarrow \infty$ такая, что

$$M(f, r_k, p) > \exp \left\{ \exp \left((\omega_p - \varepsilon) r_k^{\alpha_p} \right) \right\}, \quad k = 1, 2, \dots$$

Другими словами, если f имеет Б- p -порядок α_p и Б- p -тип ω_p , то при больших r имеет место асимптотическое равенство

$$M(f, r, p) \approx \exp \left\{ \exp \left(\omega_p r^{\alpha_p} \right) \right\}, \quad r \rightarrow \infty.$$

Б- p -порядок и Б- p -тип однозначно определяются коэффициентами степенного разложения функции f . Именно, справедлива

Теорема. Б- p -порядок целой векторнозначной функции $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x_n z^n$, $x_n \in H$ вычисляется по формуле

$$\alpha_p = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln \ln n}{-\ln \|x_n\|_p}, \quad \forall p. \quad (1)$$

Если функция f имеет Б- p -порядок α_p , $0 < \alpha_p < \infty$, то ее Б- p -тип вычисляется по формуле

$$\omega_p = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} (\ln n) \sqrt[n]{\|x_n\|_p^{\alpha_p}}, \quad \forall p. \quad (2)$$

Доказательство теоремы опирается на следующие леммы.

Лемма 1. Пусть

$$M(f, r, p) < \exp \left\{ e^{a r^b} \right\}, \quad a > 0, \quad b > 0, \quad r > r_0(p, a, b).$$

Тогда

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(\frac{a + \varepsilon}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b}}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall n > n_0(p, a, b).$$

Доказательство. Из неравенств Коши имеем

$$\|x_n\|_p \leq \frac{M(f, r, p)}{r^n} < \frac{\exp\{e^{ar^b}\}}{r^n}, \quad \forall r > r_0(p, a, b),$$

$$\forall n=1, 2, \dots \quad (3)$$

Правую часть неравенства (3) обозначим $y(r)$ и найдем $\min y(r)$, $0 < r < \infty$.

Имеем

$$y'(r) = y(r) \left[e^{ar^b} - n \ln r \right] = 0, \quad abr^{b-1} e^{ar^b} = \frac{n}{r}, \quad abr^b e^{ar^b} = n.$$

Обозначая $x = ar^b$, получим уравнение $xe^x = \frac{n}{b}$.

Очевидно, оно имеет единственное решение. Обозначим его α_n . Тогда

$$\alpha_n e^{\alpha_n} = nb^{-1}, \quad \forall n \quad (4)$$

и

$$r_n = \left(\frac{\alpha_n}{a} \right)^{\frac{1}{b}}.$$

Нетрудно заметить, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \infty$, поэтому, начиная с некоторого номера n_0 , $r_n > r_0$ и, следовательно,

$$\|x_n\|_p < \exp\{e^{\alpha_n}\} \left(\frac{\alpha_n}{a} \right)^{-\frac{n}{b}} = \exp\left(\frac{n}{b \alpha_n} \right) a^{\frac{n}{b}} \alpha_n^{-\frac{n}{b}},$$

$$n > n_0(p, a, b).$$

Отсюда следует, что

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(e^{\frac{1}{\alpha_n}} a \right)^{\frac{1}{b}} \alpha_n^{-\frac{1}{b}}, \quad n > n_0(p, a, b). \quad (5)$$

$\lim_{n \rightarrow \infty} e^{\frac{1}{\alpha_n}} = 1$, поэтому $\forall \delta > 0$, $e^{\frac{1}{\alpha_n}} < 1 + \delta$, $n > n_0$.

Логарифмируя равенство (4), получим

$$\ln \alpha_n + \alpha_n = \ln n - \ln b,$$

откуда следует, что $\alpha_n < \ln n$, $\forall n > n_0$, то есть $\ln \alpha_n < \ln \ln n$, $n > n_0$. С учетом этого неравенства получаем оценку для α_n :

$$\ln n - \ln b - \ln \ln n < \alpha_n < \ln n, \quad \forall n > n_0.$$

Следовательно,

$$1 - \frac{\ln b}{\ln n} - \frac{\ln \ln n}{\ln n} < \frac{\alpha_n}{\ln n} < 1, \quad n > n_0,$$

то есть

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\alpha_n}{\ln n} = 1.$$

Поэтому $\forall \delta > 0$, $(1 - \delta) \ln n < \alpha_n$, $n > n_0$, и из (5) имеем

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(\frac{a(1 + \delta)}{(1 - \delta) \ln n} \right)^{\frac{1}{b}}.$$

Для любого $\delta > 0$ подбираем такое $\varepsilon > 0$, что

$$\frac{1 + \delta}{1 - \delta} < 1 + \frac{\varepsilon}{a},$$

где при достаточно малом $\delta > 0$ и $\varepsilon > 0$ – мало.

Тогда

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(\frac{a + \varepsilon}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b}}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall n > n_0(a, b, p).$$

Лемма 1 доказана.

Лемма 2. Пусть

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(\frac{a}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b}}, \quad a > 0, \quad b > 0, \quad n > n_0(a, b, p). \quad (6)$$

Тогда

$$M(f, r, p) < \exp\{e^{(a+\delta)r^b}\}, \quad r > r_0(p, \delta), \quad \forall \delta > 0.$$

Доказательство. Из (6) следует, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\|x_n\|_p} = 0$, $\forall p$. Поэтому $f(z)$ – целая векторнозначная функция и ее степенной ряд сходится абсолютно в $\mathbb{C}$. Далее, имеем

$$\|x_n\|_p r^n < \left[\left(\frac{a}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b}} r \right]^n, \quad \forall n > n_0(p, a, b).$$

Пусть $N = N(r, p)$ – наименьшее целое число, такое, что

$$\left(\frac{a}{\ln N} \right)^{\frac{1}{b}} r < \frac{1}{2}.$$

Для оценки числа N из последнего неравенства получаем

$$\frac{a}{\ln N} < \frac{1}{(2r)^b}.$$

Следовательно,

$$e^{a(2r)^b} < N < e^{a(2r)^b} + 1. \quad (7)$$

Поэтому

$$\sum_{n=N}^{\infty} \|x_n\|_p r^n < \sum_{n=N}^{\infty} \frac{1}{2^n} < 1.$$

Имеем

$$M(f, r, p) \leq \sum_{n=0}^{\infty} \|x_n\|_p r^n = \sum_{n=0}^{N-1} \|x_n\|_p r^n +$$

$$+ \sum_{n=N}^{\infty} \|x_n\|_p r^n \leq N(r, p) m_p(r) + 1, \quad (8)$$

где $m_p(r) = \max_{n \geq 0} (\|x_n\|_p r^n)$ – максимальный член

ряда $\sum_{n=0}^{\infty} \|x_n\|_p r^n$. Этот максимальный член ряда существует, так как при фиксированном r последовательность $\{\|x_n\|_p r^n\}_{n=0}^{\infty}$ стремится к нулю при $n \rightarrow \infty$.

Оценим величину $m_p(r)$. Пусть $m_p(r) = \|x_s\|_p r^s$,

тогда, очевидно, что $s \rightarrow \infty$ при $r \rightarrow \infty$ и при достаточно больших $r > r_0$ число $s > r_0$, где r_0 – число из оценки (3) леммы 1. Тогда для $r > r_0$

$$m_p(r) = \|x_s\| r^s < \left[\left(\frac{a}{\ln s} \right)^{\frac{1}{b}} r \right]^s \leq \max_{n \geq 0} \left[\left(\frac{a}{\ln n} \right)^{\frac{1}{b}} r \right]^n \leq \max_{t \geq 2} \varphi(t)$$

где

$$\varphi(t) = \left[\left(\frac{a}{\ln t} \right)^{\frac{1}{b}} r \right]^t.$$

Легко видеть, что $\lim_{t \rightarrow \infty} \varphi(t) = 0$ и

$$\varphi(2) = \left[\left(\frac{a}{\ln 2} \right)^{\frac{1}{b}} r \right]^2 = c r^2.$$

Из этого следует, что функция $\varphi(t)$ имеет максимум. Найдем точки, в которых $\varphi'(t) = 0$, $t \geq 2$.

$$\varphi'(t) = \varphi(t) \left(\frac{t}{b} \ln a - \frac{t}{b} \ln \ln t + t \ln r \right) = 0,$$

$$\frac{1}{b} \ln a + \ln r - \frac{1}{b} \ln \ln t - \frac{t}{b} \frac{1}{\ln t} = 0,$$

$$\ln(a r^b) - \ln \ln t = \frac{1}{\ln t}.$$

В последнем равенстве обозначим $R(r) = \ln(a r^b)$, $x = \ln t$, тогда получаем уравнение

$$\ln x + \frac{1}{x} = R(r).$$

Это уравнение имеет два решения $x_1 = \beta_1(r)$ и $x_2 = \beta_2(r)$, причем $\beta_1(r) \rightarrow 0$, а $\beta_2(r) \rightarrow \infty$, $r \rightarrow \infty$. Так как нас интересует промежуток $t \geq 2$, то есть $\ln 2 \leq x$, то решение $x_1 = \beta_1(r)$ опускаем.

Далее, имеем

$$\ln \beta_2 + \frac{1}{\beta_2} = R, \quad R > 0,$$

то есть

$$\frac{\ln \beta_2}{R} = 1 - \frac{1}{R \beta_2} < 1,$$

откуда следует, что

$$0 < \frac{\ln \beta_2}{R} < 1, \quad \forall r > r_0, \quad \ln \beta_2 < R, \quad 1 < \beta_2 < e^R, \quad r > r_0$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \varphi(t_2) &= \left[\left(\frac{a}{\beta_2} \right)^{\frac{1}{b}} r \right]^{e^{\beta_2}} < \left(\frac{1}{a^{\frac{1}{b}} r} \right)^{e^{\beta_2}} \leq \left(\frac{1}{a^{\frac{1}{b}} r} \right)^{e^{e^R}} = \\ &= \left(\frac{1}{a^{\frac{1}{b}} r} \right)^{e^{a r^b}} = a^{\frac{e^{a r^b}}{b}} \left(e^{e^{a r^b}} \right)^{\ln r} < e^{e^{(a+\varepsilon) r^b}}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad r > r_0(\varepsilon). \end{aligned}$$

Итак,

$$m_p(r) \leq e^{e^{(a+\varepsilon) r^b}}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad r > r_0(\varepsilon).$$

Из неравенств (7) и (8) следует

$$M(f, r, p) < \left(e^{a(2r)^b} + 1 \right) e^{e^{(a+\varepsilon) r^b}} + 1 < e^{e^{(a+\delta) r^b}}, \quad \delta > 0, \quad r > r_0(p, \delta)$$

Лемма 2 доказана.

Доказательство теоремы. Пусть функция f имеет Б- p -порядок α_p , $0 < \alpha_p < \infty$. Тогда

$$M(f, r, p) < \exp \left\{ e^{r^{\alpha_p + \varepsilon}} \right\}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad r > r_0(p, \varepsilon).$$

По лемме 1 ($a = 1$, $b = \alpha_p + \varepsilon$) имеем

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(\frac{1}{\ln n} \right)^{\frac{1}{\alpha_p + \varepsilon}}, \quad n > n_0(\varepsilon, p), \quad \varepsilon > 0.$$

Отсюда

$$-\ln \|x_n\|_p > \frac{n \ln \ln n}{\alpha_p + \varepsilon}, \quad \frac{n \ln \ln n}{-\ln \|x_n\|_p} < \alpha_p + \varepsilon, \quad n > n_0.$$

Следовательно, поскольку $\varepsilon > 0$ – любое, то

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln \ln n}{-\ln \|x_n\|_p} \leq \alpha_p, \quad \forall p.$$

Левую часть этого неравенства обозначим q_p и докажем, что $q_p \geq \alpha_p$.

Действительно, имеем

$$\frac{n \ln \ln n}{-\ln \|x_n\|_p} < q_p + \varepsilon, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad n > n_0(p, \varepsilon).$$

Отсюда следует

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(\frac{1}{\ln n} \right)^{\frac{1}{q_p + \varepsilon}}, \quad n > n_0(p, \varepsilon).$$

По лемме 2 ($a = 1$, $b = q_p + \varepsilon$)

$$M(f, r, p) < \exp \left\{ e^{(1+2\varepsilon) r^{q_p + \varepsilon}} \right\} < \exp \left\{ e^{e^{r^{q_p + \varepsilon_1}}} \right\},$$

$$\varepsilon_1 > 0, \quad r > r_0(p, \varepsilon).$$

В силу произвольности ε

$$\alpha_p \leq q_p = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln \ln n}{-\ln \|x_n\|_p}.$$

Поскольку ранее показано, что $q_p \leq \alpha_p$, то $q_p = \alpha_p < \infty$. Если же $q_p = \infty$, то в силу установленного неравенства $q_p \leq \alpha_p$, следует, что и $\alpha_p = \infty$. Тем самым формула (1) установлена полностью.

Перейдем к доказательству формулы (2).

Пусть f имеет Б- p -порядок α_p , $0 < \alpha_p < \infty$ и Б- p -тип $\omega_p < \infty$. Тогда

$$M(f, r, p) < \exp \left\{ e^{(\omega_p + \varepsilon) r^{\alpha_p}} \right\}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad r > r_0(\varepsilon, p).$$

По лемме 1 ($a = \omega_p + \varepsilon$, $b = \alpha_p$) имеем

$$\sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \left(\frac{\omega_p + \varepsilon}{\ln n} \right)^{\frac{1}{\alpha_p}}, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad n > n_0(\varepsilon, p),$$

то есть

$$(\ln n) \sqrt[n]{\|x_n\|_p^{\alpha_p}} < \omega_p + \varepsilon, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad n > n_0(\varepsilon, p).$$

Следовательно,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (\ln n) \sqrt[n]{\|x_n\|_p^{\alpha_p}} \leq \omega_p.$$

Далее, обозначим левую часть последнего неравенства через τ_p и докажем, что $\tau_p \geq \omega_p$.

Действительно, имеем

$$(\ln n) \sqrt[n]{\|x_n\|_p} < \tau_p + \varepsilon, \quad \varepsilon > 0, \quad n > n_0(\varepsilon, p).$$

По лемме 2 ($a = \tau_p + \varepsilon$, $b = \alpha_p$)

$$M(f, r, p) < \exp \left\{ e^{(\tau_p + 2\varepsilon)r^{\alpha_p}} \right\}, \quad r > r_0(\varepsilon, p).$$

В силу произвольности $\varepsilon > 0$ из этого неравенства следует, что

$$\omega_p \leq \tau_p = \lim_{n \rightarrow \infty} (\ln n) \sqrt[n]{\|x_n\|_p^{\alpha_p}}.$$

Принимая во внимание доказанное выше неравенство $\omega_p \geq \tau_p$, получаем $\omega_p = \tau_p$. Если же $\omega_p = \infty$, то в силу установленного неравенства $\tau_p \geq \omega_p$, получаем, что и $\tau_p = \infty$. Тем самым формула (2) доказана полностью.

Примечание. Отметим, что если $f: \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ – целая скалярная функция, то из формул (1) и (2) следуют известные классические формулы:

$$\alpha = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln \ln n}{-\ln |a_n|}, \quad 0 < \alpha < \infty,$$

$$\omega = \lim_{n \rightarrow \infty} (\ln n) \sqrt[n]{|a_n|^\alpha},$$

где $\{a_n\}$ – тейлоровские коэффициенты, а α и ω – соответственно Б-порядок и Б-тип функции f (см. [2]).

Пример. Рассмотрим функцию

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\ln n} \right)^n z^n.$$

Пусть $f(z): \mathbb{C} \rightarrow H(\mathbb{C})$ – пространство целых функ-

ций с топологией $\|f\|_p = \max_{|z| \leq r_p < \infty} |f(z)|$, $\forall p$. С такой

топологией $H(\mathbb{C})$ – полное пространство. Здесь

$$x_n = \left(\frac{\lambda}{\ln n} \right)^n. \text{ Так как}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\|x_n\|_p} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\left(\frac{r_p}{\ln n} \right)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{r_p}{\ln n} = 0, \quad \forall p,$$

то $f(z)$ – целая функция. Найдем p -порядки функции $f(z)$ по экспоненциальной шкале:

$$\rho_p = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{-\ln \|x_n\|_p} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{-\ln \left(\frac{r_p}{\ln n} \right)^n} =$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln n}{n (\ln \ln n - \ln r_p)} = \infty, \quad \forall p$$

Итак, $\rho_p = \rho = \infty$, $\forall p$. В этом случае находим по формулам (1) и (2) Б- p -порядки и Б- p -типы функции $f(z)$:

$$\alpha_p = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln \ln n}{-\ln \|x_n\|_p} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \ln \ln n}{-\ln \left(\frac{r_p}{\ln n} \right)^n} =$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln \ln n - \ln r_p} = 1, \quad \forall p$$

Отсюда $\alpha_p = \alpha = 1$, $\forall p$.

Вычислим теперь Б- p -типы:

$$\omega_p = \lim_{n \rightarrow \infty} (\ln n) \sqrt[n]{\left(\frac{r_p}{\ln n} \right)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} (\ln n) \sqrt[n]{\left(\frac{r_p}{\ln n} \right)^n} =$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{r_p \ln n}{\ln n} = r_p, \quad \forall p$$

Тогда $\omega = \sup_{(p)} \{\omega_p\} = \infty$, $\forall p$.

Библиографический список

1. Громов В.П. Целые векторнозначные функции со значениями в локально выпуклом пространстве и их применение // Ученые записки лаборатории теории функций и функционального анализа ГОУ ВПО «Орловский государственный университет». Орел, 2003, Вып. 4, С. 4-24.
2. 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. The whole vector-valued functions with values in locally convex space and their application // Scientific notes of laboratory of the theory of functions and functional analysis, Public Educational Institution of Higher Professional Education "Orel State University". Orel, 2003, Vol. 4, p. 4-24.
2. Gromov V.P., Solomatina 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 532.546

UDC 532.546

Ю.С. ФЕДЯЕВ

кандидат физико-математических наук, доцент
кафедры физики Орловского государственного университета
E-mail: fedyaevys@gmail.com

Y.S. FEDYAEV

candidate of physics and mathematics sciences, Associate
Professor of the Department of Physics, Orel State
University
E-mail: fedyaevys@gmail.com

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ЖИДКОСТЕЙ
РАЗЛИЧНЫХ ВЯЗКОСТЕЙ В АНИЗОТРОПНОМ СЛОЕ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ,
ОГРАНИЧЕННОМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ***

**MATHEMATICAL MODELING OF EVOLUTION
OF THE INTERFACE BETWEEN FLUIDS OF DIFFERENT VISCOSITIES
IN A HOMOGENEOUS LAYER OF ANISOTROPIC POROUS MEDIUM WITH EXTERNAL BOUNDARY**

Исследуется плоскопараллельная задача эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей в однородном анизотропном слое пористой среды. Область фильтрации ограничена прямолинейным контуром питания. Задача сводится к решению системы интегрального и дифференциальных уравнений. Построен численный алгоритм решения этих уравнений на основе метода дискретных особенностей. Исследована эволюция границы раздела жидкостей различных вязкостей к эксплуатационной скважине.

Ключевые слова: математическое моделирование, плоскопараллельная фильтрация, модель «поршневого» вытеснения, анизотропная пористая среда, контур питания.

We study the problem of plane-parallel evolution of the interface between fluids of different viscosities in a homogeneous anisotropic layer of a porous medium. Filtration area limits the external boundary. The problem is reduced to solving a system of integral and differential equations. A numerical algorithm for solving these equations is based on the method of discrete singularities. The evolution of the interface between fluids of different viscosities to a production well.

Keywords: mathematical modelling, two-phase Hele-Shaw problem, plane-parallel filtering, anisotropic porous medium, external boundary.

1. Постановка задачи на физической плоскости

Плоскопараллельную стационарную фильтрацию несжимаемой жидкости в недеформируемом однородном анизотропном слое пористой среды постоянной толщины $H=1$ с тензором проницаемости $K=(K_{ij})$, $i, j=1, 2$ описывают обобщённый потенциал φ и функция тока ψ . Они удовлетворяют в области фильтрации D (за исключением особых точек течения) системе уравнений [1]:

$$\begin{aligned} v_x &= K_{11} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{12} \frac{\partial \varphi}{\partial y} = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \\ v_y &= K_{21} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{22} \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Здесь: x, y – декартовы координаты в плоскости основания слоя; v_x, v_y – компоненты скорости фильтрации. Обобщённый потенциал $\varphi = -(p + \rho\Pi)/\mu$, где p – давление, μ – динамическая вязкость жидкости, ρ – плотность жидкости, Π – потенциал массовой силы. Компоненты тензора проницаемости слоя K_{ij} – постоянные величины.

Уравнения (1.1) записаны в безразмерном виде.

Система уравнений (1.1) относится к эллиптическому типу, если

$$K_{11} > 0, \quad |K_s| = K_{11}K_{22} - \left(\frac{K_{12} + K_{21}}{2}\right)^2 > 0, \quad (1.2)$$

где $|K_s|$ – определитель симметричной части тензора K .

Поставим двумерную задачу эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей Γ_t на комплексной плоскости $z=x+iy$ (физической плоскости). Полагаем, что область фильтрации D ограничивает контур питания L , на котором давление жидкости постоянно. Граница L является прямой линией и совпадает с осью Ox . Течение жидкости происходит в верхней полуплоскости ($y>0$). Его описывают обобщённый потенциал и функция тока, которые зависят от координат и времени t (t – параметр). На границе L должно выполняться условие [1]

$$\varphi^+(z, t) = \text{const}, \quad z \in L. \quad (1.3)$$

Здесь и далее знак «+» («-») означает предельное значение функции при подходе к границе L со сторо-

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Орловской области (проект № 12-01-97522 p_центр_a), Министерства образования и науки РФ (соглашение 14.B37.21.0388).

ны (противоположной стороны) орта нормали к ней. Нормаль к границе L направлена внутрь области D .

Граница Γ_t делит область фильтрации D на части D_1 и D_2 ($D = D_1 \cup D_2$). В области D_1 движется жидкость вязкости μ_1 , а в области D_2 – жидкость вязкости μ_2 . Плотности жидкостей одинаковы. Полагаем, что при движении одна жидкость полностью замещает другую (модель «поршневого» вытеснения) и на границе раздела жидкостей капиллярные силы пренебрежимо малы. Тогда условия непрерывности давления и расхода жидкости примут вид [2]:

$$\mu_1 \varphi^+(z, t) = \mu_2 \varphi^-(z, t), \quad \psi^+(z, t) = \psi^-(z, t), \quad z \in \Gamma_t. \quad (1.4)$$

Здесь орт нормали к Γ_t направлен внутрь области D_1 .

Если область D имеет бесконечно удалённую точку $z = \infty$ и обобщённый потенциал $\varphi(z, t)$ не содержит там особых точек, то $\varphi(z, t)$ должен быть регулярным в бесконечности [2]:

$$\varphi(z, t) = O(|z|^{-1}), \quad |\nabla \varphi(z, t)| = O(|z|^{-2}) \quad \text{при } |z| \rightarrow \infty. \quad (1.5)$$

Положение границы Γ_t на плоскости z в любой момент времени $t > 0$ задаём параметрическим уравнением (s – параметр)

$$z = z(t, s) \quad (x = x(t, s), \quad y = y(t, s)), \quad z \in \Gamma_t. \quad (1.6)$$

В начальный момент времени $t=0$ положение границы Γ_t известно

$$z_0 = z(0, s) \quad (x_0 = x(0, s), \quad y_0 = y(0, s)), \quad z_0 \in \Gamma_0. \quad (1.7)$$

Дифференциальное уравнение движения границы Γ_t имеет вид [2]

$$\frac{dz}{dt} = \frac{v^+(z, t) + v^-(z, t)}{2}, \quad z \in \Gamma_t. \quad (1.8)$$

Здесь $v^\pm(z, t)$ – предельные значения комплексной скорости фильтрации

$$v(z, t) = v_x(x, y, t) + i v_y(x, y, t).$$

Задача эволюции границы Γ_t ставится на физической плоскости z следующим образом. Задано положение границы Γ_0 , потенциал массовой силы $\Pi(z, t)$, плотность ρ и вязкости μ_1, μ_2 жидкостей, тензор проницаемости K . Необходимо найти положение границы Γ_t (1.6) при $t > 0$. Решение задачи состоит в интегрировании дифференциального уравнения (1.8) при начальном условии (1.7). Для нахождения скорости фильтрации $v(z, t)$ необходимо отыскать обобщённый потенциал $\varphi(z, t)$ и функцию тока $\psi(z, t)$, которые удовлетворяют уравнениям (1.1) и условиям (1.3)-(1.5).

2. Формулировка задачи на вспомогательной плоскости

Поставленную задачу эволюции границы раздела жидкостей сформулируем на вспомогательной плоскости $\zeta = \xi + i\eta$ [1]. Это позволяет значительно

упростить систему уравнений (1.1), приведя её к каноническому виду. На плоскости ζ течение в области D' ($D' = D'_1 \cup D'_2$) характеризует обобщённый потенциал $\varphi(\zeta, t)$ и функция тока $\psi(\zeta, t)$. Область D' связана с областью D преобразованием

$$\zeta = z + \kappa \bar{z} \quad \left(z = \frac{\zeta - \kappa \bar{\zeta}}{1 - |\kappa|^2} \right). \quad (2.1)$$

Здесь

$$\kappa = [K_{22} - K_{11} - i(K_{12} + K_{21})] / (K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{|K_s|}) -$$

комплексная постоянная. Из условий (1.2) следует, что $|\kappa| < 1$.

Преобразование (2.1) аффинное. Оно характеризуется постоянным положительно-определённым якобианом $J = |\partial \zeta / \partial z|^2 - |\partial \zeta / \partial \bar{z}|^2 = 1 - |\kappa|^2 > 0$ и преобразует гомеоморфно плоскости z и ζ , оставляя начало координат и бесконечно удалённую точку этих плоскостей неподвижными.

На вспомогательной плоскости ζ уравнения (1.1) принимают канонический вид:

$$\begin{aligned} v_\xi &= \sqrt{|K_s|} \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} + \sqrt{|K_a|} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} = \frac{\partial \psi}{\partial \eta}, \\ v_\eta &= -\sqrt{|K_a|} \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} + \sqrt{|K_s|} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} = -\frac{\partial \psi}{\partial \xi}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Здесь $|K_a| = [(K_{12} - K_{21})/2]^2$ – определитель антисимметричной части тензора проницаемости K , v_ξ и v_η – компоненты вектора скорости фильтрации $v(\zeta, t) = v_\xi(\xi, \eta, t) + i v_\eta(\xi, \eta, t)$ на плоскости ζ .

Система уравнений (2.2) относится к эллиптическому типу, если $\sqrt{|K_s|} > 0$, $|K_s| + |K_a| = |K| > 0$ ($|K|$ – определитель тензора K). При этом $\sqrt{|K_a|} = (K_{12} - K_{21})/2$ может принимать как положительные (при $K_{12} > K_{21}$), так и отрицательные (при $K_{12} < K_{21}$) значения.

Граница L преобразуется на плоскости ζ в прямую L' , уравнение которой [1]

$$\zeta = e^{i\vartheta_0} (\eta = \xi \operatorname{tg} \vartheta_0), \quad (2.3)$$

где $(n) = \begin{cases} 1, & \text{если } n \in \mathbb{N}_0; \\ -1, & \text{если } n \in \mathbb{N}_1. \end{cases}$, ϑ_0 – угол наклона прямой L' к оси $O\xi$, $a = \operatorname{Re} \kappa$, $b = \operatorname{Im} \kappa$.

Перейдём на плоскость $\zeta_1 = \xi_1 + i\eta_1$, используя конформное преобразование поворота на угол ϑ_0 против часовой стрелки

$$\zeta_1 = \zeta e^{-i\vartheta_0} \quad (\zeta = \zeta_1 e^{i\vartheta_0}). \quad (2.4)$$

Граница L' (2.3) на плоскости ζ_1 совпадёт с осью $O\xi_1$. Граничное условие (1.3) примет вид:

$$\varphi^+(\zeta_1, t) = \operatorname{const}, \quad \zeta_1 \in L'. \quad (2.5)$$

Используя преобразования (2.1) и (2.4), запишем условия (1.4) – (1.7) на плоскости ζ_1 :

$$\mu_1 \varphi^+(\zeta_1, t) = \mu_2 \varphi^-(\zeta_1, t), \quad (2.6)$$

$$\psi^+(\zeta_1, t) = \psi^-(\zeta_1, t), \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t,$$

$$\varphi(\zeta_1, t) = O(|\zeta_1|^{-1}), \quad |\nabla \varphi(\zeta_1, t)| = O(|\zeta_1|^{-2}) \quad \text{при } |\zeta_1| \rightarrow \infty. \quad (2.7)$$

$$\zeta_1 = \zeta_1(t, s) \quad (\xi_1 = \xi_1(t, s), \quad \eta_1 = \eta_1(t, s)), \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t \quad (2.8)$$

$$\zeta_{10} = \zeta_1(0, s) \quad (\xi_{10} = \xi_1(0, s), \quad \eta_{10} = \eta_1(0, s)), \\ \zeta_{10} \in \Gamma'_0 \quad (2.9)$$

где Γ'_t и Γ'_0 – образы границ Γ_t и Γ_0 .

Дифференциальное уравнение движения границы Γ_t (1.8) в плоскости ζ_1 примет вид

$$\frac{d\zeta_1}{dt} = J \frac{v_1^+(\zeta_1, t) + v_1^-(\zeta_1, t)}{2}, \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t \quad (2.10)$$

Здесь $v_1^\pm(\zeta_1, t)$ – предельные значения комплексной скорости фильтрации $v_1(\zeta_1, t)$, которую согласно уравнениям (2.2) запишем в виде

$$v_1(\zeta_1, t) = 2 \left[\sqrt{K_s} - i \sqrt{K_a} \right] \frac{\partial \phi(\zeta_1, t)}{\partial \bar{\zeta}_1} = -2i \frac{\partial \psi(\zeta_1, t)}{\partial \bar{\zeta}_1}, \quad (2.11)$$

где $2\partial/\partial\bar{\zeta}_1 = \partial/\partial\xi_1 + i\partial/\partial\eta_1$.

Введём на плоскости ζ_1 комплексный потенциал течения

$$W(\zeta_1, t) = \phi(\zeta_1, t) + i \frac{\psi(\zeta_1, t)}{P}, \quad (2.12)$$

где $P = \sqrt{K_s} - i \sqrt{K_a}$ – комплексная постоянная. Функция $W(\zeta_1, t)$ – аналитическая в области D' за исключением особых точек.

Учтём особые точки течения и представим комплексный потенциал (2.12) в виде

$$W(\zeta_1, t) = W_0(\zeta_1, t) + W_*(\zeta_1, t). \quad (2.13)$$

Здесь $W_0(\zeta_1, t) = \phi_0(\zeta_1, t) + i\psi_0(\zeta_1, t)/P$ – заданный комплексный потенциал, который описывает течение в верхней полуплоскости плоскости ζ_1 ($\eta_1 > 0$) жидкости вязкости $\mu = 1$ и плотности $\rho = 1$ в слое с тензором проницаемости K , $W_*(\zeta_1, t) = \phi_*(\zeta_1, t) + i\psi_*(\zeta_1, t)/P$ – комплексный потенциал возмущений, обусловленных различием физических свойств жидкостей. Для $W_0(\zeta_1, t)$ выполняется граничное условие (2.5). Источники (стоки) течения моделируют изолированными особыми точками $W_0(\zeta_1, t)$, которые располагаются произвольно и могут включать бесконечно удалённую точку плоскости ζ [2].

Используя формулу (2.13), запишем условия (2.5) и (2.6) для функций $\phi_*(\zeta_1, t)$, $\psi_*(\zeta_1, t)$:

$$\phi_*(\zeta_1, t) = \text{const}, \quad \zeta_1 \in L', \quad (2.14)$$

$$\mu_1 \phi_*(\zeta_1, t) - \mu_2 \phi_*(\zeta_1, t) = (\mu_2 - \mu_1) \phi_0(\zeta_1, t), \quad (2.15)$$

$$\psi_*(\zeta_1, t) = \psi_*(\zeta_1, t), \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t.$$

Если область D' имеет бесконечно удалённую точку, то комплексный потенциал возмущений $W_*(\zeta_1, t)$ не содержит там особых точек (заданные особые точки течения входят в $W_0(\zeta_1, t)$). Поэтому для $\phi_*(\zeta_1, t)$ должно выполняться условие регулярности (2.4)

$$\phi_*(\zeta_1, t) = O(|\zeta_1|^{-1}), \quad |\nabla \phi_*(\zeta_1, t)| = O(|\zeta_1|^{-2}) \\ \text{при } |\zeta_1| \rightarrow \infty. \quad (2.16)$$

Представим скорость $v_1(\zeta_1, t)$ согласно (2.13) в виде

$$v_1(\zeta_1, t) = v_{10}(\zeta_1, t) + v_{1*}(\zeta_1, t), \quad (2.17)$$

где $v_{10}(\zeta_1, t)$ и $v_{1*}(\zeta_1, t)$ выражаются через функции $\phi_0(\zeta_1, t)$, $\psi_0(\zeta_1, t)$ и $\phi_*(\zeta_1, t)$, $\psi_*(\zeta_1, t)$ по формуле (2.11). Учитывая, что предельные значения $v_{10}^\pm(\zeta_1, t) \equiv v_{10}(\zeta_1, t)$, $\zeta_1 \in \Gamma'_t$, уравнение (2.10) запишем в виде

$$\frac{d\zeta_1}{dt} = J v_{10}(\zeta_1, t) + J \frac{v_{1*}^+(\zeta_1, t) + v_{1*}^-(\zeta_1, t)}{2}, \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t. \quad (2.18)$$

Исследование задачи на вспомогательной плоскости ζ_1 сводится к интегрированию дифференциального уравнения движения границы (2.18) с начальным условием (2.9). При этом для нахождения скорости возмущения необходимо отыскать комплексный потенциал возмущений $W_*(\zeta_1, t)$ (функции $\phi_*(\zeta_1, t)$, $\psi_*(\zeta_1, t)$), который удовлетворяет уравнениям (2.11) и условиям (2.14)–(2.16). По найденному уравнению границы Γ'_t на вспомогательной плоскости ζ_1 (2.8) определяем её положение на физической плоскости z , используя преобразования (2.1) и (2.4).

3. Сведение задачи к решению системы уравнений

Полагаем, что в каждый момент времени $t \geq 0$ граница раздела жидкостей Γ_t является простой (без самопересечений) гладкой кривой. Следуя [3], комплексный потенциал возмущений $W_*(\zeta_1, t)$ представим обобщённым интегралом типа Коши по гладкой кривой Γ'_t

$$W_*(\zeta_1, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma'_t} \Omega_1(\zeta_1, \tau) f(\tau, t) d\tau - \\ - \Omega_2(\zeta_1, \tau) \bar{f}(\tau, t) d\bar{\tau}, \quad \zeta_1 \in D' \quad (3.1)$$

где $\Omega_1(\zeta_1, \tau) = -1/(\zeta_1 - \tau)$, $\Omega_2(\zeta_1, \tau) = -\bar{P}/[P(\zeta_1 - \bar{\tau})]$, $f(\tau, t)$ – вещественная, непрерывная функция. Продолжив непрерывно комплексный потенциал (3.1) на кривую Γ'_t , получим его предельные значения

$$W_*^\pm(\zeta_1, t) = W_*(\zeta_1, t) \pm \frac{f(\zeta_1, t)}{2}, \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t, \quad (3.2)$$

где интеграл понимается в смысле главного значения по Коши.

Функция (3.1) удовлетворяет условию в бесконечности (2.16) и условию (2.14) на контуре питания. Подставив предельные значения (3.2) в граничные условия (2.15), получим, что второе из условий выполняется, а из первого имеем интегральное уравнение для функции $f(\zeta_1, t)$

$$f(\zeta_1, t) - \frac{\lambda}{\pi} \int_{\Gamma'_t} f(\tau, t) \Omega(\tau, \zeta_1) d\ell_\tau = 2\lambda \phi_0(\zeta_1, t), \\ \zeta_1 \in \Gamma'_t, \quad (3.3)$$

где параметр $\lambda = (\mu_2 - \mu_1)/(\mu_2 + \mu_1)$, $\lambda \in (-1, 1)$,

$$\Omega(\tau, \zeta_1) = \\ = \frac{\partial}{\partial \ell_\tau} \left[\arg(\tau - \zeta_1) - \arg(\bar{\tau} - \zeta_1) - \frac{\sqrt{K_a}}{\sqrt{K_s}} \ln \left| \frac{\tau - \zeta_1}{\bar{\tau} - \zeta_1} \right| \right].$$

Используя формулу (2.11) и выражение (3.1), находим сопряжённую скорость возмущения и её предельные значения [2]

$$\begin{aligned} \bar{v}_{1*}(\zeta_1, t) &= \frac{|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \int_{\Gamma'_t} \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \tau} \Omega_1(\zeta_1, \tau) d\tau - \\ &- \frac{\partial \bar{f}(\tau, t)}{\partial \tau} \Omega_2(\zeta_1, \tau) d\bar{\tau}, \quad \zeta_1 \in D', \\ \bar{v}_{1*}^\pm(\zeta_1, t) &= \bar{v}_{1*}(\zeta_1, t) \pm \frac{|K|}{\sqrt{|K_s|}} \frac{\partial f(\zeta_1, t)}{\partial \zeta_1}, \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Подставляя значения (3.4) в уравнение (2.18), получаем два вещественных дифференциальных уравнения движения границы Γ'_t на вспомогательной плоскости ζ_1 :

$$\begin{aligned} \frac{d\xi_1}{dt} &= Jv_{10\xi} + \frac{J|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \int_{\Gamma'_t} \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \ell_\tau} V_{*\xi}(\tau, \zeta_1) d\ell_\tau, \\ \frac{d\eta_1}{dt} &= Jv_{10\eta} + \frac{J|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \int_{\Gamma'_t} \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \ell_\tau} V_{*\eta}(\tau, \zeta_1) d\ell_\tau, \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\zeta_1 = \xi_1 + i\eta_1 \in \Gamma'_t.$$

Здесь $v_{10}(\zeta_1, t) = v_{10\xi}(\xi_1, \eta_1, t) + iv_{10\eta}(\xi_1, \eta_1, t)$ – невозмущённое поле скоростей потенциала W_0 , функции $V_{*\xi}(\tau, \zeta_1)$ и $V_{*\eta}(\tau, \zeta_1)$ имеют вид:

$$\begin{aligned} V_{*\xi}(\tau, \zeta_1) &= V_{1*} \cos \alpha - V_{2*} \sin \alpha, \\ V_{*\eta}(\tau, \zeta_1) &= V_{1*} \sin \alpha + V_{2*} \cos \alpha, \\ V_{1*} &= \frac{\partial \arg(\tau - \zeta_1)}{\partial \ell_\tau} - \frac{|K_s| - |K_a|}{|K|} \frac{\partial \arg(\bar{\tau} - \zeta_1)}{\partial \ell_\tau} - \\ &- \frac{2\sqrt{|K_s|}\sqrt{|K_a|}}{|K|} \frac{\partial \ln|\bar{\tau} - \zeta_1|}{\partial \ell_\tau}, \\ V_{2*} &= \frac{\partial \ln|\tau - \zeta_1|}{\partial \ell_\tau} - \frac{|K_s| - |K_a|}{|K|} \frac{\partial \ln|\bar{\tau} - \zeta_1|}{\partial \ell_\tau} + \\ &+ \frac{2\sqrt{|K_s|}\sqrt{|K_a|}}{|K|} \frac{\partial \arg(\bar{\tau} - \zeta_1)}{\partial \ell_\tau}, \end{aligned}$$

α – угол между ортом касательной к Γ'_t и осью $O\xi_1$.

Таким образом, исследование задачи эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей сводится к решению системы уравнений (3.3), (3.5) при начальных условиях (2.9).

4. Численное решение задачи

Решим систему уравнений (3.3), (3.5) численно на основе метода дискретных особенностей [4]. Считаем, что положение границы Γ'_t в каждый момент времени t_p , $p = 0, 1, \dots$ задаётся множеством точек ζ_{li}^p , $i = 1, 2, \dots, m$, координаты которых обозначим $E_{li}^p = \{\xi_{li}^p, \eta_{li}^p, i = 1, 2, \dots, m\}$. Тогда начальное условие (2.9) примет вид

$$\Gamma'_0 = \{\xi_{li}^0, \eta_{li}^0, i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (4.1)$$

При этом точки ζ_{li}^0 , $i = 1, 2, \dots, m$ разбивают границу Γ'_0 равномерно по длине на m частей.

Запишем интегральное уравнение (3.3) в момент

времени t_p в каждой точке ζ_{li}^p , $i = 1, 2, \dots, m$:

$$\begin{aligned} f(\zeta_{li}^p, t_p) - \frac{\lambda}{\pi} \int_{\Gamma'_t} f(\tau, t_p) \Omega(\tau, \zeta_{li}^p) d\ell_\tau = \\ = 2\lambda\varphi_0(\zeta_{li}^p, t_p), \quad \zeta_{li}^p \in E_{li}^p. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Интеграл в (4.2) понимают в смысле главного значения по Коши. Вычислим этот интеграл по формуле прямоугольников, но из интегральной суммы выбросим точку, в которой записывается уравнение (4.2). Получаем систему линейных алгебраических уравнений

$$f_i^p - \frac{\lambda}{\pi} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m f_j^p \Omega_{ij} = 2\lambda\varphi_{0i}^p, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (4.3)$$

Здесь $f_i^p = f(\zeta_{li}^p, t_p)$, $\varphi_{0i}^p = \varphi_0(\zeta_{li}^p, t_p)$,

$$\begin{aligned} \Omega_{ij} = \left(-V_{1\eta_{ij}} - \frac{\sqrt{|K_a|}}{\sqrt{|K_s|}} V_{1\xi_{ij}} + V_{1\eta_{ij}}^* + \frac{\sqrt{|K_a|}}{\sqrt{|K_s|}} V_{1\xi_{ij}}^* \right) \frac{\xi_{j+1}^p - \xi_{j-1}^p}{2} + \\ + \left(V_{1\xi_{ij}} - \frac{\sqrt{|K_a|}}{\sqrt{|K_s|}} V_{1\eta_{ij}} - V_{1\xi_{ij}}^* + \frac{\sqrt{|K_a|}}{\sqrt{|K_s|}} V_{1\eta_{ij}}^* \right) \frac{\eta_{j+1}^p - \eta_{j-1}^p}{2}, \end{aligned}$$

$$V_{1\xi_{ij}} = \frac{\xi_{1j}^p - \xi_{li}^p}{(\xi_{1j}^p - \xi_{li}^p)^2 + (\eta_{1j}^p - \eta_{li}^p)^2},$$

$$V_{1\eta_{ij}} = \frac{\eta_{1j}^p - \eta_{li}^p}{(\xi_{1j}^p - \xi_{li}^p)^2 + (\eta_{1j}^p - \eta_{li}^p)^2},$$

$$V_{1\xi_{ij}}^* = \frac{\xi_{1j}^p - \xi_{li}^p}{(\xi_{1j}^p - \xi_{li}^p)^2 + (\eta_{1j}^p + \eta_{li}^p)^2},$$

$$V_{1\eta_{ij}}^* = \frac{\eta_{1j}^p + \eta_{li}^p}{(\xi_{1j}^p - \xi_{li}^p)^2 + (\eta_{1j}^p + \eta_{li}^p)^2}.$$

Так как кривая Γ'_t замкнута, то $\zeta_{10}^p \equiv \zeta_{1m}^p$, $\xi_{11}^p \equiv \xi_{1m+1}^p$.

В уравнениях (3.6) интегралы понимают в смысле главного значения по Коши. Поэтому дифференциальные уравнения движения границы аппроксимируем следующим образом:

$$\frac{\xi_{li}^{p+1} - \xi_{li}^p}{\Delta t_{p+1}} = Jv_{10\xi_i}^p + \frac{J|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m V_{*\xi_{ij}} (f_{j+1}^p - f_{j-1}^p)/2,$$

$$\frac{\eta_{li}^{p+1} - \eta_{li}^p}{\Delta t_{p+1}} = Jv_{10\eta_i}^p + \frac{J|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m V_{*\eta_{ij}} (f_{j+1}^p - f_{j-1}^p)/2,$$

$$i = 1, 2, \dots, m. \quad (4.4)$$

Здесь $\Delta t_{p+1} = t_{p+1} - t_p$, $v_{10\xi_i}^p = v_{10\xi}(\zeta_{li}^p, t_p)$,

$$v_{10\eta_i}^p = v_{10\eta}(\zeta_{li}^p, t_p), \quad V_{*\xi_{ij}} = V_{*\xi}(\zeta_{1j}^p, \zeta_{li}^p),$$

$$V_{*\eta_{ij}} = V_{*\eta}(\zeta_{1j}^p, \zeta_{li}^p).$$

Совместно решив уравнения (4.3) и (4.4) при $p = 0$, находим положение границы Γ'_t в момент

времени t_1 . Повторяя предложенный алгоритм для $p = 1, 2, \dots$, находим положение границы Γ'_i в последующие моменты времени t_p .

При движении границы Γ'_i нарушается равномерность её разбиения по длине. Поэтому необходимо на каждом шаге по времени интерполировать положение подвижной границы и снова разбивать её равномерно по длине. Для интерполяции можно использовать линейные сплайны.

5. Эволюция границы раздела жидкостей к скважине

Исследуем эволюцию границы раздела жидкостей к скважине. Пусть на физической плоскости z эксплуатационная скважина дебита q расположена на расстоянии d от границы L в точке $z_c = id$ (рис. 1). Её работу моделируем точечным стоком мощности $-q$ (q – модуль мощности). Контур скважины представляет собой окружность малого радиуса R_c с центром в точке расположения стока.

Рассмотрим случай, когда граница Γ_0 – окружность радиуса d , центр которой находится в точке расположения скважины. Уравнение окружности $x^2 + (y-d)^2 = d^2$. На вспомогательной плоскости ζ_1 граница Γ'_0 – эллипс.

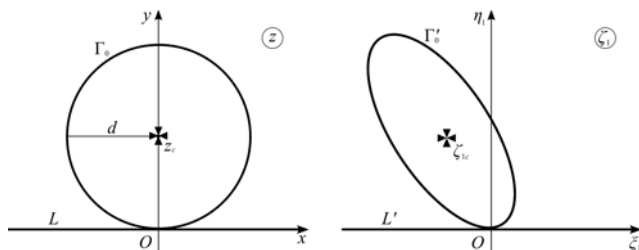


Рис. 1. Постановка задачи.

Используя теорему сопряжения на прямой [1], имеем невозмущённый обобщённый потенциал течения

$$\varphi_0 = -\frac{q}{2\pi\sqrt{|K_s|}} (\ln|\zeta_1 - \zeta_{1c}| - \ln|\zeta_1 - \bar{\zeta}_{1c}|).$$

Здесь $\zeta_{1c} = \xi_{1c} + i\eta_{1c}$ – точка расположения скважины на вспомогательной плоскости ζ_1 .

В работах [5, 7] исследована плоскопараллельная эволюция границы раздела «разноцветных» жидкостей к эксплуатационной скважине. В работе [6] изучена эволюция границы раздела жидкостей различных вязкостей в безграничной анизотропной пористой среде. Так при отсутствии границы L первой до скважины дойдёт частица границы Γ'_0 , ближайшая к точке расположения стока. В этом случае для модели «разноцветных» жидкостей ($\lambda = 0$) время T достижения границей Γ'_i скважины определяется формулой [7]

$$T = \frac{1 - |\kappa|}{1 + |\kappa|} T_0,$$

где $T_0 = \pi d^2/q$ – время достижения скважины в случае изотропного грунта ($K_{11} = K_{22} = 1$, $K_{12} = K_{21} = 0$) и

$R_c \ll d$.

На рис. 2 показаны зависимости времени T от параметра $\beta = K_{22}/K_{11}$ для значений параметра $\lambda = 0; \pm 0,5$. Численные расчёты проводились при условии, что $K_{12} = K_{21} = 0$. В качестве характерного времени выбрано время T_0 ($d = 1$, $q = \pi$). При расчётах полагали $K_{11} = 1$, $n = 400$, $\Delta t = 0,001$, $R_c = 0,01$. Видим, что практически для всех значений параметра β , если $\mu_2 > \mu_1$ ($\lambda > 0$), то время T уменьшается, а при $\mu_2 < \mu_1$ ($\lambda < 0$) – увеличивается по сравнению со случаем «разноцветных» жидкостей ($\lambda = 0$).

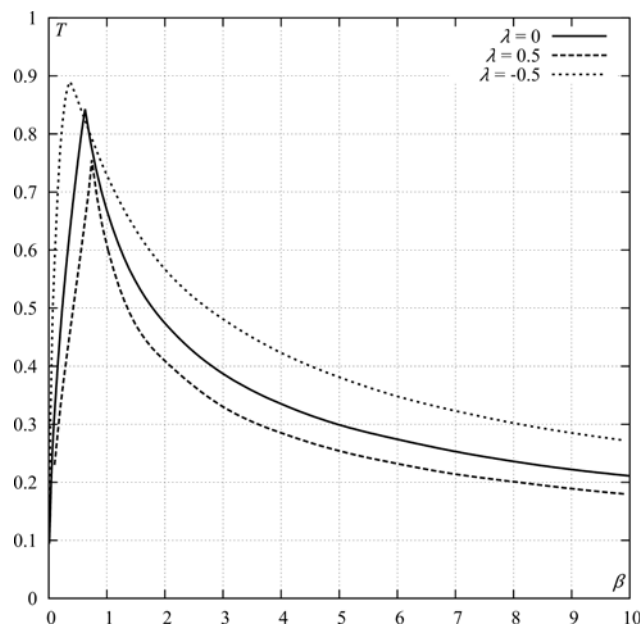


Рис. 2. Зависимость времени T от параметра β .

Кривые $T(\beta)$ имеют максимум при значениях $\beta < 1$. Появление максимума связано с изменением направления прорыва жидкости к скважине. При малых значениях параметра β прорыв жидкости к скважине происходит вдоль оси Ox , а при больших – вдоль оси Oy . Максимум на графике соответствует изменению направления прорыва.

На рис. 3 показаны последовательные положения границы Γ_i через равные промежутки времени до момента достижения скважины при $\lambda = 0,5$. Параметр $\beta = 0,74$, что соответствует максимальному значению времени $T = 0,755$. Видим, что прорыв жидкости к скважине происходит как вдоль оси Ox , так и вдоль оси Oy со стороны контура питания. На рис. 4 показана эволюция границы Γ_i при $\lambda = -0,5$ и $\beta = 0,37$. В этом случае максимальное значение времени $T = 0,890$ и прорыв происходит со стороны контура питания.

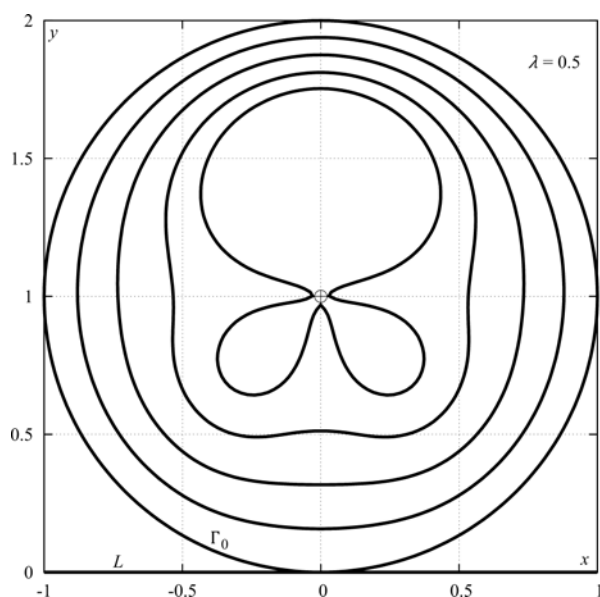


Рис. 3. Эволюция границы раздела жидкостей к скважине при $\lambda = 0,5$.

Предложенный метод позволяет исследовать эволюцию произвольной границы раздела жидкостей различных вязкостей в анизотропном однородном слое пористой среды, ограниченном прямолинейным

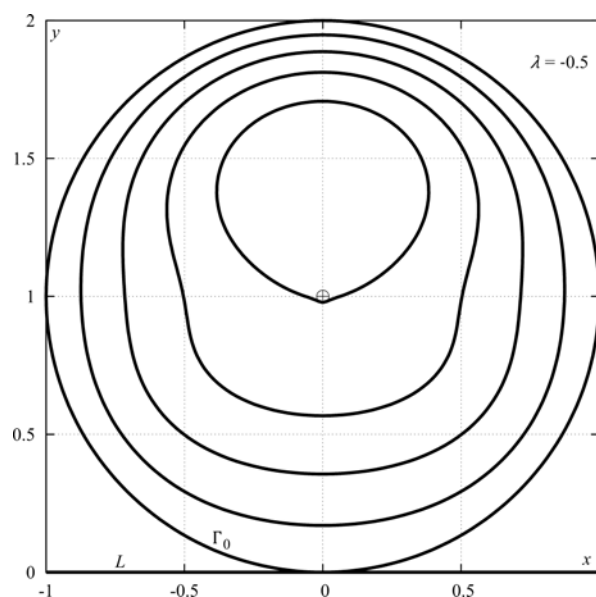


Рис. 4. Эволюция границы раздела жидкостей к скважине при $\lambda = -0,5$.

контуром питания. Задача допускает несколько обобщений. Так жидкости могут различаться не только вязкостью, но и плотностью [2, 8]. Область фильтрации может ограничивать прямолинейная непроницаемая граница [5].

Библиографический список

1. Пивень В.Ф. Исследование граничных задач плоскопараллельных течений жидкости в анизотропной пористой среде // Дифференциальные уравнения, 2009. Т. 45, № 9. С. 1286-1297.
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». Орёл: ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2009. Вып. 7. С. 81-91.
3. Пивень В.Ф. Обобщенный сингулярный интеграл Коши для граничных задач двумерных течений в анизотропно-неоднородном слое пористой среды // Дифференциальные уравнения, 2012. Т. 48, № 9. С. 1292-1307.
4. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. М.: ТОО «Янус», 1995. 520 с.
5. Федяев Ю.С. Исследование эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в ограниченном анизотропном однородном слое пористой среды // Ученые записки Орловского государственного университета, 2012. № 6 (50). Часть I. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. С. 195-198.
6. Федяев Ю.С. Исследование плоскопараллельной эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей в анизотропной однородной пористой среде // Ученые записки Орловского государственного университета, 2010. № 4 (38). Серия: Естественные, технические и медицинские науки. С. 31-39.
7. Пивень В.Ф., Федяев Ю.С. Математическое моделирование эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды // Ученые записки Орловского государственного университета, 2010. № 2 (36). Серия: Естественные, технические и медицинские науки. С. 49-55.
8. Федяев Ю.С. Математическое моделирование эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей и плотностей в однородном анизотропном слое пористой среды // Ученые записки Орловского государственного университета, 2011. № 3 (41). Серия: Естественные, технические и медицинские науки. С. 90-97.

References

1. Piven' V.F. Investigation of boundary value problems for plane-parallel fluid flows in an anisotropic porous medium // Differential Equations, 2009, Vol. 45, No. 9, pp. 1313-1325.
2. Piven' V.F. Two-dimensional problem of the evolution of a fluid interface in an anisotropic porous medium layer. Proc. Ind. School-Sem. "Methods of Discrete Singularities in Problems of Mathematical Physics". Orel: Orel State University, 2008, no. 7, pp. 81-91.
3. Piven' V.F. Generalized Cauchy singular integral for the boundary values of two-dimensional flows in an anisotropic-inhomogeneous layer of a porous medium // Differential Equations, 2012, Vol. 48, No. 9, pp. 1272-1287.
4. Lifanov I.K. The method of singular integral equations and numerical experiment. Moscow: Yanus, 1995. 520 P.

5. Fedyaev Y.S. Evolution of boundary surface between «multicoloured» fluids in bounded anisotropic homogeneous layer of a porous medium // Scientific notes of Orel State University, 2012, No. 6 (50), Part I, pp. 195-198.
6. Fedyaev 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, 2010, No. 4 (38), pp. 31-39.
7. Piven' V.F., Fedyaev Y.S. Mathematical modelling of evolution of the boundary surface of «multi-coloured» fluids in the anisotropic uniform stratum of the porous medium // Scientific notes of Orel State University, 2010, No. 2 (36), pp. 49-55.
8. Fedyaev 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, 2011, No. 3 (41), pp. 90-97.

УДК 621.391

UDC 621.391

А.П. ФИСУН

доктор технических наук, профессор кафедры административного и муниципального права Орловского государственного университета

E-mail: fisun01@pisem.n

В.Е. ФИСЕНКО

кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем Госуниверситета – УНПК, г. Орел

E-mail: fisenko_v@mail.ru

A.P. FISUN

Doctor of technical sciences, professor, professor of chair «Administrative and municipal right», Orel State University

E-mail: fisun01@pisem.net

V.E. FISENKO

candidate of technical sciences, associate professor of chair «Information systems». the state university – aneducational-research-and-production complex, Orel

E-mail: fisenko_v@mail.ru

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СТРУКТУР РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ ОБМЕНА ДАННЫХ

THE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF METHODS OF THE ANALYSIS OF STRUCTURES OF THE DISTRIBUTED SYSTEMS OF DATA EXCHANGE

В статье предлагаются новые перспективные направления развития методологии анализа и синтеза распределенных систем обмена данных (PCOD) на основе способа, давно известного и применяемого в математике, – размена вычислительной сложности на точность измерений. Данный подход позволяет перейти непосредственно к разработке на его основе новых методов оценки надежности PCOD с уменьшенной вычислительной сложностью.

Ключевые слова: распределенные системы обмена данных, информационное направление, надежность, надежность информационного направления.

In the article new perspective directions of development of methodology of the analysis and synthesis of the distributed systems of data exchange (DSDE) on the basis of a way for a long time known and applied in the mathematician, namely, exchange of computing complexity on accuracy of measurements are offered. The given approach allows to pass directly to development on its basis of new methods of an estimation of reliability DSDE with the reduced computing complexity.

Keywords: the distributed systems of data exchange, an information direction, reliability, reliability of an information direction.

Проведенный анализ [1-5] состояния методологии анализа и синтеза PCOD показал актуальную необходимость ее дальнейшего развития и, в первую очередь, по разработке методов оценки надежности информационных направлений, частично коммутируемых и коммутируемых PCOD в реальном масштабе времени.

Анализ известных методов расчета надежности

PCOD [1,2] показывает, что применение их для оценки надежности PCOD в реальном масштабе времени является практически невыполнимой задачей из-за большого числа элементов, составляющих PCOD, показатели надежности которых непосредственно используются при проведении расчетов. К таким элементам, по которым производится оценка надежности PCOD, в первую очередь относятся:

- пути передачи информации, составляющие информационное направление РСОД;
- ребра, составляющие пути передачи информации в информационном направлении РСОД;
- сечения информационного направления, по которым осуществляется передача информации РСОД;
- ребра, составляющие сечения информационного направления РСОД, по которым осуществляется передача информации.

При увеличении размерности РСОД количество этих элементов резко возрастает, что в конечном итоге и не позволяет использовать известные методы расчета [3,4] для оценки надежности РСОД в реальном масштабе времени.

Таким образом, для достижения цели, поставленной в диссертационном исследовании, необходима новая концепция анализа надежности РСОД

На основе проведенного анализа состояния методологии оценки надежности РСОД и предлагаются два основных перспективных направления развития методологии анализа и синтеза РСОД, а именно:

- направление, развивающее методологию анализа и синтеза РСОД в области методологии оценки надежности частично коммутируемых РСОД реального времени;
- направление, развивающее методологию анализа и синтеза РСОД в области методологии оценки надежности коммутируемых РСОД реального времени.

Из [1,4] известно, например, что рост количества ребер в сечении информационного направления коммутируемой РСОД с увеличением его ранга происходит по логарифмическому закону, что и объясняет невозможность применения существующих методов оценки показателей надежности на коммутируемых сетях большого масштаба, из-за стремительного роста вычислительной сложности данных методов (для многих методов также по логарифмическому закону). Поэтому основным требованием к разрабатываемым методам оценки показателей надежности на частично коммутируемых и коммутируемых сетях большого масштаба является минимальный рост их вычислительной сложности при значительном увеличении масштабов оцениваемой сети. Наилучшим вариантом было бы достижение полной независимости вычислительной сложности новых методов от размерности РСОД.

Из вышесказанного вытекает, что вычислительную сложность процесса оценки надежности информационного направления РСОД по сравнению с классическими методами можно уменьшить на основе следующих подходов:

- уменьшением количества путей передачи информации, составляющих информационное направление, которые используются при оценке надежности информационного направления РСОД;
- уменьшением количества ребер, составляющих пути передачи информации в информационном направлении, которые используются при оценке на-

дежности информационного направления РСОД;

- уменьшением количества сечений информационного направления, по которым осуществляется передача информации и которые используются при оценке надежности информационного направления РСОД;

- уменьшением количества ребер, составляющих сечения информационного направления, по которым осуществляется передача информации и которые используются при оценке надежности информационного направления РСОД.

Однако возможно ли использование данных подходов при разработке новых методов оценки показателей надежности на частично коммутируемых и коммутируемых РСОД в реальном масштабе времени?

При анализе и синтезе РСОД с целью разработки новых подходов к оценке их надежности, как показано в [1,3,5], к числу наиболее важных и ответственных элементов их проведения относится математическое моделирование самих РСОД. Процесс выбора математической модели объекта заканчивается ее предварительным контролем. При этом осуществляются следующие виды контроля: размерностей; порядков, характера зависимостей, экстремальных ситуаций, граничных условий, математической замкнутости, физического смысла, устойчивости модели.

Контроль физического смысла сводится к проверке физического содержания промежуточных соотношений, используемых при построении математической модели.

Контроль порядков направлен на упрощение модели. При этом определяются порядки складываемых величин и явно малозначительные слагаемые отбрасываются.

Контроль характера зависимостей сводится к проверке направления и скорости изменения одних величин при изменении других. Направления и скорость, вытекающие из математической модели, должны соответствовать физическому смыслу задачи.

Контроль экстремальных ситуаций сводится к проверке наглядного смысла решения при приближении параметров модели к нулю или бесконечности.

Контроль граничных условий состоит в том, что проверяется соответствие математической модели граничным условиям, вытекающим из смысла задачи. При этом проверяется, действительно ли граничные условия поставлены и учтены при построении искомой функции и что эта функция на самом деле удовлетворяет таким условиям.

Контроль математической замкнутости сводится к проверке того, что математическая модель дает однозначное решение.

Контроль устойчивости модели состоит в проверке того, что варьирование исходных данных в рамках имеющихся данных о реальном объекте не приведет к существенному изменению решения.

Контроль размерностей сводится к проверке выполнения правила, согласно которому приравни-

ваться и складываться могут только величины одинаковой размерности.

При этом контроле определяются порядки складываемых величин и явно малозначительные слагаемые должны отбрасываться.

Вклад в повышение надежности информационного направления РСОД каждого дополнительно включаемого в него пути с увеличением числа путей резко уменьшается, и на каком-то этапе становится несоизмеримым с вкладом в надежность первых путей информационного направления [1-2]. То есть, в соответствии с требованиями предварительного контроля, а именно контроля порядков, эти явно малозначительные слагаемые должны отбрасываться. Необходимо учесть также и то, что в подавляющем большинстве случаев при выборе метода исследования руководствуются принципом соответствия внешнего и внутреннего правдоподобия, аналогичным известному правилу приближенных вычислений: степень точности вычислений должна соответствовать степени точности исходных данных.

Разработка моделей в основном опирается на аксиоматические методы [1,4]. Блок аксиом формируется на основе объективных законов, определяющих форму и тип связи между элементами РСОД. В этом отношении выбирается наиболее простой тип логической связи, проявляющийся при любых условиях функционирования РСОД, как внутренних, так и внешних. В отдельных случаях, для расширения области исследования, при формировании аксиом используется более слабый тип отношений, проявляющихся в форме закономерностей.

Предполагается, что рассчитывая надежность информационного направления с учетом всех составляющих его путей, мы получаем точный результат, однако такое предположение является справедливым лишь в случае, когда при расчетах используются точные исходные данные. Такие случаи в реальных РСОД практически не встречаются, так как сами исходные данные (например, коэффициент исправного действия канала КИД) определяются и фиксируются с точностью до 0,01. С этой же точностью задаются и требования к системе связи [1,2,5].

Сформулируем эти сведения в виде следующих аксиом.

Аксиома 1. Для получения точных результатов при расчетах надежности информационных направлений РСОД необходимо учитывать все составляющие их пути, ребра и сечения при использовании абсолютно точных исходных данных.

Аксиома 2. Абсолютно точные исходные данные по надежности составляющих их путей, сечений и ребер для реальных сетей связи практически не встречаются, а определены с заданной точностью (например, с точностью до 0,01).

Аксиома 3. С указанной в аксиоме 2 точностью задаются и требования к информационным направлениям РСОД.

Таким образом, вклад в повышение надежно-

сти информационного направления РСОД каждого дополнительно включаемого в него пути (сечения, ребра) с увеличением числа путей (сечений, ребер) резко уменьшается и на каком-то этапе становится сначала соизмеримым, а затем значительно меньше требований, предъявляемых к точности как исходных данных, так и параметров РСОД.

На основании этих аксиом можно сделать вывод – при расчете показателей надежности информационных направлений с учетом всех составляющих их путей и сечений точность получаемых результатов превышает не только точность исходных данных, но и требуемую точность результатов. На этом основании представляется возможным такие пути (сечения), уже не оказывающие влияния на требуемую точность результатов, из расчетов исключить. То есть, за счет уменьшения точности результатов расчета показателей надежности информационных направлений РСОД, но не ниже требуемой (заданной), можно уменьшить количество путей, по которым производится расчет, что в свою очередь ведет к снижению вычислительной сложности этой задачи. Применение высокоточных методов поиска такого экстремума нерационально. Громоздкие точные вычисления в этом случае создают лишь иллюзию точности, причем достаточно дорогостоящую. Все это и позволило предложить авторам новую концепцию оценки надежности РСОД, основанную на способе, давно известном и применяемом в математике, а именно размена вычислительной сложности на точность измерений [1,4].

Предложенная концепция оценки надежности РСОД не только не противоречит высказанным выше подходам к путям снижения вычислительной сложности процесса оценки надежности информационных направлений РСОД, но и позволяет их достичь, а именно:

- уменьшать количество путей передачи информации, составляющих информационное направление РСОД, которые используются при оценке надежности информационного направления;
- уменьшать количество ребер, составляющие пути передачи информации в информационном направлении РСОД, которые используются при оценке надежности информационного направления;
- уменьшать количество сечений информационных направлений РСОД, по которым осуществляется передача информации и которые используются при оценке надежности информационных направлений;
- уменьшать количество ребер, составляющие сечения информационных направлений РСОД, по которым осуществляется передача информации и которые используются при оценке надежности информационных направлений.

Пути и сечения, обеспечивающие расчет надежности информационных направлений РСОД с точностью не ниже требуемой, будем называть приоритетными. Для использования в дальнейшем авторами даны следующие определения приоритетных

путей и приоритетных сечений.

Определение 1. Приоритетными путями называются пути, обеспечивающие расчет надежности информационных направлений частично коммутируемой РСОД с точностью не ниже требуемой.

Определение 2. Приоритетными сечениями называются сечения информационных направлений коммутируемой РСОД, обеспечивающие расчет их надежности с точностью не ниже требуемой.

Таким образом, в теорию надежности введены новые базовые понятия – приоритетные пути и приоритетные сечения. Эти понятия, в совокупности с предложенной выше концепцией оценки надежности РСОД, основанной на способе размена вычислительной сложности на точность измерений, и позволяют вплотную подойти к разработке новых методов оценки надежности, требующих значительно меньшего вычислительного ресурса, и применение которых позволит производить оценку надежности РСОД в реальном масштабе времени.

Для оценки надежности частично коммутируе-

мых РСОД в реальном масштабе времени и предлагается разработать метод приоритетных путей, а для коммутируемых РСОД – метод приоритетных сечений.

Решение задачи по разработке метода приоритетных путей будем основывать на предлагаемой гипотезе: "О возможности оценки надежности информационных направлений частично коммутируемых РСОД с требуемой точностью по их приоритетным путям".

Использование при расчетах из всего массива путей только приоритетных и предлагается положить в основу нового метода оценки надежности РСОД – метода оценки надежности частично коммутируемых РСОД по приоритетным путям (метода приоритетных путей).

Заключение. Проведенный анализ состояния методологии анализа и синтеза РСОД показывает актуальную необходимость ее дальнейшего развития и в первую очередь в направлении разработки методологии анализа и синтеза РСОД реального времени.

Библиографический список

1. Фисенко В.Е. Оценка надежности информационно-телекоммуникационных систем в реальном масштабе времени на основе приоритетных методов: монография / В.Е. Фисенко, А.П. Фисун, В.В. Митяев. Орел: ОГУ, 2007. 191 с.
2. Фисун А.П. Развитие методологических основ информатики и информационной безопасности систем: монография / А.П. Фисун, В.Е. Фисенко [и др.]; под ред. А.П. Фисуна; Орл. гос. ун-т. Орел, 2004. 252 с. Деп. в ВИНТИ 07.07.04, № 1165-B2004.
3. Фисун А.П. Новые подходы к снижению вычислительной сложности оценки надежности элементов частично коммутируемых ИТКС / В.Е. Фисенко, А.П. Фисун // Информационные системы и технологии. 2010. № 4 [60] июль-август. С. 134 – 137.
4. Фисенко В.Е. Математические аспекты снижения вычислительной сложности оценки надежности информационно-телекоммуникационных систем / В.Е. Фисенко // Социально-экономические и технические системы. 2008. Т.47, № 4. С. 28-32.
5. Фисенко В.Е. Новая концепция оценки надежности больших информационно-телекоммуникационных систем / В.Е. Фисенко // Изв. Тул. гос. ун-а. Серия «Вычислительная техника». Тула, 2006. Вып. 1. С. 161-165.

References

1. Fisenko V.E. The evaluation of reliability of information-telecommunication systems in real time on the basis of priority methods [Text]: the monograph / V.E.Fisenko, A.P.Fisun, V.V. Mityaev. – Orel: Orel state university, 2007. – 191 p.
2. Fisun A.P. The development of methodological bases of computer science and information safety of systems [Text]: the monograph / A.P.Fisun, V.E.Fisenko [etc.]; under the editorship of A.P.Fisun; Orel state university. –Orel, 2004. – 252 p. - It is deposited in VINITI 07.07.04, № 1165-V2004.
3. Fisun A.P. New approaches to decrease in computing complexity of an estimation of reliability of elements partially switched information-telecommunication systems [Text] / V.E.Fisenko, A.P.Fisun//Information systems and technologies. - 2010. - № July, 4th [60]. - Pp. 134 - 137.
4. Fisenko V.E. Mathematical aspects of decrease in computing complexity of an estimation of reliability of information-telecommunication systems [Text] / V.E.Fisenko//Social and economic and technical systems. - 2008. - Vol. 47, № 4. - Pp. 28-32.
5. Fisenko V. E. The new concept of an estimation of reliability of the big information-telecommunication systems [Text] / V.E.Fisenko// Bulletin of Tula state university. A series "Computer facilities". – Tula, 2006. – 1-st Ed. – Pp.161-165.

УДК 37+53

И.В. ХРИПУНОВ

сотрудник ЮСНИШ «Основы нанотехнологий»
Орловского государственного университета
E-mail: ivanzypher@yandex.ru

О.И. МАРКОВ

доктор физико-математических наук, доцент, про-
фессор кафедры физики Орловского государственного
университета
E-mail: O.I.Markov@mail.ru

Ю.В. ХРИПУНОВ

кандидат физико-математических наук, ст. преп.
кафедры физики Орловского государственного уни-
верситета
E-mail: Phyrexia@yandex.ru

UDC 37+53

I.V. HRIPUNOV

employee of YuSNISh of "Basis of nanotechnologies" Orel
state university
E-mail: ivanzypher@yandex.ru

O.I. MARKOV

doctor of physical and mathematical sciences, associate
professor of chair of physics, Orel state university
E-mail: O.I.Markov@mail.ru

Y.V. HRIPUNOV

candidate of physical and mathematical sciences, senior
teacher of chair of physics, Orel state university
E-mail: Phyrexia@yandex.ru

**О ПРОБЛЕМЕ ДОСТОВЕРНОСТИ И ОБОСНОВАННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ У УЧАЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ**
**ABOUT THE PROBLEM OF RELIABILITY AND VALIDITY OF RESULTS OF EXPERIMENTAL
RESEARCH AT PUPILS OF EDUCATIONAL SCHOOLS**

В статье рассказывается об опыте работы юношеской специализированной научно-исследовательской школы «Основы нанотехнологий» физико-математического факультета Орловского государственного университета. Приводятся основные сведения о плане работы школы и методические указания.

Ключевые слова: физика, нанотехнологии, поверхность, сканирующая зондовая микроскопия, юношеская специализированная научно-исследовательская школа, школьники, экспериментальные исследования.

The article deals with the experience of junior specialized research school "Bases of Nanotechnologies" of physical and mathematical faculty of Orel state university. The main data on the plan of work of school and methodical instructions are given.

Keywords: physics, nanotechnologies, a surface, scanning probe microscopy, junior specialized research school, school students, experimental research.

По некоторым оценкам, в ближайшее десятилетие потребность России в нанотехнологах составит не менее 30 тыс. человек ежегодно [1]. Именно поэтому возникла идея подготовки будущих специалистов на всех образовательных уровнях: от школы до вуза. «Стратегия развития nanoиндустрии» [2] предъявляет новые требования к системе образования в сфере нанотехнологий: «Образование в XXI веке должно стать по-настоящему доступным и непрерывным. Междисциплинарный подход будет постепенно приходить на смену отраслевому, что сформирует условия для подготовки специалистов с системным мышлением – лидеров, способных воспринимать нанотехнику как сплав индустрии, науки, экономики и духовной организации общества». Проблемам подготовки специалистов в области нанотехнологий посвящена данная работа.

Результаты проводимого Организацией экономического сотрудничества и развития (Organization for Economic Cooperation and Development) международного исследования PISA (Programme for International Student Assessment) 2006 и 2009 гг. показали низкий

уровень сформированности ряда важных умений у российских учащихся [3]:

- анализировать процессы проведения исследований;
- составлять прогнозы на основе имеющихся фактов;
- интерпретировать научные факты и данные исследований;
- выявлять научные факты и данные исследований, лежащие в основе доказательств и выводов;
- интерпретировать графическую информацию;
- проводить оценочные расчеты.

Поскольку в мире растет потребность в специалистах, способных решать нестандартные задачи, то в связи с этим все чаще для решения этой проблемы высказываются предложения о широком внедрении в учебный процесс так называемого исследовательского метода обучения. Исследовательский метод обучения (ИМО) – метод обучения, основанный на стремлении учащегося самостоятельно познавать мир и реализуемый в форме учебно-исследовательской деятельности в соответ-

ствии со структурой научного метода познания [4]. Исследовательское обучение решает проблемы по построению логики решения конкретных прикладных задач с последующей защитой полученных результатов, развивая тем самым коммуникативные функции учащихся [4]. При этом, проходя весь цикл исследовательской работы (постановка задачи, теоретические исследования, эксперимент, построение модели и ее обоснование, выводы и заключение, защита результатов), становится возможным показать учащимся как возможности применения известных алгоритмов при решении нестандартных задач, так и привить умение поиска индивидуальных подходов к решению. Главными факторами в процессе реализации ИМО являются актуальность темы, формы построения, проведения и систематичность занятий, а также личный пример учителя [5]. Поэтому становится необходимым формирование специализированной научно-исследовательской лаборатории по физике [6]. Однако, вместить в полной мере подобную работу невозможно в рамках школьного курса физики, к тому же, как показывает практика, важной составляющей продуктивной работы является личная заинтересованность учащихся. Реализовать подобную деятельность целесообразно во внеурочной форме, с учетом опыта, описанного в [4, 6-8]. Вопрос привлечения учащихся для работы в научной лаборатории по физике можно решить путем обзорных и показательных занятий на уроках физики, на факультативных занятиях, во внеурочное время, посещая специализированный кружок.

При проведении внеурочного практикума, в особенности, при переходе к экспериментальной части, следует учитывать, что при работе с реальными экспериментальными исследованиями у учащихся зачастую возникает желание скоропалительных выводов и, как следствие, искаженных обоснований полученных результатов, а иногда и их фальсификации, с целью показать другим свою значимость, личный «авторитет». Отсутствие «научного терпения» и понимания ответственности при работе с данными исследований является той проблемой, которую необходимо решать, начиная с первых занятий. При этом важную роль играет личный пример преподавателя, его авторитет [5].

В данной работе рассматриваются подходы в формировании личности «честного» исследователя, навыков объективной самокритики на примере работы юношеской специализированной научно-исследовательской школы (ЮСНИШ) «Основы нанотехнологий».

В 2008 г. ОГУ вошел в число победителей конкурса «Поставка и ввод в эксплуатацию учебных лабораторий по нанотехнологии для кабинетов физики, химии и биологии общеобразовательных учреждений профильных вузов» в рамках ФЦП развития образования на 2006–2010 г. Комплект полученного оборудования, включающий 3 сканирующих зондовых микроскопа NanoEducator, стал основой ла-

боратории нанотехнологий ЮСНИШ «Основы нанотехнологий», сформированной на базе научно-исследовательской лаборатории «Физики полупроводников и наноструктур» кафедры физики Орловского государственного университета и за 4 года своей работы показала достаточно высокую эффективность [8, 9].

Для ЮСНИШ была специально разработана учебная программа, включающая в себя три составляющих: теоретическую, практическую, заключительную. Несомненным достоинством школы является то, что имеющееся оборудование позволяет ученикам непосредственно работать с нанообъектами. Основной целью учебного курса является знакомство учащихся с формами проведения самостоятельных и коллективных научных исследований, подготовка материалов к последующему оформлению их в виде статей и тезисов конференций с возможным выступлением и защитой полученных результатов.

Первая составляющая (54 часа) представляет собой адаптированный теоретический учебный курс, базирующийся на знаниях учеников в рамках школьных программ по физике и химии за 9-11 классы. Основные разделы этой составляющей включают следующие блоки: «теоретический курс по основам нанотехнологий», «методика научной работы», «методы исследования в области нанотехнологий».

Получаемые в процессе лекционного курса знания о нанотехнологиях, формируют новые представления и вызывают у учащихся активный интерес, связанный с применением современных методов исследования, нанотехнологического (сканирующая зондовая микроскопия) и традиционного оборудования (оптическая микроскопия). При рассмотрении на семинарах конкретных примеров, формулируемых в виде проблемных задач, учащиеся находят ответы на интересующие их вопросы, и после итогового обобщающего занятия осуществляется переход ко второй составляющей.

Вторая составляющая (70 часов) имеет практическую направленность и состоит из блока: «практический курс – экспериментальные исследования». В рамках этого блока производится обучение учащихся работе на специализированном оборудовании, далее осуществляется постановка исследовательской задачи, выбирается объект изучения и проводятся первые экспериментальные исследования [8, 9].

На первоначальном этапе учащиеся знакомятся с техникой безопасности и методикой работы на сканирующем зондовом микроскопе NT-MDT C3M «Nanoeducator» в режимах сканирующей туннельной (СТМ) и атомно-силовой (АСМ) микроскопии. Освоив основные приемы работы, получают первые тестовые изображения калибровочных решеток, изучают методы обработки и анализа получаемых СТМ - и АСМ - кадров. Во второй части блока ученикам предоставляется возможность предложения и выбора предмета и объекта исследования. С этой

целью ими сначала самостоятельно анализируется степень изученности интересующей проблемы, составляются цель и задачи, а затем все это обсуждается с руководителями школы. После обсуждения и утверждения плана работы ученики приступают к самостоятельным исследованиям. При необходимости для получения дополнительной информации привлекаются и другие методы исследования с использованием дополнительного оборудования (металлография, химическое травление и др.) Следует отметить, что подлинный интерес у учеников к исследовательской деятельности проявляется именно на этом этапе. После проведения практических экспериментальных исследований происходит логичный переход к заключительному обобщающему этапу [9].

Третья составляющая (20 часов) состоит из блока: «анализ полученных результатов, написание научных трудов». На данном этапе учащиеся совместно с преподавателем анализируют и обрабатывают полученные экспериментальные результаты, используя знания, полученные в теоретическом блоке. Под руководством преподавателя излагают результаты исследования в виде черновой рукописной работы по схеме: актуальность – цель работы – постановка задачи – теоретическая и практическая часть – заключение. Затем организуется занятие в форме конференции, где воспитанники учатся докладывать и защищать свои результаты, по итогам которой выявляются недостатки и с учетом их дорабатывается материал и готовятся тезисы и заявки на участие в региональных конференциях, во Всероссийской ежегодной конференции Орловского государственного университета «МИФ» [10]. Лучшие работы учащихся оформляются в виде статьи и публикуются в ежегодном сборнике научных работ физико-математического факультета Орловского государственного университета.

Специализированная программа ЮСНИШ «Основы нанотехнологий» составлена таким образом, что в процессе годичного обучения учащиеся проходят путь начинающего научного исследователя от теории к практике (от анализа литературы по изучаемой проблеме через экспериментальные исследования к формированию обоснованных предположений и выводов). Однако основные теоретические знания ребята приобретают в процессе практических занятий, поскольку при построении теории эксперимента возникают вопросы, ответы на которые учащимся приходится искать в литературных источниках или обращаться к специалистам из других областей научных знаний. При этом формируется одна из важнейших компетенций – «проблемная» [11], так как моделируется весь комплекс задач и подзадач при непосредственном контакте с реальными нанообъектами (от фундаментальных до прикладных).

Поэтому особого внимания заслуживает форма организации занятий при переходе во вторую секцию

практических исследований, когда учениками уже получены необходимые начальные теоретические знания. В конце теоретического курса учениками на совещательном занятии-семинаре определяется состав научно-исследовательских групп учащихся по интересам и межличностным предпочтениям, каждой из которых предлагается выбрать объект для исследований, составить краткий литературный обзор. На этом этапе ребята учатся взаимодействовать между собой, разыскивая каждый самостоятельно материал, рассказывая друг другу о результатах поиска. Затем вначале практической секции производится обсуждение по группам о целесообразности решения той или иной предложенной учениками задачи, определение четкой последовательности действий и составление плана действий. Создаются исследовательские группы (2-3 человека). Впоследствии после обучения работе на специализированном оборудовании (СЗМ «Nanoeducator») воспитанники непосредственно приступают к экспериментальным исследованиям. Как показывает практика, уже на этапе первых экспериментов учащиеся с интересом относятся к выполняемой работе в коллективе. Понимание того, что от каждого члена команды, от величины его вклада зависит успех общей работы и соревновательный дух между групп мотивирует ребят к конструктивной деятельности. При этом в рамках решения задач учащиеся обращаются к специалистам в области химии, обсуждают то, что необходимо получить при обработке поверхности. Данный метод воспитывает в детях чувство возможности коллективного труда при подключении специалистов из разных областей, что является несомненным плюсом. Понимание учеником того, что его личность играет важную роль в общем механизме рабочей группы, что он сам является важной его составляющей, стимулирует и мотивирует его самостоятельную деятельность в направлении общей темы исследования. Таким образом, выстраивается слаженный и личностно мотивированный коллектив учащихся в процессе проводимых исследований и, как показывает практика, без чувства завистничества.

Но, как показал 4-хлетний опыт работы ЮСНИШ «Основы нанотехнологий», учащиеся проявляют склонность к скоропалительным интуитивным выводам с отсутствием звеньев в логической цепочке. Поэтому одной из важнейших проблем при формировании личности ученого-исследователя является вопрос обоснованности и достоверности результатов экспериментальных исследований и связи их с теорией. При этом контроль формирования качества «честного исследователя» необходимо начинать с первых практических занятий. В связи с чем в работе первой секции проводятся семинары, на которых обсуждаются доклады учащихся по заинтересовавшим темам. На этом этапе от преподавателя требуется чуткое руководство построением логики при рассказе учащегося, ведь во многом правильность выводов школьника зависит от круга вопросов, на которые не-

обходимо ответить в процессе построения логически обоснованной теории. То есть преподаватель должен показать ученикам четкий алгоритм исследовательской деятельности, прививая его через наводящие вопросы, указывая на недостатки и пропуски в логической цепи. Прорабатывая таким образом задачу исследования, через два-три занятия школьники уже сами начинают критически подходить к обоснованию сделанных ими выводов и подвергать сомнению заключения, сделанные в литературных источниках, что является положительным качеством, – дети учатся доверять только фактам. И на этапе перехода ко второй секции у учащихся уже частично формируются черты «добросовестного исследователя».

При работе второй секции, при обсуждении конкретных полученных результатов преподавателем намеренно в выстраиваемой теории вводится ошибка, направленная на частичное «разрушение» одного из звеньев логической цепи. Затем, после попыток решить данную проблему, вопрос выносится на коллегиальное межгрупповое обсуждение, построенное таким образом, что учащиеся в полной мере ощущают ответственность и значимость каждого из них. Преподаватель логическими наводящими вопросами приводит направление мышления детей в нужное русло, и они сами находят «дырку» в своей теории.

Завершая исследования и переходя к заключительному этапу, школьники приступают к написанию первых печатных работ. Им предлагается начать с тезисов, то есть с четких формулировок выводов, сделанных на основе результатов проведенных исследований. Следует отметить, что у подавляющего большинства групп-авторов связь теоретических положений и экспериментальных данных (актуальность, методика эксперимента, полученные результаты, заключение) носит непрерывный логический характер.

Подводя итог вышесказанного, можно сказать, что предложенные и апробированные методы ведения научно-исследовательской деятельности и формирования личности юного «честного» ученого-исследователя в рамках работы ЮСНИШ «Основы нанотехнологий» являются эффективными. Наилучшим видом занятий и организации научной работы школы является коллектив, каждый член которого мотивирован достижением одной общей цели – проведения комплексных исследований. Главными факторами, влияющими на формирование личности молодого исследователя и чувства ответственности, являются понимание учащимися значения каждого из них в отдельности (как личности, так и их деятельности) в общем деле и проявившийся интерес достижения конкретных результатов с последующим их представлением в виде печатной работы и публичной защите на конференциях типа [10].

Также хотелось бы отметить, смотря на проникновение нанотехнологической отрасли в образовательные школы [12], что создание и расширение подобных школ на базе университетов является при-

оритетным направлением инновационного развития вузов России, а также займет достойное место в подготовке кадрового потенциала в области естественных наук.

В заключение данной статьи считаем необходимым привести обзор печатных работ, выполненных непосредственно учениками в течение трех лет работы школы «Основы нанотехнологий». Это позволит показать значимость проведенных ими исследований, наилучшим образом составить представления о возможностях научно-исследовательской школы.

В [13, 14] авторами отработана методика работы на атомно-силовом микроскопе для изучения поверхности органических материалов, следуя которой были проведены исследования поверхности скола эмали молочного зуба. Анализ полученных АСМ-кадров показал структуру поверхности эмали в виде неравномерного наслоения зерен средним размером 6х10 мкм. Также присутствуют дефектные образования в виде глубоких впадин средним размером 4х6 мкм. Выявленные структурные особенности поверхностных слоев зубной эмали указывают на неравномерное разрушение ее слоев. Дефектные углубления могут быть причиной начала разрушения покрытия при различного рода воздействиях.

В статьях [15, 16] изучена морфология поверхности почечных конкрементов. Анализ АСМ-кадров различных участков поверхности показал разнородную структуру поверхности конкрементов в виде кристаллических и аморфных образований. Кристаллическим включениям соответствует структура поверхности, включающая в себя множество террас (размеры от 2 до 15 мкм) и зерен, имеющих четкую кристаллическую огранку с размерами до 10 мкм, аморфным – соответствует неравномерное наслоение глобул размером до 5 мкм. Также обнаружено множество пор различной ширины и глубины (от 3 до 15 мкм), часто встречающихся на границе раздела фаз. Были обнаружены большие протяженные поры на поверхности аморфных и кристаллических включений. Размеры таких пор могут достигать до 30 мкм. Установлены фазовый состав в виде кристаллических и аморфных включений. Найдены многочисленные террасы, зерна и определены их параметры. Результаты данной работы могут быть полезны для выяснения механизмов образования и разрушения почечных конкрементов, а также изготовления средств для выведения их из организма, ранней диагностики и профилактики мочекаменной болезни.

Авторы работы [17] самостоятельно вырастили кристаллы медного купороса, а затем исследовали поверхность его естественного скола с помощью АСМ и металлографии (МГ). Анализ МГ-кадров показал наличие террас, различного рода и конфигурации кристаллитов и впадин на поверхности скола. Из анализа АСМ-кадров удалось установить зернисто-выпуклую структуру поверхности с отдельно стоящими возвышениями и впадинами. Высота пиков

достигает 300 нм, ширина ям колеблется от 2 до 10 мкм. Совместное использование АСМ- и МГ-методов позволило установить конфигурацию поверхности скола кристаллов медного купороса, установить параметры соответствующих структур.

В работах [18, 19] изучалась поверхность титаната бария. Исследования показали ее морфологические особенности: разнородную структуру в виде чередования возвышенностей, впадин и овальных образований, которые представляют собой гранулы диаметром 1.14–1.75 мкм и высотой 110–200 нм. Было установлено, что распределение гранул по поверхности носит не равномерный характер. Встречаются как отдельные гранулы, так и их скопления, отделенные иногда друг от друга впадинами. Также были обнаружены гранулы овальной формы и размеров – 1.5 x 2.5 мкм и высотой 100 – 170 нм. Ориентация гранул тоже одинакова. Такое различие в форме гранул обусловлено наличием участков сегнетоэлектрических доменов разной ориентации. Кроме того, на поверхности титаната бария встречаются участки в виде протяженных возвышенностей высотой 200 нм. Ширина возвышенности 0.8 мкм, а длина её превышает 8 мкм. Исследование различий в кристаллической и дисперсной фазах титаната бария способствует появлению новых видов и улучшению качества производимых изделий на его основе. Дальнейшее изучение данной проблемы позволит улучшить контроль и повысить качество выращивания кристаллов.

В работе [20-21] изучены морфологические особенности поверхности кристаллов кварцита. Анализ проведенных исследований показал, что поверхность кварцита представляет собой структуру в виде плотно упакованных зерен. Расстояние между ними не превышает 300 нм. Некоторые зерна разделены

микротрещинами, глубина которых достигает 1 мкм. Средняя длина микротрещин – 15 мкм, ширина – 5 мкм. Появление таких дефектов поверхности говорит о начавшихся процессах разрушения кристалла. Вероятнее всего, именно по ним и будет проходить микроразрыв при повышении давления и, как результат, землетрясение горных пород. Выявленные особенности поверхности кварцита помогут выявить его некоторые физические свойства, уточнить морфологические и топографические особенности. Дальнейшее исследование позволит сделать оценку возраста этого минерала, поможет больше узнать о процессах, протекающих в кварците, а также тенденцию данного минерала к его разрушению, что может помочь при прогнозировании землетрясений.

Из краткого обзора работ учащихся за три года видно, что за время обучения в школе «Основы нанотехнологий» ими приобретаются навыки исследователей-экспериментаторов, способных провести полный цикл самостоятельных, квалифицированных научных исследований, начиная от постановки задачи и заканчивая оформлением полученных результатов в виде печатных работ.

За время функционирования научно-исследовательской школы учащиеся становились неоднократными победителями и призерами научных конкурсов регионального и всероссийского уровня (лауреаты 2-го Открытого конкурса проектов «Молодежный потенциал инновационной России» в номинации «Лучшая инновационная лаборатория»; два 3-х места в фотоконкурсе «Нанокласс – NT-MDT» в двух номинациях и др.). Кроме того, выпускники школы «Основы нанотехнологий» после окончания 11-го класса поступили в ведущие вузы России (МИЭТ г. Зеленоград, СПб ГУ (ЛЭТИ)) на физические специальности.

Библиографический список

1. Шишов С.Е. Формирование кадрового потенциала для высокотехнологичной экономики // Нанотехнологии. Экология. Производство. 2009. № 2. С. 66.
2. Президентская инициатива «Стратегия развития nanoиндустрии» (Поручение Президента Российской Федерации от 24.04.2007. № Пр-688).
3. Разумовский В.Г., Полуяхтов А.В. Проблема научной компетентности современного школьника // Теория и практика современного образования. 2009. №5. С. 7-13.
4. Полуяхтов А.В. Учебно-исследовательский практикум – эффективный способ формирования естественно-научной грамотности школьников. // Физика в школе. №7. 2012. С.37-45.
5. Красин М.С. Личный пример учителя физики в развитии методологической культуры учащихся // Физика в школе. 2012. №8. С. 20-24.
6. Малакеева В.Н. Формирование исследовательских способностей школьников во внеурочной деятельности через занятия в физической лаборатории. // Физика в школе. 2012. №8. С. 25-28.
7. Полуяхтов А.В. Исследовательский метод в обучении физике (из опыта преподавания спецкурса «Экспериментальная физика») // Исследовательский подход в образовании: от теории к практике: Научно-методический сборник в двух томах / Под общей редакцией А.С. Обухова. Т.2: Практика и методы организации. М.: Общероссийское общественное Движение творческих педагогов «Исследователь», 2009. С. 390-396.
8. Марков О. И., Хрипунов И.В., Хрипунов Ю.В. Обобщение опыта работы юношеской школы «Основы нанотехнологий» (материалы конференции) Научный поиск. Специальный выпуск. Материалы V региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы физико-математического образования в школе и педагогическом вузе». 2012. № 4.4. С. 71-73.

9. Марков О.И., Хрипунов И.В., Хрипунов Ю.В. О формировании личности исследователя в рамках работы юношеской школы «Основы нанотехнологий» // Проблемы современного образования в условиях глобализации: Международная научно-методическая конференция. Чита: ЗИП СибУПК, 2013. Ч.2. С.109-114.
10. Материалы 1-й Всероссийской молодежной научно-практической конференции Орловского государственного университета «МИФ-2013» (Математика – Информатика – Физика) с элементами научной школы. ФГБОУ ВПО «ОГУ», 2013 197с.
11. Наумов А.Л. Формирование проблемной компетенции учащихся в проектной деятельности // Физика в школе. 2010. №3. С.57-61.
12. Лобова Л.П. Нанотехнологии и школьное образование. // Физика в школе. 2009. №3. С.23-26.
13. Литинская Е. Л., Кунашик Е. С., Мозгляков Д. В., Козлов И. О., Хрипунов Ю.В. Атомно-силовая микроскопия для исследования поверхностей органических материалов // Вестник науки. Сборник научных работ преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов физико-математического факультета ОГУ. Выпуск 9. Орел. ОГУ. 2010. с.78-81.
14. Литинская Е. Л., Кунашик Е. С., Мозгляков Д. В., Козлов И. О. Исследование структуры поверхности зубной эмали методами атомно-силовой микроскопии // Вестник студенческих работ Орловского государственного университета. Орел: ОГУ. 2011. С. 87–89.
15. Зуева А. В., Максимова Ю. А. Исследование дефектов структуры поверхности почечных конкрементов // Вестник науки. Сборник научных работ преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов физико-математического факультета ОГУ. Выпуск 10. Орел. ОГУ. 2011. с.211-215.
16. Зуева А. В., Максимова Ю. А. Исследование структуры поверхности почечных конкрементов с помощью атомно-силовой микроскопии // Вестник студенческих работ Орловского государственного университета. Орел: ОГУ. 2011. С. 89–92.
17. Двухжилов М. В., Таран П. П., Федюкин Д. С. Исследование поверхности кристаллов медного купороса с помощью методов металлографии и атомно-силовой микроскопии // Вестник студенческих работ Орловского государственного университета. Орел: ОГУ. 2011. С. 206–210.
18. Чернова Д.А., Локтионова Л.Е., Часовских А.В., Соловьев В.Ю., Аржанцева Е.А., Корчагин П.С., Румянцев В.С. Атомно-силовая микроскопия поверхности монокристалла титаната бария // Вестник науки. Сборник научных работ преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов физико-математического факультета ОГУ. Выпуск 11. Орел. ОГУ. 2012. С.103-107.
19. Чернова Д.А., Локтионова Л.Е., Часовских А.В. Исследование поверхности монокристалла титаната бария с помощью атомно-силовой микроскопии // Материалы 1-й Всероссийской молодежной научно-практической конференции Орловского государственного университета «МИФ-2013» (Математика – Информатика - Физика) с элементами научной школы. ФГБОУ ВПО «ОГУ», 2013 – С.192-194.
20. Гришин В.Д., Кромских А.Г. Исследование поверхности кварцита методом атомно-силовой микроскопии // Вестник науки. Сборник научных работ преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов физико-математического факультета ОГУ. Выпуск 11. Орел. ОГУ. 2012. С.103-107.
21. Гришин В.Д., Кромских А.Г. Исследование поверхности кварцита методом атомно-силовой микроскопии // Материалы 1-й Всероссийской молодежной научно-практической конференции Орловского государственного университета «МИФ-2013» (Математика – Информатика – Физика) с элементами научной школы. ФГБОУ ВПО «ОГУ», 2013. С.148-150.

References

1. Shishov C.E. Formation of personnel potential for hi-tech economy//Nanotechnologies. Ecology. Production. 2009. № 2. P. 66.
2. Presidential initiative «Strategy of development of a nanoindustry» (Order of the President of the Russian Federation of 24.04.2007. No. Pr-688).
3. Razumovsky V. G., Poluyakhtov A.V. Problem of scientific competence of the modern school student//Theory and practice of modern education. – 2009 - No. 5. – P. 7-13.
4. Poluyakhtov A.V. Educational and research practical work – an effective way of formation of natural-science literacy of school students. // Physics at school - No. 7 – 2012 – P. 37-45.
5. Krasin M. S. Personal example of the teacher of physics in development of methodological culture of pupils// Physics at school. – 2012 - No. 8. – P. 20-24.
6. Malakeeva V. N. Formation of research abilities of school students in extracurricular activities through occupations in physical laboratory. // Physics at school. – 2012 - No. 8. – P. 25-28.
7. Poluyakhtov A.V. Research method in training in physics (from experience of teaching of a special course «Experimental physics»)//Research approach in education: from the theory to practice: The scientific and methodical collection in two volumes / Under A.S.Obukhova's general edition. T.2: Practice and organization methods. – M: All-Russian social movement of creative teachers «Researcher», 2009 – P. 390-396.
8. Markov O. I. Hripunov I.V. Hripunov Yu.V. Synthesis of experience of junior school «Bases of Nanotechnologies»

(conference materials) Scientific search. Special release. Materials V of the regional scientific and practical conference «Actual Problems of Physical and Mathematical Education at School and Pedagogical Higher Education Institution». - 2012 - No. 4.4. – Pp. 71-73.

9. *Markov O. I. Hripunov I.V. Hripunov Yu.V.* About formation of the identity of the researcher within work of junior school «Bases of Nanotechnologies»//Problems of modern education in the conditions of globalization: International scientific and methodical conference. Chita: ZIP SibUPK, 2013 – Ch.2. – Pp. 109-114.

10. Materials of the 1st All-Russian youth scientific and practical conference of the Oryol state university «MIF-2013» (Mathematics – Informatics - Physicist) with elements of school of sciences. – FGBOU VPO «OGU», 2013 – 197с.

11. *Naumov A.L.* Formation of problem competence of pupils in design activity//Physics at school. – 2010 - No. 3. – Pp. 57-61.

12. *Lobova L.P.* Nanotechnologies and school education. // Physics at school. – 2009 - No. 3 – Pp. 23-26.

13. *Litinskaya E.L., Kunashik E. S., Mozglyakov D. V., Kozlov I.O., Hripunov Yu.V.* Atomic-force microscopy for research of surfaces of organic materials//The Messenger of science. Collection of scientific works of teachers, graduate students, undergraduates and students of physical and mathematical faculty of Orel state university. Release 9. Orel. OGU. - 2010. - p. 78-81.

14. *Litinskaya E.L., Kunashik E. Page, Mozglyakov D. V., Kozlov I.O.* Research of structure of a surface of tooth enamel by methods of atomic-force microscopy//Messenger of student's works of the Oryol state university. Orel: Orel state university. 2011 - P. 87 - 89.

15. *Zuyeva A. V., Maksimova Yu. A.* Research of defects of structure of a surface of kidney concrements//Messenger of science. Collection of scientific works of teachers, graduate students, undergraduates and students of physical and mathematical faculty of Oryol state university. Release 10. Orel. - Orel state university. - 2011 - p. 211-215.

16. *Zuyeva A. V., Maksimova Yu. A.* Research of structure of a surface of kidney concrements by means of atomic-force microscopy//The Messenger of student's works of the Orel state university. Orel: Oryol state university. 2011 - P. 89 - 92.

17. *Dvukhzhilov M. V., Taran P. P., Fedyukin D. S.* Research of a surface of crystals of a copper vitriol by means of methods of a metallography and atomic-force microscopy//The Messenger of student's works of the Orel state university. Orel: Orel state university. - 2011 - P. 206 - 210.

18. *Chernova D. A. Loktionova L.E. Chasovsky A.V. Solovyov V. Yu. Arzhantseva E.A. Korchagin P. S., Rumyantsev V. S.* Atomic-force microscopy of a surface of a single crystal of titanate of barium//Messenger of science. Collection of scientific works of teachers, graduate students, undergraduates and students of physical and mathematical faculty of Orel state university. Release 11. Orel. Orel state university. - 2012 - Pp. 103-107.

19. *Chernova D. A. Loktionov L.E. Chasovsky A.V.* Research of a surface of a single crystal of titanate of barium by means of atomic-force microscopy//Materials of the 1st All-Russian youth scientific and practical conference of the Oryol state university «MIF-2013» (Mathematics – Informatics - Physicist) with elements of school of sciences. – FGBOU VPO «Orel state university» - 2013 – Pp. 192-194.

20. *Grishin V.D., Kromsky A.G.* Research of a quartzite surface method of atomic-force microscopy//Messenger of science. Collection of scientific works of teachers, graduate students, undergraduates and students of physical and mathematical faculty of Oryol state university. Release 11. Orel. Orel state university. - 2012 - Pp. 103-107.

21. *Grishin V.D., Kromsky A.G.* Research of a quartzite surface a method of atomic-force microscopy//Materials of the 1st All-Russian youth scientific and practical conference of the Oryol state university «MIF-2013» (Mathematics – Informatics - Physicist) with elements of school of sciences. – FGBOU VPO «Orel state university» - 2013 – Pp. 148-150.

УДК 511.32

UDC 511.32

К.М. ЭМИНЯН

кандидат физико-математических наук, доцент
кафедры математики Финансового университета
при Правительстве Российской Федерации
E-mail: eminyan@mail.ru

K.M. EMINYAN

candidate of Physical and Mathematical Sciences,
associate professor of the Financial University under the
government of the Russian Federation
E-mail: eminyan@mail.ru

ПРОБЛЕМА ВАРИНГА В НАТУРАЛЬНЫХ ЧИСЛАХ С ДВОИЧНЫМИ РАЗЛОЖЕНИЯМИ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

WARING'S PROBLEM IN NATURAL NUMBERS WITH BINARY EXPANSIONS OF A SPECIAL FORM

Пусть $\mathbb{N}_0$ – множество натуральных чисел, двоичные разложения которых имеют четное число единиц. В данной статье дана оценка тригонометрической суммы специального вида и решена проблема Варинга в натуральных числах из множества $\mathbb{N}_0$.

Ключевые слова: проблема Гельфонда, проблема Варинга, тригонометрические суммы, большое решето.

Let $\mathbb{N}_0$ be a set of such natural numbers that its binary expansions contain even numbers of ones. In this paper the estimate of a trigonometric sum of a special type is given and Waring's problem with natural numbers from $\mathbb{N}_0$ is solved.

Keywords: Waring's problem, Gelfond's problem, binary expansion, trigonometric sum, complex-valued function, inequality of the large sieve.

1. Введение

Пусть $n = e_0 + e_1 2 + \dots + e_k 2^k$ – представление натурального числа n двоичной системе счисления ($e_j = 0, 1$). Пусть $\mathbb{N}_0$ – множество натуральных чисел, двоичные разложения которых имеют четное число единиц, $\mathbb{N}_1 = \mathbb{N} \setminus \mathbb{N}_0$. Пусть

$$\varepsilon(n) = \begin{cases} 1, & \text{если } n \in \mathbb{N}_0; \\ -1, & \text{если } n \in \mathbb{N}_1. \end{cases}$$

В 1968 году А.О. Гельфонд [1] доказал, что натуральные числа из множеств $\mathbb{N}_0$ и $\mathbb{N}_1$ регулярно распределены в арифметических прогрессиях.

В 1991 году автор получил [2] асимптотическую формулу для суммы

$$\sum_{n \leq x, n \in \mathbb{N}_0} \tau(n)$$

и тем самым решил проблему делителей Дирихле в числах из множества $\mathbb{N}_0$.

В настоящей статье проблема Варинга решается в натуральных числах из множества $\mathbb{N}_0$. Отметим, что по существу решается несколько более общая задача. Пусть $(i_1, \dots, i_k)$ – произвольный набор из нулей и единиц. Мы получим асимптотическую формулу для числа решений уравнения

$$x_1^n + x_2^n + \dots + x_k^n = N \quad (1)$$

в натуральных числах $x_1, x_2, \dots, x_k$ таких, что

$x_j \in \mathbb{N}_{i_j}$, где $j = 1, 2, \dots, k$.

Пусть $J_{k,n}(N)$ – число решений (1) в произвольных натуральных числах $x_1, x_2, \dots, x_k$, а $I_{k,n}(N)$ – число решений (1) в числах $x_1, x_2, \dots, x_k$ из множества

$\mathbb{N}_0$. Основными результатами настоящей статьи являются следующие теоремы.

Теорема 1. Пусть $n \geq 3$. Существует $c_0 = c_0(n) > 0$, а также абсолютная постоянная $c_1 > 0$ такая, что при любом вещественном α справедливо неравенство

$$\left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) e^{2\pi i \alpha x^n} \right| \leq c_0 P^{1-c_1/(n^2 \ln n)}.$$

Теорема 2. Пусть $n \geq 3$,

$$k_0 = \begin{cases} 2^n, & \text{если } 3 \leq n \leq 10; \\ 2[n^2(\log n + \log \log n + 4)], & \text{если } n > 10. \end{cases}$$

Пусть $k \geq k_0 + 3$. Тогда справедлива формула

$$I_{k,n}(N) = 2^{-k} J_{k,n}(N) + O(N^{k/n-1-\Delta/n}),$$

где $\Delta = \frac{c_1}{2}(n^2 \log n)^{-1}$, $c_1 > 0$ – константа из теоремы 1.

Напомним, что в условиях теоремы $J_{k,n}(N) \asymp N^{k/n-1}$ (см., например [5], глава XI).

В работах [3] и [4] дана оценка

$$\left| \sum_{x \leq P} 2\pi i \alpha x^n \right| \ll P^{1-c_2/2^n}, \quad c_2 > 0. \quad (2)$$

Кроме того, в [3] и [4] выведены асимптотические формулы для числа решений уравнения (1) с ограничениями на переменные того же типа, что в данной статье, и различными границами на k с остачным членом вида

$$O(N^{k/n-1-c_3/2^n}), \quad (3)$$

где $c_3 > 0$.

В теоремах 1 и 2 оценки (2) и (3) существенно уточняются.

Для доказательства теорем нам потребуется несколько лемм.

2. Леммы

Лемма 1. (Хуа Ло-Кен) Пусть

$$S(\alpha) = \sum_{x \leq P} e^{2\pi i \alpha x^n}.$$

Тогда при $1 \leq j \leq n$

$$\int_0^1 |S(\alpha)|^{2^j} d\alpha \ll P^{2^j - j + \mu},$$

где $\varepsilon > 0$ – произвольно малое число.

Доказательство см. [6 глава 2, лемма 2.5].

Лемма 2. (И.М. Виноградов) Пусть $n \geq 4$, $k \geq 2k_0$, где $k_0 = n^2 (\log n + \log \log n + 4)$.

Тогда

$$\int_0^1 |S(\alpha)|^k d\alpha \ll P^{k-n}.$$

Доказательство см. [7, глава 6, лемма 1].

Лемма 3. Пусть h – натуральное число, $h \leq H$, $H \leq X/4$. Пусть

$$S(X, h) = \sum_{n \leq X} \varepsilon(n) \varepsilon(n+h).$$

Тогда

$$\sum_{h=1}^H |S(X, h)| = O(XH^\mu),$$

где $\mu = \frac{\ln 3,5}{\ln 4} = 0,903\dots$. Постоянная в знаке O – абсолютная.

Доказательство. Пусть

$$V(X, h) = \sum_{n \leq X} \varepsilon(n) (\varepsilon(n+h) + \varepsilon(n+h+1)).$$

Рассмотрим двоичное разложение h :

$$h = \omega_0 + 2\omega_1 + \dots + 2^{k-1}\omega_{k-1} + 2^k,$$

где $\omega_j = 0, 1$ ($j = 0, 1, \dots, k-1$).

При $0 \leq j < k$ определим числа h_j и s_j :

$$h_j = \omega_j + 2\omega_{j+1} + \dots + 2^{k-j-1}\omega_{k-1} + 2^{k-j}, s_j = 1 - 2\omega_j.$$

Разбивая каждую из сумм

$$S(X2^{-j}, h_j), \quad V(X2^{-j}, h_j)$$

на две суммы, по четным и нечетным n , получим:

$$S(X2^{-j}, h_j) = (1 + s_j)S(X2^{-j-1}, h_{j+1}) + \frac{s_j - 1}{2}V(X2^{-j-1}, h_{j+1}) + \theta_j \quad (4)$$

$$V(X2^{-j}, h_j) = 2s_jS(X2^{-j-1}, h_{j+1}) - s_jV(X2^{-j-1}, h_{j+1}) + \theta_j', \quad (5)$$

где $|\theta_j|, |\theta_j'| \leq 1$.

Пусть $\alpha_0 = 1, \beta_0 = 0$. Тогда

$$S(X, h) = \alpha_0 S(X, h_0) + \beta_0 V(X, h_0).$$

Согласно (4) и (5) для любого $j = 1, 2, \dots, k-1$ имеем

$$S(X, h) = \alpha_j S(X2^{-j}, h_j) + \beta_j V(X2^{-j}, h_j) + O(|\alpha_j| + |\beta_j|),$$

где

$$\alpha_{j+1} = (1 + s_j)\alpha_j + 2s_j\beta_j, \quad (6)$$

$$\beta_{j+1} = \frac{s_j - 1}{2}\alpha_j - s_j\beta_j. \quad (7)$$

Из (6) имеем

$$\beta_j = \frac{\alpha_{j+1} - (1 + s_j)\alpha_j}{2s_j}; \quad (8)$$

подставим (8) в (7):

$$\beta_{j+1} = -\frac{\alpha_{j+1}}{2} + s_j\alpha_j. \quad (9)$$

Подставим $j+1$ вместо j в (8):

$$\beta_{j+1} = \frac{\alpha_{j+2} - (1 + s_{j+1})\alpha_{j+1}}{2s_{j+1}}.$$

Отсюда и из (9) получаем:

$$\alpha_{j+2} - \alpha_{j+1} = 2s_js_{j+1}\alpha_j. \quad (10)$$

Далее,

$$\alpha_{j+3} - \alpha_{j+2} = 2s_{j+1}s_{j+2}\alpha_{j+1},$$

$$\alpha_{j+3} = (1 + 2s_{j+1}s_{j+2})\alpha_{j+1} + 2s_js_{j+1}\alpha_j. \quad (11)$$

Оценим $|\alpha_j|$ сверху.

Во-первых, поскольку $\alpha_0 = 1, \alpha_1 = 1 + s_0$, из (10) по индукции получаем, что

$$|\alpha_j| \leq 2^j, \quad j = 0, 1, \dots, k-1. \quad (12)$$

Эту оценку в некоторых случаях можно уточнить.

Пусть j_1 – наименьшее нечетное число из промежутка $[1, k-3]$ такое, что $s_{j_1+1}s_{j_1+2} = -1$. Тогда из (11) и (12) имеем:

$$|\alpha_{j_1+3}| \leq \frac{1}{2}2^{j_1+3}; \quad (13)$$

далее, из (10), (12) и (13) следует, что

$$|\alpha_{j_1+4}| \leq |\alpha_{j_1+3}| + 2|\alpha_{j_1+2}| \leq \frac{1}{2}2^{j_1+3} + 2^{j_1+3} = \frac{3}{4}2^{j_1+4};$$

теперь, поскольку $|\alpha_{j_1+3}| \leq \frac{3}{4}2^{j_1+3}, |\alpha_{j_1+4}| \leq \frac{3}{4}2^{j_1+4}$, из (10) получим, что

$$|\alpha_{j_1+t}| \leq \frac{3}{4}2^{j_1+t} \quad \text{при } 4 \leq t. \quad (14)$$

Пусть j_2 – наименьшее нечетное число из промежутка $[j_1+2, k-3]$, что $s_{j_2+1}s_{j_2+2} = -1$.

Рассуждая так же, как при выводе неравенств

(13) и (14), получаем:

$$|\alpha_{j_2+3}| \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot 2^{j_2+3}, \dots, |\alpha_{j_2+t}| \leq \left(\frac{3}{4}\right)^2 2^{j_2+t} \quad \text{при } 4 \leq t.$$

Продолжая этот процесс, приходим к неравенству

$$|\alpha_k| \leq \left(\frac{3}{4}\right)^{\kappa(h)} 2^k, \text{ где } \kappa(h) - \text{число перемен знаков в парах чисел } (s_1, s_2), (s_3, s_3), \dots, (s_{2j_0-1}, s_{2j_0}), \text{ где } 2j_0 - 1 - \text{наибольшее число, не превосходящее } k - 3.$$

Пусть $\kappa_{1,2}(h_1)$ – число 1 и 2 в разложении h_1 по основанию 4.

Тогда $\kappa(h) \geq \kappa_{1,2}(h_1) - 1$.

В самом деле,

$$h_1 = \sum_{1 \leq 2j-1 \leq k-3} \eta_j 4^{j-1},$$

где $\eta_j = \omega_{2j-1} + 2\omega_{2j}$; мы вычитаем 1 из $\kappa_{1,2}(h_1)$, потому, что 1 или 2 в старшем разряде может не учитываться из-за условия $2j-1 \leq k-3$.

Итак,

$$|\alpha_k| \leq \left(\frac{3}{4}\right)^{\kappa_{1,2}(h_1)} \frac{4}{3} 2^k.$$

Отсюда и из (8) следует, что

$$|\beta_k| \leq \left(\frac{3}{4}\right)^{\kappa_{1,2}(h_1)} 2^{k+1},$$

а значит

$$|S(X, h)| \ll X \left(\frac{3}{4}\right)^{\kappa_{1,2}(h_1)}.$$

Пусть t – наименьшее натуральное число такое, что $H < 4^t$.

Оценим сумму

$$\sum_{h_1=0}^{4^t-1} \left(\frac{3}{4}\right)^{\kappa_{1,2}(h_1)}.$$

Имеем

$$\begin{aligned} \sum_{h_1=0}^{4^t-1} \left(\frac{3}{4}\right)^{\kappa_{1,2}(h_1)} &= \sum_{s=0}^t \left(\frac{3}{4}\right)^s \sum_{h_1=0, \kappa_{1,2}(h_1)=s}^{4^t-1} 1 = \sum_{h_1=0}^{4^t-1} \left(\frac{3}{4}\right)^{\kappa_{1,2}(h_1)} = \\ &= \sum_{s=0}^t \left(\frac{3}{4}\right)^s \sum_{h_1=0}^{4^t-1} 1 = \sum_{s=0}^t \left(\frac{3}{4}\right)^s \sum_{l=0}^t \binom{t}{l} \binom{t-l}{s-l} 2^{t-s} = \\ &= \sum_{s=0}^t \left(\frac{3}{4}\right)^s 2^{t-s} \binom{t}{s} \sum_{l=0}^s \binom{s}{l} = 2^t \sum_{s=0}^t \binom{t}{s} \left(\frac{3}{4}\right)^s = \\ &= \left(\frac{7}{2}\right)^t \leq H^{\frac{\ln 3.5}{\ln 4}} = H^i. \end{aligned}$$

Лемма доказана.

Лемма 4. Пусть $0 < \eta \leq \frac{1}{4}$. Пусть $g(x)$ – многочлен степени $n \geq 3$ со старшим коэффициентом α .

Пусть $\alpha = \frac{a}{q} + \frac{\theta}{q^2}$, $(a, q) = 1$, $|\theta| \leq 1$, $P^\eta \leq q \leq P^{n-\eta}$.

Тогда

$$\left| \sum_{x \leq P} e^{2\pi i g(x)} \right| \ll_\eta P^{1-c_1(n^2 \log n)^{-1}},$$

где $c_1 = c_1(\eta) > 0$.

Доказательство. Лемма 4 отличается от теоремы 2 из [5, глава 11] тем, что условие $P^{1/4} \leq q \leq P^{n-1/4}$ заменено $P^\eta \leq q \leq P^{n-\eta}$. Доказательство леммы 4 и указанной теоремы по существу совпадают, только параметр τ нужно выбрать так: $\tau = \lceil C(\eta) n \log n \rceil$, где $C(\eta) > 0$ – достаточно большое число.

Лемма 5. (Неравенство Вейля) Пусть $g(x)$ – многочлен степени n , $2 \leq n \leq 10$, со старшим коэффициентом τ , $\alpha = \frac{a}{q} + \frac{\theta}{q^2}$, $(a, q) = 1$, $|\theta| \leq 1$. Тогда

$$\left| \sum_{x \leq P} e^{2\pi i g(x)} \right| \ll P^{1+\varepsilon} (q^{-1} + P^{-1} + qP^{-n})^{2^{-n+1}}.$$

Доказательство см. [6, глава 2, лемма 2.4].

3. Доказательство теоремы 1

Приближим α рациональным числом: $\alpha = \frac{a}{q} + \frac{\theta}{q\tau}$,

$$(a, q) = 1, |\theta| \leq 1, 1 \leq q \leq \tau = P^{n-1-1/2000}.$$

Случаи, когда $q \leq P^{0,001}$ и $P^{0,001} < q \leq \tau$, рассматриваются по-разному.

Пусть сначала $P^{0,001} < q \leq \tau$. Определим целые числа H и K :

$$H = \lceil P^{1/4000n} \rceil, \quad 2^{K-1} < P^{1/2000n} \leq 2^K.$$

Применим известное неравенство, доказательство которого дано, например, в [8, Приложение, § 11]

$$\begin{aligned} |W(\alpha)|^2 &\ll \frac{P^2}{H} + \\ &+ \frac{P}{H} \sum_{1 \leq h < H} \left| \sum_{x \leq P-h} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{2\pi i \alpha((x+h)^n - x^n)} \right| \ll \\ &\ll \frac{P^2}{H} + PH + \frac{P}{H} \sum_{1 \leq h < H} \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{2\pi i \alpha((x+h)^n - x^n)} \right|. \end{aligned}$$

Положим в последней сумме a/q вместе α и оценим возникающую при этом ошибку.

Имеем

$$\begin{aligned} e^{2\pi i \alpha((x+h)^n - x^n)} &= e^{\frac{2\pi i a}{q}((x+h)^n - x^n)} e^{2\pi i \theta \tau^{-1}((x+h)^n - x^n)} = \\ &= e^{\frac{2\pi i a}{q}((x+h)^n - x^n)} (1 + O(|z| h P^{n-1})) = \\ &= e^{\frac{2\pi i a}{q}((x+h)^n - x^n)} (1 + O(P^{-1/4000})), \end{aligned}$$

так как

$$|z| h \left\langle \frac{H}{q\tau} \leq \frac{1}{q} P^{-n+1+1/2000+1/4000}, q \right\rangle P^{1/1000}.$$

Отсюда имеем:

$$\begin{aligned} |W(\alpha)|^2 &\ll \frac{P^2}{H} + PH + P^{2-1/4000} + \\ &+ \frac{P}{H} \sum_{1 \leq h < H} \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{\frac{2\pi i a}{q}((x+h)^n - x^n)} \right|. \end{aligned}$$

Разобьем последнюю сумму по арифметическим прогрессиям с разностью 2^K :

$$\begin{aligned} & \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{\frac{2\pi i a}{q}((x+h)^n - x^n)} = \\ &= \sum_{m=0}^{2^K-1} \sum_{1 \leq 2^K y+m \leq P} \varepsilon(2^K y+m) \varepsilon(2^K y+m+h) \times \\ & \quad \times e^{\frac{2\pi i a}{q}((2^K y+m+h)^n - (2^K y+m)^n)} = \\ &= \sum_{m=0}^{2^K-1} \sum_{y \leq P 2^{-K}} \varepsilon(2^K y+m) \varepsilon(2^K y+m+h) \times \\ & \quad \times e^{\frac{2\pi i a}{q}((2^K y+m+h)^n - (2^K y+m)^n)} + \\ & \quad + O(2^K) + O(PH 2^{-K}). \end{aligned}$$

Из определения функции $\varepsilon(n)$ при $0 \leq m < 2^K - h$ имеем

$$\varepsilon(2^K y+m) \varepsilon(2^K y+m+h) = \varepsilon(m) \varepsilon(m+h),$$

поэтому

$$\begin{aligned} & \sum_{m=0}^{2^K-1} \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{\frac{2\pi i a}{q}((x+h)^n - x^n)} \right| \ll \\ & \ll \sum_{m=0}^{2^K-1} \left| \sum_{y \leq P 2^{-K}} e^{\frac{2\pi i a}{q}((2^K y+m+h)^n - (2^K y+m)^n)} \right| + 2^K + PH 2^{-K}. \end{aligned}$$

При фиксированных m и h функция

$$\frac{a}{q} \left((2^K y+m+h)^n - (2^K y+m)^n \right)$$

представляет собой многочлен от y степени $n-1$ со старшим коэффициентом $\frac{a}{q} n h 2^{K(n-1)}$. Если эта рациональная дробь сократима, то произведем сокращение и получим

$$\frac{a}{q} n h 2^{K(n-1)} = \frac{a_1}{q_1}, \quad \text{где } (a_1, q_1) = 1.$$

Поскольку $(a, q) = 1$,

$q_1 \gg q 2^{-Kn} > P^{1/2000}$, так как $q > P^{0,001}$, $2^{Kn} \geq P^{1/2000}$.

Итак,

$$P^{1/2000} < q_1 \leq \tau = P^{n-1-1/2000}. \quad (15)$$

Таким образом, нам достаточно оценить сумму Вейля специального вида

$$\sum_{y \leq P 2^{-K}} e^{2\pi i g(y)},$$

где $g(y)$ – многочлен степени $n-1$ со старшим коэффициентом a_1/q_1 , где $(a_1, q_1) = 1$, а q_1 удовлетворяет неравенствам (15). Оценивая эту сумму при $n \leq 11$ по лемме 5, а при $n > 11$ – по лемме 4, получаем оценку:

$$\begin{aligned} & \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{\frac{2\pi i a}{q}((x+h)^n - x^n)} \right| \ll \\ & \ll P^{1-2c_1(n^2 \log n)^{-1}}, \quad (c_1 > 0), \end{aligned}$$

а вместе с ней и оценку

$$|W(\alpha)| \ll P^{1-c_1(n^2 \log n)^{-1}}$$

в случае $P^{0,001} < q \leq P^{n-1-1/2000}$.

Пусть теперь $1 \leq q \leq P^{0,001}$. Преобразуем $W(\alpha)$:

$$\begin{aligned} W(\alpha) &= \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) e^{\frac{2\pi i a}{q} x^n} e^{2\pi i z x^n} = \\ &= \sum_{l=0}^{q-1} e^{\frac{2\pi i a l^n}{q}} \sum_{\substack{x \leq P, \\ x \equiv l \pmod{q}}} \varepsilon(x) e^{2\pi i z x^n} = \\ &= \sum_{l=0}^{q-1} e^{\frac{2\pi i a l^n}{q}} \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) e^{2\pi i z x^n} \frac{1}{q} \sum_{b=0}^{q-1} e^{\frac{2\pi i b(l-x)}{q}} = \\ &= \frac{1}{q} \sum_{b=0}^{q-1} \left(\sum_{l=0}^{q-1} e^{\frac{2\pi i a l^n + b l}{q}} \right) W(z, b), \end{aligned}$$

где

$$W(z, b) = \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) e^{\frac{2\pi i}{q} \left(z x^n - \frac{b x}{q} \right)}.$$

Воспользуемся неравенством Коши:

$$|W(\alpha)|^2 \leq \frac{1}{q} \sum_{b=0}^{q-1} \left| \sum_{l=0}^{q-1} e^{\frac{2\pi i a l^n + b l}{q}} \right|^2 |W(z, b)|^2.$$

Пусть $H_1 = \lfloor P^{1/30} \rfloor$. Тогда

$$\begin{aligned} |W(z, b)|^2 &\ll \frac{P^2}{H_1} + PH_1 + \\ &+ \frac{P}{H_1} \sum_{1 \leq h < H_1} \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{\frac{2\pi i z}{q}((x+h)^n - x^n)} \right|. \end{aligned}$$

Определим натуральное число K_1 из неравенств

$$2^{K_1-1} < P^{1/15} \leq 2^{K_1}.$$

Разобьем сумму по x по арифметическим прогрессиям с разностью 2^{K_1} ; получим:

$$\begin{aligned} & \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{\frac{2\pi i z}{q}((x+h)^n - x^n)} \right| \ll \\ & \ll \left| \sum_{m=0}^{2^{K_1}-1} \sum_{y \leq P 2^{-K_1}} \varepsilon(2^{K_1} y+m) \varepsilon(2^{K_1} y+m+h) \times \right. \\ & \quad \times e^{\frac{2\pi i z}{q}((2^{K_1} y+m+h)^n - (2^{K_1} y+m)^n)} \left. \right| + 2^{K_1} + PH_1 2^{-K_1}. \end{aligned}$$

Вновь воспользуемся тождеством

$$\varepsilon(2^{K_1} y+m) \varepsilon(2^{K_1} y+m+h) = \varepsilon(m) \varepsilon(m+h),$$

справедливым при $0 \leq m < 2^{K_1} - h$. Получим

$$\begin{aligned} & \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{\frac{2\pi i z}{q}((x+h)^n - x^n)} \right| \ll \\ & \ll \left| \sum_{m=0}^{2^{K_1}-1} \varepsilon(m) \varepsilon(m+h) \sum_{y \leq P 2^{-K_1}} e^{\frac{2\pi i z}{q}((2^{K_1} y+m+h)^n - (2^{K_1} y+m)^n)} \right| + \\ & \quad + 2^{K_1} + PH_1 2^{-K_1}. \end{aligned}$$

Наша ближайшая цель показать, что сумма по y слабо зависит от m и h .

Справедливы следующие равенства:

$$\begin{aligned} (2^{K_1} y + m + h)^n - (2^{K_1} y + m)^n &= h((2^{K_1} y + m + h)^{n-1} + \\ &+ (2^{K_1} y + m + h)^{n-2} (2^{K_1} y + m) + \dots + (2^{K_1} y + m)^{n-1}); \\ (2^{K_1} y + m + h)^j &= (2^{K_1} y)^j \\ &+ O(2^{K_1} P^{j-1}); \quad (1 \leq j \leq n-1) \\ (2^{K_1} y + m)^j &= (2^{K_1} y)^j + O(2^{K_1} P^{j-1}); \quad (1 \leq j \leq n-1) \end{aligned}$$

Из этих равенств следует, что

$$\begin{aligned} (2^{K_1} y + m + h)^n - (2^{K_1} y + m)^n &= \\ &= hn(2^{K_1} y)^{n-1} + O(H_1 2^{2K_1} P^{n-2}), \\ e^{2\pi i z (2^{K_1} y + m + h)^n - (2^{K_1} y + m)^n} &= \\ &= e^{2\pi i z h n (2^{K_1} y)^{n-1}} \left(1 + O(|z| H_1 2^{2K_1} P^{n-2}) \right). \end{aligned}$$

По определению $|z| \leq \frac{1}{\tau} = P^{n-1+1/2000}$, $H_1 \leq P^{1/30}$,

$2^{K_1} \ll P^{1/15}$, поэтому

$$|z| H_1 2^{K_1} P^{n-2} \ll P^{-1+1/2000+2/15+1/30} \ll P^{-1/2}.$$

Получено неравенство

$$\begin{aligned} \left| \sum_{x \leq P} \varepsilon(x) \varepsilon(x+h) e^{2\pi i z ((x+h)^n - x^n)} \right| &\ll \\ &\ll P 2^{-K_1} \left| \sum_{m=0}^{2^{K_1}-1} \varepsilon(m) \varepsilon(m+h) \right| + \\ &+ P^{1/2} + 2^{K_1} + P H 2^{-K_1}. \end{aligned}$$

Возвращаясь к оценке $W(\alpha, b)$, получаем:

$$\begin{aligned} |W(\alpha, b)|^2 &\ll \frac{P^2}{H_1} + P H_1 + \frac{P^2}{H_1 2^{K_1}} \times \\ &\times \sum_{1 \leq h \leq H_1} \left| \sum_{m \leq 2^{K_1}} \varepsilon(m) \varepsilon(m+h) \right| + \\ &+ (2^{K_1} + P H_1 2^{-K_1}) P. \end{aligned}$$

Применяя лемму 3, приходим к неравенству

$$\begin{aligned} |W(\alpha, b)|^2 &\ll \frac{P^2}{H_1} + P H_1 + P 2^{K_1} + \\ &+ P^2 H_1 2^{-K_1} + \frac{P^2}{H_1^{1-\mu}} \ll \frac{P^2}{H_1^{1-\mu}}, \end{aligned}$$

где $\mu = 0,901\dots$

Наконец, так как

$$\left| \frac{1}{q} \sum_{b=0}^{q-1} \sum_{l=0}^{q-1} e^{2\pi i \frac{a l^n + b l}{q}} \right|^2 = \sum_{l_1, l_2=0}^{q-1} e^{2\pi i \frac{a(l_1^n - l_2^n)}{q}} \frac{1}{q} \sum_{b=0}^{q-1} e^{2\pi i \frac{b(l_1 - l_2)}{q}} = q,$$

получаем:

$$|W(\alpha)|^2 \ll \frac{P^2 q}{H_1^{1-\mu}} \ll P^2 P^{0,002-(1-\mu)/15} \ll P^{2-0,05}.$$

Итак, при любых $\alpha \in \mathbb{R}$

$$|W(\alpha)| \ll P^{\frac{1-c_1}{n^2 \log n}},$$

где $c_1 > 0$ – константа.

Теорема 1 доказана.

4. Доказательство теоремы 2

Пусть $P = N^{1/n}$.

Поскольку

$$\frac{1+\varepsilon(x)}{2} = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in \mathbb{N}_0 \\ 0, & \text{если } x \in \mathbb{N}_1 \end{cases},$$

имеем

$$I_{k,n}(N) = \int_0^1 \left(\frac{S(\alpha) + W(\alpha)}{2} \right)^k e^{-2\pi i \alpha N} d\alpha,$$

где

$$S(\alpha) = \sum_{x \leq P} e^{2\pi i \alpha x^n}.$$

Отсюда имеем

$$I_{k,n}(N) = 2^{-k} J_{k,n}(N) + O(R),$$

где

$$R = \sum_{l=1}^k \binom{k}{l} R_l, \quad R_l = \int_0^1 |W(\alpha)|^l |S(\alpha)|^{k-l} d\alpha.$$

Заметим, что при натуральных k_1 и l_1

$$\int_0^1 |W(\alpha)|^{2l_1} |S(\alpha)|^{2k_1} d\alpha \leq \int_0^1 |S(\alpha)|^{2(k_1+l_1)} d\alpha.$$

Действительно,

$$\begin{aligned} \int_0^1 |W(\alpha)|^{2l_1} |S(\alpha)|^{2k_1} d\alpha &= \\ &= \sum_{x_1 \leq P} \varepsilon(x_1) \dots \sum_{x_{l_1} \leq P} \varepsilon(x_{l_1}) \sum_{y_1 \leq P} \varepsilon(y_1) \dots \sum_{y_{k_1} \leq P} \varepsilon(y_{k_1}) \times \\ &\times \int_0^1 |S(\alpha)|^{2k_1} e^{2\pi i \alpha (x_1^n + \dots + x_{l_1}^n - y_1^n - \dots - y_{k_1}^n)} d\alpha \leq \\ &\leq \sum_{x_1 \leq P} \dots \sum_{x_{l_1} \leq P} \sum_{y_1 \leq P} \dots \sum_{y_{k_1} \leq P} \left| \int_0^1 |S(\alpha)| \times \right. \\ &\times |^{2k_1} e^{2\pi i \alpha (x_1^n + \dots + x_{l_1}^n - y_1^n - \dots - y_{k_1}^n)} d\alpha \left. \right|. \end{aligned}$$

Но

$$\int_0^1 |S(\alpha)|^{2k_1} e^{2\pi i \alpha (x_1^n + \dots + x_{l_1}^n - y_1^n - \dots - y_{k_1}^n)} d\alpha \geq 0,$$

поэтому

$$\begin{aligned} &\leq \sum_{x_1 \leq P} \dots \sum_{x_{l_1} \leq P} \sum_{y_1 \leq P} \dots \sum_{y_{k_1} \leq P} \left| \int_0^1 |S(\alpha)| \times \right. \\ &\times |^{2k_1} e^{2\pi i \alpha (x_1^n + \dots + x_{l_1}^n - y_1^n - \dots - y_{k_1}^n)} d\alpha \left. \right| = \int_0^1 |S(\alpha)|^{2(k_1+l_1)} d\alpha. \end{aligned}$$

Пользуясь неравенством (16), оценим R_l при $1 \leq l \leq k$. Рассмотрим поотдельности четыре возможных случая.

1° l – нечетное число, $(k-l)$ – четное число. Тогда

$$R_l \leq \left| W(\alpha_0) \right| \int_0^1 |S(\alpha)|^{k-1} d\alpha,$$

где

$$|W(\alpha_0)| = \max_{0 \leq \alpha \leq 1} |W(\alpha)|.$$

2° l – нечетное число, $(k-l)$ – нечетное число.

Тогда

$$R_l \leq |W(\alpha_0)| P \int_0^1 |S(\alpha)|^{k-2} d\alpha.$$

3° l – четное число, $(k-l)$ – четное число. Тогда

$$R_l \leq |W(\alpha_0)|^2 \int_0^1 |S(\alpha)|^{k-2} d\alpha.$$

4° l – четное число, $(k-l)$ – нечетное число.

Тогда

$$R_l \leq |W(\alpha_0)|^2 P \int_0^1 |S(\alpha)|^{k-3} d\alpha.$$

Отсюда при любом $l \in [1, k]$ имеем

$$R_l \leq |W(\alpha_0)| P^2 \int_0^1 |S(\alpha)|^{k-3} d\alpha.$$

По условию $k \geq k_0 + 3$. Применяя при $3 \leq n \leq 10$ лемму 1, а $n > 10$ – лемму 2, получаем:

$$R_l \ll |W(\alpha_0)| P^{k-1-n+\varepsilon},$$

где $\varepsilon > 0$. Поскольку

$$|W(\alpha_0)| \ll P^{1-c_1(n^2 \log n)^{-1}},$$

выбирая

$$\varepsilon = \frac{c_1}{2n^2 \log n},$$

получаем

$$R \ll P^{k-n-\Delta},$$

где

$$\Delta = \frac{c_1}{2n^2 \log n}.$$

Теорема 2 доказана.

Библиографический список

1. Gelfond A.O. Sur les nombres qui ont des propriétés additives et multiplicatives données. Acta Arith., 13 (1968), Pp. 259-265.
2. Эминян К.М. О проблеме делителей Дирихле в некоторых последовательностях натуральных чисел. Изв. АН СССР. Сер. матем., 55:3, (1991). С. 680-686.
3. Thuswaldner J.M., Tichy R.F. Waring's problem with digital restrictions. Israel J. Math. 149 (2005), Pp. 317-344.
4. Pfeiffer O., Thuswaldner J.M. Waring's problem restricted by a sistem of sum of digits congruences. Quaest. Math. 30 (2007), 513-523.
5. Карацуба А.А. Основы аналитической теории чисел. М.: Наука, 1983.
6. Вон Р. Метод Харди-Литтлвуда. М.: Мир, 1985.
7. Виноградов И.М. Метод тригономических сумм в теории чисел. М.: Наука, 1980.
8. Воронин С.М., Карацуба А.А. Дзета-функция Римана. М.: Физматлит, 1995.

References

1. Gelfond A.O. Sur les nombres qui ont des propriétés additives et multiplicatives données. Acta Arith., 13 (1968), Pp. 259-265.
2. Eminyan K.M. On the Dirichlet divisor problem in some sequences of natural numbers. Math. Academy of Sciences of the USSR. Ser. Math., 55:3 (1991). – Pp. 680-686.
3. Thuswaldner J.M., Tichy R.F. Waring's problem with digital restrictions. Israel J. Math. 149 (2005), Pp. 317-344.
4. Pfeiffer O., Thuswaldner J.M. Waring's problem restricted by a sistem of sum of digits congruences. Quaest. Math. 30 (2007), Pp. 513-523.
5. Karatsuba A.A. The bases of the analytical theory of numbers. M.: Nauka, 1983.
6. Vaughn R. Metod Hardy-Littlewood. M.: Mir, 1985.
7. Vinogradov I.M. Method of trigonomic sums in number theory. Moscow: Nauka, 1980.
8. Voronin S.M., Karatsuba A.A. Riemann zeta function. Moscow: Fizmatlit, 1995.

УДК 54.384.2

UDC 54.384.2

М.В. ВОРОНКОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета

E-mail: Voronkova_m78@mail.ru

Л.А. ЕРМАКОВА

кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета

М.В. VORONKOVA

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Orel State Agrarian University
E-mail: Voronkova_m78@mail.ru

L.A. ERMAKOVA

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Orel State Agrarian University

ХИМИЯ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОАЛКАЛОИДОВ

CHEMICAL STUDIES OF PROTEINASE INHIBITOR ACTIVITY IN POTATO TUBERS

Приведена классификация стероидных гликоалкалоидов, рассмотрены физико-химические свойства данных веществ. Приведены структурные формулы некоторых представителей стероидных гликоалкалоидов, а также реакции их обнаружения.

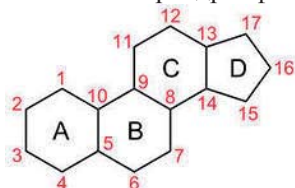
Ключевые слова: стероидные алкалоиды, соланин, томатидин, йервин.

The activity of Proteinase inhibitors has been studied in different varieties of potato tubers by the Spectrophotometric method. It was revealed that the level of activity of Proteinase inhibitors in the tubers of varieties directly correlates with the rate of resistance to the Colorado potato beetle. Varieties with high stability are characterized with elevated activity of inhibitors. Low-resistant varieties have low rates of antiproteolytic activity.

Keywords: inhibitors of hydrolytic enzymes, trypsin, chymotrypsin.

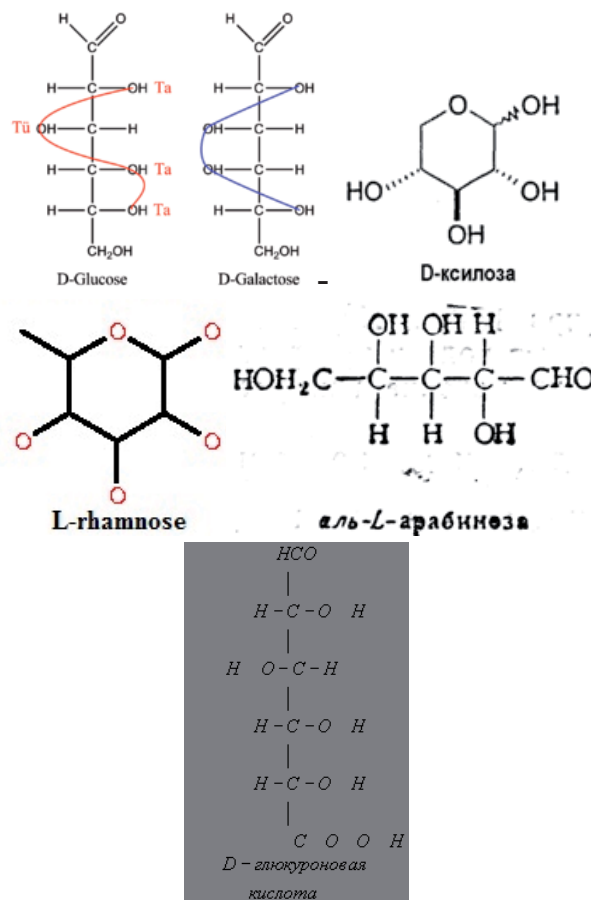
Гликоалкалоиды, или стероидные алкалоиды, – сложные по химическому составу соединения. Они представляют собой гликозиды, агликонами которых служат алкалоиды, а гликонами являются моно-, ди-, три и даже тетрасахара (глюкоза, галактоза, рамноза, ксилоза) [1].

В основе структуры стероидных алкалоидов лежит скелет циклопентанпергидрофенантрена [4].



В 3 положении находится группа OH, через которую происходит присоединение углеводной части молекулы. В положениях 10, 13, 18 имеются метильные группы. У большинства гликоалкалоидов в кольце В в положении 5,6 содержится двойная связь. Углеводная часть молекулы стероидных алкалоидов представлена сахарами: D-глюкозой, D-галактозой, D-ксилозой, L-рамнозой, L-арабинозой, L-фруктозой и кислотами: D-глюкуроновой и D-галактуриновой [4].

Стероидные алкалоиды можно разделить на 2 группы. Первая – азотосодержащие аналоги сапонинов, которые встречаются в представителях рода паслен, например томатидин.



CN1CC[C@H]2[C@H]3CC[C@@H]4[C@@]3(CC[C@@H](C4)O)C[C@H]5CC[C@@H]2[C@H]1CC5

СОЛАНДИН

CC1=CC=C2C(=C1)C(=C3C(=C2)C(=C4C(=C3)C(=C5C(=C4)C(=C6C(=C5)C(=C7C(=C6)C(=C8C(=C7)C(=C9C(=C8)C(=C10C(=C9)C(=C11C(=C10)C(=C12C(=C11)C(=C13C(=C12)C(=C14C(=C13)C(=C15C(=C14)C(=C16C(=C15)C(=C17C(=C16)C(=C18C(=C17)C(=C19C(=C18)C(=C20C(=C19)C(=C21C(=C20)C(=C22C(=C21)C(=C23C(=C22)C(=C24C(=C23)C(=C25C(=C24)C(=C26C(=C25)C(=C27C(=C26)C(=C28C(=C27)C(=C29C(=C28)C(=C30C(=C29)C(=C31C(=C30)C(=C32C(=C31)C(=C33C(=C32)C(=C34C(=C33)C(=C35C(=C34)C(=C36C(=C35)C(=C37C(=C36)C(=C38C(=C37)C(=C39C(=C38)C(=C40C(=C39)C(=C41C(=C40)C(=C42C(=C41)C(=C43C(=C42)C(=C44C(=C43)C(=C45C(=C44)C(=C46C(=C45)C(=C47C(=C46)C(=C48C(=C47)C(=C49C(=C48)C(=C50C(=C49)C(=C51C(=C50)C(=C52C(=C51)C(=C53C(=C52)C(=C54C(=C53)C(=C55C(=C54)C(=C56C(=C55)C(=C57C(=C56)C(=C58C(=C57)C(=C59C(=C58)C(=C60C(=C59)C(=C61C(=C60)C(=C62C(=C61)C(=C63C(=C62)C(=C64C(=C63)C(=C65C(=C64)C(=C66C(=C65)C(=C67C(=C66)C(=C68C(=C67)C(=C69C(=C68)C(=C70C(=C69)C(=C71C(=C70)C(=C72C(=C71)C(=C73C(=C72)C(=C74C(=C73)C(=C75C(=C74)C(=C76C(=C75)C(=C77C(=C76)C(=C78C(=C77)C(=C79C(=C78)C(=C80C(=C79)C(=C81C(=C80)C(=C82C(=C81)C(=C83C(=C82)C(=C84C(=C83)C(=C85C(=C84)C(=C86C(=C85)C(=C87C(=C86)C(=C88C(=C87)C(=C89C(=C88)C(=C90C(=C89)C(=C91C(=C90)C(=C92C(=C91)C(=C93C(=C92)C(=C94C(=C93)C(=C95C(=C94)C(=C96C(=C95)C(=C97C(=C96)C(=C98C(=C97)C(=C99C(=C98)C(=C100C(=C99)C(=C101C(=C100)C(=C102C(=C101)C(=C103C(=C102)C(=C104C(=C103)C(=C105C(=C104)C(=C106C(=C105)C(=C107C(=C106)C(=C108C(=C107)C(=C109C(=C108)C(=C110C(=C109)C(=C111C(=C110)C(=C112C(=C111)C(=C113C(=C112)C(=C114C(=C113)C(=C115C(=C114)C(=C116C(=C115)C(=C117C(=C116)C(=C118C(=C117)C(=C119C(=C118)C(=C120C(=C119)C(=C121C(=C120)C(=C122C(=C121)C(=C123C(=C122)C(=C124C(=C123)C(=C125C(=C124)C(=C126C(=C125)C(=C127C(=C126)C(=C128C(=C127)C(=C129C(=C128)C(=C130C(=C129)C(=C131C(=C130)C(=C132C(=C131)C(=C133C(=C132)C(=C134C(=C133)C(=C135C(=C134)C(=C136C(=C135)C(=C137C(=C136)C(=C138C(=C137)C(=C139C(=C138)C(=C140C(=C139)C(=C141C(=C140)C(=C142C(=C141)C(=C143C(=C142)C(=C144C(=C143)C(=C145C(=C144)C(=C146C(=C145)C(=C147C(=C146)C(=C148C(=C147)C(=C149C(=C148)C(=C150C(=C149)C(=C151C(=C150)C(=C152C(=C151)C(=C153C(=C152)C(=C154C(=C153)C(=C155C(=C154)C(=C156C(=C155)C(=C157C(=C156)C(=C158C(=C157)C(=C159C(=C158)C(=C160C(=C159)C(=C161C(=C160)C(=C162C(=C161)C(=C163C(=C162)C(=C164C(=C163)C(=C165C(=C164)C(=C166C(=C165)C(=C167C(=C166)C(=C168C(=C167)C(=C169C(=C168)C(=C170C(=C169)C(=C171C(=C170)C(=C172C(=C171)C(=C173C(=C172)C(=C174C(=C173)C(=C175C(=C174)C(=C176C(=C175)C(=C177C(=C176)C(=C178C(=C177)C(=C179C(=C178)C(=C180C(=C179)C(=C181C(=C180)C(=C182C(=C181)C(=C183C(=C182)C(=C184C(=C183)C(=C185C(=C184)C(=C186C(=C185)C(=C187C(=C186)C(=C188C(=C187)C(=C189C(=C188)C(=C190C(=C189)C(=C191C(=C190)C(=C192C(=C191)C(=C193C(=C192)C(=C194C(=C193)C(=C195C(=C194)C(=C196C(=C195)C(=C197C(=C196)C(=C198C(=C197)C(=C199C(=C198)C(=C200C(=C199)C(=C201C(=C200)C(=C202C(=C201)C(=C203C(=C202)C(=C204C(=C203)C(=C205C(=C204)C(=C206C(=C205)C(=C207C(=C206)C(=C208C(=C207)C(=C209C(=C208)C(=C210C(=C209)C(=C211C(=C210)C(=C212C(=C211)C(=C213C(=C212)C(=C214C(=C213)C(=C215C(=C214)C(=C216C(=C215)C(=C217C(=C216)C(=C218C(=C217)C(=C219C(=C218)C(=C220C(=C219)C(=C221C(=C220)C(=C222C(=C221)C(=C223C(=C222)C(=C224C(=C223)C(=C225C(=C224)C(=C226C(=C225)C(=C227C(=C226)C(=C228C(=C227)C(=C229C(=C228)C(=C230C(=C229)C(=C231C(=C230)C(=C232C(=C231)C(=C233C(=C232)C(=C234C(=C233)C(=C235C(=C234)C(=C236C(=C235)C(=C237C(=C236)C(=C238C(=C237)C(=C239C(=C238)C(=C240C(=C239)C(=C241C(=C240)C(=C242C(=C241)C(=C243C(=C242)C(=C244C(=C243)C(=C245C(=C244)C(=C246C(=C245)C(=C247C(=C246)C(=C248C(=C247)C(=C249C(=C248)C(=C250C(=C249)C(=C251C(=C250)C(=C252C(=C251)C(=C253C(=C252)C(=C254C(=C253)C(=C255C(=C254)C(=C256C(=C255)C(=C257C(=C256)C(=C258C(=C257)C(=C259C(=C258)C(=C260C(=C259)C(=C261C(=C260)C(=C262C(=C261)C(=C263C(=C262)C(=C264C(=C263)C(=C265C(=C264)C(=C266C(=C265)C(=C267C(=C266)C(=C268C(=C267)C(=C269C(=C268)C(=C270C(=C269)C(=C271C(=C270)C(=C272C(=C271)C(=C273C(=C272)C(=C274C(=C273)C(=C275C(=C274)C(=C276C(=C275)C(=C277C(=C276)C(=C278C(=C277)C(=C279C(=C278)C(=C280C(=C279)C(=C281C(=C280)C(=C282C(=C281)C(=C283C(=C282)C(=C284C(=C283)C(=C285C(=C284)C(=C286C(=C285)C(=C287C(=C286)C(=C288C(=C287)CCc1ccc2c(c1)c(c3ccccc32)C(C)(O)C4C(N)C(=O)C5C4C(=O)N5[illegible]CCCCCCCCCOCC(=O)OCC(=O)OCC(=O)Oc1ccc2c(c1)ccc3c2c(c4ccccc43)C5=C(C)C6=C(C)N(C)CC6

119

Для обнаружения гликоалкалоидов применяют реакции, в результате которых образуются осадки или характерное окрашивание [5,6].

1. Общие осаждающие реакции. Позволяют установить присутствие алкалоидов даже при незначительном их содержании. Из общих алкалоидных реактивов часто используют следующие: танин, дихлорид ртути, раствор иода в иодиде калия, пикриновую и фосфорномолибденовую кислоты, хлорную платину и золото, соли тяжелых металлов и др.

2. Специальные цветные реакции. Применяют при анализе отдельных алкалоидов – чистых или с очищенными извлечениями. Для этого несколько капель очищенного хлороформного или эфирного извлечения испаряют в фарфоровой чашке, прибавляют к остатку тот или иной реактив; при этом об-

разуется соответствующее окрашивание. В других случаях готовят извлечение, которое фильтруют и разливают в пробирки. Наиболее распространенные реактивы - концентрированная серная и азотная кислоты, раствор формалина в серной кислоте.

Кроме качественных реакций (осаждающих и цветных), для обнаружения алкалоидов используют люминесцентный анализ. Установлено, что ряд веществ в УФ-лучах дает характерное свечение.

Среди методов количественного определения алкалоидов в растениях распространены весовой, объемный, физико-химический. Перед количественным анализом алкалоиды выделяют из сырья либо в виде солей, либо в виде оснований. Для каждого растения разработан специальный метод, указанный в Фармакопее или других руководствах.

Библиографический список

1. Орехов А.П. Химия алкалоидов. //2-е изд. исправленное и дополненное д.х.н. Коноваловой Р.А., к.х.н. Коноваловой А.А.-М.:изд. Академии наук СССР,1955. 868 с.
2. Химический анализ лекарственных растений: учеб. пособие для фарм. вузов/Ладыгина Е.Я., Сафронович Л.Н. и др. Под ред. Гринкевич Л.Н.-М.: Высш.шк., 1983. 176 с., ил.
3. Химические аспекты ветеринарной токсикологии. Учебное пособие для самостоятельной работы студентов аграрных вузов, обучающихся по направлению подготовки 111801-Ветеринария, 111100-Зоотехния и слушателей ФПК.– Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2013. - 200с/
4. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1188308>
5. <http://chemister.ru/Database/properties.php?dbid=1&id=1522>
6. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-203718.html?page=2>

References

1. Orekhov A.P. Alkaloid chemistry / Orekhov A.P. // 2-nd ed. revised and expanded by Doctor Agricultural Sciences of Konovalovf R.A., Candidate of Agricultural Sciences Konovalovf A.A.-M.: Academy of Sciences of the USSR, 1955. - 868 p.
 2. Chemical analysis of medicinal plants: studies. / Ladygina E.Y., Safronovich L.N. and others, Under ed. Grinkevych L.N.-M.: Vysshaya Shkola, 1983. - 176 p., Ill.
 3. Chemical aspects of veterinary toxicology. The manual for independent work of students of agricultural universities, students in the direction of preparation 111801-Veterinary, Animal husbandry-111100 and listeners of FPC. - Orel: Orel State Agrarian University, 2013. - 200p.
 4. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1188308>
 5. <http://chemister.ru/Database/properties.php?dbid=1&id=1522>
 6. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-203718.html?page=2>
-
-

УДК 549.02

UDC 549.02

Е.Н. ГРИБАНОВ

кандидат химических наук, старший преподаватель
Орловского государственного университета
E-mail: gribanovEN@gmail.com

E.N. GRIBANOV
candidate of Chemical sciences, senior lecturer, Orel State
University
E-mail: gribanovEN@gmail.com

Э.Р. ОСКОТСКАЯ

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой
химии Орловского государственного университета

E.R. OSKOTSKAYA
doctor of Chemical sciences, professor, head of Chemistry
Department, Orel State University

С.И. СВЕНСКИЙ

студент Орловского государственного университе-
та

S.I. SVENSKIY
student of Orel State University

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЦЕОЛИТА СЕДИМЕНТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ*

COMPOSITION OF POLYMERIC COMPLEXING SORBENTS BY SENDIMENTATION METHOD

В работе седиментационным методом определен гранулометрический состав порошка цеолита Хотынецкого месторождения. Полученные данные позволяют учесть особенности фракционного состава минерала при дальнейшем исследовании процессов сорбции и катализа с его участием.

Ключевые слова: седиментация, седиментационный анализ, цеолиты, гранулометрический состав.

In the paper granulometric composition of the Chotineckiy zeolite is determined. Findings allow to take into account features of the fraction composition of studied class compounds in subsequent research of sorption and catalitition processes with them participation.

Keywords: sedimintation, sendimentation method, zeolite, granulometric composition.

Алюмосиликаты, или цеолиты, находят широкое применение в химической и атомной промышленности, сельском хозяйстве, при решении экологических задач и т.д. Это доступное и относительно дешевое сырье по сравнению с синтетическими материалами. [1-4]

Цеолиты относятся к каркасным алюмосиликатам с трехмерной структурой, пронизанной системой каналов и полостей, благодаря чему обладают хорошо развитой внутренней поверхностью. Известно [1, 3], что свойства данного минерала находятся в прямой зависимости от особенностей его кристаллической структуры, химического и гранулометрического состава.

Крупным источником цеолита является Хотынецкое месторождение Орловской области [5]. Ранее нами [6] методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии установлен элементный состав цеолита данного месторождения.

Целью настоящей работы явилось определение гранулометрического состава цеолита Хотынецкого месторождения седиментационным методом после механического истирания минерала.

Исследуемый материал представляет собой порошок, нерастворимый в воде. Важным свойством его частиц является анизотропность и анизометричность, обусловленная механическим способом их получения (истирание в фарфоровой ступке).

Методика определения гранулометрического со-

става материала седиментационным методом приведена в [7, 8]. В качестве аналитического сигнала использовали массу осевших частиц на подложке, соединенной с крюком для взвешивания под аналитическими весами Ohaus EP114.

При проведении анализа в цилиндр наливали дистиллированную воду и вносили мелко измельченный порошок минерала. Полученную суспензию тщательно перемешивали, добиваясь равномерного распределения частиц по всему объему. Далее фиксировали массу осевших на подложку (инертна к водной среде) частиц в единицу времени. Эксперимент проводили при $t=20\pm 1^\circ\text{C}$.

Таблица 1.

Данные седиментационного анализа ($n=3$, $P=0.95$)

Время оседания, t, сек.	Масса осадка, m, 10 ⁻³ г
11	0,5 $\pm$ 0,2
14	1,0 $\pm$ 0,2
25	4,9 $\pm$ 0,1
30	2,6 $\pm$ 0,1
90	14,8 $\pm$ 0,1
120	16,6 $\pm$ 0,1
300	19,7 $\pm$ 0,1
600	21,5 $\pm$ 0,1
1680	22,9 $\pm$ 0,1
18000	25,2 $\pm$ 0,1

* Научно-исследовательская работа проводится в рамках Госзадания Министерства образования и науки РФ на 2013 г. Регистрационный номер: 2.3776.2011.

По полученным экспериментальным данным (таблица 1) строили седиментационную кривую, отражающую зависимость массы выпавшего осадка от времени оседания частиц (рис. 1).

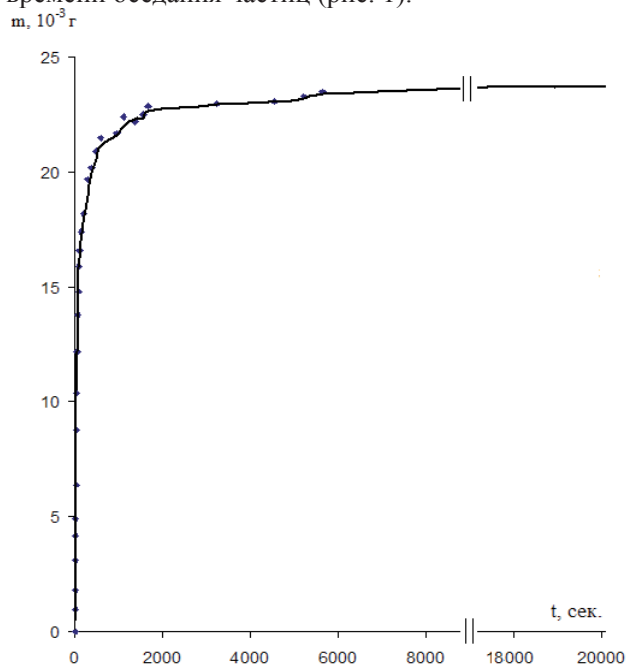


Рис. 2. Седиментационная кривая суспензии цеолита в воде.

Радиус оседающих частиц исследуемого сорбента находили по уравнению Стокса:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta}{2g(\rho - \rho_0)} \frac{H}{t}},$$

где H – высота оседания; t – время оседания; η – вязкость жидкости; g – ускорение свободного падения; ρ и ρ_0 – плотность дисперсной фазы и дисперсионной среды соответственно.

Данные седиментационного анализа, используемые для построения дифференциальной и интегральной кривой распределения частиц цеолита в воде, представлены в таблице 2.

Исходя из дифференциальной кривой (рис. 3) наибольшее относительное содержание частиц изучаемой суспензии цеолита в воде находится в интервале с эквивалентным радиусом от $1.2 \cdot 10^{-5}$ м до $3.1 \cdot 10^{-5}$ м. Учитывая границы применимости седиментационного метода анализа ($1 \cdot 10^{-6}$ м ÷ $1 \cdot 10^{-4}$ м) [7], по всей видимости, наблюдается отклонение реального эквивалентного радиуса для наиболее крупных частиц суспензии цеолита от определенного, что связано с влиянием турбулентного обтекания крупных частиц средой и их ускоренным движением в начале седиментации.

Таким образом, нами выявлен фракционный состав цеолита после его механического истирания. Полученные данные позволяют учесть особенности гранулометрического состава данного материала при дальнейшем исследовании процессов сорбции и катализа с его участием.

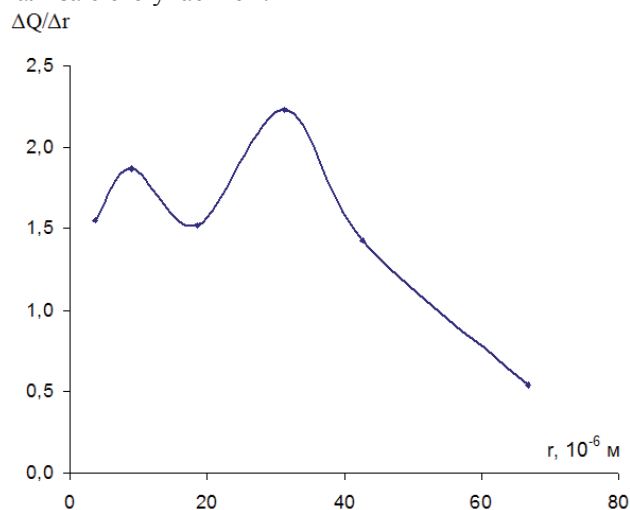


Рис. 3. Дифференциальная кривая распределения частиц

Таблица 2.

Данные, используемые для построения дифференциальной и интегральной кривой распределения частиц цеолита в воде

Время оседания t , сек.	Содержание фракции Q , %	Нарастающее суммарное содержание частиц, %	Эквивалентный радиус, $r \cdot 10^{-6}$ м	$\Delta r \cdot 10^{-6}$ м	ΔQ , %	$\Delta Q / \Delta r$
11	-	0	66,80	13,10	7,14	0,54
17	7,14	7,14	53,7	9,40	12,26	1,30
25	12,26	19,40	44,30	13,00	29,00	2,23
50	29,00	48,40	31,30	18,50	29,80	1,61
300	29,80	78,20	12,80	3,80	7,10	1,87
600	7,10	85,30	9,00	3,60	5,60	1,55
1680	5,60	90,90	5,40	3,75	9,10	2,43
18000	9,10	100	1,65	-	-	-

Библиографический список

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976. 781 с.
2. Frederick A. Mumpton (1999). «La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry». PNAS 96 (7): 3463–3470. DOI:10.1073/pnas.96.7.3463
3. Рабо Д. Химия цеолитов и катализ на цеолитах. Том 1. М.: Мир, 1980 С.506
4. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 679 с.
5. Обзор рынка природных цеолитов в СНГ. М.:ИнфоМайн, 2010.
6. 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.
7. Particle Size Measurement; T. Allen, Chapman & Hall. 4th Edition, 1992. ISBN 0 412 35070
8. Щукин Е.Д. Коллоидная химия: учеб. для университетов и химико-технолог. вузов / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. 3е изд., перераб. и доп.-М.: Высш.шк.,2004. 445 с.

References

1. Breck D. Zeolite Molecular sita. M.: Mir, 1976. 781p.
 2. Frederick A. Mumpton (1999). «La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry». PNAS 96 (7): 3463–3470. DOI:10.1073/pnas.96.7.3463
 3. Rabo D. Chemistry of zeolites and catalysis on zeolites. Vol. 1. M.: Mir, 1980.P.506.
 4. Krylov O.V. Heterogeneous Catalysis: A manual for universities. - Moscow: ICC “Akademkniga”, 2004. - 679 p.
 5. Market Review of natural zeolites in the CIS. M. InfoMine, 2010.
 6. Griбанov E.N., Oskotskaya E.R. The elemental composition of the zeolite deposits of Khotynets according to energy dispersive X-ray spectroscopy // Scientific notes of Orel State University. Series: “natural, technical, and medical sciences “, 2012. Number 6 (50). Pp. 90-92.
 7. Particle Size Measurement; T. Allen, Chapman & Hall. 4th Edition, 1992. ISBN 0 412 35070.
 8. Shchukin E.D. Colloid chemistry: studies for universities and chemical technologist. Universities / E.D. Shchukin, A.V. Peppers, E.A. Amelin. - 3-rd ed., revised and expanded.-M.: Vysshaya shkola, 2004. - 445p.
-

УДК 621.351

UDC 621.351

С.В. ГРИШИН

аспирант кафедры химии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
E-mail: grishin-68@mail.ru

А.Г. ДЕНИСКИН

кандидат технических наук, кафедра химии

Ю.А. СТЕКОЛЬНИКОВ

кандидат химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
E-mail: chemic55@yandex.ru

Ю.Е. МАМОНТОВА

аспирант кафедры химии Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина
E-mail: chemic55@yandex.ru

S.V. GRISHIN

post-graduate student of Chemistry Department, Yelets state University named after I. A. Bunin
E-mail: grishin-68@mail.ru

A.G. DENISKIN

candidat of technical sciences, Department of chemistry

YU.A. STEKOLNIKOV

candidate of chemical sciences, Professor, Head of Department of Plant Protection and Chemistry, Yelets State University named after I.A. Bunin
E-mail: chemic55@yandex.ru

YU.E. MAMONTOVA

post-graduate student, Yelets state University named after I.A. Bunin, Department of chemistry
E-mail: chemic55@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕПЛОВЫХ ИСТОЧНИКАХ ТОКА

PROSPECTS OF USE OF NEW MATERIALS IN THE THERMAL POWER SOURCES

Представлены вольтамперные характеристики электрохимических элементов тепловых источников тока с анодами на основе сплавов Li-Si, Li-Al, Li-B, катодами на основе дисульфида железа и кобальта как новых высокоэнергоемких веществ. Рассмотрены особенности использования пиротехнических смесей, тепловых таблеток, теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: электрохимический элемент, тепловой источник тока, электролит-расплав, катодные и анодные материалы.

Current-voltage characteristics of electrochemical elements of the thermal sources of current with the anodes on the basis of alloys Li-Si, Li-Al, Li-B, cathodes on the basis of the disulfide of iron and cobalt as new high energy substances are presented in the article. Peculiarities of the use of pyrotechnic mixtures, heat pills, thermo-insulating materials are considered.

Keywords: electrochemical element, thermal power source, the battery fluid-melt, cathodic and anodic materials.

В современных средствах вооружения используются автономные резервные источники электропитания электронных систем связи, наведения, других видов конкретных потребителей. Ввиду специфики использования к ним предъявляют жесткие требования по механическим нагрузкам (вибрационные, ударные, линейные), климатического использования, длительной безуходной сохранности, отсутствию колебаний напряжения. Таким требованиям отвечают тепловые источники тока с электролитами-расплавами, содержащими в незадействованном состоянии многокомпонентный твердый электролит с отсутствием проводимости в исходном нерабочем состоянии, что обеспечивает длительную сохранность в разных климатических условиях. Современные достижения в области создания и исследования свойств микро (нано) размерных материалов дают возможность модернизировать существующие электродные материалы традиционных электрохимических систем, что позволяет повысить коэффициент использования активных масс, снизить внутреннее

сопротивление, повысить скорость горения пиротехники, увеличить удельные характеристики на 20÷50%, снизить себестоимость производства [1,2]. При разработке высокочемкой электрохимической системы необходимо учитывать, что чистый литий не может быть использован в тепловой батарее из-за низкой температуры плавления, то есть требуются новые материалы с температурой плавления выше 600°C либо композиционные материалы, удерживающие жидкий литий от растекания [1,2].

Цель работы состояла в разработке рецептуры и технологии изготовления анодных материалов на основе соединений лития с кремнием, алюминием, бором, а катодных на основе порошков дисульфида железа, кобальта и в исследовании их разрядных характеристик на модели электрохимической тепловой системы.

Электрические характеристики элементов определяли в ячейке, помещенной в разрядную печь, представляющую собой два цилиндрических электронагревателя диаметром 120 мм с регулятором

температуры, один из которых имеет пневмопривод и подвижен. Фактически разряд элементов проводили в условиях, соответствующих температуре и давлению в них при разряде. Разряд проводили на нагрузку 0,6 ом (ток разряда 3,3 А) до напряжения 1,6 В (минимально допустимого по техническому заданию). Регистрацию разрядных характеристик осуществляли на цифровом осциллографе SDS-200. В качестве электролита была использована эвтектическая смесь солей лития хлористого и калия хлористого с добавками 3% фторида лития с температурой плавления 342°C. В качестве катодного материала использовали природный материал пирит (серный колчедан) с содержанием $\text{FeS}_2 \approx 48\%$ в виде электрода из прессованного порошка с введением специальных добавок, позволяющих создать высокую удельную поверхность.

На рис. 1-5 представлены разрядные кривые тепловых элементов с разными анодными материалами.

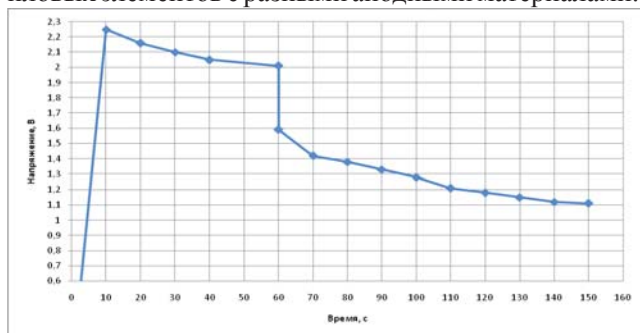


Рис. 1. Разрядная кривая химического теплового элемента с анодом из литий-алюминиевого сплава, температура разряда 600°C.

Сплавы лития и алюминия готовили нагреванием и сплавлением при прессовании чередующихся пластин при температуре ниже точки плавления лития в течение нескольких часов.

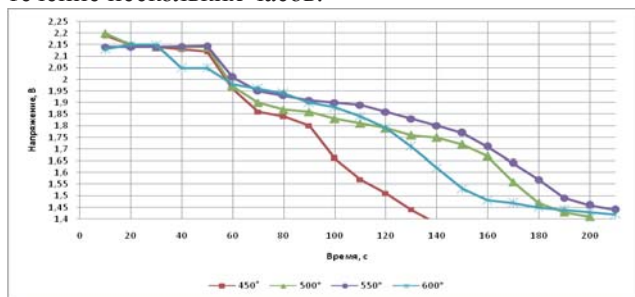


Рис. 2. Разрядные кривые при различных температурах для тепловых элементов (Ø 21 мм) с анодом из сплава литий-бор (производства КНР).

Анод представляет собой композитный материал, раскатанный в фольгу, содержащий матрицу Li_7B_4 , пропитанную литием, состава $54 \pm 4\%$ (вес.) лития, $42 \pm 4\%$ бора, остальное магний. Как видно (рис. 1,2), в случае сплава Li-Al обеспечивается меньший разброс напряжения, чем в случае сплава Li_7B_4 в первые 60 секунд, однако с последним анодом элементы имеют вдвое больший ресурс работы по времени до напряжения 1,6В.

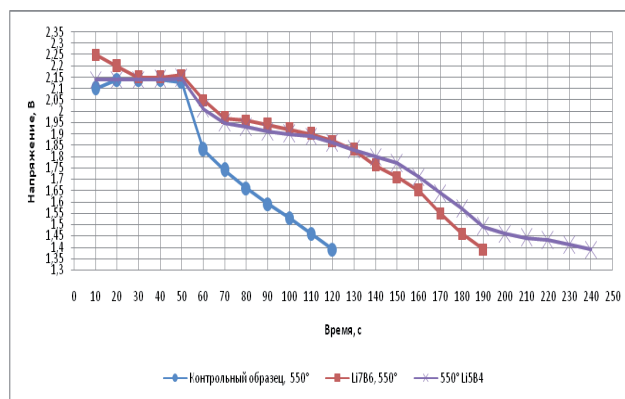


Рис. 3. Разрядные кривые при разных температурах для тепловых химических элементов с анодом из Li_5B_4 сплава.

Анод (рис.3) представляет из себя композитный материал, раскатанный в фольгу, отвечающий брутто-формуле Li_5B_4 (67% Li, 33% B, остальное Mg). Материал разработан совместно с УНИИХИМ (Екатеринбург) из смеси кристаллического и аморфного бора, что позволяет снизить температурный интервал экзотермических реакций при синтезе композита. Однородность литий-борного композита обеспечивается гомогенизацией смеси расплавленного металлического лития и порошка бора в интервале температур 350-450°C в специальном боксе. Как видно из рис.3, такой элемент обеспечивает выполнение требований технического задания с достаточным запасом времени достижения напряжения 1,6 В.

На ОАО «Энергия» (г. Елец) разработан оригинальный композитный материал «загущенный литий», анод раскатан в фольгу с содержанием 20% лития и 80% порошка железа марки КЖМ (карбонильное железо модифицированное производства концерна «Вега») с высокой удельной поверхностью $\sim 3,5 \text{ м}^2/\text{г}$.

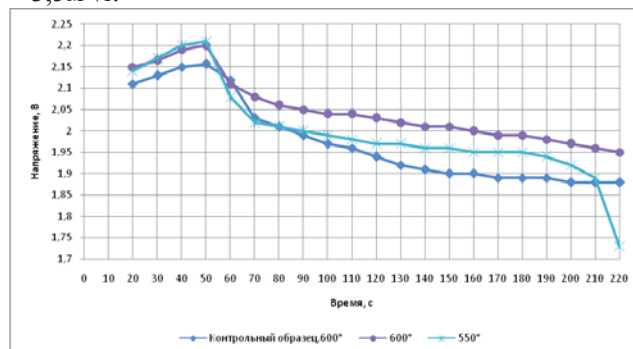


Рис. 4. Разрядные кривые тепловых химических элементов с анодом из загущенного лития, Ø 35 мм. Контрольный образец с анодом из сплава литий-кремний.

Видно, что обеспечиваются более высокие разрядные характеристики у элементов с анодом из загущенного лития по сравнению с элементами с литий-кремниевыми анодами.

Была исследована еще одна разновидность анодного материала «загущенный литий», которая представляла из себя металлический войлок из волокон алюминия, электролитически пропитанный литием (рис.5).

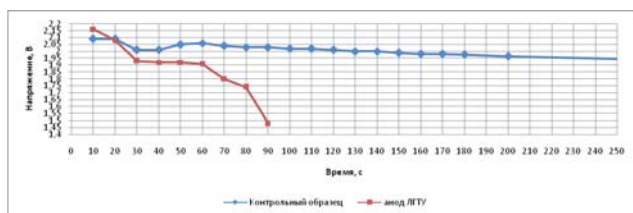


Рис. 5. Разрядные кривые тепловых химических элементов с анодом из волокон алюминия, Ø 35 мм.

Как видно, требования технического задания по энергетическим параметрам выполняются без достаточного запаса по времени и напряжению, что требует доработки материала анода, а именно увеличения качества лития в алюминиевом войлоке.

Технологии изготовления анодных материалов из сплавов лития самые разнообразные, требуют высокой культуры производства и непрерывно совершенствуются в направлении поиска наиболее электрохимически активных, что сказывается на технологиях изготовления электродов и характеристиках элементов в целом.

Основным катодным материалом в современных тепловых материалах является дисульфид железа, на смену которому приходит дисульфид кобальта. Изготавливают катоды из дисульфида железа прессованием высокопористых порошков с дозированием электролита. Используется как синтетический дисульфид железа, так и обогащенный до 90% природный серный колчедан. Отметим, что дисульфид кобальта – материал с большей теоретической емкостью и термически устойчивый в интервале рабочих температур теплового источника тока.

На рис. 6,7 представлены разрядные кривые тепловых элементов со стандартным анодом на основе литий-кремниевый сплава Li_4Si и с катодом на основе дисульфида железа и дисульфида кобальта в сравнении.

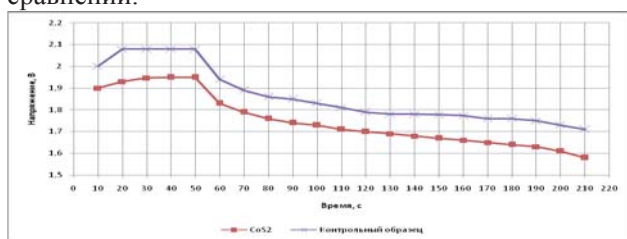


Рис. 6. Разрядные кривые тепловых химических элементов с литий кремниевым анодом и CoS_2 катодами, Ø 35 мм.

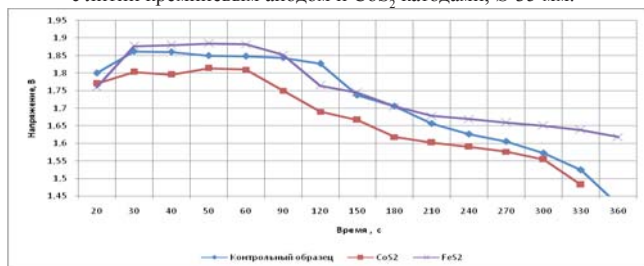


Рис. 7. Разрядные кривые химических элементов с литий-кремниевым анодом и катодами FeS_2 и CoS_2 , Ø 35 мм.

Отметим, что обеспечивается лучшее выполнение требований технического задания у элементов с CoS_2 и они тем выше, чем меньше размеры катодных

порошков, в нашем случае использовались порошки диаметром 30÷50 мкм. Введение в катодную массу наноразмерных порошков позволяет создать катод с высокой удельной емкостью и стабильным потенциалом [3,5].

Испытанные элементы имеют номинальное напряжение около 2 В, представляют собой диски их трех тонкослойных таблеток: анодной, катодной и электролитной. Варьируя массой и размерами элементов, можно создавать элементы с различной электрической емкостью. Последовательное и параллельное соединение элементов позволяет создавать батареи с необходимыми уровнями напряжений и токов потребления.

Важным этапом работ были исследования в области рецептур пиротехнических средств разогрева электрохимических элементов. Так как тепловая батарея представляет собой замкнутую герметичную систему, пиротехнические нагревательные элементы (тепловые таблетки) должны сгорать, практически не выделяя газообразной фазы, в том числе и паров воды. Это значит, что пиротехническая таблетка должна гореть в режиме безгазового горения, то есть все продукты сгорания должны оставаться в твердой фазе. Пиротехнические смеси для топливных батарей должны иметь высокое удельное тепловыделение и высокую скорость горения. Продукты сгорания должны иметь высокую электронную проводимость, чтобы их можно было использовать в качестве коммутирующих токоъемников между электрохимическими элементами.

В режиме безгазового горения горят пиротехнические смеси, горючим компонентом которых являются тяжелые металлы (железо, молибден, вольфрам, цирконий и т.д.), а окислителем служит перхлорат калия. Исследования показали, что пиротехнические смеси на основе мелкодисперсных высокочистых порошков железа отвечают всем вышеуказанным требованиям. На ОАО «Энергия» разработана и внедрена в серийное производство технология высокой очистки и капсулирования мелкодисперсных порошков карбонильного железа, что позволило разработать рецептуры пиротехнических смесей с высоким удельным тепловыделением (900÷1300 Дж/г) и скоростями горения от 45 до 100 мм/с, что в итоге резко уменьшает время выхода на режим тепловых источников тока. Низкое содержание газовой фазы в продуктах сгорания (менее 2 см³/г), не содержащих водорода и паров воды, позволило организовать изготовление пиротехнических смесей и тепловых таблеток с высокой стабильностью характеристик в условиях производства.

Высокая скорость горения пиротехнических смесей и высокая электропроводность шлаков обеспечили возможность снижения времени приведения батарей в рабочее состояние, которое в зависимости от размеров электрохимических элементов составляет от 0,2 до 1,5 с. Высокая электропроводность шлаков позволила их использовать в качестве комму-

тирующих деталей в межэлементных соединениях.

Для передачи огневого импульса от устройства задействия к тепловым таблеткам для их воспламенения были разработаны специальные пиротехнические ленточные воспламенители со скоростью горения более 2,5 м/с, что обеспечивает практически одновременный поджог всех тепловых таблеток по высоте блока электрохимических элементов, что позволяет существенно снизить время выхода батарей на рабочий режим.

Разработка эффективных теплоизоляционных материалов, обеспечивающих снижение потерь тепла в окружающую среду в 2–3 раза, позволяет создать тепловые батареи и со временем работы до 60 минут. Созданы два новых теплоизоляционных материала: «Картон-Н» и АТМ-17 методом картонного литья из специально приготовленной рецептуры на основе аэросила-380. Его теплопроводность более чем в 2 раза ниже теплопроводности (АТМ 17 в 3 раза) асбеста, а термостойкость составляет 800–900°C.

Электрохимические элементы тепловых батарей подвергаются значительным механическим воздействиям, поэтому электролитная смесь для увеличения ее устойчивости загущается инертными мелкодисперсными порошками (в нашем случае γ -алюминатом лития до 10% вес.) и имеющими высокие температуры плавления (выше 2000°C), которые снижают подвижность жидкой фазы в электролитной таблетке.

Совершенствование тепловых батарей (улучшение удельных характеристик и времени работы, стабилизация вольтамперных характеристик в процессе разряда, сокращение времени выхода на режим) идет в направлении использования наноматериалов. Использование наноструктурированных наноконпозитов систем Li-Al, Si, В в качестве анодных материалов, дисульфидов Fe, Со или V_2O_5 в качестве катодных материалов, наноразмерных порошков тяжелых металлов в пиротехнических смесях приведут к изменению электрохимических характеристик тепловых элементов в сторону достижения рекордных емкостей с одновременным снижением их габаритов и удешевлением производства.

Выводы

Показана возможность использования новых анодных (Li-Si, Li-Al, Li-B сплавов) и катодных (порошки FeS_2 , CoS_2) материалов для создания тепловых источников тока со стабильными вольтамперными характеристиками. Загущение электролита LiCl-KCl-LiF γ -алюминатом лития повышает устойчивость тепловых батарей к механическим воздействиям. В пиротехнических сплавах можно использовать порошки карбонильного железа, что позволяет получить высокие скорости горения и минимизировать время выхода на рабочий режим. Использование новых теплоизоляционных материалов (Картон-Н, АТМ 17) позволяет увеличить время работы батарей.

Библиографический список

1. Highly Reversible Lithium Storage in Nanostructured Silicon/ J. Graetz [et al.]/ Electrochem. Solid State Lett. 2003. Vol. 6.
2. О ходе реализации проекта «Разработка конструкции и технологии изготовления литий-ионных аккумуляторов нового поколения с электродами из наноконпозитных структур», Материалы XII Международной конференции «Фундаментальные проблемы преобразования энергии в литиевых электрохимических системах, Краснодар, 2012, С. 25.
3. Банник Н.Г., Тысячный В.П., Апостолова Р.Д. Исследование электродной кинетики интеркаляции ионов лития в электролитический FeS_2 композит. Вопросы химии и химтехнологии. 2006, № 4, С. 151
4. Кукоз Ф.И., Труш В.В., Кондратенков В.И. Тепловые химические источники тока. Ростов–на-Дону, издательство РГУ, 1989, С. 216.
5. Нишниковский Е.А. Портативные химические источники тока. М., «Спутник», 2008, С. 220.

References

1. Highly Reversible Lithium Storage in Nanostructured Silicon/ J. Graetz [et al.]/ Electrochem. Solid-State Lett. 2003. Vol. 6.
2. About the course of realization of the project «Development of design and technology of manufacture of lithium-ion batteries of new generation with electrodes of nanocomposite structures», Materials of the XII International conference «Fundamental problems of transformation of energy in lithium-ion rechargeable electrochemical systems, Krasnodar, 2012, P. 25.
3. Bannik N.G., The thousandth V.P., Apostolova R.D., The study of the kinetics of electrode intercalation of ions of lithium in the electrolytic FeS_2 composite. The Questions of chemistry and chim. technology, 2006, № 4, p. 151
4. Kukoz F.I., VLADIMIR. Trush, V.I. Kondratenkov Thermal chemical sources of a current. Rostov-on-Don, publishing house of Rostov, 1989, P. 216.
5. Nignikovskiy EA. Portable chemical sources of a current., M., «Sputnik», 2008, P. 220.

УДК 54.384.2

UDC 54.384.2

Л.А. ЕРМАКОВА

кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета

М.В. ВОРОНКОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета

E-mail:Voronkova_m78@mail.ru

L.A. ERMAKOVA

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Orel State Agrarian University

M.V. VORONKOVA

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Orel State Agrarian University

E-mail:Voronkova_m78@mail.ru

ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ ПРОТЕИНАЗ В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ

CHEMICAL STUDIES OF PROTEINASE INHIBITOR ACTIVITY IN POTATO TUBERS

Изучена активность ингибиторов протеиназ в клубнях картофеля разных сортов спектрофотометрическим методом. Выявлено, что 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.

Ключевые слова: ингибиторы гидролитических ферментов, трипсин, химотрипсин.

The activity of Proteinase inhibitors has been studied in different varieties of potato tubers by the Spectrophotometric method. It was revealed that the level of activity of Proteinase inhibitors in the tubers of varieties directly correlates with the rate of resistance to the Colorado potato beetle. Varieties with high stability characterized by elevated activity of inhibitors. Low-resistant varieties have low rates of antiproteolitic activity.

Keywords: inhibitors of hydrolytic enzymes, trypsin, chymotrypsin.

Одними из токсичных компонентов белков клубней картофеля являются ингибиторы гидролитических ферментов. Изучение белковых ингибиторов ферментов у растений наряду с большим теоретическим интересом имеет важное практическое значение [4]. Это связано, с одной стороны, с той существенной ролью, которую ингибиторы играют в защите растений от вредных насекомых и фитопатогенных микроорганизмов, а с другой – влиянием ингибиторов на питательные достоинства растительных продуктов [2, 3].

Материалы и методы

Изучали активность ингибиторов протеиназ в клубнях картофеля урожая 2006-2007 г.г. казеинолитическим методом М.Л. Какейда в модификации И.И. Бенкен (1982) [1]. Метод основан на спектрофотометрическом измерении при 280 нм величины оптической плотности продуктов распада белкового субстрата (казеина) под действием фермента (трипсина, химотрипсина). Добавление ингибиторов, которые связывают трипсин или химотрипсин в неактивные комплексы, сопровождается уменьшением экстинкции. Ингибирующую активность вычисляли по формуле и выражали в мкг заторможенных

трипсиновых (химотрипсиновых) единицах на 1 г навески.

Объектом исследования служили сорта картофеля, приобретенные на Брянской опытной станции ВНИИКС и различающиеся устойчивостью к колорадскому жуку: Алый брянский (устойчивый), Слава Брянщины (устойчивый), Дитта (средне устойчивый), Жуковский ранний (средне устойчивый), Аноста (относительно устойчивый), Невский (неустойчивый). Для сравнения использовали районированные в Орловской области сорта картофеля: Снегирь, Удача.

Результаты и обсуждение

При изучении активности ингибиторов протеиназ в клубнях картофеля урожая 2006-2007 г.г. было отмечено, что активность ингибиторов незначительно изменяется по годам выращивания.

В клубнях урожая 2006 года активность ингибиторов трипсина у сортов: Невский, Аноста, Жуковский ранний, Дитта, Слава Брянщины варьирует от 0,64 до 2,01 мг/г; ингибиторов химотрипсина от 0,77 до 2,51 мг/г. У сорта Алый брянский активность трипсина составила 1,36, химотрипсина 2,48 мг/г (рис. 1).

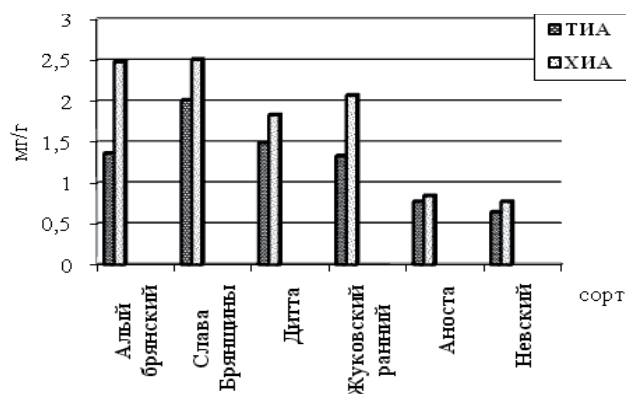


Рис. 1. Активность ингибиторов протеиназ сортов картофеля в 2006 году.

Исследование урожая 2007 года показало повышение активности ТИА в клубнях всех сортов опытного картофеля от 1,0 до 2,86 мг/г. Повышение активности ХИА у сортов Дитта, Жуковский ранний, Алый брянский, Слава Брянщины составило 2,06; 2,62; 3,08; 3,57 мг/г соответственно. Осталась прежней активность ХИА у сортов Невский и Аноста (рис. 2).

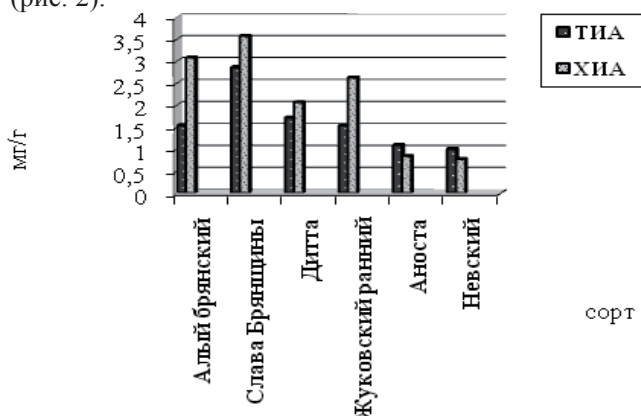


Рис. 2. Активность ингибиторов протеиназ сортов картофеля в 2007 году.

При исследовании активности ингибиторов гидролитических ферментов в клубнях районированных сортов было отмечено, что у сорта картофеля Удача и сорта Снегирь активность ингибиторов протеиназ различается незначительно и в среднем составляет по ТИА от 1,27 до 1,34 мг/г; по ХИА – от 1,86 до 1,91 мг/г (рис. 3).

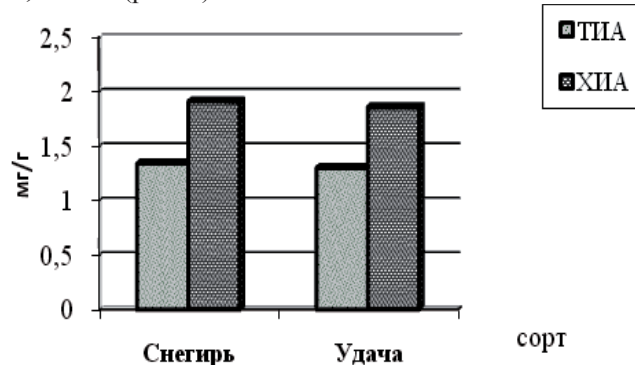


Рис. 3. Активность ингибиторов протеиназ у районированных сортов картофеля в 2006-2007 г.г.

Заключение

Уровень активности ингибиторов протеиназ в клубнях исследованных сортов коррелирует с показателем их устойчивости к действию насекомых-вредителей. Сорта с высокой устойчивостью характеризуются повышенным уровнем активности ингибиторов. Сорта с низкой устойчивостью обладают невысокими показателями антипротеолитической активности.

Библиографический список

1. Бенкен И.И. Антипитательные вещества белковой природы в семенах сои / И.И.Бенкен, Т.Б.Томила // Бюллетень ВИР. 1982. Вып. 121. С.65-70.
2. Валуева Т.А. Белки - ингибиторы протеолитических ферментов у растений / Т.А.Валуева, В.В.Мосолов // Прикладная биохимия и микробиология. 1995. Т.31. №6. С.579-589.
3. Валуева Т.А. Растительные белковые ингибиторы протеолитических ферментов / Т.А.Валуева, В.В.Мосолов // ВИНТИ. М.:Наука, 2005. С.1-107.
4. Ученые записки Орловского государственного университета / Научный журнал, №4// Орел, 2010.- 299 с.

References

1. Becken I.I. Anti-nutritional substances of protein nature in soybean seeds / I.I.Benken, T.B.Tomilina // Bulletin VIR.-1982. - Vol. 121. - Pp.65-70.
2. Valuev T.A. Protein - inhibitors of proteolytic enzymes in plants / T.A.Valueva, V.V.Mosolov // Applied Biochemistry and microbiology .-1995.-v.31. - № 6.-Pp.579-589.
3. Valuev T.A. Vegetable protein inhibitors of the proteolytic enzyme / T.A.Valueva, V.V.Mosolov // M VINITI.. Nauka, 2005. - 107 C.1.
4. Scientific notes of Orel State University / Science journal , № 4 // Orel, 2010. - 299 p.

УДК 544. 72, 546. 02

UDC 544. 72, 546. 02

Э.Р. ОСКОТСКАЯ

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Орловского государственного университета

Е. Н. ГРИБАНОВ

кандидат химических наук, старший преподаватель Орловского государственного университета
E-mail: gribanovEN@gmail.com

О.И. МАРКОВ

доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Орловского государственного университета

Ю.В. ХРИПУНОВ

кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры физики Орловского государственного университета

E.R. OSKOTSKAYA

doctor of Chemical sciences, professor, head of Chemistry Department, Orel State University

E.N. GRIBANOV

candidate of Chemistry, senior lecturer Orel State University
E-mail: gribanovEN@gmail.com

O.I. MARKOV

doctor of physical and mathematical sciences, professor of chair of physics, Orel state university

YU.V. KHRIPUNOV

candidate of Physics and mathematics sciences. senior teacher of chair of physics Orel State University

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОПЛЕНКИ ВАНАДИЯ(IV) НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ*

FORMATION OF THE NANOFILM OF VANADIUM (IV) ON THE SURFACE OF POLYMER MATRICES

В работе методами атомно-силовой и металлографической микроскопии показана возможность получения нанопленки ванадия(IV), стабилизируемой полимерной матрицей сополимера стирола и дивинилбензола. Определены характерные линейные размеры рельефа объектов поверхности матрицы до и после образования двумерной структуры. Найдены оптимальные условия формирования пленки.

Ключевые слова: нанопленка, двумерные структуры, ванадий, сорбция.

In the paper the possibility of obtaining nanofilm of vanadium (IV), stabilized polymer matrix of styrene and divinylbenzene are showed by atomic force microscopy and metallographic methods. The characteristic linear dimensions of the matrix surface of the relief items "before" and "after" the formation of two-dimensional structures are established. The optimum conditions for the formation of the film are found.

Keywords: nanofilms, two-dimensional structures, vanadium, sorption.

Свойства наноразмерных объектов и способы их получения являются важными предметами научных исследований последних лет. Это связано с высокой значимостью данных объектов для фундаментальной науки и практического использования в различных областях техники и технологии [1-4]. Особый интерес представляют двумерные (2D) структуры (нанопленки) на основе ванадия и его соединений. Это связано с возможностью их применения в качестве каталитических, сенсорных и электрохимических систем, потенциально обладающих новыми уникальными характеристиками [5]. Для получения данных нанобъектов используют как физические, так и химические методы, например, эпитаксию, химическое парофазное осаждения, осаждение или выпаривание коллоидных растворов и т.д. Одним из эффективных методов получения пленок нанометровой толщины является метод, заключающийся в организации химических реакций на поверхности твердого тела – матрицы, которая выполняет стабилизирующую

функцию по отношению к пленке, при этом образующаяся поверхностная фаза остается доступной извне, сохраняя свои характеристики нанометрового состояния [1, 2, 6].

Перспективно выглядит в качестве полимерной матрицы (ПМ) сополимер стирола и дивинилбензола с привитыми функциональными комплексообразующими группами (ФКГ). Данный материал не растворим в воде, кислотах и щелочах, что значительно расширяет область применения целевого продукта – двумерной структуры на поверхности матрицы-подложки. [7-9]

Целью настоящей работы явилось получение нанопленки ванадия(IV) стабилизируемой матрицей сополимера стирола и дивинилбензола с химически привитой комплексообразующей группой 2-гидроксиз-(1-азо-1')-2'-гидроксиз-3',5'-динитробензол и определение оптимальных условий, способствующих как интенсификации протекания данного процесса, так и получению 2D-структуры, отвечающей требованию

* Научно-исследовательская работа проводится в рамках Госзадания Министерства образования и науки РФ на 2013 г. Регистрационный номер: 3.7608.2013.

целостности и постоянства толщины.

Экспериментальная часть

Полимерный материал представлял собой гранулированный препарат. Содержание комплексобразующих групп контролировали элементным анализом и определением сорбционной емкости [8].

Морфологию поверхности гранул сорбента исследовали сканирующим мультимикроскопом СММ – 2000 (ОАО «Завод Протон-МИЭТ», г. Зеленоград). Использовали режим атомно-силовой микроскопии (АСМ) по причине диэлектрических свойств ПМ. Исследуемая поверхность обладала достаточной твердостью для использования контактной моды АСМ. Гранулы сорбента закрепляли на держателе образца микроскопа. Сканирование проводили кантилевером фирмы Veeco марки MSCT-AUNM с длиной балки 180 мкм, жесткостью 0.05 Н/м и радиусом острия иглы ~ 300 Å.

Методика обработки и количественного анализа АСМ изображений поверхности описана в [10-14] и осуществлялась с помощью программы Scan Master

for SMM-2000 v. 6.7.02. Возможные искажения в полученных АСМ кадрах поверхности устраняли применением низкочастотной фильтрации Фурье-спектра изображения (фильтр Баттерворта), матричной, медианной и специальными (удаление наклона, вычитание поверхности второго порядка и т.д.) фильтрационными процедурами [12, 13].

При количественном анализе АСМ изображений: 1) определяли амплитудные среднестатистические параметры шероховатости поверхности (R_a – среднюю арифметическую шероховатость профиля, R_q – среднеквадратичная шероховатость профиля), для этого обрабатывали АСМ кадры различных участков поверхности ПКС (при одинаковой масштабной длине сканирования) и находили средние значения R_a , R_q ($n=5$, $P=0.95$); 2) строили интегральный профиль поверхности путем объединения профилей, полученных в результате сечения поверхности по линиям, параллельным верхней стороне АСМ кадра, по полученному интегральному профилю находили гистограмму распределения точек поверхности по высотам и график интеграла от гистограммы по высотам.

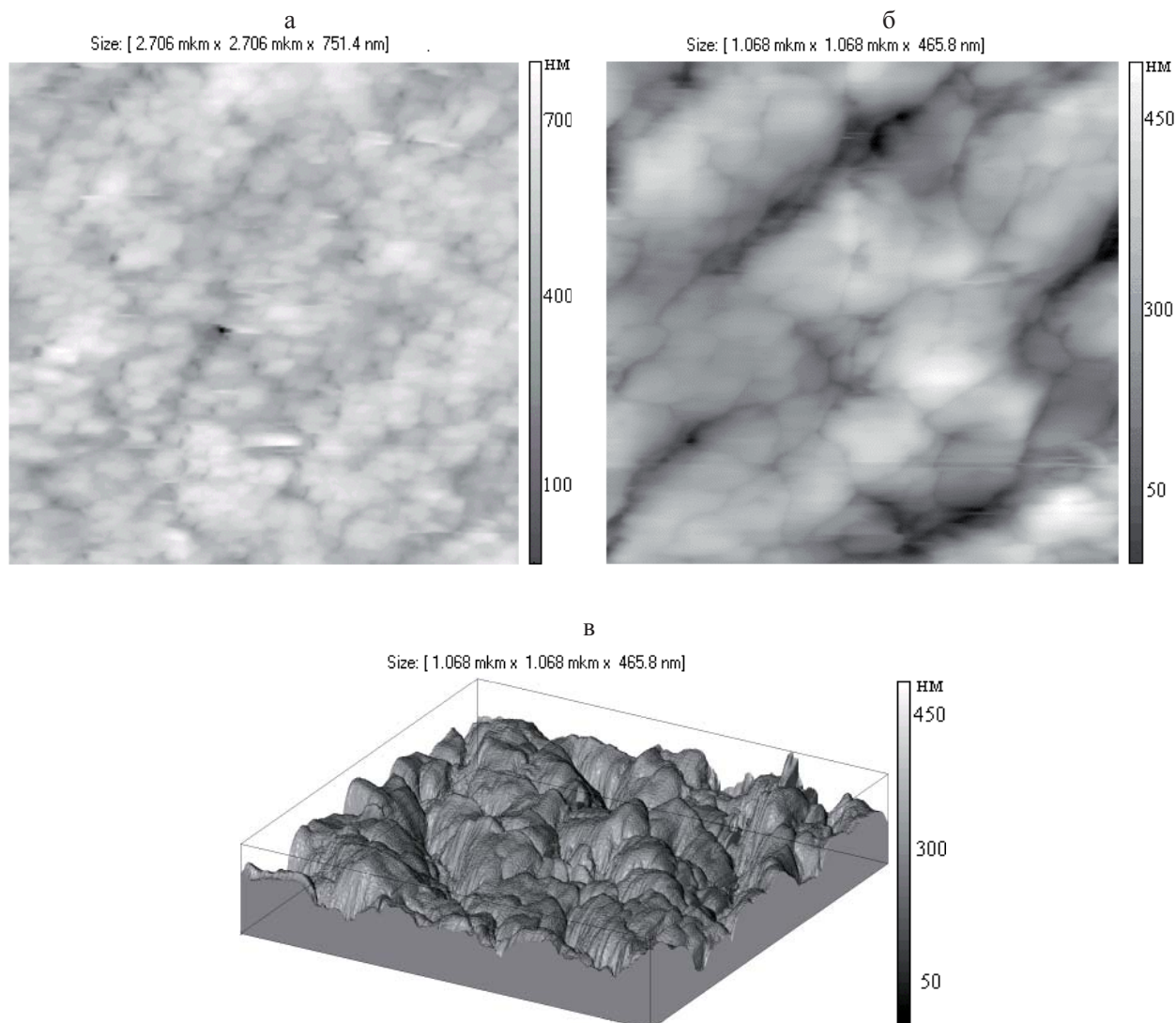


Рис. 1. Типичное АСМ изображение поверхности ПМ в 2D (а, б) и 3D (в) виде.

Визуализация результатов измерения состояла в представлении рельефа в виде топографических карт и трехмерных изображений.

Исследование микроструктуры пленки осуществляли в отраженном свете в светлом поле при прямом освещении на металлографическом микроскопе Альтами MET 1M.

Исходный раствор ванадия(IV) готовили растворением точной навески квалификации «х.ч.» в дистиллированной воде. Рабочие растворы готовили разбавлением исходного раствора. Кислотность среды измеряли pH – метром Ионмер И-500 с точностью измерения $\pm 0,05$ ед. pH. Контроль концентрации металла в растворах после сорбции осуществляли на спектрофотометре СФ-46, используя в качестве реагента Невазол НС ($\lambda_{\text{опт.}}=565\text{nm}$, pH~2.5) [15]. Гранулы сорбента после сорбции промывали дистиллированной водой объемом 2 – 3 мл и высушивали при температуре $20\pm 2^\circ\text{C}$ до воздушно-сухого состояния. Условия сорбции (pH_{опт.}, время, температура) исследовали по методике, описанной в [15].

Результаты и их обсуждение

На рис. 1а представлено одно из АСМ изображе-

ний исходной поверхности изучаемой полимерной матрицы. На кадре имели место редкие горизонтальные помехи, что говорит о присутствии на поверхности малого количества частиц, со слабой адгезией к ней, страгиваемых и перемещаемых зондом при сканировании.

При уменьшении масштабной длины сканирования (l) четко прослеживается глобулярное строение поверхности ПМ (рис. 1 б, в). Диаметр глобул колеблется в интервале $\sim 40 \div 170$ нм. Из анализа полученных АСМ кадров следует, что поры материала колеблются в интервале $n \cdot 10$ нм – $n \cdot 100$ нм, что соответствует поверхности, содержащей мезо- и макропоры. Наблюдаемый перепад высот $\sim 700 - 800$ нм. Среднеквадратичная шероховатость профиля R_q составляет 59 ± 3 нм, а средний масштаб шероховатости R_a характеризуется размерами 45 ± 3 нм ($l=300$ нм). Согласно интегральному профилю поверхности ПМ (рис. 2а), полученному при анализе типичного АСМ кадра (например, рис.1б), гистограмме распределения точек профиля по высотам (рис. 2б) и графику интеграла от гистограммы по высотам (рис. 2в) наибольший процент $\sim 65\%$ точек поверхности находится в интервале высот $150 \div 300$ нм.

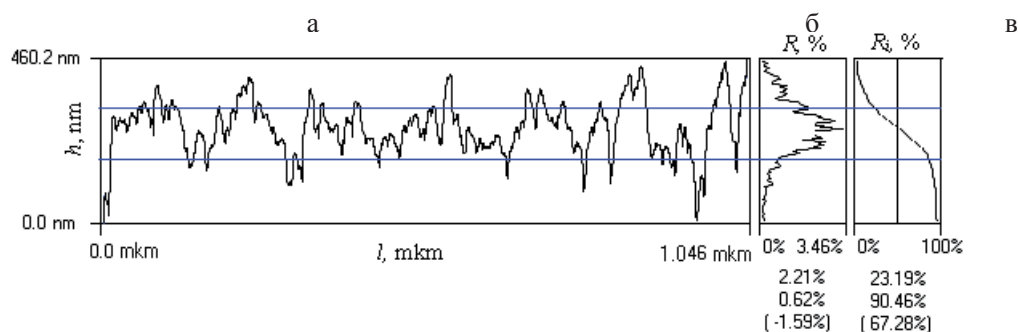


Рис. 2. Интегральный профиль поверхности ПМ (а), гистограмма распределения точек профиля поверхности ПМ по высотам (б) и график интеграла от гистограммы по высотам (в); h, nm – высота профиля рельефа вдоль скана с размером $l, \text{мкм}$. R – количество точек профиля (в % от общего количества), имеющих данную высоту и R_q – количество точек профиля (в % от общего количества), имеющих высоту большую или равную данной.

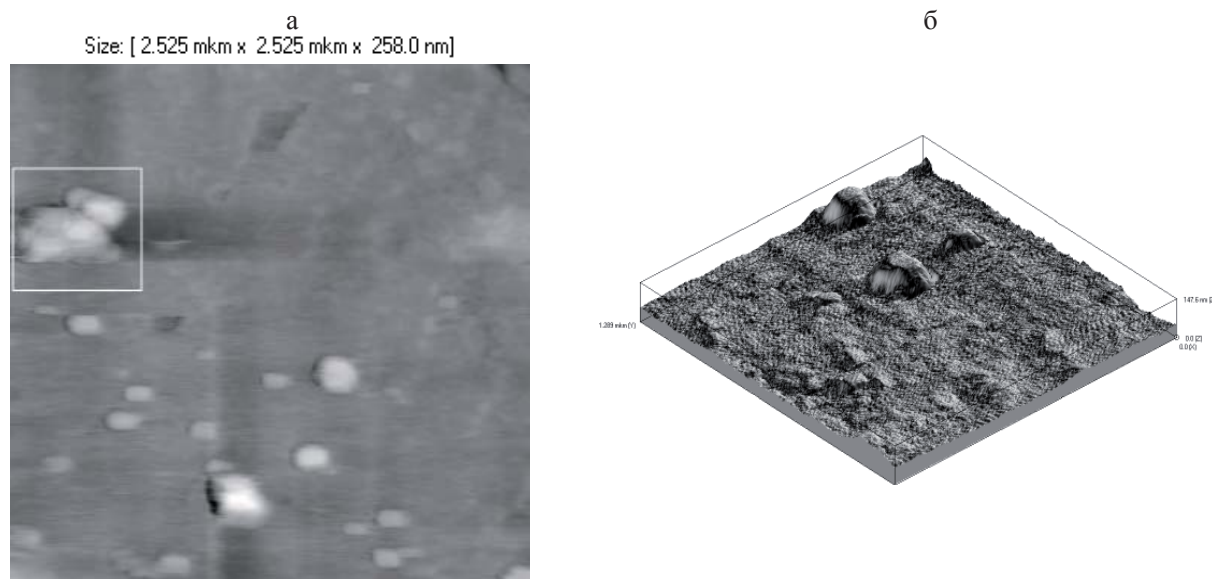


Рис. 3. Типичное АСМ изображение поверхности ПМ после сорбции V(IV) в 2D (а) и 3D (б) виде. $[V(IV)]=0.5$ мг/мл.

Сорбцию ванадия(IV) проводили из водных растворов VOSO_4 с концентрацией ионов металла 0.5 мг/мл в статических условиях методом ограниченного объема при периодическом перемешивании. По данным [16] V(IV) сорбируется в форме $\text{VO}(\text{H}_2\text{O})_n^{2+}$, при этом металл валентно связывается с атомом фенольного кислорода ФКГ [8], а положительный заряд компенсируется противоионами из раствора.

На рис. 3 (а, б) представлена поверхность сополимера после извлечения V(IV). Наблюдается сглаживание рельефа за счет образования на поверхности сорбента пленки сорбата. На кадре присутствуют возвышенности – включения в структуру пленки, являющиеся элементами исходной поверхности. Об их природе свидетельствует профиль сечения (рис. 4), например, области, выделенной на рис. 3(а) белым контуром: характер рельефа отдельных элементов системы совпадает с характером рельефа исходной поверхности, размеры элементов – их диаметр ($\sim 70 \div 150$ нм) также совпадает с диаметром глобул исходной поверхности. Среднеквадратичная шероховатость профиля всего скана составляет 22 ± 2 нм, а средняя шероховатости 13 ± 1 нм. Для сорбционного слоя $R_q = 7 \pm 1$ нм и $R_a = 5 \pm 1$ нм.

На микроуровне об образовании пленки свидетельствует металлографический анализ поверхности матрицы (рис. 5), позволяющий отделить рельеф, образуемый сорбатом от рельефа сорбента.

Затемнение и частичная расплывчатость элементов изображения, расположенных по краям рисунка, связана с разным значением фокусного расстояния

для них, что является следствием геометрических особенностей гранул исследуемого материала – их сферической формой.

Сравнительный анализ гистограмм распределения точек профиля поверхности ПМ по высотам до и после сорбции дает возможность оценить толщину образующейся пленки, которая составляет $\sim 20 \div 80$ нм.

Оптимальную кислотность среды протекания процесса образования поверхностной фазы V(IV) определяли экспериментально в интервале pH 0.5 – 8.0. Для этого в растворах, содержащих 50 мкг катиона металла и 50 мг сорбента, устанавливали заданное значение pH. Смесь перемешивали на магнитной мешалке 2 часа при $t = 20 \pm 1^\circ\text{C}$, фильтровали, промывали дистиллированной водой. Фильтрат и промывную воду собирали в мерные колбы емкостью 25 мл, доводили до метки и определяли содержание несорбированного компонента.

Зависимость степени извлечения элемента (R, %) от pH раствора представлена на рис. 6. По данной зависимости графически определяли $\text{pH}_{\text{опт.}}$. Количественная сорбция ($R > 95\%$) наблюдается при постоянном перемешивании в интервале pH 2.6–4.8.

Путем приготовления серии растворов, содержащих 50 мкг катиона металла и 50 мг сорбента, с учетом установленной оптимальной кислотности сорбции изучали влияние времени. Растворы при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$ и $30 \pm 1^\circ\text{C}$ перемешивали в течение 5, 15, 30, 40, 50, 60, 65, 70 и 80 минут. Количественное извлечение V(IV) наступает через ~ 70 минут (рис. 7).

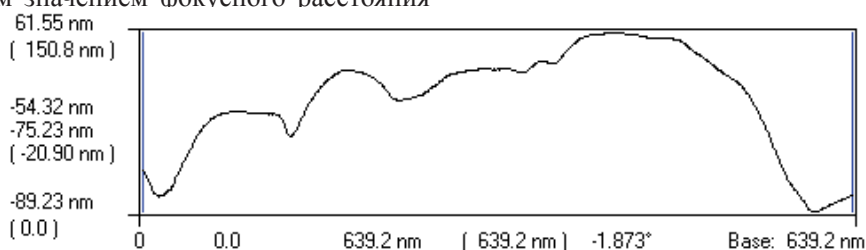


Рис. 4. Профиль поверхности системы глобул, выделенных белым контуром на рис.3а

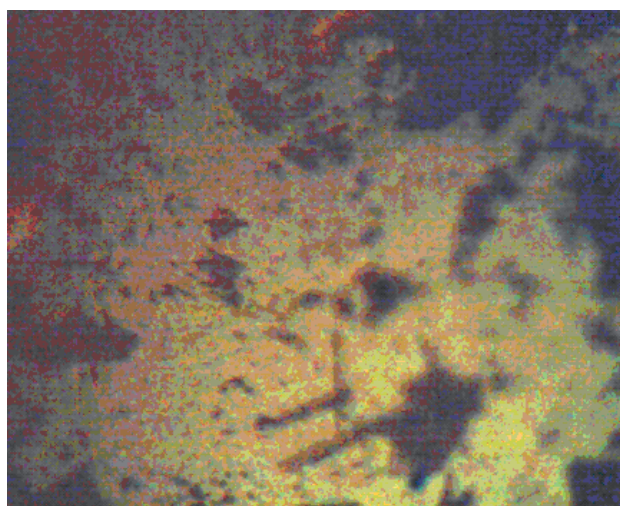


Рис.5. Металлографическое изображение поверхности ПМ после сорбции V(IV). $[\text{V(IV)}] = 0.5$ мг/мл. Размер кадра 250×330 мкм.

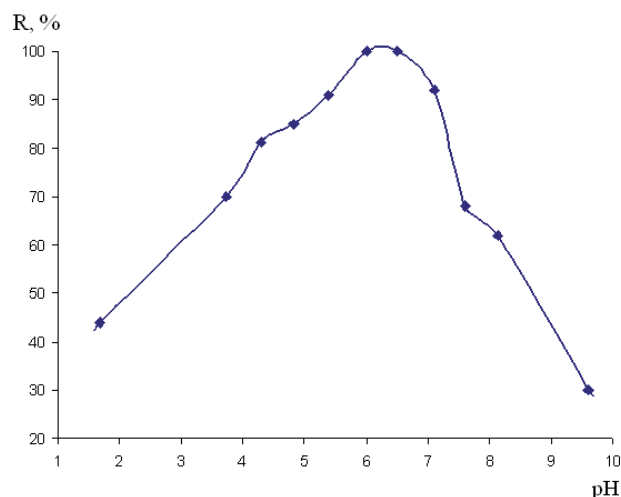


Рис. 6. Зависимость степени извлечения V(IV) полимерной матрицей от pH раствора.

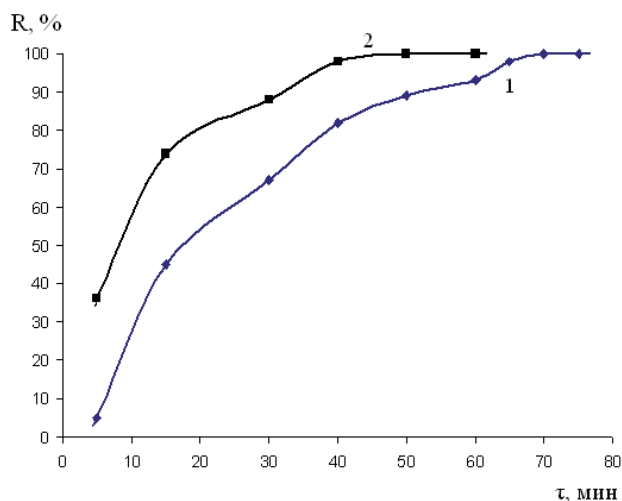


Рис. 7. Кинетика сорбции V(IV) при 1 – $t = 20 \pm 1$ °C; 2 – $t = 30 \pm 1$ °C.

Для выявления оптимального режима организации сорбции исследовано влияние температурного фактора на морфологию полимерной матрицы и двумерной структуры, образуемой сорбатом.

На АСМ кадрах поверхности ПМ, полученных при термическом воздействии на гранулы сорбента в течение 30 минут при температурах 60 ± 1 °C, 80 ± 1 °C, и 120 ± 1 °C присутствовали частые горизонтальные помехи, что говорит об увеличении адгезии между

зондом и поверхностью вещества, связанной с увеличением вязкости сополимера, затрудняющей механический контакт «зонд – поверхность». Причем вязкость увеличивается до 80 ± 1 °C, а к 120 ± 1 °C поверхность твердого тела теряет данное свойство. Сканирование проходило при разной скорости перемещения зонда (от 300 нм/с до 5.7 мкм/с), характер наблюдаемого явления не изменялся.

Size: [1.230 mkm x 1.230 mkm x 256.2 nm]

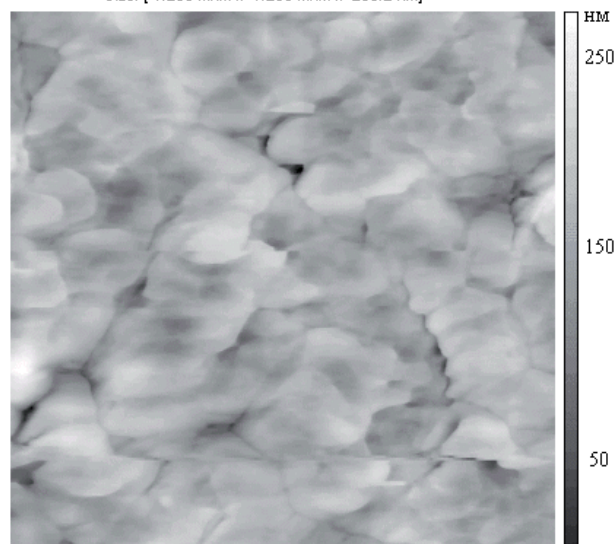


Рис. 8. Поверхность ПМ в виде «пластинок» после нагревания образца в течение 30 минут при температуре 120 ± 1 °C.

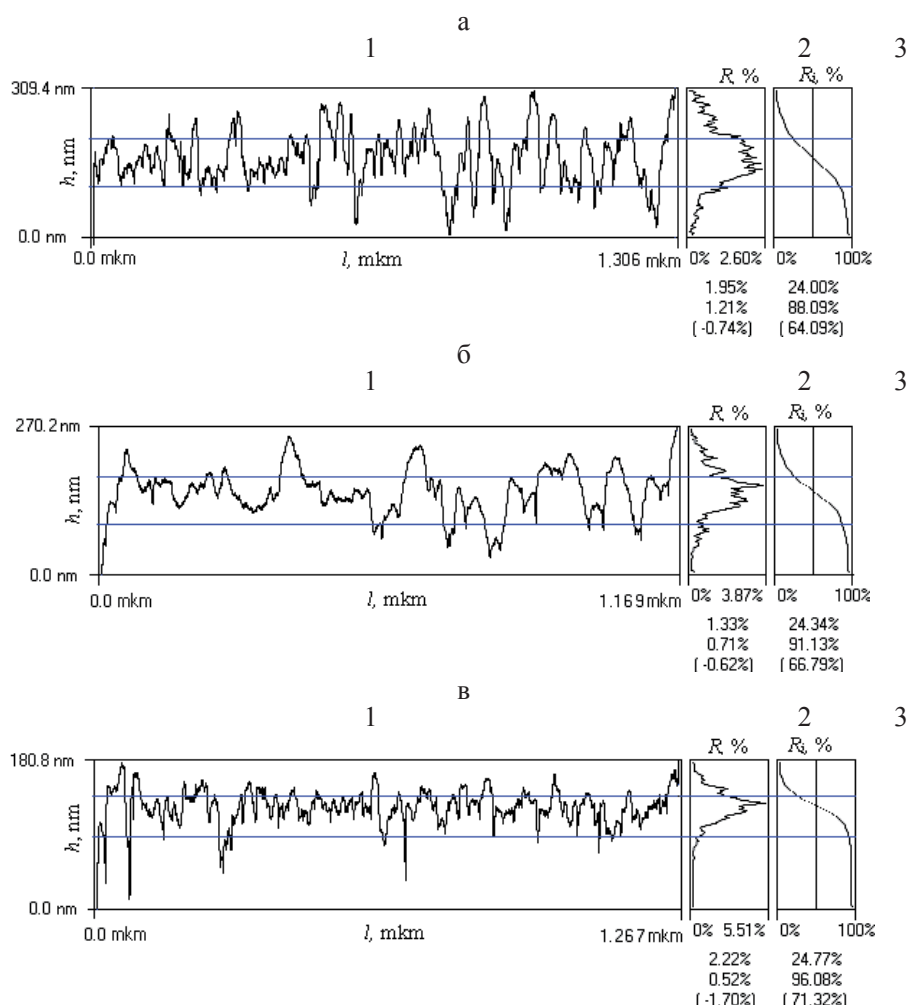


Рис. 9. Интегральный профиль поверхности ПМ (1), гистограмма распределения точек профиля поверхности ПМ по высотам (2) и график интеграла от гистограммы по высотам после нагревания образца (3) в течение 30 минут при температуре 60 ± 1 °C (а), 80 ± 1 °C (б) и 120 ± 1 °C (в); h , нм – высота профиля рельефа вдоль скана с размером l , мкм. R – количество точек профиля (в % от общего количества), имеющих данную высоту и Ri – количество точек профиля (в % от общего количества), имеющих высоту большую или равную данной.

Полученные после термической обработки поверхности ПМ АСМ кадры выявили значительно менее выраженный характер рельефа по сравнению с исходным, что связано с оплавленностью глобул и приобретением ими вида «пластинок» (рис.8). Перепад высот составляет $\sim 300 - 450$ нм для температур $60 \pm 1^\circ\text{C}$ и $80 \pm 1^\circ\text{C}$, $\sim 200 - 300$ нм для $120 \pm 1^\circ\text{C}$. Характеристики шероховатости также уменьшаются: так для $60 \pm 1^\circ\text{C}$ - $R_q = 38 \pm 4$ нм, $R_a = 31 \pm 2$ нм; $80 \pm 1^\circ\text{C}$ - $R_q = 26 \pm 3$ нм, $R_a = 20 \pm 3$ нм; а для $120 \pm 1^\circ\text{C}$ - $R_q = 12 \pm 1$ нм и $R_a = 10 \pm 1$ нм.

Тенденции в изменении характера рельефа отражают интегральные профили поверхности сорбента, гистограммы распределения точек профиля по высотам и графики интеграла от гистограмм по высотам (рис.9 а-в) 60 – 70 % объектов рельефа: для $60 \pm 1^\circ\text{C}$ – с высотой от 100 нм до 200 нм; $80 \pm 1^\circ\text{C}$ – от 80 нм до 170 нм; $120 \pm 1^\circ\text{C}$ – от 70 нм до 130 нм.

Металлографический анализ поверхности ПМ, подвергшейся температурному воздействию с последующей сорбцией катионов металла, выявил меньшую целостность пленки и фрагментарное уменьшение её толщины (рис. 10 а, б). Исходя из чего можно говорить

о необходимости проведения сорбционного процесса при условиях, близких к стандартным.

Таким образом, в работе методами атомно-силовой и металлографической микроскопии показано образование нанопленки ванадия (IV) на поверхности сополимера стирола и дивинилбензола с *o,o'*-дигидрокси-(1-азо-1')-функциональной комплексообразующей группой. Определены характерные линейные размеры рельефа объектов поверхности матрицы сополимера до и после образования двумерной структуры. Найдены оптимальные условия извлечения V(IV) (кислотность среды, время, температура) из водных растворов, способствующие как интенсификации протекания процесса образования поверхностной фазы ванадия, так и получению нанопленки, отвечающей требованиям её целостности и постоянства толщины. Полученные данные полезны как для фундаментальной науки при исследовании свойств двумерных объектов ванадия(IV), так и в прикладном характере при разработке каталитических, сенсорных и электрохимических систем, потенциально обладающих новыми уникальными характеристиками.

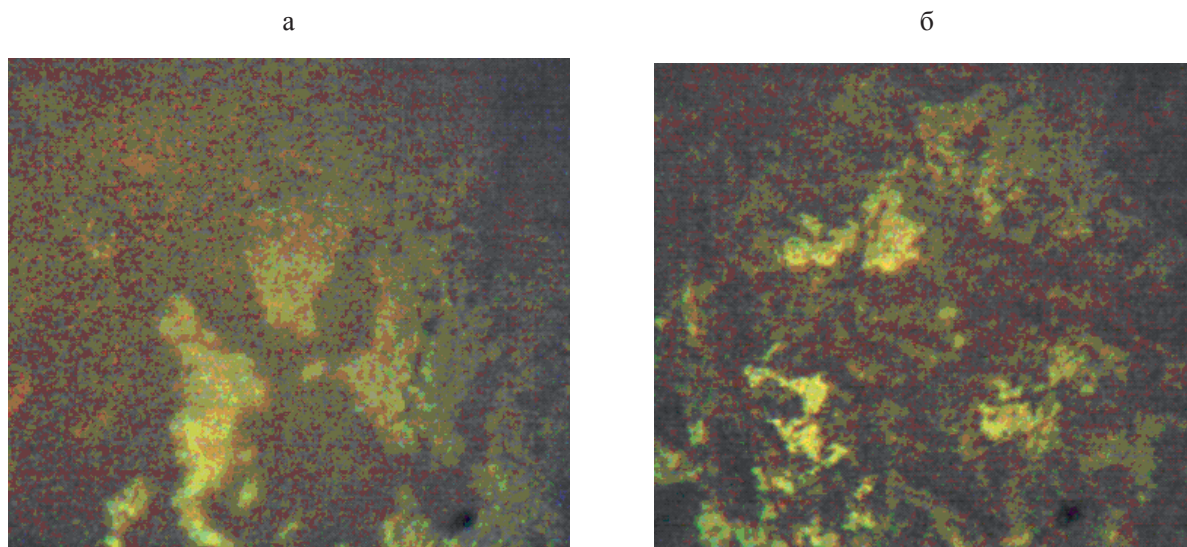


Рис. 10. Снимок поверхности матрицы после термического воздействия при температуре $60 \pm 1^\circ\text{C}$ (а) и $80 \pm 1^\circ\text{C}$ (б) и последующей сорбции из раствора V (IV) с концентрацией ионов металла 0.5 мг/мл. Размер кадра 250×330 мкм.

Библиографический список

1. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Изд. 2-е, испр. М.: «Либроком», 2009. 592 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. 2е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 416 с.
3. Грибанов Е.Н., Марков О.И., Хрипунов Ю.В. Когда висмут становится полуметаллом? // Российские нанотехнологии, 2011. Т. 6. №9-10. С. 89-91.
4. Грибанов Е.Н., Марков О.И., Хрипунов Ю.В. Расчет кластеров висмута квантово-химическими методами // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14. №1. С. 40-45.
5. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вызов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 679 с.
6. Тарасов Н.И. Получение и свойства наноразмерных металлосодержащих частиц (Mo, Re, Pb, Fe, Cu, Au и Pd), стабилизированных матрицами полиэтилена и политетрафторэтилена : Автореф. дисс...канд. хим. наук. Иваново, 2009. 20 с.
7. Грибанов Е.Н. Сорбционное концентрирование и определение марганца(II), хрома(III) и ванадия(IV) в породах, природных и сточных водах: автореферат дис. ... кандидата химических наук: 02.00.02 /Грибанов Евгений Николаевич; [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Хим. фак.]. Москва, 2011. 23 с.

8. Басаргин Н.Н., Оскотская Э.Р., Грибанов Е.Н., Розовский Ю.Г. Закономерности комплексообразования в ряду сорбентов на полистирольной матрице и их комплексов с хромом (III) и марганцем (II) // Журнал неорганической химии, 2011, том 56, № 2, с. 348-352.
9. Оскотская Э.Р., Грибанов Е.Н., Басаргин Н.Н. Предварительное концентрирование и спектрофотометрическое определение ванадия(IV) при анализе горных пород. // «Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки». 2011. №3 (41). С. 108-111.
10. Логинов Б.А. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия: пособие по работе на микроскопе СММ-2000. М.: ГОУ МИФИ (ГУ), 2007 -92с.
11. Логинов Б.А. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия: лабораторные работы на микроскопе СММ-2000 – оформление исследований (учебное пособие). М.: ГОУ МИФИ (ГУ), 2006. 142 с.
12. Кузькин В. И., Львов Б.Г., Николаевский А.В. Обработка и анализ изображений в сканирующем зондовом микроскопе СММ-2000. Уч. пособие.-М.: Моск. Гос. Ин-т электроники и математики, 2009. 20 с.
13. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Уч. пособие.-Н.Новгород.: Институт физики микроструктур РАН, 2004. 114 стр.
14. R. Leach. Fundamental Principles of Engineering Nanometrology. Elsevier, Amsterdam, 2010. 317 p.
15. Басаргин Н.Н., Розовский Ю.Г., Голосницкая В.А. Корреляции и прогнозирование аналитических свойств полимерных хелатных сорбентов и их комплексов с элементами. М.: Наука, 1986. 200 с.
16. Вишневецкая Г.П., Сафин Р. Ш. Изучение состояния ионов ванадила в ионообменных смолах КУ-2, КУ-1, КБ-2 методом ЭПР. /Теоретическая и экспериментальная химия. Т. 12, №5, 1976. С. 707-713.

References

1. Suzdalev I.P. Nanotechnology: Physics and chemistry of nanoclusters, nanostructures and nanomaterials. – 2-nd ed., rev. - М.: “Librokom”, 2009. - 592 p.
2. Gusev A.I. Nanomaterials, nanostructures, nanotechnology. - 2-nd ed., rev. - Moscow: FIZMATLIT 2009. - 416 p.
3. Griбанov E.N., Markov O.I, Hripunov Yu.V. When bismuth is a semimetal? // Russian Nanotechnologies, 2011. Vol. 6. № 9-10. Pp. 89-91.
4. Griбанov EN, Markov OI, Hripunov Yu.V. Calculation of bismuth cluster quantum chemical methods // Chemical Physics and mesoscopy, 2012. Vol. 14. № 1. Pp. 40-45.
5. Krylov O.V. Heterogeneous Catalysis: A manual for higher educational institutions. - М: ICC “Akademkniga”, 2004. - 679 p.
6. Tarasov N.I. Preparation and properties of nanosized metal particles (Mo, Re, Pb, Fe, Cu, Au and Pd), stabilized polyethylene and polytetrafluoroethylene matrices: – Author’s abstract, diss. ... Candidate of Chemical Sciences. - Ivanovo, 2009. - 20p.
7. Griбанov E.N. Sorption concentration and determination of manganese (II), chromium (III) and vanadium (IV) in the rocks, natural and waste waters: the author’s abstract, diss... candidate of chemical sciences: 02.00.02. - Moscow, 2011. - 23 p.
8. Basargin N.N., Oskotskaya E.R., Griбанov E.N., Rozovski J.G. Laws in several complex sorbents polystyrene matrix and their complexes with chromium (III) and manganese (II) // Journal of Inorganic Chemistry, 2011, Volume 56, № 2, Pp. 348-352.
9. Oskotskaya E.R., Griбанov E.N., Basargin N.N. Preconcentration and spectrophotometric determination of vanadium (IV) in the analysis of rocks. // “Scientific notes of Orel State University. Series: natural, technical, and medical sciences”, 2011. №3 (41). Pp. 108-111.
10. Loginov B.A. Scanning tunneling and atomic force microscopy: A guide to work on the microscope CMM-2000.- М.: MEPI (SU), 2007 – 92p.
11. Loginov B.A. Scanning tunneling and atomic force microscopy: lab work on the microscope CMM-2000 - Registration of Research (manual).-М.: State MEPI (SU), 2006. - 142 p.
12. Kuz'kin V.I., L'vov B.G., Nicholayevsky A.V. The processing and analysis of images in a scanning probe microscope CMM-2000. – A manual -М.: Moscow State. Institute of Electronics and Mathematics, 2009. - 20.
13. Mironov V.L. Fundamentals of scanning probe microscopy. – A manual – Nizhny Novgorod.: Institute of Microstructure Physics, Russian Academy of Sciences, 2004. - 114 p.
14. R. Leach. Fundamental Principles of Engineering Nanometrology. Elsevier, Amsterdam, 2010. – 317 p.
15. Basargin N.N., Rozovski Yu.G., Golosnitskaya V.A. Correlation and prediction of the analytic properties of polymeric chelating sorbents and their complexes with the elements. Moscow: Nauka, 1986. - 200 p.
16. Vishnevskaya G.P., Safin R.Sh. The study of the state of vanadium ions in the ion-exchange resin KU-2, KU-1, CB-2 by ESR. / Theoretical and Experimental Chemistry. V. 12, № 5, 1976. Pp. 707-713.

УДК 543.054.544.723

UDC 543.054.544.723

Э.Р. ОСКОТСКАЯ

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Орловского государственного университета
E-mail: ntb@orel.ru

E. R. OSKOTSKAYA

doctor of Chemical sciences, professor, head of Chemistry Department, Orel State University
E-mail: ntb@orel.ru

Э.Ю. ЮШКОВА

кандидат химических наук, доцент кафедры химии Орловского государственного университета
E-mail: savally2@gmail.com

E.Y. YUSHKOVA

candidate of Chemical sciences, Associate Professor OSU, Department of Chemistry OSU
E-mail: savally2@gmail.com

С.В. ЧЕПЕЛЕВ

кандидат химических наук, ассистент кафедры химии Орловского государственного университета
E-mail: 57univ.sergei@mail.ru

S.V. CHEPELEV

candidate of Chemical sciences, Associate Professor OSU, Department of Chemistry OSU
E-mail: 57univ.sergei@mail.ru

М.А. ПЕШАЯ

студентка факультета естественных наук Орловского государственного университета
E-mail: pesh-mariya@yandex.ru

M.A. PESHAYA

student of Faculty of Natural Sciences, Orel State University
E-mail: pesh-mariya@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СОРБЦИИ ИОНОВ ZN (II) ДИОСМЕКТИТОМ

ABSTRACTS «STUDY THE CONDITIONS OF SORPTION IONS ZN (II) OF DIOSMECTIC»

В работе изложены результаты определения оптимальных условий сорбции: оптимальной pH сорбции (pH_{opt}), оптимального времени (τ , мин) и температуры количественной сорбции, полноты сорбции (R , %) ионов Zn(II) фармацевтическим препаратом «Смекта» (химическое название – диосмектит). Статья содержит материалы экспериментального определения сорбционной емкости сорбента по ионам Zn(II). Экспериментальным путем установлено, что исследуемый сорбент количественно ($R = 98 - 100$ %) сорбирует ионы Zn(II) при постоянном перемешивании в нейтральной среде ($pH = 7$) в течение 35 минут при температуре 30 - 35 °C.

Ключевые слова: диосмектит, «Смекта», сульфарсазен, ионы Zn(II), сорбция, оптимальные условия сорбции.

The paper presents the results of determining the optimum conditions of sorption: optimal pH of sorption (pH_{opt}), optimal time (τ , min), quantitative sorption temperature, completeness sorption (R , %) of Zn(II) pharmaceutical product «Smectite» (chemistry name – diosmectite). The article contains material for the sorption capacity of the sorbent for ions Zn(II). By experiment found that the quantitatively investigated sorbent ($R = 98 - 100$ %) adsorbs ions Zn(II) with constant stirring in a neutral medium ($pH = 7$) for 35 minutes at 30-35 °C.

Keywords: diosmectit, “Smectic”, sulfarsazen, ions Zn (II), sorption, analytical characteristics of sorption.

Существует ряд фармацевтических препаратов, обладающих сорбционной способностью. Один из них – смекта (диосмектит, смектит диоктаэдрический, неосмектин), кристаллохимическая формула которого $Al_2Mg[Si_4O_{10}] \cdot (OH)_2 \cdot nH_2O$. Препарат представляет собой вещество природного происхождения, обладающее протекторным действием в отношении слизистой оболочки желудка и кишечника, выраженными адсорбирующими свойствами. Являясь стабилизатором слизистой барьера, диосмектит образует поливалентные связи с гликопротеинами слизи и увеличивает продолжительность ее жизни, образуя физический барьер, который защищает слизистую оболочку пищеварительного тракта от отрицательного действия ионов H^+ , желчных солей, микроорганизмов, их токсинов и тяжелых

металлов [1]. Сорбционные свойства диосмектита объясняются его дискоидно-кристаллической структурой – плоской листовидной структурой, соединенной в единую систему, с размерами слоистых образований порядка 2 нм и менее и достаточно большой удельной поверхностью (до 100 м²/г) (рис. 1). Характерно наличие двойного электрического слоя, где плоская часть пластинок имеет отрицательный заряд, а внешняя их обкладка – положительный, что существенно влияет на разнообразие поглощаемых молекул и облегчает коррекцию биологически важных катионов (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} и др.) [2].

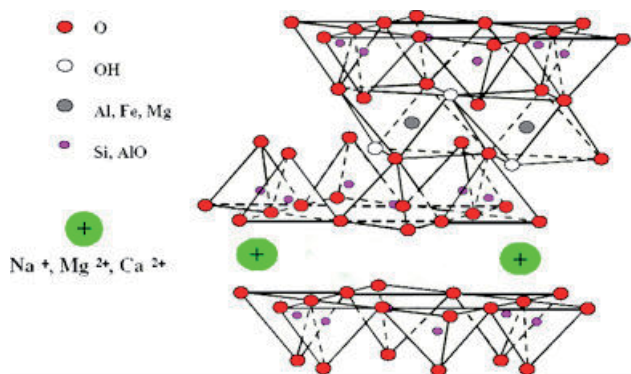


Рис. 1. Фрагмент дискоидно-кристаллической структуры диосмектита.

Известно, что диосмектит селективен по отношению к ионам тяжелых металлов. Благодаря чему защищает слизистую оболочку пищеварительного тракта от их отрицательного воздействия, не оказывая влияния на моторику кишечника [3].

В данной работе представлены исследования сорбционной способности фармацевтического препарата «Смекта» по отношению к ионам Zn (II). Цинк относится к металлам, широко используемым в самых разнообразных областях народного хозяйства, науки, техники и медицины. Например, хлориды, сульфаты и оксид цинка могут образовываться при хранении пищевых продуктов и воды в цинковой и оцинкованной посуде. Цинк плохо всасывается и оказывает в основном местное раздражающее действие на слизистую желудка. Симптомы отравления появляются очень быстро (от нескольких минут до 2-3 часов) после поступления цинка и проявляются в виде тошноты, рвоты, расстройства желудка. Кроме того, при избытке цинка может появиться малокровие с недостатком меди и железа. ПДК ионов цинка в воде – 10 мг/м³. Дети более чувствительны к отравлению цинком, чем взрослые [4]. Поэтому важным является определение содержания ионов Zn (II) на уровне ниже ПДК.

Цель настоящего исследования: определение оптимальных условий сорбции ионов Zn (II) и сорбционной емкости сорбента диосмектит в связи с возможностью использования в количественном анализе.

Экспериментальная часть

Для измерения массы использовали лабораторные весы Explorer фирмы Ohaus и аналитические весы ВЛР – 200. pH растворов измеряли на иономере И-500 с точностью измерения $\pm 0,05$. Для перемешивания растворов использовали магнитные мешалки ММ-5. Контроль концентрации ионов Zn(II) в растворах осуществляли спектрофотометрическим методом на приборе СФ-26 с реагентом сульфарсазеном (pH = 9, $\lambda = 540$ нм). Градуировочный график представлен на рис. 2.

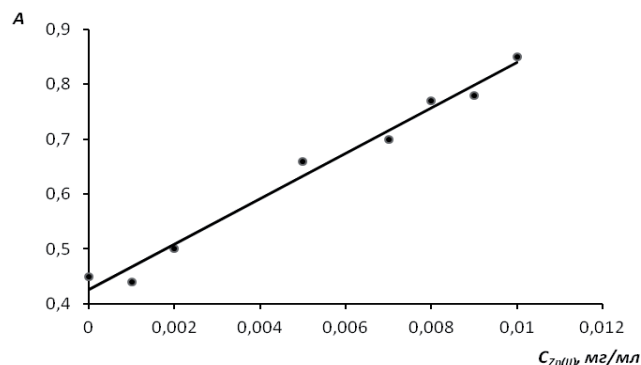


Рис. 2. Градуировочный график для спектрофотометрического определения ионов Zn (II) сульфарсазеном [pH = 9, $\lambda = 540$ нм].

Оптимальные значения кислотности среды для протекания процесса сорбции определяли по следующей методике. К растворам объемом 25 мл с содержанием 25 мкг Zn (II) добавляли 0,1 г сухого порошкообразного сорбента, устанавливали необходимое значение кислотности среды, смесь перемешивали на магнитной мешалке 2 часа при температуре 20 ± 2 °C. Сорбент отфильтровывали через фильтр «синяя лента», промывали на фильтре дистиллированной водой, в фильтрате определяли содержание несорбированных ионов Zn (II). По полученным данным строили графики зависимости степени извлечения элемента (R, %) от кислотности среды, из которых находили оптимальную кислотность.

Для изучения влияния времени и температуры на процесс сорбции готовили серии растворов объемом 25 мл с содержанием 25 мкг ионов Zn (II) и 0,1 г сорбента с учетом определенной ранее pH_{opt} . Растворы перемешивали в температурном интервале от 20 °C до 60 °C в течение 10, 20, 30, 40, 50 мин.

Для исследуемой системы «сорбент – цинк (II)» СЕСМе устанавливали путем исследования серии растворов с одинаковым содержанием сорбента и различным возрастающим содержанием катиона Zn (II). Анализируя содержание ионов Zn (II) в сорбенте и равновесном растворе после сорбции в оптимальных условиях, строили изотерму сорбции $a = f(C)$ (C – равновесная концентрация введенного элемента в растворе, мг/л; a – содержание иона в фазе сорбента, мг/г) [5].

Результаты и их обсуждение

Исследуемый образец сорбента представляет собой порошок от желтовато- или серовато-белого цвета до серовато- или коричневатого-желтого цвета, хорошо растворим в воде.

Экспериментальным путем установлены оптимальные условия количественной сорбции ионов Zn (II) диосмектитом: кислотность среды, время и температура. Количественная сорбция ($R \approx 100\%$) происходит при постоянном перемешивании в нейтральной среде ($pH \approx 7$). Ион цинка двухвалентен и может существовать в нейтральных и кислых растворах. В оптимальных для сорбции условиях цинк может находиться в растворах в виде иона $ZnOH^+$. При более высоких значениях pH сорбция уменьшается,

что, возможно, связано с появлением в растворе гидролизированных форм $Zn(OH)_2$ и $Zn(OH)_3^-$ [4]. На рис. 3 показано влияние кислотности среды на сорбцию ионов $Zn(II)$ диосмектитом.

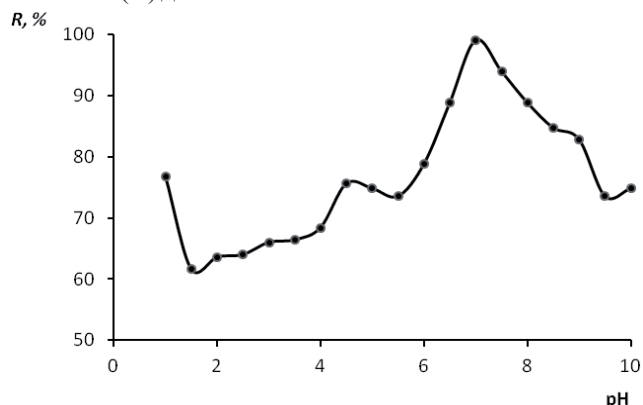


Рис. 3. Влияние pH среды на сорбцию ионов $Zn(II)$ диосмектитом. [Условия: 0,1 г сорбента, 25 мкг ионов $Zn(II)$, $t = 20 \pm 2$ °C; контроль сорбции: сульфасазен (pH = 9, $\lambda = 540$ нм)].

Продолжительность процесса сорбции составляет 35 минут (рис. 4). На рис. 5 показано влияние температуры на сорбцию ионов $Zn(II)$ диосмектитом. Оптимальное значение температуры сорбции составляет 30 °C.

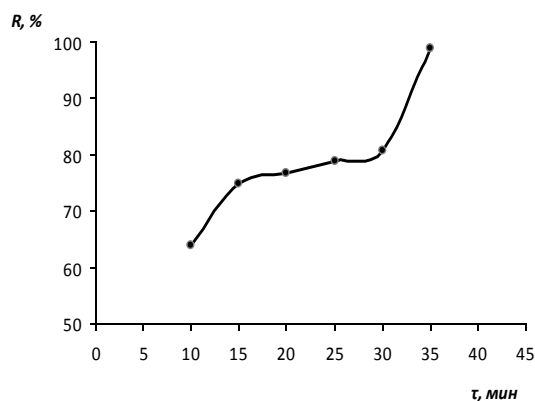


Рис. 4. Влияние времени перемешивания на сорбцию ионов $Zn(II)$ диосмектитом. [Условия: 0,1 г сорбента, 25 мкг ионов $Zn(II)$, $t = 20 \pm 2$ °C, pH = 7; контроль сорбции: сульфасазен (pH = 9, $\lambda = 540$ нм)].

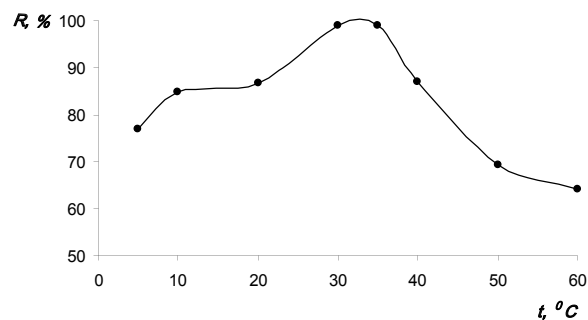


Рис. 5. Влияние температуры на сорбцию ионов $Zn(II)$ диосмектитом. [Условия: 0,1 г сорбента, 25 мкг катионов $Zn(II)$, $t = 20 \pm 2$ °C, pH = 7, $\tau = 35$ минут; контроль сорбции: сульфасазен (pH = 9, $\lambda = 540$ нм)].

Сорбционная емкость сорбента диосмектита составляет 14,5 мг цинка/г сорбента (рис. 6). Химико-аналитические характеристики сорбции $Zn(II)$ диосмектитом представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Химико-аналитические характеристики процесса сорбции ионов цинк (II) диосмектитом

Название сорбента	R, %	pH _{опт}	Время τ , мин	Температура, °C	СЕСМе, мг/г
диосмектит	99	7,0	35	30-35	14,5

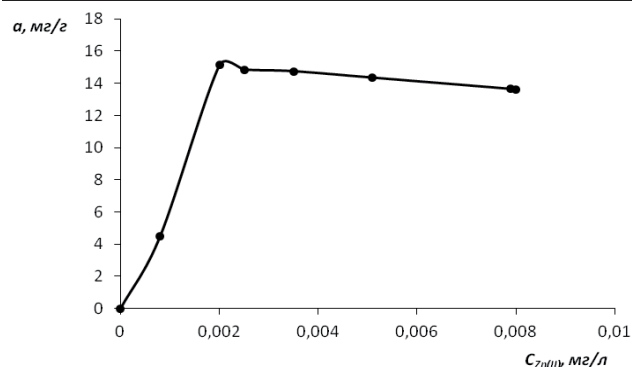


Рис. 6. Изотерма сорбции катионов $Zn(II)$ диосмектитом.

В результате проведенного исследования определены оптимальные условия количественного концентрирования катионов цинк (II). Эти данные положены в основу разрабатываемой методики определения микроколичеств цинка (II), включающей предварительное концентрирование сорбентом диосмектит.

Библиографический список

1. Урсова Н.И. Нарушения микрофлоры и дисфункции билиарного тракта у детей. М.: Прототип, 2005. 141–142 с.
2. Бгатов В.И., Бгатов А.В., Ван А.В., Паничев А.М. Природные сорбенты и животный мир. // Материалы международного симпозиума «Проблемы сорбционной детоксикации внутренней среды организма». Новосибирск. 1995. 25-28с.
3. <http://www.piluli.kharkov.ua/liter/article/smecta/> (Смекта – быстрое устранение диареи М.А. Серобаба – статья 2009 г.)
4. Живописцев В.П., Селезнева Е.А. Аналитическая химия цинка. М.: Наука, 1975. 200 с.
5. Оскотская Э.Р., Басаргин Н.Н., Чепелев С.В. Концентрирование ионов Cd^{2+} полимерными сорбентами с окси-азо-ФАГ в модельных растворах// Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. Т.4(34), 2009. 20-24 с.

References

1. *Ursova N.I.* Violations of the microflora and biliary tract dysfunction in children. Moscow: Prototype, 2005. 141-142 s.
2. *Bgatov V.I., Bgatov A.V., Van A., Panichev A.M.* Natural sorbents and fauna. // Proceedings of the International Symposium "Problems of sorption detoxification of the internal environment." Novosibirsk. 1995. 25-28 s.
3. <http://www.piluli.kharkov.ua/liter/article/smecta/> (Smectic - rapid elimination of diarrhea Serobaba MA - Article 2009)
4. *Painters V.P., E. Selezneva* Analytical chemistry of zinc. - Moscow: Nauka, 1975. 200 s.
5. *Oskotskaya E.R., Basargin N.N., Chepelev S.V.* Concentration of ion Cd^{2+} polymer sorbents with oxy-azo-phage in the model solutions// The scientists note of OSU. Series: natural, technical and medical science. T.4(34), 2009. 20-24 s.

УДК 665.35:678.021.1

UDC 665.35:678.021.1

Ю.И. ПРОКОФЬЕВ

зав. лабораторией нанотехнологий Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
E-mail: proyura@mail.ru

YU. I. PROKOFYEV

«Nanotechnology» laboratory chief in Yelets state Bunin university
E-mail: proyura@mail.ru

Т.Н. ПОЯРКОВА

доцент кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидов Воронежского государственного университета
E-mail: tpoyar@yandex.ru

T.N. POYARKOVA

candidate of chemical sciences, assistant professor in the Department of Macromolecular and colloids at Voronezh state university
E-mail: tpoyar@yandex.ru

Г.В. КУДРИНА

старший преподаватель кафедры инженерной экологии и промышленной безопасности Воронежской государственной технологической академии
E-mail: galinavk1@yandex.ru

G.V. KUDRINA

candidate of chemical sciences, senior lecture in the Department of Environmental Engineering and Safety at Voronezh State Technological Academy
E-mail: galinavk1@yandex.ru

А.В. ТАРАСОВА

аспирант кафедры физики Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
E-mail: tarasova_a_v@inbox.ru

A.V. TARASOVA

post-graduate student of Physics Department at Yelets state Bunin university
E-mail: tarasova_a_v@inbox.ru

Д.Е. БУРЕНИНА

студент Воронежского государственного университета
E-mail: poppy17@mail.ru

D.E. BURENINA

student of Chemical Department at Voronezh state university
E-mail: poppy17@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СВОЙСТВ ЭМУЛЬГАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

STUDYING SURFACE-ACTIVE PROPERTIES OF EMULSIFIERS RECEIVED FROM WASTE SUNFLOWER OIL

Изучены поверхностно-активные свойства образцов ПАВ различной природы на границе раздела раствор-воздух (поверхностная активность, толщина адсорбционного слоя, величина молекулярной площадки, энергия адсорбции, предельная адсорбция). На основе изотерм Ленгмюра для мыльного раствора, подвергнутого щелочному гидролизу, рассчитаны площади, занимаемые одной молекулой ПАВ в монослой (S_m). Найдены величины поверхностного давления π , при котором пленки связываются в бислойные структуры (состояние коллапса) либо переходят из одного фазового состояния в другое, а также изотермические коэффициенты поверхностного сжатия монослоя.

Ключевые слова: *поверхностно-активные вещества, мыльный раствор, алкилоламыды, Ленгмюр.*

Studied surface-active properties of surfactant samples of different nature at the interface of the solution-air (surface activity, the thickness of the adsorbed layer, the magnitude of the molecular sites, the adsorption energy, the maximum adsorption). On the basis of the Langmuir isotherm for soapstock subjected to alkaline hydrolysis, was calculated the area occupied by one molecule of surfactant monolayer (S_m). Found the value of surface pressure π , which are bound in the film bilayer structure (state collapse), or moving from one phase state to another, and isothermal compression of the surface monolayer.

Keywords: *surfactants, soapstock, alkylolamids, Langmuir.*

За последние годы в России наблюдается значительный рост производства подсолнечного масла. Основным отходом, образующимся на стадии его щелочной рафинации (нейтрализации), является soapstock, в состав которого входят жиры, жирные кислоты и их соли (мыла), фосфолипиды, красящие вещества и др. [1]. Проблема переработки отходов является актуальной для пищевой промышленности и, в частности, для масложирового комплекса, т.к. производство растительных масел относится к многотоннажным и сопровождается образованием soapstocks в больших количествах.

Хорошо известно, что поверхностно-активные вещества (ПАВ) играют важную роль во многих технологических процессах. С их помощью достигается эффективное эмульгирование, диспергирование, пластификация, структурирование, регулирование реологических и других свойств различных систем. Как известно, вещества на основе насыщенных и ненасыщенных высших карбоновых кислот и их солей относятся к числу достаточно распространенных ионогенных и неионогенных ПАВ. Они входят в рецептуру получения технических мыл и синтетических моющих средств (СМС) [2] и содержатся в soapstocke.

Целью данной работы являлось изучение поверхностно-активных свойств разных классов ПАВ, полученных на основе отхода производства подсолнечного масла – soapstocka.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись: soapstocks, образующиеся при переработке растительных масел на стадии рафинации в маслоэкстракционных цехах группы компаний «Маслопродукт» с. Верхняя Хава Воронежской области, также группы компаний «ЭФКО» г. Алексеевка Белгородской области.

Качественный и количественный состав soapstocka определялся комплексом методов анализа [1] (методами функционального анализа, а также гравиметрического, газохроматографического, потенциометрического методов исследований, метода тонкослойной хроматографии) (таблица 1).

Таблица 1.

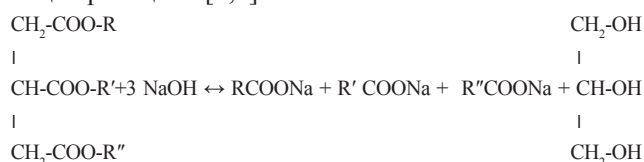
Качественные и количественные показатели состава soapstocka

Наименование показателя	Содержание компонента, %
Мыла	12,07
Триглицериды	38,45
Диглицериды	9,14
Моноглицериды	5,86
Жирные кислоты	25,86
Воскоподобные вещества	5,17
Фосфолипиды	3,45
Сумма	100

Основное количество жиров soapstocka потребляется для мыловарения в виде самих soapstocks или

жирных кислот в дистиллированном и недистиллированном виде.

В лабораторных условиях нами было проведено омыление soapstocka водным раствором щелочи NaOH, взятой в 10 % избытке, при температуре 80 °C и перемешивании в течение 2-х часов. Полученные продукты омыления soapstocka (ОСОАП) являются смесью ПАВ различной природы. Схематически процесс омыления отхода можно представить следующей реакцией [3,4]:



Кроме мыл, наиболее распространенным и важным классом среди азотсодержащих неионогенных ПАВ являются алкилоламыды жирных кислот. Эти вещества обладают рядом ценных свойств, благодаря чему находят применение в косметике, рецептурах жидких моющих средств, как сырье для получения других классов ПАВ, используются в качестве пеноусилителей, пенообразователей и в качестве структурообразователей в строительстве [5]. Наиболее простым и эффективным способом их получения является реакция между карбоновыми кислотами или их метиловыми эфирами и этаноламинами [6,7]. На первой стадии нами проводилась реакция этерификации олеиновой кислоты (в качестве модельной системы) и soapstocka $\text{RCOOH} + \text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH} = \text{RCOO C}_6\text{H}_{13} + \text{H}_2\text{O}$. Вторая стадия – переэтерификация полученных эфиров моноэтаноламином: $\text{RCOO C}_6\text{H}_{13} + \text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} = \text{RCONHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$. Было получено два образца алкилоламов: ААОЛК (алкилоламид олеиновой кислоты) и ААСОАП (алкилоламид soapstocka).

Для всех трех образцов эмульгаторов были сняты изотермы поверхностного натяжения (рис.1). Вид кривых свидетельствует о том, что полученные ПАВ относятся к классу мицеллообразующих, что является положительным фактором при их использовании. Согласно данным рис.1 и таблицы 2 наименьшим значением критической концентрации мицеллообразования (ККМ) обладает ААОЛК (ККМ = 1,2 моль/л), что свидетельствует о его значительной гидрофобности и должно благоприятно сказываться на свойствах этого эмульгатора. Для оценки эффективности действия ПАВ как эмульгатора кроме ККМ используют величину поверхностной активности (G), которую находят из графика $\sigma = f(c)$ как тангенс угла наклона касательной в начальной части этой кривой, т.е. $G = \lim_{c \rightarrow 0} (-d\sigma/dc)$. Это способность ПАВ при адсорбции на границе раздела фаз снижать поверхностное (межфазное) натяжение. Как видно из табл. 2, наибольшей поверхностной активностью обладают также ААОЛК.

Одной из важнейших энергетических характеристик ПАВ является адсорбционный потенциал W

Таблица 2.

Адсорбционные характеристики ПАВ

Образцы	ККМ·103, моль/л	G·10-3, Дж·м/моль	A _∞ ·106, моль/м2	Sm, нм2	h, нм	W·10-4, Дж/моль
ОСОАП (3-х часовый гидролиз)	2,2	32,5	3,9	0,42	1,3	3,35
ААСОАП	9,5	10,7	3,6	0,46	1,14	3,20
ААОЛК	1,2	60,4	2,2	0,75	0,70	3,60

(работа адсорбции) – выигрыш энергии, достигаемый при адсорбции 1 моля ПАВ. Он связан с поверхностной активностью ПАВ уравнением:

$$W = RT \ln \frac{G}{RT\delta} \quad [8].$$

Для нахождения W были рассчитаны величины молекулярных площадок (S_m), δ – толщин адсорбционных слоев и значения предельных адсорбций (A_∞) (табл. 2). Для всех полученных эмульгаторов наблюдается ленгмюровская адсорбция на границе раздела раствор – воздух, причём самую большую величину предельной адсорбции показал ОСОАП. Что касается величин S_m , δ и W, – все они меняются по закономерности, согласующейся с изменениями значений G и ККМ.

Одним из подходов, позволяющих оценить характер поведения поверхностно-активных веществ на границе раздела вода/воздух, является изучение монослоев исследуемых веществ методом Ленгмюра [9].

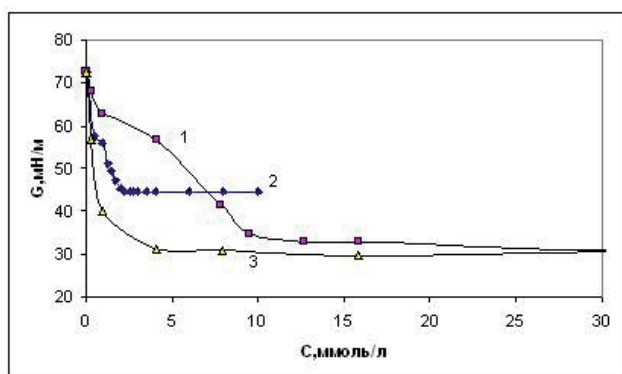


Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения $\sigma \cdot 10^3$ (Н·м-1) от концентрации эмульгаторов С (ммоль·л-1): ААСОАП (1), ОСОАП (2) и ААОЛК (3).

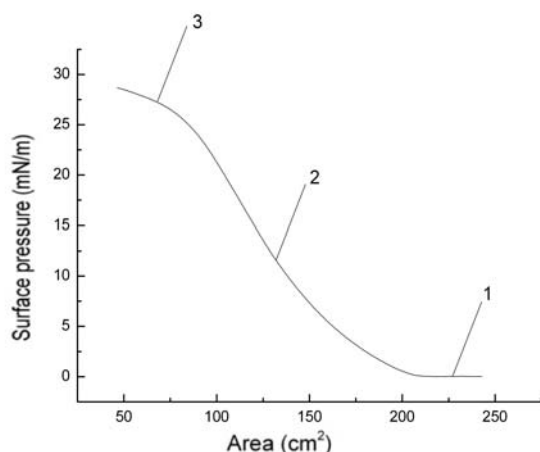


Рис. 2. Зависимость поверхностного давления π (мН·м-1) от площади монослоя соапстока S (см²) (изотерма сжатия монослоя соапстока при температуре 20 °C).

На рис. 2 представлена изотерма сжатия (при 20°С) монослоя исходного соапстока, из которого видно, что для него характерны 3 области разного состояния слоя. Первый участок (1) характеризует разреженный адсорбционный слой. Второй участок (2) – конденсированную пленку. Третий (3) – представляет собой область метастабильного состояния, в условиях которой возможно формирование дуплексных структур вторым слоем, сопровождающийся образованием мицелл, с их последующим необратимым переходом в водную фазу [10, 11]. Характер изотерм сжатия для ОСОАП (продукты щелочного гидролиза соапстока) не зависит от времени щелочного гидролиза (рис. 3), а также от значения температуры в диапазоне 20 – 40°С, при которой происходило изотермическое сжатие, – во всех случаях сохраняется наличие 3-х зон существования различных слоев, как и для исходного соапстока (рис 2).

На основе полученных в ходе эксперимента изотерм сжатия монослоев были рассчитаны площадь, занимаемая одной молекулой ПАВ в монослое (S_m), поверхностное давление π_c , при котором пленки связываются в бислойные структуры (состояние коллапса) либо переходят из одного фазового состояния в другое, а также изотермический коэффициент поверхностного сжатия монослоя $\beta = -\frac{1}{S_0} \left(\frac{\partial S}{\partial \pi} \right)_T$, где π – поверхностное натяжение монослоя, S – площадь монослоя, $S_0 = 243 \text{ см}^2$ – начальная площадь монослоя, T – температура [10]. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Зависимость коэффициента изотермического поверхностного сжатия монослоев (β), поверхностного давления (π_0) в монослое, при котором начинается образование бислойных структур и средней молекулярной площадки (S_m) от температуры и природы образца

Наименование образца	Соапсток, гидролизированный в течение, час							
Температура, °C	20	40	20	40	20	40	20	40
Параметры Монослоя								
β , м·Н-1	21,2	23,2	15,7	20,2	17,0	-	16,2	16,8
S_m , нм2	1,40	1,25	0,96	1,18	1,15	0,98	086	1,00
π_0 , мН·м-1	24	20	27	24	27	25	29	25

Как видно из табл. 3, увеличение времени щелочного гидролиза приводит к уменьшению молекулярной площадки (происходит сжатие монослоя), что является положительным фактором при оценке жирно-кислотного состава мыла и свидетельствует о гидрофобизации ПАВ. Этот факт позволяет сделать вывод об уменьшении степени неопределенности образцов мыл, синтезированных в течение 3-4-х часов. Также можно сделать вывод о том, что увеличение времени щелочного гидролиза до трех и четырех часов не приводит в пределах точности эксперимента и численного расчета к существенному изменению β . Повышение температуры монослоя сопровождается, как и следовало ожидать, ростом β .

Выводы

1. Синтезированы эмульгаторы на основе отхо-

да производства подсолнечного масла путем щелочного гидролиза, а также два образца алкилоламидов на основе олеиновой кислоты и мыла. Изучены поверхностно-активные свойства полученных ПАВ, такие как поверхностная активность, толщина адсорбционного слоя, величина молекулярной площадки, работа адсорбции, предельная адсорбция.

2. Найдены величины ККМ синтезированных ПАВ. Наименьшим значением ККМ обладает образец алкилоламида, полученный на основе олеиновой кислоты, что характеризует его как самый гидрофобный и эффективный эмульгатор.

3. Согласно величинам молекулярных площадок (S_m), коэффициентов сжатия (β) и поверхностного давления (π), определенных с помощью метода Ленгмюра и представленных в табл.3, наиболее приемлемым является 3-х часовый щелочной гидролиз.

Библиографический список

1. Арутюнян Н. С. Лабораторный практикум по химии жиров. С.-Пб.: ГИОРД, 2004. 264 с.
2. Агеев А.А., Волков В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон. Москва. МГТУ «Совязь Бево». 2004. 464 с.
3. Плесовских В. А., Безнадежных А. А. Физико-химия и технология производства мыла. М. : Пищепромиздат, 2001. 140 с.
4. Товбин И.М., Залипо М.Н., Журавлев А.П. Производство мыла. М.: Пищевая промышленность, 1976. 213 с.
5. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. М.: Профессия, 2007. 36с.
6. Пунегова Л.Н. Поверхностно-активные вещества на основе рапсового масла. Мат. II Всерос. конф. «Химия и технология растительных веществ» Казань. 24-27 июня 2002 г. С. 80-82.
7. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Справочник. Ленинград.: Химия. 1979. 376 с.
8. Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н. Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств. М.: Иваново, 2007. 109с.
9. Harkins W. D. The Physical Chemistry of Surface Films, Reinhold, New York. 1952. 413 p.
10. Рахматуллина А. П. Композиции на основе олеохимических поверхностно-активных веществ в технологиях синтеза и переработки карбоцепных эластомеров. Автореферат. Казань, 2009. 20с.
11. Задымова Н. М., Ямпольская Г. П. , Филатова Л. Ю. // Коллоид. журн. 2006. 68. № 2. С. 187-192.

References

1. Arutyunyan, N.S., Laboratornyi praktikum po khimii zhirov (Practical Laboratory Course of Fat Chemistry), St. Petersburg: GIORД, 2004
2. Ageev A.A., Volkov V.A. Poverkhnostniye yavleniya i dispersniye sistemi v proizvodstve tekstilnih materialov i khimicheskikh volokon (Surface phenomena and disperse systems in the production of textiles and fibers), Moscow. MSTU, «Sovjazzh-Bevo». 2004. 464 p.
3. Plesovskih V. A., Bezhadzhih A. A. Fiziko-khimiya i tekhnologiya proizvodstva myla (Physical chemistry and technology of the soap production). M. : Pishchepromizdat, 2001. 140 p.
4. Tovbin I.M., Zaliopo M.N., Zhuravlev A.P. Proizvodstvo myla (The soap production), M.: Pishchevaya promishlennost, 1976 . 213 p.
5. Lange K.R. Poverkhnostno-aktivniye veschestva: sintez, svoystva, analiz, primeneniye (Surface active agents: synthesis, properties, analysis, application). M.: Professiya, 2007. 36 p.
6. Punegova L.N. Poverkhnostno-aktivniye veschestva na osnove rapsovogo masla (Surfactants based on rapeseed oil). 2-nd Russian conference « Chemistry and technology of plant substances » Kazan. 24-27 June 2002 P. 80-82.
7. Abramzon A.A. Poverkhnostno-aktivniye veschestva (Surfactants). Leningrad.: Khimiya. 1979. 376 p.
8. Nilolaev P.V., Kozlov N.A., Petrova S.N. Osnovy khimii i tekhnologii proizvodstva sinteticheskikh moyuschiy sredstv (Fundamentals of chemistry and technology of synthetic detergents).M.: Ivanovo, 2007. 109 p.
9. Harkins W. D. The Physical Chemistry of Surface Films, Reinhold, New York. 1952. 413 p.
10. Rakhmatullina A. P. Kompozitsii na osnove oleokhimicheskikh poverkhnostno-aktivnykh veschestv v tehnologiyah sinteza i pererabotki karbotsepnih elastomerov (Compositions based oleochemical surfactants in synthesis and processing technologies carbon-chain elastomers). Abstract. Kazan, 2009. 20 p.
11. Zadimova N. M., Yampolskaya G. P., Filatova L. Yu. // Russian Journal of Colloids. 2006. 68. № 2. P. 187-192.

УДК 621.793: 539.67

UDC 621.793: 539.67

Ю.А. СТЕКОЛЬНИКОВ

кандидат химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина,
E-mail: chemic55@yandex.ru

Y.A. STEKOLNIKOV
candidate of chemical Sciences, Professor, Yelets state University named after I.A. Bunin, Department of chemistry, head of the Department of
E-mail: chemic55@yandex.ru

Ю.Е. МАМОНТОВА

аспирант кафедры химии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина
E-mail: chemic55@yandex.ru

Y.E. MAMONTOVA
post-graduate student, Yelets state University named after I.A. Bunin, Department of chemistry
E-mail: chemic55@yandex.ru

Н.Ю. СТЕКОЛЬНИКОВА

студент, Елецкого государственного университета

N.Y. STEKOLNIKOVA
a student Yelets state University named after I.A. Bunin

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СУЛЬФАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ Cr (VI)

ELECTRODEPOSITION OF CHROMIUM COATINGS FROM НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ SULPHATE ELECTROLYTES ON THE BASIS OF CONNECTIONS Cr (VI)

Исследовано влияние режимов электролиза на физико-механические свойства хромовых покрытий, осажденных из низкоконцентрированного сернистого электролита с органическими добавками.

Ключевые слова: хромирование, низкоконцентрированный электролит хромирования, физико-механические свойства покрытий.

The influence of electrolysis regimes on physical-mechanical properties of chromium coatings, besieged from low-concentrated sulphate electrolyte with organic additives is investigated.

Keywords and phrases: chrome, low-concentrated acid chromium plating, physico-mechanical properties of the coatings.

Введение

Процесс хромирования осуществляется из электролитов, содержащих в качестве основного компонента оксид хрома (VI). Соединения хрома (VI) обладают общетоксическим действием и проявляют канцерогенные свойства. Применяемая при гальваническом хромировании система средств защиты не является эффективной. В связи с этим в процессе хромирования происходят значительные потери хромового ангидрида вследствие уноса его с деталями и приспособлениями при выгрузке их из электролизера и вытяжной вентиляции.

Снижение концентрации токсического компонента хромирования CrO_3 – одна из актуальных задач гальваники, связанная с охраной окружающей среды, экономией ценного металла – хрома и энергетических ресурсов.

Наиболее перспективны малоконцентрированные электролиты хромирования, содержащие различные органические и неорганические добавки, позволяющие повышать выход хрома по току, рассеивающую и кроющую способности электролитов, улучшить качество хромовых покрытий [1-3]

Однако, большинство разбавленных электролитов, так же как стандартный, широко применяемый в промышленности, имеют существенный недоста-

ток: в процессе электроосаждения нарушается необходимое соотношение между хромовым ангидридом и ионом SO_4^{2-} , равное 100:1, что приводит к уменьшению рассеивающей способности электролита, снижению качества покрытий. Стремление к обеспечению стабильности процессов хромирования и повышению производительности привело к созданию малоконцентрированных и саморегулирующихся электролитов [4-6], технологий покрытий из солей Cr (III) [7-9]. Разработка новых малоконцентрированных электролитов хромирования, определение условий хромирования представляет практический и научный интерес [10].

В настоящей работе представлены результаты изучения процесса хромирования из стандартных и малоконцентрированных электролитов с добавками индиго и кристаллического фиолетового (КФ). Хромовые покрытия осаждали из электролита состава 150 г·л⁻¹ CrO_3 , 1,5 г·л⁻¹ H_2SO_4 и 250 г·л⁻¹ CrO_3 , 2,5 г·л⁻¹ H_2SO_4 . Режим электролиза – стационарный, плотность катодного тока (i_k) – (20-240) А·дм⁻², продолжительность электролиза (τ) – (5-10) мин, температура электролита (t) – (30-60)°C. Катоды – компактная медь, медная фольга, сталь, аноды – свинцовые.

Известно, что электролиты хромирования под-

вергаются предварительной проработке для накопления в них небольшого количества соединений трехвалентного хрома (1-2 % от количества растворенного хромового ангидрида). В отличие от стандартных электролитов для проработки которых требуются высокие плотности катодного тока (60-70 А·дм⁻²) и температура 55°C, длительное время (2-2,5 часа), малоконцентрированный электролит прорабатывается в течение 1 часа при температуре 50°C и более низкой плотности катодного тока, равной 25 А·дм⁻².

Несмотря на многочисленные исследования процесса электроосаждения хрома, до настоящего времени нет единой теории, учитывающей все особенности процесса. Оптимальные условия осаждения для разных марок сталей не созданы. При разработке экологически приемлемых малоконцентрированных электролитов необходимо исследовать зависимость параметров осадков от плотности тока, температуры, концентрации электролита.

Уникальное сочетание свойств хромовых покрытий (высокая коррозионная стойкость, износостойкость, возможность осаждения покрытий от молочных до блестящих, «большой» толщины) является причиной того, что несмотря на существование экологических рисков, технологии их получения из соединений хрома (VI) широко развиваются и применяются. Цели работы – изучение связи физико-механических свойств (выхода по току, микротвердости, внутренних напряжений) хромовых покрытий из малоконцентрированного электролита хромирования с условиями их электроосаждения и влияния последующей термической обработки на эти свойства.

Методика эксперимента

Исследования проводили в сернокислом электролите хромирования с добавками индиго кристаллического фиолетового (КФ). Микротвердость покрытий толщиной 25 мкм определяли на приборе ПМТ-3. Влияние термообработки на внутреннее трение осадков исследовали в пределах от 200°C до 300°C. Выход по току, весовой износ в зависимости от условий осаждения определялись весовым методом. Определение коррозионной стойкости проводили при помощи метода corrdocote по ГОСТ 9.305-84.

Измерение ВТ осуществлялось методом изгибных колебаний исследуемого образца в температурном интервале от -200 до + 300°C. Низкие температуры получали непосредственно в измерительной установке, используя охлаждающую оболочку в виде криостата и пропуская через нее жидкий азот.

Для исследования использовались образцы длиной 2-6 мм, толщиной 5-30 микрон. Хром осаждали на отожженную медную подложку (фольга) толщиной 60 мкм и чистотой 99,99%, которая перед измерениями растворялась в концентрированной азотной кислоте.

Хромовые покрытия получали при плотностях тока 50-80 А·дм⁻² в следующих электролитах:

- а) универсальный (250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄);
- б) разбавленный (150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄);
- в) разбавленный с добавками КФ (кристаллический фиолетовый), и индиго (150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ КФ или индиго).

Экспериментальная часть

В настоящей работе представлены результаты изучения процесса хромирования из стандартных и малоконцентрированных электролитов с добавками индиго и кристаллического фиолетового (КФ). Хромовые покрытия осаждали из электролитов состава: 150 г·л⁻¹ CrO₃, 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ и 250 г·л⁻¹ CrO₃, 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄. Режим электролиза – стационарный, плотность катодного тока (ik) – (20-240) А·дм⁻², продолжительность электролиза (τ) – (5-10) мин, температура электролита (t) – (30-60)°C. Катоды – компактная медь, медная фольга, сталь, аноды – свинцовые.

Как следует из рис. 1(а) выход хрома по току возрастает при введении КФ и индиго как в универсальном (кр. 1, 1', 1»), так и разбавленном электролите (кр. 2, 2', 2»). При этом влияние добавок на выход хрома значительнее в разбавленном электролите при токе 55-60 А·дм⁻² и он более высок у красителя индиго, чем КФ (в среднем на 2-5%). Выход по току выше в растворах с меньшей температурой рис 1(в), однако, и здесь обе добавки в исследованном интервале температур увеличивают выход по току по сравнению с растворами без добавок. С увеличением температуры и ростом плотности тока осаждения выход по току падает (рис.2(а, б, в)). Влияние индиго выражено сильнее во всем исследованном интервале температур.

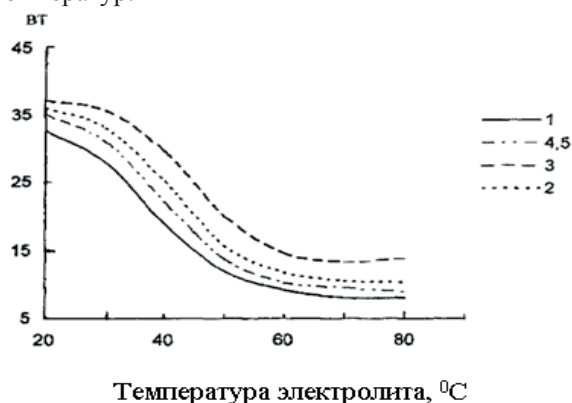


Рис 1 (а). Изменение выхода по току на стали 40Х от плотности тока при хромировании (55°C) в электролитах:
1 - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄;
1' - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ КФ;
1» - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ индиго;
2 - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄;
2' - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ КФ;
2» - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ индиго.

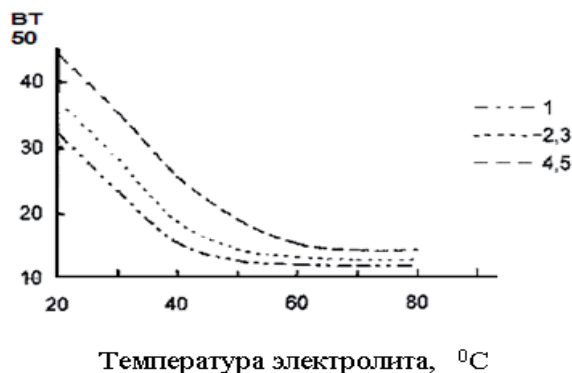


Рис. 1 (в). Изменение выхода по току хрома с увеличением D_k при 20°C в электролитах:

- 1-250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄;
- 2-250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 0,1 г·л⁻¹ КФ;
- 3-250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 2 г·л⁻¹ КФ;
- 4-250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 0,1 г·л⁻¹ индиго;
- 5-250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 2 г·л⁻¹ индиго;
- 6-150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 0,1 г·л⁻¹ индиго;
- 7-150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 2 г·л⁻¹ индиго.

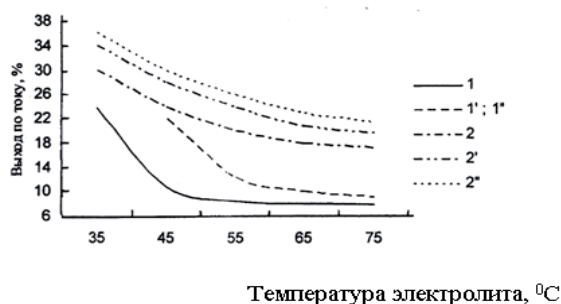


Рис. 2 (а, б, в). Изменение выхода по току хрома в зависимости от температуры и плотности тока в электролитах:

- 1 - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄;
- 1' - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ КФ;
- 1» - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ индиго;
- 2 - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄;
- 2' - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ КФ;
- 2» - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ индиго.

В растворах с органическими добавками КФ и индиго осаждаются более плотные, менее дефектные осадки (рис.3(а)). Добавки повышают микро-

твердость как в универсальном, так и разбавленном электролитах, причем она максимальна в интервале температур 55 - 57°C для разбавленных электролитов и 50 - 55°C универсальных. Микротвердость осадков хрома при повышении плотности тока осаждения проходит через максимум (при постоянной температуре) и на осадках хрома с добавками КФ и индиго (рис. 3(б)).

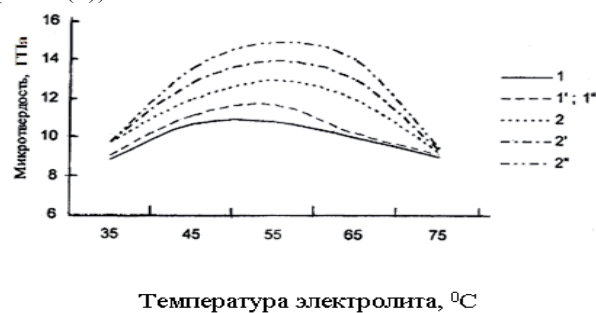


Рис 3 (а, б). Изменение микротвердости осадков хрома в зависимости от температуры при и плотности тока в электролитах: электролиты те же.

В исследованных электролитах выход по току хрома с увеличением температуры падает (при постоянной плотности тока осаждения). Отметим, что влияние органических добавок на выход по току сильнее выражено в области малых температур, что связано с процессами адсорбции органических добавок и формированием плотных (менее дефектных) поверхностных коллоидных золь хемихромата (рис.2 (а, б, в)). В растворах с одинаковой температурой выход по току выше при более высоких плотностях тока катодного осаждения (рис. 1, 2).

С увеличением катодной плотности тока выход по току хрома растет. Однако, он достигает максимального значения в районе 45-50 А·дм⁻², а далее незначительно падает, практически стабилизируясь (рис. 1).

При исследовании влияния органических добавок на износ покрытий при постоянной плотности тока установлено, что он зависит от температуры электролита и минимален при 50°C (в универсальных электролитах с добавками, при 63°C в разбавленном). Отметим, что износ меньше в разбавленных электролитах, что связано с большей кроющей и рассеивающей способностью электролита (меньшей шероховатостью), что далее подтверждено специальными исследованиями микрогеометрии поверхности осадков хрома (рис.4 (а)).

Отметим, что характер изменения весового износа подобен для указанных электролитов, а при 55° С

несколько меньше для разбавленного (рис.4 (б)). При этом выглаживающее влияние органических добавок КФ и индиго одинаково.

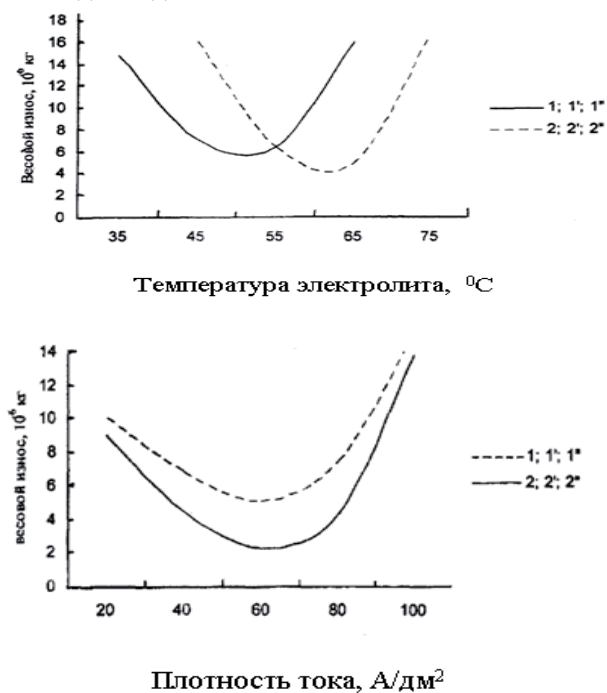


Рис. 4 (а, б). Изменение весового износа осадков хрома в зависимости от температуры электролита и плотности тока осаждения в электролитах:

- 1 - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄;
- 1' - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ КФ;
- 1'' - 250 г·л⁻¹ CrO₃ + 2,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ индиго;
- 2 - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄;
- 2' - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ КФ;
- 2'' - 150 г·л⁻¹ CrO₃ + 1,5 г·л⁻¹ H₂SO₄ + 1 г·л⁻¹ индиго.

Нами методом внутреннего трения (ВТ) изучена температурная зависимость (ТЗ) внутреннего трения электролитических осадков хрома.

Результаты измерения ТЗВТ электролитически осажженного хрома представлены на рис. 5 (а,б).

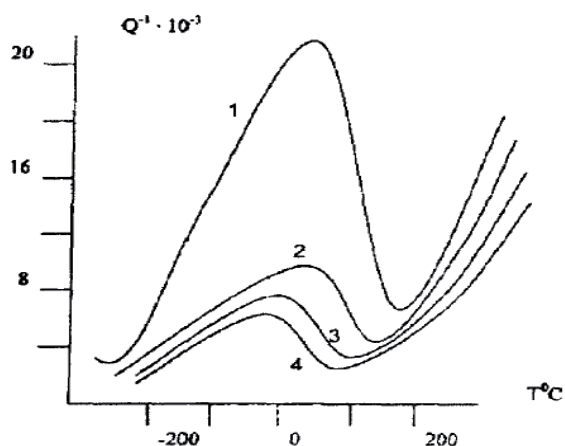


Рис.5 (а). Температурная зависимость внутреннего трения (ТЗВТ) электролитического хрома из универсального (1) и разбавленного (2) электролитов без добавок и с добавками КФ(3) и индиго (4)

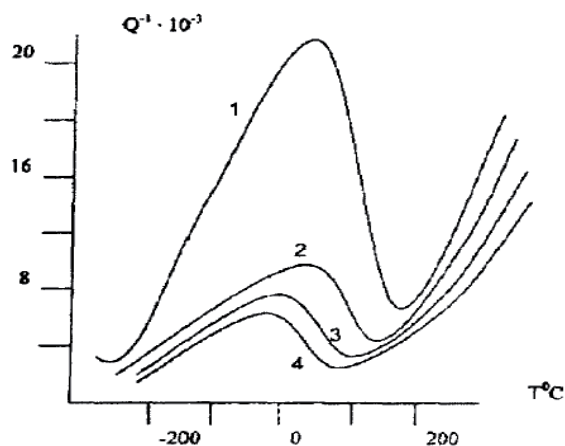


Рис.5 (б). ТЗВТ электролитического хрома, полученного из универсального (1) электролита; (2) – после отжига $t=120^{\circ}\text{C}$, время 1 час; (3) – после отжига $t=600^{\circ}\text{C}$, время 1 час.

Как следует из представленных данных, на всех ТЗВТ наблюдается четко выраженный максимум ВТ, наблюдаемый при частоте измерений 700 Гц в интервале температур 20-30 $^{\circ}\text{C}$. В работе [11] на ТЗВТ хрома металлургического способа производства (чистотой 99,99% после 1,5 часового отжига при температуре 1000 $^{\circ}\text{C}$), выявленный нами максимум ВТ не проявляется. Авторы работы [12], изучая ТЗВТ электролитического хрома, полученного из электролита 2М CrO₃ + 0,02 М H₂SO₄ при различных плотностях тока и температуре 65 $^{\circ}\text{C}$, наблюдали одну из ветвей данного максимума, расположенную в области положительных температур. Они предсказали температурное положение максимума и предположили возможные причины его появления.

Полученные результаты подтверждают, что выявленный максимум ВТ обусловлен наличием различного количества водорода в исследуемых образцах.

Известно, что значительная часть водорода удаляется из электролитических осадков металлов при низкотемпературном отжиге ($t \approx 100-150^{\circ}\text{C}$), а полностью – после высокотемпературного ($t > 600^{\circ}\text{C}$).

На рис. 5 (б) приведены ТЗВТ электролитического хрома после получения (кр.1) и соответствующих отжигов (кр.2,3). Сопоставление приведенных на рис. 5 (а) и 5 (б) результатов свидетельствует о том, что максимум ВТ, наблюдаемый в районе 20 $^{\circ}\text{C}$, обусловлен наличием в образцах различного количества водорода, поскольку в разбавленном электролите (рис.5 (а), кр.1'), а также в электролите с добавками КФ (кр.1'') и индиго (кр.4) при электроосаждении выделяется намного меньше водорода [6], а максимум ВТ, не изменяя своего положения, уменьшается по величине в 4-5 раз. К этому же приводит и низкотемпературный отжиг (рис.5 (б), кр.2). Высокотемпературный отжиг удаляет электролитический водород полностью, поэтому максимум ВТ исчезает (рис.5 (б), кр.3).

Наблюдаемый на ТЗВТ высокий фон ВТ (рис. 10, кр. 1-4) может быть связан с высоким уровнем микронапряжений в исследуемых образцах. Подобное наблюдалось при изучении ТЗВТ никеля,

полученного различными способами [12]. В данном случае достаточно «толстые» (толщина более 10 мкм) образцы электролитического хрома местами самопроизвольно отделяются от медной подложки, а измерение ВТ при температурах выше 300 °С невозможно из-за быстрого затухания колебаний (рис.5 (б)). Высокотемпературный отжиг (рис.5 (б), кр.3) снижает уровень внутренних напряжений за счет протекающих процессов рекристаллизации. В этом случае для электролитических осадков фон и значение величины ВТ становятся близкими к значениям для хрома металлургического производства.

Следовательно, при использовании хрома в качестве функциональных покрытий необходимо использовать при электроосаждении электролиты с добавками, т.к. в этом случае влияние наводороживания покрытия минимально.

Износ хромовых покрытий существенно зависит от плотности тока. На кривых имеется минимум износа: для малоконцентрированного электролита при $i_k \approx 60 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$, для стандартного – при $90 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$. При i_k выше указанной величины износ заметно увеличивается, что обусловлено увеличением толщины покрытия и шероховатости поверхности. Минимальный износ покрытия наблюдается в малоконцентрированном электролите, что согласуется с данными, полученными в промышленных условиях [13].

Проведены испытания коррозионной стойкости хромовых покрытий, полученных из малоконцентрированного электролита с органическими добавками, в сравнении со стандартным электролитом.

Продолжительность испытаний в соляном тумане без коррозионных разрушений для стандартного электролита равна 440 часам, для малоконцентрированного электролита с КФ – 1100, а с индиго – 1400 часов. Эти данные хорошо согласуются с электрохимическими измерениями.

Используя метод Бокса-Уилсона, исследовано влияние плотности тока (x_1), температуры (x_2) в интервалах (60-80 А/дм²) и (60-80°С) соответственно на

выход по току, скорость осаждения, микротвердость, шероховатость покрытия. Значения факторов в центре планирования эксперимента 70 А/дм² и 70°С, толщина покрытий 20 мкм из малоконцентрированных электролитов, указанных выше, использовали вариант метода крутого восхождения с минимальным числом условий проведения эксперимента для получения математической модели процесса хромирования, а также в ряде случаев проводили серии опытов для выявления области оптимума в зависимости от значений выбранных параметров.

Результаты математического планирования эксперимента процесса хромирования в малоконцентрированном электролите с органическими добавками по методу Бокса-Уилсона описываются следующими уравнениями:

ВТ_{Cr2} (выход по току): $13,55 + 0,90 x_1 - 0,70 x_2 - 0,15 x_1 x_2$, %

Износ хрома: $0,411 + 0,494 x_1 + 0,37 x_2 - 0,371 x_1 x_2$;

Ra (шероховатость): $0,385 - 0,010 x_1 - 0,035 x_2 - 0,020 x_1 x_2$, мкм

Скорость осаждения V: $44,95 + 8,80 x_1 - 3,60 x_2 - 0,45 x_1 x_2$, мкм/час

Твердость: $755 - 115 x_1 - 105 x_2 + 95 x_1 x_2$ н/мм², где x_1 – плотность тока, А/дм², x_2 – температура электролита.

Рассчитанные по всем этим уравнениям значения параметров совпали с экспериментальными.

Выводы

Разработан малоконцентрированный электролит хромирования для нанесения износостойких покрытий хромом, содержащий кристаллический фиолетовый (или индиго) и режимы электролиза.

Износ хромовых покрытий зависит от плотности тока, толщины покрытия и шероховатости поверхности. Коррозионная стойкость покрытий из малоконцентрированного электролита с органическими добавками КФ или индиго по сравнению со стандартным электролитом выше в 2,5 и 3,2 раза соответственно.

Библиографический список

1. Фаличева А.И. Экологические проблемы хромирования/ Фаличева А.И., Стекольников Ю.А., Глянцев Н.И. // Тез.докладов 7 регионал. науч.-практ. конфер-и «Проблемы химии и химической технологии». Тамбов. 1999. С.227.
2. Фаличева А.И. Экология и малоконцентрированные электролиты хромирования/ Фаличева А.И., Стекольников Ю.А., Глянцев Н.И. // Всерос. научн.-практ. конф-я «Гальванотехника и экология рац. обработки поверхности». Москва. 1999.
3. Сафонов В.В. Наноконпозиционное гальваническое хромирование. / Сафонов В.В., Шишурин С.А., Семочкин В.С. // Гальванический механик. 2010, №1, С. 40-42.
4. Фаличева А.И. Экологические проблемы хромирования и альтернативного покрытия / Фаличева А.И., Стекольников Ю.А., Глянцев Н.И. // Вестник Тамбовского государственного университета, Тамбов. 1999. Т.4.-вып.2. С.256-257.
5. Фаличева А.И. Экологические проблемы процесса хромирования / Фаличева А.И., Стекольников Ю.А., Глянцев Н.И. // Всероссийская научно-практическая конференция «Гальванотехника и обработка поверхности-99», Тез.докл., М. 1999. С.125-126.
6. Фаличева А.И. Экологические проблемы гальванического производства и альтернативные покрытия / Фаличева А.И., Глянцев Н.И., Стекольников Ю.А. // Техника машиностроения, 1999. №6. С.45-51
7. Данилов Ф.И. Осаждение толстых хромовых покрытий. // Вопросы химии и химической технологии. 2009. №5. С.155-157.

8. Гордиенко В.О. Электроосаждение хромовых покрытий из сульфатно-карбамидных электролитов на основе Cr (III). Физ.-хим. мех. матер. 2010. №5, с.71-75
9. Журнов А.Д. Патент №2409707 РФ, МПК C25D 15/00. Электролит хромирования.
10. Благодер Е.В. Задачи эколого-экономического анализа и оптимизации проектов создания экологически безопасных гальванических производств. // Альтернативная энергетика и экология. 2010. №8, С.39-47
11. Постников В.С. К вопросу о зернограницной релаксации напряжений в чистых металлах./ Постников В.С., Шаршаков И.М., Масленников Э.М. // Сб. «Релаксационные явления в металлах и сплавах». Тр.IV Всес. конф. Металлургиздат, М.,1963, С. 165-170.
12. Гранкин Э.А. Исследование температурной зависимости внутреннего трения в электролитических осадках хрома./ Гранкин Э.А., Фаличева А.И., Алтухов В.К. // Электрохимия, 1971, т. 7, № 8, С.1131-1133.
13. Воржев В.Ф., Стекольников Н.М., Стекольников Ю.А. Патент № 2392356 C2 МПК C25D, 2010. Электролит хромирования (варианты).

References

1. Phalicheva, A.I. Environmental problems chrome/ . Phalicheva A.I., Stekolnikov YU.A., Glyanzev N.I. //Trans. dokl. 7 regional. nauch.-prakt. meeting rooms for small groups « and «Problems of chemistry and chemical technology». - Tambov. - 1999. - с.227
2. Phalicheva, A.I. Ecology and low-concentrated electrolytes chrome/ Phalicheva A.I., Stekolnikov Yu.A., Glyanzev N.I. // Vseros. nauchn.-prakt. the conference, « I «electroplating and ecology of rational surfaces». - Moscow. - 1999
3. Safonov, VLADIMIR. Nanocomposition galvanic chrome. / Safonov V.V., Shishurin S.A., Semochkin V.S. // The galvanic mechanic. - 2010, - №1, with. 40-42
4. Phalicheva, A.I. Environmental problems of chrome and alternative cover / Phalicheva A.I., Stekolnikov YU.A., Glyanzev N.I. // The Bulletin of the Tambov state University, Tambov. - 1999. - vol.4.-issue2. - p. 256-257
5. Phalicheva, A.I. Environmental problems of the process of chrome / Phalicheva A.I., Stekolnikov YU.A., Glyanzev N.I. // All-Russian scientific-practical conference «electroplating and surface treatment-99», Trans.dokl., M. - 1999. - s.125-126
6. Phalicheva, A.I. Ecological problems of galvanic production and alternative cover / Phalicheva A.I. Glyanzev N.I., Stekolnikov YU. // The technique of engineering, 1999. - №6. - p.45-51
7. Danilov, FI. The deposition of thick chromium coatings. // The questions of chemistry and chemical technology. - 2009. - №5, p.155-157
8. Gordienko, VO. Electrodeposition of chromium coatings of sulphate-carbamide electrolytes based on Cr (III). Phys.-chem. mech mater. - 2010. - №5, p.71-75
9. Zhirnov, A.D.. Patent №2409707 of the Russian Federation, the IPC C25D 15/00. Chroming electrolyte.
10. Blagoder, E.V. The tasks of the ecological-economic analysis and optimization projects on creation of ecologically safe galvanic manufacture. // Alternative energy and ecology. - 2010. - №8, p.39-47
11. Postnikov V.S. To the question of grain-boundary stress relaxation in pure metals./ Postnikov V.S., Sharshakov I.M., Maslennikov E.M.. // Su. «Relaxation phenomena in metals and alloys». Тр.IV Ru. proc.Metalizdat, М.,1963. 165-170.
12. Grankin, E.A.. Investigation of the temperature dependence of internal friction in the electrolytic precipitation of chromium./ Grankin E.A., Phalicheva A.I., He V.K. // Electrochem, 1971, t. 7, № 8, С.1131-1133.
13. Vorgev, V.F., Stekolnikova, N.M., Stekolnikov, YU. Patent № 2392356 C2 IPC C25D, 2010. Chroming electrolyte (options).

УДК 378.147+372.854

UDC 378.147+372.854

Н.Л. ХИЛКОВА

кандидат химических наук, доцент кафедры химии
Орловского государственного аграрного университета

E-mail: hilkova59@rambler.ru

В.М. МАРКИНА

кандидат химических наук, доцент кафедры химии
Орловского государственного аграрного университета

Е.Г. ПРУДНИКОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафе-
дры химии Орловского государственного аграрного
университета

E-mail: elena-prudnikova00@rambler.ru

N.L. KHILKOVA

candidate of chemical sciences, assistant professor, chair
of chemistry Federal State Educational Establishment
of Higher Professional Training "Orel State Agrarian
University"

V.M. MARKINA

candidate of chemical sciences, assistant professor, chair
of chemistry Federal State Educational Establishment
of Higher Professional Training "Orel State Agrarian
University"

E.G. PRUDNIKOVA

candidate of agricultural sciences, assistant professor
chair of chemistry Federal State Educational
Establishment of Higher Professional Training "Orel
State Agrarian University"

АКТИВНЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

ACTIVE METHODS OF THE INSTRUCTION DURING THE STUDY OF CHEMICAL DISCIPLINES

Использование активных методов обучения в лабораторном практикуме при изучении химических дисциплин позволяет активизировать познавательную деятельность студентов, способствует развитию творческих способностей, развивает умения и навыки практической деятельности. Предлагаемые частично-поисковые лабораторные работы усиливают профессиональную мотивацию обучения.

Ключевые слова: активные методы обучения, частично-поисковые лабораторные работы, активация познавательной деятельности.

The use of active methods of teaching in the laboratory practice during the study of chemical disciplines makes possible to activate the cognitive activity of students, it contributes to the development of creative abilities, develops skills and habits of practical activity. The proposed partial- search laboratory works strengthen the professional motivation of teaching.

Keywords: the active methods of teaching, partial-search laboratory works, the activation of cognitive activity.

При двухуровневой системе подготовки выпускника высшего учебного заведения количество часов, отводимое на аудиторные занятия невелико. Это обстоятельство привело к необходимости совершенствования методов обучения химическим дисциплинам. Применение активных методов обучения позволит активизировать учебный процесс и познавательную активность студентов.

Научить будущего специалиста познавательной деятельности, уметь самостоятельно выбирать методы для решения поставленной задачи возможно в процессе обучения с использованием современных активных методов обучения. Компетентность и мобильность выпускника вуза должны стать его основной характеристикой.

Активные методы обучения – это способы активизации учебно-познавательной деятельности студентов [1], которые побуждают их к активной мыслительной и практической деятельности в процессе овладения материалом, когда активен не только преподаватель, но активны и студенты.

Таким образом, активные методы обучения – это

обучение деятельностью, в основе которой лежит диалогическое общение, как между преподавателем и студентами, так и между самими студентами.

Рациональное сочетание традиционных и новых форм подачи учебного материала позволяет активизировать творческий потенциал студента в образовательной системе, сделать процесс обучения более самостоятельным, повысить уровень подготовки будущих специалистов [2].

В своей практике мы стараемся широко использовать такие методы как проблемные лекции, лекции-конференции. Весь лекционный курс имеет мультимедийное сопровождение. Хочется остановиться на проведении лабораторного практикума.

Лабораторные работы и практические занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер. Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их харак-

теристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др. Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании лабораторных работ и практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Рассмотрим проведение частично-поисковых лабораторных работ по неорганической, аналитической и органической химии. Тема занятия должна быть актуальной для студента конкретного направления подготовки, т.е. носить мотивационный характер. Проведение данного вида занятия возможно при наличии в нашем вузе библиотечного фонда, в том числе и электронного ресурса, оборудования кафедры и Инновационного научно-исследовательского испытательного центра Орел ГАУ, имеющихся у студентов навыков работы с оборудованием и реактивами, консультационной помощи преподавателя.

Пример частично-поисковой лабораторной работы «Определение нитрат-ионов в сельскохозяйственной продукции». Работа проводится со студентами 2 курса направления подготовки «Агрохимия и агропочвоведение». Целью работы является определение нитрат-ионов в картофеле и кормовой свекле визуальным полуколичественным методом (экспресс-методом) и сопоставление показателей исследования со значениями, полученными при измерениях спектроскопическим методом. Исследование содержания нитратов в кормовой продукции не является новой с точки зрения науки, но является актуальной региональной проблемой. Под руководством преподавателя студенты осваивают визуальный полуколичественный метод (экспресс-метод), используя цветовую шкалу на нитрат-ионы [3].

Определение содержания нитратов спектроскопическим методом студенты проводят самостоятель-

но, опираясь на имеющиеся навыки теоретических знаний и умения подбора соответствующей методики.

По завершению работы необходимо сделать вывод о содержании нитрат-ионов в исследованной продукции, о соответствии результатов при работе разными методами исследования.

При изучении аналитической химии студенты направления подготовки «Агрохимия» в Инновационном научно-исследовательском центре университета на приборе спектрометр ICAP 6300 Дио методом атомно-абсорбционного анализа исследуют химический состав корнеплодов. Объектом исследования служат кормовые корнеплоды, взятые из разных районов Орловской области.

Студенты самостоятельно работают с научной литературой и дают краткую характеристику сочным корнеплодам. Этот вид работы способствует формированию профессиональной мотивации при обучении химическим дисциплинам. После выполнения экспериментальной части работы студенты характеризуют элементный состав корнеплодов.

Тематика изучения химического состава биологических объектов продолжается на лабораторных занятиях и по органической химии. Примером могут служить работы «Биологически активные вещества корнеплодов», «Измерение массовой доли аминокислот корнеплодов методом капиллярного электрофореза». Целью данных работ является определение содержания протеина, клетчатки, крахмала, аминокислот. Студенты, имея опыт работы на приборах, подбирают методики и выполняют эксперимент. Работу студентов можно считать успешной, если сформированы навыки и умения находить причинно-следственные связи в результате экспериментальной работы, применять полученные знания в будущей профессии.

Таким образом, студенты-агроарии работая с биологическими объектами активно «вовлечены» в будущую профессию и активно осваивают современные методы исследования. Их работа помимо профессиональной мотивации развивает научное мышление, логику, аналитические способности.

Активные формы обучения могут реализоваться и через дидактические игры. Игровые ситуации делают любое занятие разнообразным, интересным, придают ему эмоциональную окраску.

В ходе игровой деятельности развивается общение между студентами, а элементы соревнования на занятиях активизируют процесс обучения.

Таблица 1.

Цветовая шкала на нитрат-ионы

Содержание нитрат-ионов, мг/мл	40	63	125	250	500	1000
окраска	бледно-желтая	желтая	желто-оранжевая	светло-красная	красная	интенсивно-красная

Особенностью игры является нацеленность на самоутверждение, стремление к розыгрышу, профессиональной ориентации на будущую практическую деятельность.

Возможна следующая классификация дидактических игр.

Тренинговые:

- соревновательные;
- на закрепление знаний;
- контролирующие.

Творческие:

- имитационные;
- информационные;
- театрализованные;
- профориентационные (ролевые, проекционные, деловые).

Особенно значимой в профессиональной ориентации на будущую практическую деятельность является деловая игра. Это одна из новых областей деятельности научно-технического знания, как имитационный эксперимент, как форма ролевого общения, исследования и решения производственных задач, средство творческого и профессионального мышления.

Технологическую схему деловой игры можно представить тремя этапами: подготовкой, проведением, анализом и обобщением. Для каждого этапа характерны определенные средства обеспечения.

На подготовительном этапе необходимо разработать сценарий, план деловой игры, общее описание игры, содержание инструктажа, подготовить материальное обеспечение; поставить проблемы, цели,

условия, регламент, правила; распределить роли, сформировать группы и провести консультации.

При проведении деловой игры необходимо работать с литературой, провести практическую работу, соблюдая условия игры. На этом этапе группа выступает с защитой результатов своей работы, соблюдая правила дискуссии. Здесь участвуют в работе и эксперты.

На третьем этапе – анализа и обобщения происходит выход из игры. Участники проводят самооценку работы, а также делают выводы и обобщения. Самым важным для профессиональной подготовки является разработка рекомендаций по результатам теоретической и практической работы [4,5,6].

В заключение отметим, что в ходе деловой игры студенты учатся овладевать опытом, сходным с тем, который они получали бы в реальной деятельности. Деловая игра позволяет решать проблемы, а не просто быть наблюдателем. В отличие от других игровых технологий главным достоинством деловой игры является то, что она воздействует на формирование и развитие потребности в самовыражении и самореализации.

В результате использования активных методов в вузовском учебном процессе повышается эмоциональный отклик студентов на процесс познания, мотивацию учебной деятельности, интерес на овладение новыми знаниями, умениями и практическом их применении, способствуют развитию творческих способностей студентов, устной речи, умения формулировать и высказывать свою точку зрения, активизируют мышление.

Библиографический список

1. *Выготский Л.С.* Педагогическая психология. М.: Педагогика, 1991.
2. *Ермакова Л.А., Хилкова Н.Л., Прудникова Е.Г.* Роль личности педагога в инновационной образовательной сфере аграрных вузов на примере учебной дисциплины «Химия»/ Международный журнал экспериментального образования. 2009, №5. С.42-43.
3. *Маркина В.М.* Визуальные исследования токсикантов с помощью капельно-таблетных экспресс-методов в растворах и сочных кормах/ Материалы I Всероссийской научной конференции «Фундаментальные исследования». Орел, 2003: 120-122.
4. *Обучающие игры по химии и методика.* М.: МГПИ, 1980
5. *Смолкин А.М.* Методы активного обучения. М., 1991.
6. *Тыльдсепп А.А., Корк В.Н.* Мы учим химию. М.: Просвещение, 1993

References

1. *Iygotsky L.S.* Pedagogical psychology. M.: Pedagogy, 1991.
2. *Ermakova L.A., Hilkoval N.L., Prudnikova E.G.* The role of the teacher's personality in the field of innovative educational agricultural universities in the example of a subject "Chemistry" / International Journal of Experimental Education. 2009, № 5. P.42-43.
3. *Markina V.M.* Visual studies of toxicants with the help of drop and tablet express methods in solutions and succulent feed/ Materials I of the all-Russian scientific conference «Fundamental research». Orel, 2003: 120-122.
4. *Educational games in chemistry and methodology.* M.: MGPI, 1980
5. *Smolkin A.M.* Methods of active training. M., 1991.
6. *Tyldsepp A.A., Cork V.N.* We teach chemistry. M.: Education, 1993

УДК 579

UDC 579

О.Г. ВОЛОБУЕВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева,
E-mail: ovolobueva@list.ru, ogvolobueva@yandex.ru

O.G. VOLOBUEVA

candidatae of biological sciences, associate professor of microbiology and immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
E-mail: ovolobueva@list.ru, ogvolobueva@yandex.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ГОРОХА РАЗНЫХ СОРТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ АГРОСТИМУЛИНОМ

THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT VARIETIES OF PEA SEEDS INOCULATION UNDER THE AGROSTIMULINOM PROCESSING

В вегетационных опытах с горохом сортов Норд и Юниор установлена сортовая отзывчивость на агро-стимулин. Совместная обработка ризоторфином и агростимулином растений сорта Юниор приводила к увеличению количества клубеньков, массы клубеньковой ткани, активности нитрогеназы в клубеньках, продуктивности растений, а также оказывала положительное влияние на симбиотическую деятельность микроорганизмов ризосферы гороха.

Ключевые слова: горох, ризоторфин, агростимулин, симбиотическая азотфиксация, нитрогеназа, продуктивность, микроорганизмы, ризосфера.

The responsiveness of plants to growth regulator agrostimulin in pot experiments with pea varieties Nord and Junior Grade was set. Simultaneous processing of the grade Junior by biologic rizotorfin and plant growth regulator agrostimulin led to an increase in the number of nodules, nodule tissue mass, nitrogenase activity in nodules, plant productivity, and also had a positive effect on the activity of microorganisms symbiotic rhizosphere of peas.

Keywords: peas, biologics, growth regulators, rizotorfin, agrostimulin, symbiotic nitrogen fixation, nitrogenase, productivity, microorganisms, rhizosphere.

Биологическая фиксация молекулярного азота микроорганизмами является одной из наиболее актуальных проблем современной биологии. Наивысшей азотфиксирующей активностью среди микроорганизмов обладают клубеньковые бактерии, вступающие в симбиоз с бобовыми растениями. Благодаря симбиозу некоторые бобовые растения не только полностью обеспечивают себя азотом, но и накапливают его в почве (до 300-450 кг азота на гектар в год) [5, 7, 9].

Уникальные функции микроорганизмов по фиксации атмосферного азота приобретают особое значение в связи с усилением антропогенного воздействия на агроэкосистемы и возможность использования биологических механизмов питания растений [1, 13, 17].

Одним из современных направлений биоизменения является применение биопрепаратов. Полное освоение азотфиксирующей способности почвенных бактерий и оптимизация её за счёт азотного баланса почв в агроэкосистемах позволяет решить многие проблемы устойчивого современного земледелия. Поэтому изучение эффективности биопрепаратов и применение их на бобовых культурах является актуальным и имеет практическую и научную значимость.

В связи с этим целью данного исследования является изучение влияния биопрепарата ри-

зоторфина и регулятора роста агростимулина на бобово-ризобийный симбиоз и продуктивность растений гороха разных сортов.

Объекты и методы

Вегетационные опыты проводили в 2007-2009 гг. в условиях вегетационного домика кафедры агрономической и биологической химии РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева в сосудах Митчерлиха (масса абсолютно сухой почвы 3875 г); вносили в качестве фонового удобрения 2 г суперфосфата, 1,5 г калийной соли; полив – до 60% ПВ. Почва – обыкновенный чернозём. Агрохимическая характеристика почвы: содержание легкогидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой – 93 мг/кг почвы, подвижного фосфора по Чирикову – 200 мг/кг почвы, подвижного калия по Чирикову – 125 мг/кг почвы, pH водной вытяжки 7,1.

Объектами исследования были растения гороха сортов Норд и Юниор. Норд – сорт селекции ВНИИЗБК (г. Орёл) совместно с Полтавским СХИ, раннеспелый, листья усатого типа, неосыпаемый, устойчивый к полеганию, высокоурожайный (масса 1000 семян 250-270 г). Юниор – сорт селекции ВНИИЗБК, среднеспелый, листочкового типа, устойчив к полеганию и корневым гнилям. Характеризуется стабильной урожайностью как в нормальные, так и засушливые годы (масса 1000 се-

мян 230-240 г). Сорт отличается повышенной азотфиксирующей способностью.

Для предпосевной инокуляции семян гороха использовали производственные штаммы *Rhizobium leguminosarum* bv *viciae* 245a. Инокуляцию проводили или водной суспензией бактерий при разведении 10^7 - 10^8 клеток на 1 растение, или ризоторфином, коммерческим препаратом клубеньковых бактерий, полученным из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург).

Агростимулин – комплекс регуляторов роста природного происхождения и синтетических аналогов фитогормонов. Прозрачный, бесцветный, водноспиртовой раствор. Повышает урожай, улучшает качество продукции, увеличивает устойчивость растений к полеганию, болезням, стрессовым факторам. Рекомендуются для применения на зерновых, зернобобовых культурах, многолетних бобовых травах. Регулятор роста был получен из Института биорганотической химии НАН Украины.

Семена гороха сортов Норд и Юниор замачивали в течение 6 часов в растворе агростимулина в концентрации 10^{-6} М, непосредственно перед посевом за 1 час инокулировали ризоторфином по схеме: I – контроль (без обработки, замачивание в воде); II – инокуляция ризоторфином; III – семена замачивали агростимулином, на фоне инокуляции ризоторфином. Повторность 10-кратная, в каждом сосуде по 10 растений.

В процессе вегетации проводили фенологические наблюдения за динамикой роста и развития растений гороха, учитывали массу и количество клубеньков. Проводили выделение чистой культуры клубеньковых бактерий гороха и учет количества микроорганизмов в почве методом разведений и последующего посева на соответствующие питательные среды по методике Теппер с соавт. [14]. Активность нитрогеназы в клубеньках определяли на газовом хроматографе «Цвет – 106» [12]. Данные статистически обрабатывали по Б.А.Доспехову [3].

Результаты и обсуждение

Анализ данных вегетационного опыта показал, что совместная обработка агростимулином и ризоторфином семян гороха сортов Норд и Юниор в разные фазы развития растений увеличивала высоту растений обоих сортов. Однако большая высота растений отмечена у сорта Юниор (табл.1). Надземная масса у растений обоих сортов в фазу начала бутонизации была приблизительно одинаковой. В фазу бутонизации – начала цветения у растений сорта Норд совместная обработка ризоторфином и агростимулином приводила к увеличению надземной массы (табл.1). У сорта Юниор увеличение надземной массы происходило только в результате инокуляции ризоторфином. В фазы цветения и налива плодов наблюдается увеличение надземной массы растений гороха обоих сортов в вариантах с обработкой семян агростимулином на фоне инокуляции ризоторфином

по сравнению с контролем. Большая надземная масса была у сорта Юниор. Надземная масса у растений гороха сорта Юниор в фазу налива плодов меньше этого показателя в фазу цветения. Усатые сорта, каким является сорт Норд, формируют неполегающий или слабо полегающий стеблестой, обеспечивающий более благоприятные условия освещения и аэрации. Все это дает усатым сортам большие преимущества по сравнению с листочковыми при реализации их генетического потенциала. У листочковых форм, каким является сорт Юниор, в период налива семян часто наблюдается потеря биомассы из-за полегания растений [11].

Совместная обработка ризоторфином и агростимулином семян гороха сортов Норд и Юниор увеличивала массу корней с клубеньками. Это происходило во все фазы развития растений, но наивысшие значения этих показателей наблюдались в фазу налива плодов у сорта Юниор (табл.1).

Азотфиксирующую активность растений гороха определяли по количеству клубеньков и массе клубеньковой ткани. В фазу начала бутонизации совместная обработка ризоторфином и агростимулином увеличивала количество клубеньков и массу клубеньковой ткани растений гороха обоих сортов. В варианте, где семена не инокулировали, клубеньки практически отсутствуют. Лишь небольшое количество клубеньков в контроле наблюдалось в фазу бутонизации – начала цветения. Возможно, образование клубеньков в этом варианте происходило за счет деятельности спонтанно обитающих в почве и ризосфере растений микроорганизмов [6].

Отмечена корреляция между количеством клубеньков и массой клубеньковой ткани, но в большей степени данная тенденция наблюдалась у сорта Юниор (табл.1). Однако в фазу цветения высокий показатель массы клубеньковой ткани отмечен у сорта Юниор при инокуляции ризоторфином. Не всегда показатели: количество клубеньков и масса клубеньковой ткани коррелируют. Так, в фазу цветения у инокулированных растений сорта Юниор наблюдалась большая масса клубеньковой ткани, но количество клубеньков было невысоким. Клубеньки в этом варианте были крупные, розовые, активность в них нитрогеназы была высокая.

Отмечена корреляция между количеством клубеньков и массой клубеньковой ткани, но в большей степени данная тенденция наблюдалась у сорта Юниор (табл.1). Однако в фазу цветения высокий показатель массы клубеньковой ткани отмечен у сорта Юниор при инокуляции ризоторфином. Не всегда показатели: количество клубеньков и масса клубеньковой ткани коррелируют. Так, в фазу цветения у инокулированных растений сорта Юниор наблюдалась большая масса клубеньковой ткани, но количество клубеньков было невысоким. Клубеньки в этом варианте были крупные, розовые, активность в них нитрогеназы была высокая.

Клубеньки у гороха – недетерминированные.

Имеют апикальную меристему, удлинненно цилиндрическую форму и транспортируют фиксированный азот в форме амидов. Ризобии (*Rhizobium*) – факультативные симбионты. Большинство бобовых культур может полноценно развиваться за счет питания связанным азотом, а популяции ризобий – стабильно существовать в почве в отсутствие растения-хозяина. При взаимодействии с макросимбионтом ризобии индуцируют процесс клубенькообразования, тесно связанный с основными функциями растений – цитодифференцировкой и органогенезом, азотным и углеродным обменом, защитой от патогенов и регуляцией развития [2. 22, 28].

Структурный анализ урожайных данных выявил сортовые особенности растений гороха. Обработка агростимулином на фоне инокуляции растений гороха сорта Норд не приводила к увеличению урожайности. Наивысший урожай у сорта Норд отмечен при инокуляции ризоторфином. Под влиянием ризоторфина и агростимулина наблюдалась тенденция увеличения урожая у гороха сорта Юниор (табл.2).

Оценка микробиологической активности ризосферы растений гороха в вегетационном опыте показала, что обработка ризоторфином и агростимулином способствует увеличению численности микроорганизмов (табл.3). Общее количество микроорганизмов в почве было выше в вариантах обоих сортов гороха при обработке агростимулином на фоне инокуляции. В вариантах с обработкой агростимулином

в почве отмечено малое количество грибов или полное их отсутствие.

Численность микроорганизмов учитывали на средах: МПА, Чапека, Эшби. На МПА выявляют микроорганизмы, использующие органические формы азота. В наших опытах на МПА было выявлено большое количество бактерий рода *Bacillus*, колонии которых визуальнo определяли по культуральным признакам, а также в результате микроскопирования в световой микроскоп при увеличении 1600. Бактерии рода *Bacillus* имеют палочковидную форму, спорообразующие, грамположительные, аэробы. Кроме бактерий рода *Bacillus*, на МПА были выявлены бактерии родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Sarcina*. На среде Чапека обычно выявляют грибы. В наших опытах было выявлено небольшое количество грибов родов *Mucor*, *Penicillium*. На среде Эшби подсчитывают колонии азотобактера. *Azotobacter* в большом количестве обнаружен в наших опытах, особенно в варианте с обработкой сорта гороха Юниор на фоне инокуляции (табл.3). *Azotobacter* относится к аэробным свободноживущим азотфиксирующим микроорганизмам. Наличие в почве большого количества бактерий родов *Azotobacter* и *Bacillus* обычно свидетельствует о высоком плодородии почвы.

Из клубеньков гороха в результате многократных посевов на бобовый агар (БА) и на среду Фреда по методике Теппер с соавт.[14] нами были выделены клубеньковые бактерии гороха.

Таблица 1.

Рост и азотфиксирующая активность растений. Вегетационный опыт (среднее за 2007-2009 гг.)

Показатели	Фаза развития	Вариант					
		I		II		III	
		Норд	Юниор	Норд	Юниор	Норд	Юниор
Надземная масса, г/растение	1	20±0,6	22±1,2	25,6±0,7	23,4±3,1	22,7±0,6	26±2,1
	2	23±3,2	28±5,2	28,2±1,2	52,7±4,3	41,1±6,4	46,9±7,8
	3	30±6,8	48±0,2	39,2±6,9	66,3±0,2	45,9±8,6	83,9±0,1
	4	39±0,8	45±0,1	49,9±0,9	52,6±0,1	60,9±0,1	80,2±0,1
Высота растений, см	1	38±0,8	50±2,1	41±0,7	53±2,8	46,5±4,2	52±1,4
	2	41±15,0	68±5,2	42,5±17,7	74±7,1	49±12,0	76±4,2
	3	45±12,6	74±3,4	48±12,7	79±2,8	51±12,7	83±4,2
	4	50±0,5	79±0,5	54±0,5	87±0,4	55±0,5	88±0,8
Масса корней с клубеньками, г/растение	1	2,7±0,03	4,0±0,02	3,3±0,03	4,7±0,13	4,0±0,04	4,7±0,01
	2	3,0±0,5	4,3±2,4	3,4±0,4	4,9±1,2	4,6±0,64	5,3±3,6
	3	3,2±1,2	4,8±1,2	3,5±1,07	5,1±1,3	4,9±1,77	9,1±0,13
	4	3,8±0,02	5,2±0,01	4,4±0,02	6,1±0,01	4,3±0,03	8,3±0,01
Количество клубеньков/растение	1	-	-	69±1,7	133±2,3	124±1,9	384±2,5
	2	4±0,01	6±0,01	77±1,4	145±1,8	105±1,5	130±1,9
	3	2±0,02	4±0,02	58±1,5	79±1,6	109±1,4	174±1,7
	4	2±0,02	4±0,02	92±0,6	44±0,5	58±0,7	58±0,4
Масса клубеньков, мг/растение	1	-	-	80±0,1	140±0,1	130±0,1	450±0,3
	2	15±0,01	17±0,01	100±28,3	189±56,6	75±7,07	230±70,7
	3	13±0,02	15±0,02	50±14,1	600±84,9	62±17,7	310±16,9
	4	12±0,03	13±0,02	90±0,01	60±0,02	60±0,01	200±0,01
Активность нитрогеназы, мкг N/раст/ч	1	-	-	20,8±0,1	26,7±0,1	20,1±0,2	55,6±0,5
	2	10,8±0,1	12,3±0,2	24,3±0,2	28,9±0,2	30,3±0,3	70, ±0,4
	3	9,7±0,1	10±0,2	22±0,1	51,4±0,3	33,2±0,2	67,5±0,4
	4	-	-	18±0,1	20±0,2	19±0,2	48,9±0,3

Примечание:

Варианты: Здесь и в табл.2,3: I – контроль, без обработки; II – обработка ризоторфином; III – обработка агростимулином на фоне инокуляции ризотофином.

Фазы: 1 – начало бутонизации; 2 – бутонизация – начало цветения; 3 – цветения; 4 – налив плодов; «прочерк» – отсутствие показателя.

Таблица 2.

Урожай растений гороха в вегетационном опыте (сводная таблица по данным 2007-2009 гг.)

Показатель	Вариант					
	I		II		III	
	Норд	Юниор	Норд	Юниор	Норд	Юниор
Средняя высота, см	55±5,2	77±6,7	61,5±6,17	93,8±5,9	57,4±5,1	80,33±9,73
Масса снопа, г/сосуд	7,5±1,02	8,2±1,5	8,68±1,03	9,8±1,0	8,3±1,1	11,3±2,7
Кол-во бобов	5±1	6±1	7±1	8±2	7±1	8±2
Масса бобов, г	2,41±0,5	3,2±0,6	3,85±0,7	4,34±0,9	3,33±0,6	4,66±0,6
Масса семян, г	1,89±0,5	2,89±0,7	3,02±0,6	3,53±0,8	2,84±0,5	3,7±0,5
Кол-во семян	10±1	16±2	15±1	18±4	12±2	21±2

Таблица 3.

Относительная оценка микробиологической активности почвы (среднее за 2007-2009 гг.)

Показатели		Вариант					
		I		II		III	
		Норд	Юниор	Норд	Юниор	Норд	Юниор
Кол-во бактерий на МПА, КОЕ/г почвы	Общее кол-во бактерий	18x106	19x106	26x106	37x106	55x106	52x106
	Кол-во доминирующих форм	10x106	14x106	20x106	29x106	49x106	38x106
Кол-во грибов на среде Чапека, КОЕ/г почвы	Общее кол-во грибов	15x106	13x106	12x106	21x106	4x106	1x106
	Кол-во доминирующих форм	15x106	13x106	9x106	8x106	4x106	1x106
Кол-во бактерий на среде Эшби	Общее Кол-во комочков	20	22	26	24	24	24
	Кол-во обросших комочков почвы, %	50,3	52	80,8	91,7	100	95,8

Таким образом, в результате проведенных исследований нами установлено положительное влияние регулятора роста агростимулина на фоне инокуляции ризоторфином. Установлена сортовая отзывчивость на агростимулин. Совместная обработка ризотофином и агростимулином растений гороха сорта Юниор приводила к увеличению количества клубеньков,

массы клубеньковой ткани, активности нитрогеназы в клубеньках, продуктивности растений. Использование регулятора роста агростимулина и биопрепарата ризоторфина, особенно в комбинации ризоторфин+агростимулин, оказало положительное влияние и на микробиологическую активность почвы.

Библиографический список

1. Биорегуляция микробно-растительных систем. Под ред. Г.А.Иутиной, С.П.Пономаренко. К.: Ничлава, 2010. 463 с.
2. Генетика симбиотической азотфиксации с основами селекции. Под ред. Тихоновича И.А., Проворова Н.А. СПб: Наука. 1998. 194с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 179 с.
4. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного опыта. М.: Наука, 179 с.
5. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. Учебник. М.: Изд-во МГУ. 2005. 445с.

6. Волобуева О.Г. Влияние эпина на содержание фитогормонов и симбиотическую активность растений сои разных сортов // Ученые Записки ОГУ. Орел. 2010. № 2. С. 98-104.
7. Кожмяков А.П. Приемы повышения продуктивности азотфиксации и урожая бобовых культур. 1981. 98 с.
8. Мишке И.В. Микробные фитогормоны в растениеводстве. Рига, 1988. 221 с.
9. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. 1988. 236 с.
10. Муромцев Г.С. Регуляторы роста и урожай // Вестн. С.-х. науки. № 7. 1984. С. 7-14.
11. Наумкина Т.С. Селекция гороха (*Pisum sativum* L.) на повышение эффективности симбиотической азотфиксации: Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. доктора с.-х. наук. Орел. 2007. 43 с.
12. Орлов В.П. Методика оценки активности симбиотической азотфиксации селекционного материала зернобобовых культур ацетиленовым методом / Орлов В.П., Орлова И.Ф., Щербина Е.А., и др. Орел, 1984.
13. Тихонович И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве. М., 2005. С.29-35.
14. Теннер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. Учебное пособие. Под ред. В.К. Шильниковой. М.: Дрофа. 2004. 256 с.
15. Kefford H. Natural plant growth regulation // Science. t. 142. 1963. P. 3591-3600
16. Udvardi M. K., Day D.A. Metabolite transport across Symbiotic Membranes of of Legume Nodules //Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1997. V. 48. P. 493-523.
17. Verma D. P. S. Signals in Root Nodule Organogenesis and Endocytosis of Rhizobium //Plant Cell. 1992. V. 4. P. 373-382.
18. Kneen B.E. Peas (*Pisum sativum* L.) with strain specificity for *Rhizobium leguminosarum* / B.E. Kneen, T.A. LaRue // Heredity. 1984a. Vol. 52. P. 383-389.
19. Kneen B.E. Nodulation resistant mutant of *Pisum sativum* L./ B.E. Kneen, T.A. LaRue // J. Heredity. 1984b. Vol. 75. P. 238-240.
20. Kneen B.E. Additional mutants defective in nodulation / B.E. Kneen, T.A. LaRue // Pisum Newsletters. 1986. Vol. 18. P. 33.
21. Kneen B.E. Mutants defective in symbiotic nitrogen fixation // B.E. Kneen, T.A. LaRue // Pisum Newsletters. 1987. Vol. 19. P. 17.
22. Kneen B.E., LaRue T.A. Induced symbiosis mutants of pea (*Pisum sativum*) and sweet clover (*Melilotus alba* annual) //Plant Sci. 1988. V.58. P.177-182.
23. Sagan M., Huquet T., Duc G. Phenotypic characterization and classification of nodulation mutants of pea (*Pisum sativum* L.) //Plant Sci. 1994. V.100. P. 59-70.
24. Timmerman G.M. Linkage mapping of *sbm-1*, a gene conferring resistance to pea-borne mosaic virus, using molecular markers in *Pisum sativum* / G.M., Timmerman, T.J. Frew, A.L. Miller.[et al.]- // Theoretical and Applied Genetics. 1993. Vol. 85. P. 609-615.
25. Tsyganov V.E., New pea (*Pisum sativum* L.) genes *sym33* and *sym40* control infection thread formation and root nodule function / V.E. Tsyganov, E.V. Morzhina E.V., Stefanov S.Y.[et al.]- Mol. Gen. Genet. 1998. Vol. 256. P. 491-503.
26. Yao A.V., Bochow H., Karimov S., Boturov U., Sanginboy S., Sharipov K. Effect of FZB24 *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests // Arch. Phytopathol. Plant Prot. 2006. V. 39. P. 1-6.
27. Weeden, N.F. Genetic analysis of *sym* genes and other nodule-related genes in *Pisum sativum* / N.F. Weeden, B. Kneen, T.A. LaRue //Nitrogen Fixation: Achievements and Objectives. Knoxville. – 1990. – P.323.
28. Weeden N.F. The current pea linkage map / N.F. Weeden, W.K. Swiecicki G.M Timmerman-Vaughan[et al.]. // Pisum Genetics. 1996. Vol. 28. P. 1-4.
29. Wellensick, S.I. Genetic monograph on *Pisum* / S.I. Wellensick //Genetica. 1925.- V 2.- P. 343-476.

References

1. Биорегуляция микробно-растительных систем (Bioregulation of microbe-plant systems), Иутинская Г.А., Пonomarenko С.Р., Eds., К: Nichlava, 2010, 463 p.
2. Генетика симбиотической азотфиксации с основами селекции (Genetics of symbiotic nitrogen fixation with the basis of breeding), Тихонович И.А., Проворов Н.А., Eds., С. Petersburg: Nauka, 1998, 194 p.
3. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (Procedure of field experiment), Moscow: Agropromizdat, 1985, 179 p.
4. Журбитский З.И. Теория и практика вегетационного опыта (Theory and practice of vegetative experiment), Moscow, Nauka, 179 p.
5. Звягинцев Д.Г., Бабьева Л.П., Зенова Г.М. Биология почв (Soil biology), Textbook, Moscow: Moscow State University Publishing House, 2005, 445 p.
6. Волобуева О.Г. The Epin influence on the phytohormones content and symbiosis activity of different varieties soya plants // Commentary of the scientist OGU, Oryol, 2010, № 2, pp. 98-104.
7. Кожмяков А.П. Приемы повышения продуктивности азотфиксации и урожая бобовых культур (Methods of improving of nitrogen fixation productivity and increasing yield of legumes), 1981, 98 p.
8. Мишке И.В. Микробные фитогормоны в растениеводстве (Microbial hormones in plant agriculture), Riga, 1988, 221 p.
9. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс (Nodule bacteria and inoculation process), 1988, 236 p.

10. Muromtsev G.S. Regulatory rosta i urozhay (Growth regulators and yield) Vestnik selskokhozyastvennoy nauki. № 7, 1984, 236 p.
11. Naumkina T.S. Seleksiya gorokha *Pisum sativum* L. na povisheniye azotfiksatsii (Breeding of pea *Pisum sativum* L. for increasing of nitrogen fixation ability), Synopsis of PhD Thesis (Agriculture), Orel, 2007, 43 p.
12. Orlov V.P. Metodika otsenki aktivnosti simbioticheskoy azotfiksatsii selektsionnogo materiala zernobobovikh kultur atsetilenovym metodom (Estimation procedure of symbiotic nitrogen fixation activity of breeding material of legumes by acetylene method)/ Orlov V.P., Orlova I.F., Scherbina Ye.A. et al., Oryol, 1984.
13. Tikhonovich I.A. Biopreparati v selskom khozyaystve (Biopreparations in agriculture), Tikhonovich I.A., Moscow, 2005, pp. 29-35.
14. Tepper Ye.Z., Shilnikova V.K., Pereverzeva G.I. Praktikum po mikrobiologii (Practical course on microbiology) / Teaching aid, Shilnikova V.K., Eds., Moscow: Drofa, 2004, 256 p.
15. Kefford H. Natural plant growth regulation // Science. t. 142. 1963. P. 3591-3600
16. Udvardi M. K., Day D.A. Metabolite transport across Symbiotic Membranes of of Legume Nodules //Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1997. V. 48. P. 493-523.
17. Verma D. P. S. Signals in Root Nodule Organogenesis and Endocytosis of Rhizobium //Plant Cell. 1992. V. 4. P. 373-382.
18. Kneen B.E. Peas (*Pisum sativum* L.) with strain specificity for *Rhizobium leguminosarum* / B.E. Kneen, T.A. LaRue // Heredity. 1984a. Vol. 52. P. 383-389.
19. Kneen B.E. Nodulation resistant mutant of *Pisum sativum* L./ B.E. Kneen, T.A. LaRue // J. Heredity. 1984b. Vol. 75. P. 238-240.
20. Kneen B.E. Additional mutants defective in nodulation / B.E. Kneen, T.A. LaRue // Pisum Newsletters. 1986. Vol. 18. P. 33.
21. Kneen B.E. Mutants defective in symbiotic nitrogen fixation // B.E. Kneen, T.A. LaRue // Pisum Newsletters. 1987. Vol. 19. P. 17.
22. Kneen B.E., LaRue T.A. Induced symbiosis mutants of pea (*Pisum sativum*) and sweet clover (*Melilotus alba* annual) //Plant Sci. 1988. V.58. P.177-182.
23. Sagan M., Huquet T., Duc G. Phenotypic characterization and classification of nodulation mutants of pea (*Pisum sativum* L.) //Plant Sci. 1994. V.100. P. 59-70.
24. Timmerman G.M. Linkage mapping of *sbm-1*, a gene conferring resistance to pea-borne mosaic virus, using molecular markers in *Pisum sativum* / G.M., Timmerman, T.J. Frew, A.L. Miller.[et al.].- // Theoretical and Applied Genetics. 1993. Vol. 85. P. 609-615.
25. Tsyganov V.E. New pea (*Pisum sativum* L.) genes *sym33* and *sym40* control infection thread formation and root nodule function / V.E. Tsyganov, E.V. Morzhina E.V., Stefanov S.Y.[et al.].- Mol. Gen. Genet. 1998. Vol. 256. P. 491-503.
26. Yao A.V., Bochow H., Karimov S., Boturov U., Sanginboy S., Sharipov K. Effect of FZB24 *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests // Arch. Phytopathol. Plant Prot. 2006. V. 39. P. 1-6.
27. Weeden, N.F. Genetic analysis of *sym* genes and other nodule-related genes in *Pisum sativum* / N.F. Weeden, B. Kneen, T.A. LaRue //Nitrogen Fixation: Achievements and Objectives. Knoxville. – 1990. – P.323.
28. Weeden N.F. The current pea linkage map / N.F. Weeden, W.K. Swiecicki G.M Timmerman-Vaughan[et al.]. // Pisum Genetics. 1996. Vol. 28. P. 1-4.
29. Wellensick S.I. Genetic monograph on *Pisum* / S.I. Wellensick //Genetica. 1925.- V 2.- P. 343-476

УДК 582.284+913КР.ОРЛ.ОБЛ"ЭКОЛОГИЯ"

UDC 582.284+913КР.ОРЛ.ОБЛ"ЭКОЛОГИЯ"

С.В. ВОЛОБУЕВ

аспирант лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской Академии наук
E-mail: sergvolobuev@mail.ru

S.V. VOLOBUEV

Post-graduate student, Laboratory of Systematics and Geography of fungi, Federal State Institution of Science of Botanical Institute named after V.L. Komarov of Russian Academy of Sciences

**АФИЛЛОФОРОВЫЕ ГРИБЫ ЛЕСНОГО УРОЧИЩА «ДУБОВЩИНА»
(НОВОСИЛЬСКИЙ РАЙОН, ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**APHYLLOPHORACEOUS FUNGI OF THE "DUBOVSHCHINA" FOREST AREA
(NOVOSILSKY DISTRICT, OREL REGION)**

*Впервые проведено изучение видового состава, субстратных предпочтений и частоты встречаемости афиллофоровых грибов на территории урочища «Дубовщина» в Новосильском районе Орловской области. Составлен аннотированный список, включающий 62 вида макромицетов, из них *Phlebiella fibrillosa*, *Rhizochaete filamentosa* и *Sistotrema octosporum* являются новыми для Орловской области. Анализ субстратной приуроченности показал доминирование ксилосапротрофов, ассоциированных с лещиной и дубом (20 и 16 видов соответственно). Регулярная встречаемость видов грибов, формирующих многолетние плодовые тела, а также видов, обладающих широким спектром пород-хозяев, свидетельствует о высокой степени антропогенной нагрузки на лесные экосистемы урочища.*

Ключевые слова: афиллофоровые грибы, биоразнообразие, ООПТ, урочище «Дубовщина», Новосильский район, Орловская область.

*The species diversity, substrate preferences and the occurrence frequency of aphylloraceae fungi in the "Dubovshchina" forest area (Novosilsky district, Orel region) have been studied firstly. The annotated list of 62 aphylloraceae fungi species is presented, including *Peniophora nuda*, *Phlebiella fibrillosa*, *Rhizochaete filamentosa* and *Sistotrema octosporum* as new species for the Orel region. The predominance of a hazel- and an oak-associated xylosaprotrophs is shown by the substrate preference analysis (20 and 16 species accordingly). The constant occurrence of species with perennial basidiomata or with a wide range of tree hosts indicates a human considerable impact on forest ecosystems.*

Keywords: aphylloraceae fungi, biodiversity, protected areas, urochishche "Dubovshchina", Novosilsky district, Orel region.

Настоящая публикация является продолжением планомерных работ автора (Волобуев, 2009, 2011, 2012, и др.) по изучению таксономического разнообразия и особенностей экологии афиллофоровых грибов на территории Орловской области. Лесные экосистемы, отражающие зональные черты растительного покрова региона и включающие местообитания редких и индикаторных видов растений, указывающих на специфику природных сообществ, традиционно составляют особый интерес при выявлении видового богатства деревообитающих макромицетов. Многие из числа современных лесных массивов Орловской области в течение нескольких лет относились к категории особо охраняемых природных территорий (ООПТ) регионального значения.

Урочище «Дубовщина» является одной из бывших ООПТ в составе лесного массива «Голунский лес» на территории Новосильского района Орловской области. Оно простирается вдоль левого берега р. Зуша, в 13 км от г. Новосиль, в 2 км к югу от шоссе Новосиль–Корсаково. Общая площадь

урочища составляет 267 га (Паспорта памятников..., 1994–1997). Статус регионального памятника природы, закрепленный за данной территорией с 1992 по 2008 гг., предусматривал охрану сохранившихся здесь участков коренных дубрав, а также смешанных дубовых древостоев. В настоящее время основные лесообразующие породы, наряду с дубом черешчатым, представлены березой повислой, осиной, кленом платановидным, а также елью европейской, встречающейся в виде разновозрастных посадок. В лесных сообществах урочища хорошо развит подлесок, сформированный преимущественно черемухой обыкновенной, лещиной и бузиной красной. Доминантами травянистого яруса являются звездчатка ланцетовидная, копытень европейский, чина весенняя, сныть обыкновенная, из папоротников – орляк и щитовник мужской. В 1960-х гг. на территории «Дубовщины» отмечались отдельные экземпляры редкого и охраняемого во всей Европе вида орхидных – венерина башмачка настоящего.

Сбор образцов афиллофоровых грибов прово-

дился автором в августе 2011 г. при маршрутном обследовании территории лесного урочища. Некоторые хорошо узнаваемые виды были идентифицированы в полевых условиях, однако большая часть образцов была определена в лаборатории с использованием светового микроскопа Микмед-6 и стандартного набора химических реактивов (5% раствор КОН, реактив Мельцера, раствор хлопчатобумажного синего). Сведения о находках афиллофоровых грибов занесены в электронную базу данных, созданную на основе программы MS Office Access 2003. Собранные образцы депонированы в Микологический гербарий Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук (LE), а также в микологическую коллекцию Гербария им. В.Н. Хитрово Орловского государственного университета (ОНИ) и доступны специалистам для дальнейшего изучения. На обследованной территории была также проанализирована частота обнаружения базидиом афиллофоровых грибов и особенности их анатомического строения. Оценка встречаемости выявленных видов грибов дана согласно следующей шкале: единичная находка – 1 образец, редко – 2–4 образца, нередко – 5–7 образцов, часто – более 7 образцов.

В результате проведенных исследований на территории урочища «Дубовщина» зарегистрировано 62 вида афиллофоровых грибов, относящихся к 42 родам. Все виды являются новыми для Новосильского района, 3 из них – *Phlebiella fibrillosa*, *Rhizochaete filamentosa*, *Sistotrema octosporum* – впервые указываются для Орловской области.

Субстратные предпочтения выявленного видового состава базидиомицетов выражаются в наибольшем числе видов, найденных на древесине лещины и дуба, 20 и 16 видов соответственно. Данные породы, составляющие ядро неморальной флоры в районе исследования, характеризуются богатством консортивных связей, установленных с разными видами афиллофоровых грибов и определяющих стабильность функционирования экосистем. Сокращение видового разнообразия консортов-макромицетов будет свидетельствовать о нарушении процессов жизнедеятельности на уровне всего природного сообщества. Меньшее количество видов афиллофоровых грибов отмечено на других лиственных породах: на черемухе – 12 видов, на осине – 9, на березе и иве – по 6, на клене и рябине – по 2, на бузине – 1 вид. Три вида собраны с валежной древесины ели, из них *Lyomyces sambuci* неоднократно был встречен также на ряде лиственных пород. Напочвенные виды представлены одним видом – *Cantharellus cibarius*.

Анализ анатомического строения плодовых тел показал, что большинство (33 из 62 видов) выявленных видов имеет мономитический тип строения гифальной системы, однако среди 21 вида, отнесенного к категории «часто встречающиеся», 16 (76%) характеризовались развитием многолетних базидиом с ди- и тримитическим типами гифальных систем (по 7 и 9 видов соответственно). М. А. Бондарцевой

(1998) было установлено, что афиллофоровые грибы с ди- и тримитическим типами гифальных систем в большей степени адаптированы к ксерофильным и мезофильным условиям среды и преобладают в экотопах с нарушенным гидротермическим режимом. Благодаря преобладанию в плодовых телах нефункционирующих структурных элементов – скелетных гиф – они способны переживать более или менее долгие периоды высушивания в состоянии пониженной метаболической активности и продолжать развитие при восстановлении оптимума среды (Бондарцева, 2001). В то же время виды, обладающие базидиомами с мономитическим типом гифальной системы, как правило, преобладают в условиях гидрофильных местообитаний, характерных для ненарушенных хозяйственной деятельностью человека лесных сообществ. Таким образом, регулярная встречаемость видов грибов, формирующих многолетние плодовые тела, свидетельствует о высокой степени антропогенной нагрузки на лесные экосистемы урочища «Дубовщина», что может быть связано с проведением несанкционированных рубок леса и отсутствием эффективных лесовосстановительных мероприятий.

Ниже приводится аннотированный список зарегистрированных видов афиллофоровых грибов, составленный в алфавитном порядке. Для каждого вида указывается латинское название, автор описания вида, субстрат, местообитание, коллекционные номера образцов, хранящихся в гербариях с соответствующими акронимами, а также частота встреч плодовых тел грибов на маршруте. Названия большинства таксонов приведены по современным сводкам серии «Fungi Europaei» (Bernicchia, 2005; Bernicchia, Gorjon, 2010), с указанием в квадратных скобках часто используемых для некоторых видов синонимов. Концепция рода *Antrodiella* принята в соответствии с работой О. Миттинена с соавторами (Miettinen et al., 2006). Виды, впервые приводимые для Орловской области, отмечены звездочкой.

Antrodia malicola (Berk. et M. A. Curtis) Donk – на валежном стволе клена, в кленово-березовом лесу, единичная находка; LE 290193.

Antrodiella faginea Vampola et Pouzar – на валеже черемухи, в березово-дубово-осиновом лесу, редко; LE 290158.

A. fragrans (A. David et Tortiĉ) A. David et Tortiĉ – на валеже лещины, в березово-дубово-осиновом лесу, нередко; LE 290168.

A. pallescens (Pilát) Niemelä et Miettinen – на валеже лещины, в осиново-кленово-дубовом лесу, редко; LE 290188.

Athelia decipiens (Höhn. et Litsch.) J. Erikss. – на валежном стволе дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, редко; LE 290187.

Bjerkandera adusta (Willd.) P. Karst. – на валеже лещины, в осиннике травяном, часто.

Botryobasidium laeve (J. Erikss.) Parmasto – на валеже дуба, в березово-дубово-осиновом лесу, нередко; LE 290161.

Byssomerulius corium (Pers.) Parmasto – на сухостое черемухи, в осиннике травяном, нередко; ОНН 0701.

Cantharellus cibarius Fr. : Fr. – на почве, в дубово-березовом лесу, нередко; LE 287762.

Coriolopsis trogii (Berk) Dománski – на валежном стволе осины, в березово-дубово-осиновом лесу, часто; LE 290157.

Cylindrobasidium laeve (Pers.) Chamuris – на валеже березы, в осиново-березово-дубовом лесу, нередко; LE 290180.

Daedalea quercina (L.) Pers. – на валежном стволе дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, нередко; LE 290186.

Daedaleopsis confragosa (Bolton) J. Schröt. – на валеже ивы, в березово-дубово-осиновом лесу, часто; ОНН 0683.

D. tricolor (Bull.) Bondartsev et Singer – на валеже ивы, в березово-дубово-осиновом лесу, часто; LE 290170.

Datronia mollis (Sommerf.) Donk – на валежном стволе березы, в осиново-березово-дубовом лесу, часто; LE 290179.

Dichomitus campestris (Quél.) Domański et Orlicz – на сухостое лещины, в осиново-кленово-дубовом лесу, редко; LE 290190.

Fomes fomentarius (L.) Fr. – на валежных и сухостойных стволах березы и осины, во всех обследованных лесах, часто.

Fomitopsis pinicola (Sw.) P. Karst. – на валеже березы и лещины, в осиново-березово-дубовом и березово-дубово-осиновом лесу, часто.

Ganoderma applanatum (Pers.) Pat. – на валежном стволе дуба и пне березы, в осиново-кленово-дубовом и березово-дубовом лесу, часто; ОНН 0695.

Hapalopilus nidulans (Fr.) P. Karst. – на сухостое лещины, в осиново-кленово-дубовом лесу, нередко; LE 290181.

Hymenochaete rubiginosa (Dicks.) Lév. – на валеже дуба, в березово-дубово-осиновом лесу, часто; LE 290160.

Hyphoderma mutatum (Peck) Donk – на валежном стволе дуба и сухостое черемухи, в осиново-кленово-дубовом и березово-дубовом лесу, нередко; ОНН 0693, LE 290199.

H. setigerum (Fr.) Donk – на валеже лещины и сухостое рябины, в березово-дубово-осиновом и дубово-березовом лесу, часто; ОНН 0681, LE 287763.

Kneiffiella subalutacea (P. Karst.) Jülich et Stalpers [= *Hyphodontia subalutacea* (P. Karst.) J. Erikss.] – на валеже ели, в березово-еловом лесу, единичная находка; LE 290191.

Laetiporus sulphureus (Bull.) Murrill – на пне дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, нередко; ОНН 0691.

Laxitextum bicolor (Pers.) Lentz – на сухостое осины, в осиннике травяном, редко; LE 290194.

Lyomyces sambuci (Pers.) P. Karst. [= *Hyphodontia sambuci* (Pers.) J. Erikss.] – на валеже лещины,

черемухи, ели и сухостое бузины, в осиново-кленово-дубовом, березово-дубово-осиновом, березово-еловом лесу, а также в осиннике травяном, часто; ОНН 0677, ОНН 0698, ОНН 0699, LE 290198.

Oxyporus corticola (Fr.) Ryvarden – на живом дереве осины, в осиннике травяном, редко; LE 287759.

O. populinus (Schumach.) Donk – в комле живой лещины, в осиново-кленово-дубовом лесу, редко; LE 290183.

Peniophora incarnata (Pers.) P. Karst. – на валеже черемухи, в осиново-кленово-дубовом лесу, редко; LE 290174.

P. nuda (Fr.) Bres. – на валеже черемухи, в осиново-кленово-дубовом лесу, редко; LE 290175.

Peniophorella praetermissa (P. Karst.) K. H. Larss. [= *Hyphoderma praetermissum* (P. Karst.) J. Erikss. et Å. Strid] – на валеже лещины, в березово-дубово-осиновом лесу, единичная находка; LE 290169.

P. pubera (Fr.) P. Karst. [= *Hyphoderma puberum* (Fr.) Wallr.] – на пне дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, редко; LE 290184.

Phanerochaete calotricha (P. Karst.) J. Erikss. et Ryvarden – на валеже лещины и сухостое черемухи, в березово-дубово-осиновом и березово-дубовом лесу, редко; ОНН 0680, LE 287758.

Ph. laevis (Fr.) J. Erikss. et Ryvarden – на сухостое черемухи, в березово-дубовом лесу, редко; LE 290200.

Phellinus conchatus (Pers.) Quél. – на валеже ивы, в осиннике травяном, часто; LE 287760.

Ph. punctatus (Fr.) Pilát – на сухостое черемухи, в осиннике травяном, нередко; LE 287761.

Ph. robustus (P. Karst.) Bourdot et Galzin – на живых и валежных стволах дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, часто.

Ph. tremulae (Bondartsev) Bondartsev et P. N. Borisov – на валежном стволе осины, в осиннике травяном, часто; ОНН 0700.

Phlebia fuscoatra (Fr.) Nakasone [= *Mycoacia fuscoatra* (Fr.) Donk] – на валеже ивы, в березово-дубово-осиновом лесу, единичная находка; LE 290173.

Ph. lilascens (Bourdot) J. Erikss. et Hjortstam – на валеже ели, в березово-еловом лесу, единичная находка; LE 290192.

Ph. rufa (Pers.) M. P. Christ. – на валежном стволе осины, в осиннике травяном, нередко; LE 290197.

**Phlebiella fibrillosa* (Hallenb.) K. H. Larss. et Hjortstam – на валеже ивы, в березово-дубово-осиновом лесу, единичная находка; LE 290171.

Radulomyces molaris (Chaillet ex Fr.) M. P. Christ. – на валеже дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, нередко; LE 290182.

**Rhizochaete filamentosa* (Berk. et M. A. Curtis) Gresl., Nakasone et Rajchenb. – на валежном стволе дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, единичная находка; LE 290176.

Schizopora flavipora (Berk. et M. A. Curtis ex Cooke) Ryvarden – на сухостое дуба, в березово-

дубово-осиновом лесу, часто; LE 290166.

S. paradoxa (Schröd.) Donk – на валеже лещины, в осиново-кленово-дубовом лесу, нередко; ОНН 0684, LE 290178.

S. radula (Pers.) Hallenb. – на валеже и сухостое дуба и лещины, в березово-дубово-осиновом и осиново-кленово-дубовом лесу, часто; ОНН 0682, ОНН 0688, ОНН 0692, ОНН 0696, LE 290189.

**Sistotrema octosporum* (J. Schröt. ex Höhn. et Litsch.) Hallenb. – на сухостое дуба, в березово-дубово-осиновом лесу, единичная находка; LE 290167.

Skeletocutis nivea (Jungh.) Jean Keller – на валеже лещины и черемухи, в березово-дубово-осиновом и осиново-кленово-дубовом лесу, часто; ОНН 0686, LE 290163.

Steccherinum bourdotii Saliba et A. David – на валеже осины и черемухи, а также на сухостое лещины, в осиново-кленово-дубовом, березово-дубово-осиновом лесу и в осиннике травяном, нередко; ОНН 0685, ОНН 0690, LE 290159, LE 290195.

S. fimbriatum (Pers.) J. Erikss. – на валежных стволах осины и дуба, в осиново-кленово-дубовом и березово-дубово-осиновом лесу, нередко; ОНН 0678, LE 290177.

S. ochraceum (Pers.) Gray – на валеже ивы, в березово-дубово-осиновом лесу, нередко; LE 290172.

Stereum hirsutum (Willd.) Pers. – на валеже лещины, в березово-дубово-осиновом лесу, часто; ОНН 0679.

S. subtomentosum Pouzar – на валежном стволе осины, в березово-дубово-осиновом лесу, редко; LE 290156.

Trametes hirsuta (Wulfen) Lloyd – на валеже

березы и черемухи, в осиннике травяном и дубово-березовом лесу, часто; ОНН 0702, LE 290196.

T. ochracea (Pers.) Gilb. et Ryvarden – на сухостое лещины, в березово-дубово-осиновом лесу, нередко; LE 290164.

T. versicolor (L.) Lloyd – на валеже лещины, в березово-дубово-осиновом лесу, часто; LE 290162.

Trechispora cohaerens (Schwein.) Jülich et Stalpers – на валежных стволах дуба, в осиново-кленово-дубовом лесу, нередко; ОНН 0687, LE 290185.

Trichaptum biforme (Fr.) Ryvarden – на валеже клена и сухостое рябины, в дубово-березовом и осиново-кленово-дубовом лесу, часто; ОНН 0694, LE 287764.

Vuilleminia coryli Boidin, Lanq. et Gilles – на валеже лещины, в березово-дубово-осиновом лесу, единичная находка; LE 290165.

Xylodon crustosus (Pers.) Chevall. [= *Hyphodontia crustosa* (Pers.) J. Erikss.] – на валеже лещины, в осиново-кленово-дубовом лесу, нередко; ОНН 0697.

Автор благодарен главному научному сотруднику БИН РАН, профессору, д.б.н. М. А. Бондарцевой за критический просмотр рукописи и всестороннюю помощь в работе, а также магистранту Орловского госуниверситета С. Ю. Волковой за участие в проведении полевых работ.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.132.21.1328, Российского фонда фундаментальных исследований, проект №12-04-31867, а также при частичной поддержке Правительства Орловской области (проект №12-04-97507).

Библиографический список

1. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2. СПб.: Наука, 1998. 391 с.
2. Бондарцева М. А. Стратегии адаптации и функции афиллофороидных базидиомицетов в лесных биогеоценозах // Купревичские чтения. Т. III. Минск: Технология, 2001. С. 5–49.
3. Волобуев С. В. Изучение афиллофороидных грибов в Орловской области // Изучение грибов в биогеоценозах: Материалы V Междунар. конф. Пермь, 2009. С. 45–48.
4. Волобуев С. В. Афиллофоровые грибы Государственного музея-заповедника И. С. Тургенева «Спасское–Лутовиново» (Орловская область) // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45, вып. 6. С. 489–496.
5. Волобуев С. В. Новые для Орловской области виды грибов рода *Typhula* // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46. С. 229–231.
6. Паспорта памятников природы Орловской области (1994–1997) // Архив Управления природными ресурсами по Орловской области.
7. *Bernicchia A.* Polyporaceae s. l. Fungi Europaei. Ed. Candusso, 2005. 808 p.
8. *Bernicchia A., Gorjón S. P.* Corticiaceae s. l. Fungi Europaei n°12. Ed. Candusso, 2010. 1009 p.
9. *Miettinen O., Niemela T., Spirin W.* Northern *Antrodiella* species: the identity of *A. semisupina*, and type studies of related taxa // Mycotaxon. 2006. Vol. 96. P. 211–239.

References

1. Bondartseva M. A. The determinant of fungi of Russia. The order Aphyllophoraceae. Ed. 2. St. Petersburg: Nauka, 1998, 391 p.
2. Bondartseva M. A. Adaptation strategies and functions of aphyllophoralean basidiomycetes in forest ecosystems // Kuprevichski reading. Vol. III. Minsk: Technology, 2001. Pp. 5–49.
3. Volobuev S. V. The study of Afilloforoidnye fungi in Orel region // Study of fungi in ecosystems: Proceedings of the V International Conference. Perm, 2009. Pp. 45–48.

4. *Volobuev S.V.* Aphyllophoraceous fungi of the State Museum of Turgenev "Spassky-Lutovinovo" (Orel region) // Mycology and plant pathology, 2011. Vol. 45, No. 6. Pp. 489-496.
5. *Volobuev S.V.* Species of fungi Typhula new for Orel region // Mycology and plant pathology, 2012. Vol. 46. Pp. 229-231.
6. Passports of natural monuments of Orel region (1994-1997) // Archive of Management of Natural Resources in Orel region.
7. *Bernicchia A.* Polyporaceae s. l. Fungi Europaei. Ed. Candusso, 2005. 808 p.
8. *Bernicchia A., Gorjón S. P.* Corticiaceae s. l. Fungi Europaei n°12. Ed. Candusso, 2010. 1009 p.
9. *Miettinen O., Niemela T., Spirin W.* Northern Antrodia species: the identity of *A. semisupina*, and type studies of related taxa // Mycotaxon. 2006. Vol. 96. Pp. 211–239.

УДК 634.11/.12:57.02:632.111

UDC 634.11/.12:57.02:632.111

Л. В. ГОЛЫШКИН

кандидат биологических наук, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур

М. Н. КУЗНЕЦОВ

доктор с.-х. наук, ГНУ ВНИЗБК

Я. С. МАНЮХИН

студент Орловского государственного университета

E-mail: golishkin@orel.ru

L.V. GOLISHKIN

candidate of Biological Sciences, Orel, All-Russian Research Institute of Selection of fruit crops

M.N. KUZNETSOV

doctor of Agricultural Sciences, Orel, All-Russian Research Institute of Selection of fruit crops

YA.S. MANYUKHIN

student, Orel State University

E-mail: golishkin@orel.ru

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ ЯБЛОНИ НА ПОВЫШЕННУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА

STUDYING OF APPLE-TREE REACTION TO THE RAISED TEMPERATURE OF AIR BY METHOD OF THE LEAF FLUCTUATING ASYMMETRY

Метод флуктуирующей асимметрии листовых пластинок растений (ФА) подтвердил возможность использования яблони в качестве экологического биоиндикатора состояния окружающей среды. Показана реакция 16 сортов разного селекционного происхождения на экстремально высокую температуру лета 2010 года в сравнении с влиянием погодных условий соответствующих периодов 2008...2009 и 2011 гг. Данные являются уникальными, поскольку дают возможность методом ФА определить реакции сортов яблони на сочетание высокой температуры воздуха с резким дефицитом летних осадков. Показана дифференциация сортов по степени их устойчивости к повышенной температуре в естественных условиях, что дает основание для коррекции в селекционной практике.

Ключевые слова: яблоня, метод ФА, биоиндикация, реакция на высокие температуры воздуха.

The method used in the fluctuating asymmetry of leaf blades of plants (FA) reaffirmed the role of apple trees as a bioindicator of environment. For 16 varieties of different genetic origin of the selection shows the effect of high temperatures the summer of 2010 with respect to weather the corresponding period of 2008...2009 and 2011. These are unique because they provide an opportunity by the FA to determine the responses of apple varieties at high temperatures with a sharp shortage of summer rainfall in 2010 is shown that differentiation of the cultivars and their degree of resilience to high temperatures under natural conditions, which gives grounds for the correction of selection and genetic practice.

Keywords: apple tree, FA-method, bioindication, response to high temperatures.

Определение флуктуирующей асимметрии билатеральных морфопризнаков различных организмов в настоящем является наиболее доступным и эффективным экологическим методом в условиях широкого использования средств ЭВМ (в дальнейшем

метод ФА) [1]. Для культуры яблони с ее простым билатеральным листом этот метод очень удобен. Действительно, одна из возможностей ФА заключается в том, что отклонения в формообразовательном процессе такой листовой пластинки под действием

каких-либо экологических стрессоров прямо указывают на биоиндикаторный характер культуры в целом [2,3,5]. Результаты носят интегральный характер, поскольку одновременно определяются как общее состояние окружающей среды, так и уровень отклонений от нормы в оценке стабильности развития растительного организма в этой среде.

Идею настоящей работы определили температурные показатели лета 2010 года, когда температура воздуха в условиях Орловщины поднималась в отдельные дни до $+41^{\circ}\text{C}$, что резко контрастировало с таковой 2008-2009 и 2011 гг. Воспользовавшись такими естественными природными обстоятельствами 2010 года, мы поставили перед собой цель проверить, как определяются и распределяются отклонения в формировании листовых пластинок яблони различных сортов.

Объектом изучения были определены различные по происхождению сорта яблони, размещенные в садовом массиве ГНУ ВНИИСПК. При этом появилась возможность еще раз проверить экологическую эффективность метода ФА для данной культуры в качестве биоиндикатора на действие стрессора – повышенную температуру лета 2010 года. В данном случае, результаты ФА листьев могут указать на необходимость учета высоких температур в селекционном процессе яблони (жаро- и засухоустойчивость), поскольку в условиях Нечерноземья селекция длительный период проводилась по климатическим факторам лишь на зимостойкость.

Материал и методика исследований

Листья 16 сортов яблони садового массива ГНУ ВНИИСПК (4 практически равноудаленные друг от друга кварталы) собирали в конце июля по 100 и более штук на дерево от средней проекции кроны. Отбирали только те листья, которые формировались в средней части однолетних вегетативных побегов [4]. Свежесобранный материал сканировали общепринятым способом (CanoScan 4200F, Япония). Режим сканирования - не менее 150 dpi в виде цветного изображения в формате BMP. Далее материал обрабатывали с помощью программы Golden Software Surfer 8. В результате всех расчетов получали усредненный коэффициент ФА листа по каждому сорту. Критерием служила ранее разработанная нами для яблони шкала оценки коэффициентов стабильности развития растений, по которой определялась связь ФА с действующим стрессовым фактором (в данном случае повышенная температура воздуха) (табл.1). Необходимо заметить, что подобная шкала оценки является специфической для каждого ботанического вида.

Распределение коэффициентов ФА листьев различных сортов яблони отражали соответствующим графиком по годам исследования (2008-2011 гг.).

Таблица 1.

Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития листа для яблони [3].

Балл	Величина стабильности развития (ФА)	Связь ФА с интегрально действующими стрессовыми факторами среды (СФ)
I	$\leq 0,100$	Норма
II	$0,100 \dots 0,119$	переход к СФ
III	$0,120 \dots 0,139$	СФ
IV	$0,140 \dots 0,159$	возрастание СФ
V	$\geq 0,159$	критическое значение СФ

Результаты и их обсуждение

В ходе обработки данных наблюдений установили, что средняя июльская температура воздуха в 2008-2009 гг. составила $+19,5^{\circ}\text{C}$; в 2010 – $+24,2^{\circ}\text{C}$; в 2011 – $+21,4^{\circ}\text{C}$. При этом выпавшие за этот период осадки составили в первом случае 27,5, во втором – 3,5, в последнем – 38,0 мм. Таким образом, значения температуры воздуха и количество осадков в указанном месяце по годам исследования находятся в сильной отрицательной связи при коэффициенте корреляции $r = -0,76$.

В таблице 2 представлены значения коэффициентов ФА в среднем за 2008-2009 гг. и отдельно – за 2010 и 2011 гг. В каждой из групп происхождения сорта располагаются по убывающей величине листовых коэффициентов ФА экстремального 2010 года.

Прежде всего, обратим внимание на усредненные коэффициенты ФА 2008-2009 и отдельно за 2011 гг. Здесь практически все значения имеют балл не выше II, что означает только переход к стрессовому фактору (СФ). Действительно, в условиях садового массива ГНУ ВНИИСПК эти годы не отличались экстремальными значениями каких-либо стрессовых воздействий, т.е. были благополучными для роста и развития яблони.

В интерпретации полученных данных следует учесть неоднородность ландшафта, различие фоновых характеристик, когда состояние сорта незначительно, но всё же отличается по жизнедеятельности в разных кварталах садового массива (согласно значениям ФА листа). Кроме того, если сезоны вегетации 2008 и 2011 гг. были наиболее благоприятными для яблони, то в 2009 г. отмечались периоды засухи на фоне дефицита тепла (холодная засуха). Интересно, что у старого сорта Антоновка в эти годы коэффициент ФА листьев иногда был выше, чем у остальных; незначительно варьировал, однако, составил всего два балла по шкале оценки (табл.1, рис.1). Показатели ФА в указанные годы незначительно варьировали как в сторону увеличения, так и в сторону снижения, оставаясь относительно близкими к $K=0,10-0,11$ (табл.1).

Варьирование коэффициента ФА в диапазоне I-II балла по шкале оценки означает, что в 2008,

2009 и 2011 гг. в садовом массиве ГНУ ВНИИСПК наблюдалась практически интегральная норма по состоянию среды и растений яблони. В условиях горячей засухи 2010 г. мало изменились значения ФА у Антоновки и Синапа северного, но резко возросли у сортов Солнышко, Пепин шафранный, Память воину (рис.2).

Динамическое нарастание значений коэффициента ФА в 2010 году для трех последних сортов находится на достоверном уровне критерия Стьюдента (t) ($P = 0,95$). Исходя из приведенных данных, полученных с помощью метода ФА, именно эти три сорта яблони являются наиболее эффективными указателями неблагополучия экологической обстановки в саду по факторам высокой температуры и засухи. Уровень стрессовой реакции продемонстрировали сорта Память Хитрово, и Осеннее полосатое. Асимметрия листьев Антоновки соответствовала нижнему пределу III баллов, но в полосу выраженного стресса сорт не попадает. Видимо, здесь сказывается обстоятельство давности сортового происхождения: за период существования. Сорт Антоновка устойчиво адаптировалась к широкому пределу колебаний погодных условий.

В таблице 2 и на рисунке 2 для ряда сортов не приведены значения коэффициентов ФА. Действительно, сорта Болотовское, Имрус, Строевское, Курнаковское, Память Хитрово, Кандиль орловский и Память Исаева исследовались нами методом ФА только после 2010 года. Это не мешает вывести оценку состояния растений этих сортов на фоне действия высокой температуры, поскольку шкала отклонений растений яблони от условной нормы остается неизменной (табл.1). Ограничение данных приводит только к отсутствию информации о динамике изменения ФА сортов по годам, что, в целом, не мешает интегральной оценке состояния окружающей среды и растений яблони в условиях 2010 и 2011 гг. У сортов диапазона «Антоновка – Синап Северный», составляющих параллельный сравнительный график распределения 2008-2009 гг., коэффициенты ФА 2010 года выше, за исключением сорта Орловское полосатое. В целом, только сорта Болотовское и Орловское полосатое остаются по определению коэффициентов ФА на грани отклонения от нормы, т.е. слабо реагируют на резкое повышение атмосферной температуры лета 2010 года (рис.2).

Наличие значительного количества сортов, полученных из семян от свободного опыления, позволяет судить только о степени влияния материнской формы на проявление признаков жаростойкости и засухоустойчивости. Присутствие в экстремальном 2010 г. в каждой из групп сортов, как переходящих в состояние стресса (II балла), так и уже испытывающих стресс (III балла), указывает на их различие в адаптивности к горячей засухе, не зависящее от материнского компонента скрещивания.

В группе производных от кандиль-китайки Синап Орловский и Синап Северный не выходят за

пределы перехода к стрессовому фактору.

В группе яблони обильноцветущей только сорт Солнышко показал увеличение коэффициента ФА на уровне действия стрессового фактора, остальные сорта остаются в пределах перехода к стрессу.

В группе Антоновки только собственно сорт Антоновка имеет балл ФА равный III, остальные сорта находятся в переходном к действию стрессового фактора диапазоне (II балла).

В группе Мекинтош, при наличии одинаковых родительских форм, оба сорта не выходят за пределы перехода к стрессовому фактору (II балла). Орлик повысил значение показателя ФА относительно предыдущих лет. Оригинальна реакция на абиотический стресс у сорта Орловское полосатое: в отличие от всех изученных генотипов, за 3 года наблюдений (2008-2010 гг.) значение ФА листа стабильно снижалось, и было минимальным именно в экстремальное лето 2010 г., хотя разница здесь математически недостоверна.

Сорта старой селекции Пепин шафранный, Осеннее полосатое (Штрейфлинг) по ФА листьев входят в стрессовую группу (III-IV балла шкалы). Таким образом, они являются более подверженными действию высоких температур воздуха при низком количестве осадков, т.е. более неустойчивыми к этому комплексному стрессору.

Рассматривая полученные результаты, акцентируем внимание на проблеме вегетативных изменений у растений яблони там, где традиционно экологические аномалии не отмечались или возникали достаточно редко.

До настоящего времени основное внимание уделяется наличию у новых сортов яблони высоких показателей зимостойкости. Наши наблюдения и наблюдения других авторов указывают на участвовавший по ряду лет негативный эффект высокой летней температуры воздуха и дефицита осадков (климатическое потепление). Поэтому жаростойкость и засухоустойчивость сортов должны также стать объектами повышенного внимания селекционеров плодовых культур в зоне рискованного земледелия.

* данные отсутствуют; (**) – балл состояния по шкале ФА

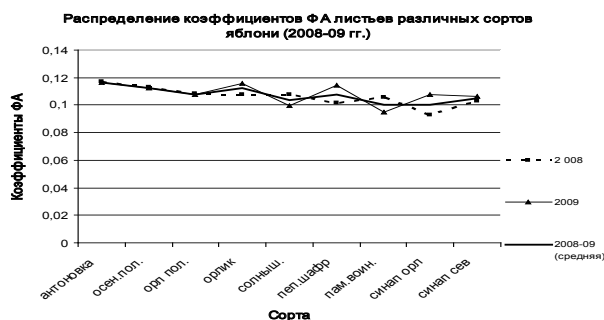


Рис. 1. Эмпирические линии регрессии (флуктуирующая асимметрия листьев различных сортов яблони 2008-2009 гг. исследования)

Таблица 2.

Коэффициенты флуктуирующей асимметрии листьев различных сортов яблони (2008- 2011 гг.)

Сорта	Годы изучения			Происхождение сортов [6]
	2008-2009	2010	2011	
Группа Кандиль-китайки				
Синап орловский	0,1003	0,1124 (II**)	0,0974	Синап северн. х ПамятьМичурина
Синап северный	0,1047	0,1113 (II)	0,1029	Кандиль-китайка- своб. опыление
Группа яблони обильноцветущей				
Солнышко	0,1037	0,1256 (III)	0,1180	814-св.опыление
Кандиль орловский.	*	0,1170 (II)	0,0924	1924-св.опыление.
Курнаковское	*	0,1152 (II)	0,1084	814-св.опыление
Строевское	*	0,1096 (II)	0,1034	814-св.опыление
Группа Антоновки				
Антоновка	0,1167	0,1200 (III)	0,1098	Народн. селекция
Имрус	*	0,1173 (II)	0,1044	Антоновка обычн.х OR18T13
Память Исаева	*	0,1113 (II)	0,0912	Антоновка красноточка х SR0523
Группа Мекинтош				
Орлик	0,1121	0,1183 (II)	0,1086	Мекинтош х Бессемянка Мичурина
Орловское полосатое	0,1079	0,1033 (II)	0,1154	Мекинтош х Бессемянка Мичурина
Сорта старой селекции				
Пепин шафранный	0,1080	0,1457 (IV)	0,1134	Ренет Орлеанский х (Пепин ан- глийский х китайка)
Осеннее полосатое (Штрейфлинг)	0,1127	0,1211 (III)	0,1155	Народная селекция
Сорта селекции ГНУ ВНИИСПК – вне групп				
Память Хитрово	*	0,1213 (III)	0,1202	OR18T13-св.оп.(M.atrosanguinea 804)
Память воину	0,1000	0,1164 (II)	0,1086	Уэлси х Антоновка обычн.
Болотовское	*	0,1004 (II)	0,0933	Скрыжале х 1924

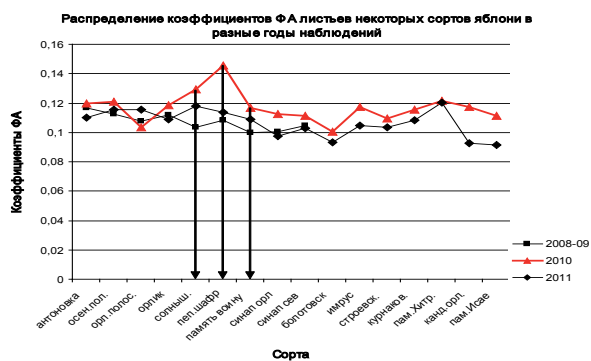


Рис. 2. Эмпирические линии регрессии (флуктуирующая асимметрия листьев различных сортов яблони) в годы наблюдений.

Выводы

На изменение абиотических факторов, действующих в периоде вегетации, яблоня как видовой экологический индикатор реагирует отклонением в билатеральной симметрии листовых пластинок (уровень подобной реакции определяется методом ФА).

Выявлена сортовая специфичность в указанной реакции: интенсивно изменяющие показатель ФА

листа сорта (Пепин шафранный, Солнышко, Память воину) могут указывать на возникновение стрессовой напряженности в садовом насаждении (экологическое состояние окружающей среды).

Большинство изученных сортов яблони обладают устойчивостью к сочетанию высоких температур с дефицитом осадков, о чем свидетельствуют значения ФА листьев. В условиях экстремального лета 2010 г. увеличение флуктуации асимметрии листовой пластинки разных сортов яблони указывает на переход растений в стрессовое состояние (оценка стабильности развития организмов).

В последние годы устойчивая тенденция климатических изменений средней полосы РФ в сторону потепления указывает на необходимость создания новых сортов яблони с высоким уровнем адаптации к жарким и засушливым условиям вегетации.

Непосредственная связь между происхождением сортов и степенью их устойчивости к абиотическому стрессу не установлена. Тем не менее, следует уделять больше внимания оценке жаростойкости и засухоустойчивости элитных форм яблони, отдавая предпочтение генотипам с высокими показателями указанных признаков.

Библиографический список

1. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. Москва: Центр экологической политики России. 2000. 26с.
2. Константинов Е.Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как вида биоиндикатора. Автореф.канд.дисс. Калуга. 2001. 21с.
3. Кузнецов М.Н., Голышкин Л.В. Сравнительная характеристика особенностей флуктуирующей асимметрии листьев яблони в разных экологических условиях. Москва: Сельскохозяйственная биология. 2008. 3. С. 72-77.
4. Кузнецов М.Н., Голышкин Л.В., Долматов Е.А. Методические указания по определению величины флуктуирующей асимметрии листа яблони. Орел: ВНИИСПК. 2009. 19с.
5. Марченко С.И. Эстетика и оптимизация природопользования: методические указания по НИРС. Брянск: БГИТА. 2005. 14с.
6. Помология. Яблоня. Т.1.(под ред. акад. Е.Н.Седова) Орел: изд-во ВНИИСПК. 2005. 576с.

References

1. Zakharov V.M., Rams A.C., Borisov V.I., Valetskij A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubanishvili A.T. Health of environment: a technique of an estimation. Moscow: Center of ecological politics of Russia, 2000: 26.
 2. Konstantinov E.L. Feature of fluctuating asymmetry of a sheet plate of a birch повислой (*Betula pendula* Roth.) as kind of the bioindicator. Authoref. diss. Kaluga. 2001: 21.
 3. Kuznetsov M.N., Golishkin L.V. A comparative characteristic of features of fluctuating asymmetry of an apple-tree leaf in different ecological conditions. Moscow: Agricultural biology. 2008; 3: 72-77.
 4. Kuznetsov M.N., Golishkin L.V., Dolmatov E.A. Methodical instructions for definition of size fluctuating asymmetry of an apple-tree leaf. Oryol: VNIISPK. 2009: 19.
 5. Marchenko S.I. Aesthetics and optimization of wildlife management: methodical instructions on NIRS. Bryansk: BGITA. 2005: 14.
 6. Pomologie. An apple-tree. (under red.acad. E.N.Sedov). Oryol: Publishing house VNIISPK, 2005; 1: 576.
-

УДК 581.1

UDC 581.1

И.Г. КИРИЛЛОВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, физиологии и биохимии Орловского государственного университета
E-mail: kaf_botany@univ-orel.ru

I.G. KIRILLOVA

candidate of biological Sciences, associate professor of Department of botany, physiology and biochemistry of plants, Orel University,
E-mail: kaf_botany@univ-orel.ru

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА МЕЛАФЕНА И ФИТОГОРМОНОВ В РЕГУЛЯЦИИ
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ (SOLANUM TUBEROSUM L.)**

**THE INTERACTION OF GROWTH REGULATOR MELAPHEN AND PHYTOHORMONES IN THE REGULATION
OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS OF POTATO (SOLANUM TUBEROSUM L.)**

Изучено влияние синтетического регулятора роста мелафена (меламиновой соли бис(оксиметил)- фосфиновой кислоты) в концентрации 10^{-6} М и фитогормонов (ИУК и 6-БАП) в концентрации 10^{-5} М при их совместном применении на фотосинтетические показатели растения картофеля. Установлено, что мелафен совместно с фитогормонами (ИУК и 6-БАП) повышает концентрацию каротиноидов- низкомолекулярных антиоксидантов, увеличивает фотохимическую активность хлоропластов листа растения картофеля, концентрацию сахарозы в проводящей системе листа картофеля, что свидетельствует об усилении экспорта ассимилятов. Показано также, что мелафен совместно с ИУК, существенно увеличивает активность нециклического фотофосфорилирования, что указывает на синергизм, т.е. «суммирующий» эффект в их действии.

Ключевые слова: мелафен, фитогормоны, взаимодействие, фотосинтетическая деятельность.

The influence of synthetic growth regulator of melaphen (melamine salt of bis(hydroxymethyl)- phosphinic acid) in a concentration of 10^{-6} M and phytohormones (of the IAA and 6-BAP) in the concentration of 10^{-5} M at their joint application on photosynthetic performance of the potato plant was studied. It is established, that Melafen together with phytohormones (of the IAA and 6-BAP) increases the concentration of carotenoids - low molecular weight antioxidants, increases the photochemical activity of chloroplasts of leaf of the potato plant, the concentration of sucrose in the conducting system of the leaf potatoes, that testifies to strengthening of export assimilates. It is also shown, that Melafen together with the IAA significantly increases the activity of non-cyclic photophosphorylation, which indicates on the synergies, that is «summarizing» effect in their action.

Keywords: melafen, phytohormones, interaction, photosynthetic activity

Как известно, вопросы взаимодействия фитогормонов и синтетических регуляторов роста остаются малоизученными. К регуляторам роста последнего поколения относится препарат мелафен (соль бис(оксиметил)-фосфиновой кислоты). В литературе имеются данные, что данный препарат влияет на пластический и энергетический обмен клетки, а именно, повышает эффективность окислительного фосфорилирования, снижает генерацию АФК (активных форм кислорода), что предотвращает повреждение клеточных мембран и индукцию ПОЛ (перекисное окисление липидов) [1]. Что касается изучения совместного действия мелафена и природных фитогормонов, то по этому вопросу имеются лишь единичные данные. Так, показано, что при совместном применении мелафена и фитогормонов (жасмоновой, гибберелловой и абсцизовой кислот) не наблюдалось суммирования эффектов в отношении транспорта ионов Ca^{2+} в везикулы плазмалеммы, что свидетельствует о взаимозависимости действия исследуемых веществ [2]. В нашей работе исследовано совместное действие мелафена и индолилук-

сусной кислоты (ИУК), а также мелафена и 6-БАП (синтетического цитокинина) на показатели фотосинтетической деятельности растения картофеля.

Методика

Для исследований использовали растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Удача селекции ВНИИ картофельного хозяйства (Россия). Растения выращивали в условиях вегетационного домика в почвенной культуре на серой лесной почве ($\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$). В вегетационном сосуде с 10 кг почвы выращивали 1 растение и поддерживали влажность 60 % от полной влагоемкости почвы. Обработку регуляторами проводили путем замачивания посадочных клубней в водных растворах мелафена – 10^{-6} М/л, ИУК – 10^{-5} М/л, 6-БАП – 10^{-5} М/л в течение 10 часов. Определяли следующие показатели: концентрацию пигментов спектрофотометрическим методом, фотохимическую активность хлоропластов по скорости восстановления феррицианида калия, активность нециклического фотофосфорилирования изолированных хлоропластов по убыли неорганического

фосфата в среде инкубации [3], концентрацию сахарозы резорциновым методом. Опыты проводили в 5-кратной биологической и 5-7-кратной химической повторности. Достоверность результатов оценивали по критерию Стьюдента.

Результаты исследований

Как показали исследования, обработка мелафеном растений картофеля существенно не повлияла на содержание хлорофиллов. Совместное применение мелафена и фитогормонов не изменило общей картины (рис.1). Что касается каротиноидов, то показано, что совместное применение мелафена и ИУК, а также мелафена и 6-БАП повышает концентрацию каротиноидов – низкомолекулярных антиоксидантов в листе картофеля (рис.2). Причем больший эффект оказала совместная обработка мелафеном и ИУК (повышение составило 25 %). Определение фотохимической активности изолированных хлоропластов показало, что обработка растений картофеля регулятором роста мелафеном, а также мелафеном совместно с фитогормонами повышает величину данного показателя (в большой степени в варианте с мелафеном и ИУК) (рис.3). Вероятно, мелафен и ИУК проявляют синергизм в своем действии, т.е. действуют на одни и те же звенья обмена веществ. Известно, что ИУК активизирует энергетический обмен клетки. В отношении регулятора роста мелафена такие указания также имеются [1]. Определение активности нециклического фотофосфорилирования изолированных хлоропластов показало, что совместная обработка мелафеном и ИУК существенно повышает активность величину данного показателя (рис.4), что также указывает на синергизм их действия (т.е «суммирующий» эффект). Что касается индивидуальной обработки мелафеном, то отмечена тенденция к снижению данного показателя. Совместное применение мелафена и 6-БАП существенно не повлияло на величину активности нециклического фотофосфорилирования, однако, имелась тенденция к увеличению данного показателя (рис.4). Определение концентрации сахарозы в проводящей системе листа – основной транспортной формы продуктов фотосинтеза – показало, что индивидуальная обработка мелафеном и мелафеном совместно с фитогормонами увеличивает ее содержание. Наибольший эффект оказала совместная обработка мелафеном и ИУК (табл.1). Это может свидетельствовать об интенсификации фотосинтетической деятельности в листьях растений картофеля в данном варианте опыта. На это указывает и увеличение других показателей фотосинтетической деятельности: содержание каротиноидов, активность нециклического фотофосфорилирования, фотохимическая активность изолированных хлоропластов.

Таким образом, установлено, что мелафен совместно с фитогормонами (ИУК и 6-БАП) существенно не влияет на концентрацию хлорофиллов в листе, вместе с тем, повышает концентрацию каротиноидов – низкомолекулярных антиоксидантов. Показано,

что мелафен совместно с ИУК и 6-БАП в 1,5 раза увеличивает фотохимическую активность хлоропластов листа растения картофеля. Установлено также, что мелафен совместно с ИУК существенно увеличивает активность нециклического фотофосфорилирования, что указывает на синергизм, т.е. «слагаемый» эффект в их действии. Выявлено, что мелафен совместно с ИУК и 6-БАП увеличивает концентрацию сахарозы в проводящей системе листа картофеля, что указывает на интенсификацию фотосинтетической деятельности и усиление экспорта ассимилятов из листа.

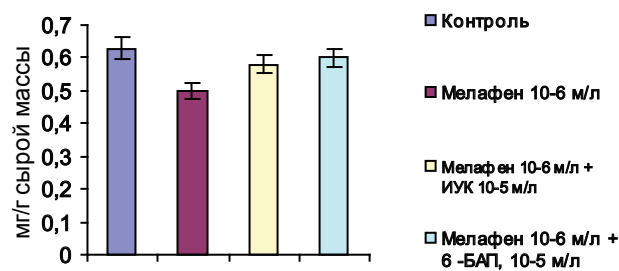


Рис.1. Влияние мелафена и фитогормонов на содержание хлорофиллов в листе растения картофеля.

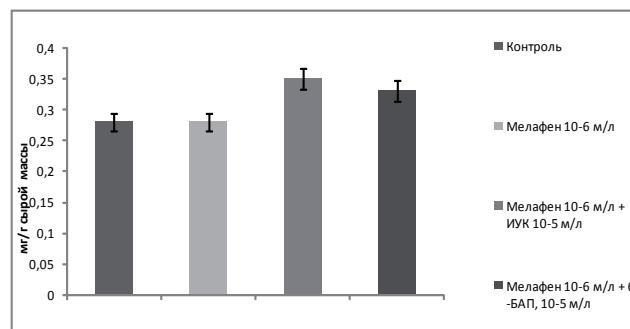


Рис.2. Влияние мелафена и фитогормонов на содержание каротиноидов в листе растения картофеля.

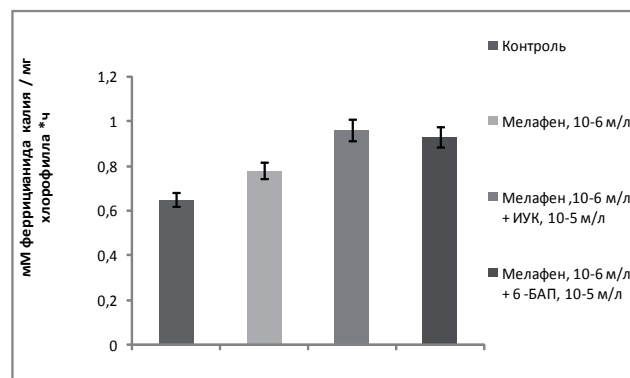


Рис. 3. Влияние мелафена и фитогормонов на фотохимическую активность изолированных хлоропластов растения картофеля.

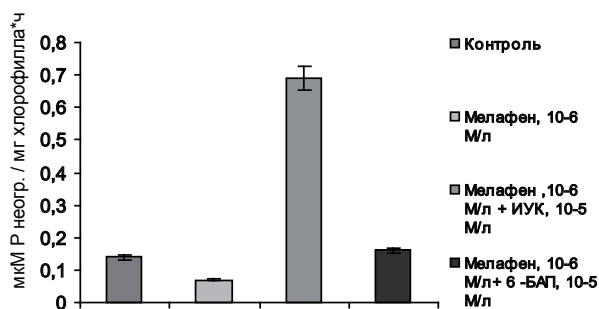


Рис.4. Влияние мелафена и фитогормонов на активность нециклического фотофосфорилирования хлоропластов растения картофеля.

Таблица 1.

Влияние мелафена и фитогормонов на содержание сахарозы в листе растения картофеля

	Содержание сахарозы, мг сахарозы/г сухой массы
Контроль	24.0 ± 2
Мелафен (10 ⁻⁶ М/л)	36.4 ± 3
Мелафен (10 ⁻⁶ М /л) +ИУК (10 ⁻⁵ М/л)	49.6 ± 5
Мелафен (10 ⁻⁶ М/л) + 6-БАП (10 ⁻⁵ М/л)	43.4 ± 4

Библиографический список

1. Жигачева И.В., Фаткуллина Л.Д., Шугаев А.Г., Генерозова И.П., Фаттахов С.Г., Резник В.С., Коновалов А.И. Функциональное состояние мембран митохондрий корнеплода сахарной свеклы при действии препарата мелафен // Физиология растений. 2007. Т.54.№5. С. 672-677.
2. Ладыженская Э.П., Кораблева Н.П. Взаимодействие регуляторов роста при контроле транспорта кальция через плазмалемму клеток клубней картофеля // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т.46.№2. С. 228-231.
3. Гавриленко В.Ф., Ладынина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М. 1975. 392 с.

References

1. Zhigacheva I.V., Fatkullina L.D., Shugaev A.G., Generozova I.P., Fattakhov S.G., Reznik V.S., Konovalov A.I. Effect of Melafen on functional efficiency of mitochondrial membranes from sugar beet taproots // Russian Journal of Plant Physiology. Т.54.№5.С.595-599.
2. Ladyzhenskaya E.P., Korableva N.P. Interaction of phytohormones and synthetic growth regulator melafen in the control of Ca²⁺ translocation across the plasma membrane of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber cells // Applied Biochemistry and Microbiology. 2010. Т. 46. № 2. С. 212-215.
3. Gavrilenko V., M. Ladynina., Xandobina L.M. A large workshop on physiology of plants. The Photosynthesis. The breath. М. 1975. 392.

УДК 502.75:581.5

UDC 502.75:581.5

Л.Л. КИСЕЛЕВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники Орловского государственного университета
E-mail: LLKiseleva@yandex.ru

О.И. ФАНДЕЕВА

аспирант кафедры ботаники Орловского государственного университета
E-mail: olia.fandeeva@yandex.ru

Ю.Л. БЕЛОУСЬКО

аспирант кафедры ботаники Орловского государственного университета
E-mail: beloy83@yandex.ru

L.L. KISELEVA

candidate of biological Sciences, associate Professor of the Department of botany, Orel state University
E-mail: LLKiseleva@yandex.ru

O.I. FANDEEVA

post-graduate student of chair of botany, Orel state University
E-mail: olia.fandeeva@yandex.ru

Y.L. BELOUSKO

post-graduate student of chair of botany, Orel state University
E-mail: beloy83@yandex.ru

ОЦЕНКА РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ШКАЛАМ Д.Н. ЦЫГАНОВА (1983)*

THE ASSESSMENT OF RARE AND PROTECTED PLANTS OF THE ORYOL REGION ON ECOLOGICAL SCALES D.N. TSYGANOV (1983)

В результате обработки геоботанических описаний, полученных в ходе собственных полевых исследований, был произведен анализ распределения редких и охраняемых видов растений Орловской области по фракциям валентности по шкалам Д.Н. Цыганова (1983), а также фитоиндикационным методом были определены режимы произрастания (увлажнения и солевого богатства почв).

Ключевые слова: редкие и охраняемые растения, экологические шкалы, экологическая оценка, экологическая амплитуда.

As a result of processing of geobotanical descriptions, received in the course of his own field of research, analysis was made of the distribution of rare and protected species of plants of Orel region on fractions of valence on the scales of D.N. Tsyganov (1983), as well as phytoindication method were identified modes of growth (of moisture and salt wealth of the soil).

Keywords: rare and protected plants, ecological scale, environmental assessment, ecological amplitude.

Фитоиндикация местообитаний – диагностика экологических параметров местообитаний по произрастающим на нем видам растений – является достаточно распространенной и традиционной процедурой в современных геоботанических и экологических исследованиях (Зубкова и др., 2008). Наиболее популярны в геоботанических исследованиях европейской части России экологические шкалы Л.Г. Раменского (Раменский и др., 1956) и Д.Н. Цыганова (1983), а также европейские шкалы Г. Элленберга (Ellenberg, 1991) и Э. Ландольта (Landolt, 1977). Типы экологических шкал, вопросы их разработки и применения, соответствие инструментально измеренных параметров местообитаний характеристикам, рассчитанным по шкалам, исследуются в целом ряде работ (Самойлов, 1973; Миркин, Розенберг, 1978; Работнов, 1979; Заугольнова и др., 1998 и др.). Для оценки местообитаний редких и охраняемых растений Орловской области (увлажнения и солевого режима почв) нами были выбраны

экологические шкалы Д.Н. Цыганова (1983), так как, на наш взгляд, они имеют ряд преимуществ:

1. являются амплитудными (диапазонными) экологическими шкалами, так как содержат балловую оценку экологической амплитуды видов по факторам среды, в отличие от точечных экологических шкал Г. Элленберга (Ellenberg, 1991) и Э. Ландольта (Landolt, 1977), содержащих балловые оценки экологических оптимумов видов;

2. разработаны для Европейской части России, в которой находится Орловская область;

3. содержат информацию для более чем двух тысяч видов растений по 10-ти факторам, в отличие от шкал Л.Г. Раменского, содержащих информацию для примерно полутора тысяч видов растений по 5-ти экологическим факторам.

Для обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова (1983) нами была использована компьютерная программа *EcoScaleWin* (Зубкова и др., 2008). Эта програм-

*Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект № 4 4544. 2011 «Устойчивое развитие биосферы Приокского региона Центральной России в условиях изменяющейся окружающей среды».

ма позволяет также определить потенциальную экологическую валентность вида (ПЭВ), которая показывает приспособленность популяций вида к изменению определенного экологического фактора. В программе ПЭВ рассчитывается как отношение числа ступеней конкретной шкалы, «занятой» данным видом, к общей протяженности шкалы в баллах (ступенях) (Зубкова и др., 2008). Л.А. Жуковой (2004а, б; 2007) предложено следующее распределение видов по фракциям валентности: Стеновалентные – показатель валентности до 0,34; Гемистеновалентные – от 0,34 до 0,45; Мезовалентные – от 0,45 до 0,56; Гемизввивалентные – от 0,56 до 0,67; Эввивалентные – от 0,67 и более.

Величина валентности показывает «стойкость» вида к изменениям условий среды. Стеновалентность или гемистеновалентность вида по конкретному фактору показывает, что данный фактор может быть для него лимитирующим (Зубкова и др., 2008).

Из 389 рассматриваемых редких и охраняемых растений Орловской области по шкале увлажнения почв (Hd) Д.Н. Цыганова (1983) имеются данные об экологической амплитуде и потенциальной экологической валентности (ПЭВ) для 312 видов, а по шкале солевого режима почв (Tr) – для 291 вида. Распределение видов редких и охраняемых растений

Таблица 1.

Количественное распределение видов редких и охраняемых растений по фракциям потенциальной экологической валентности

А. По шкале увлажнения почв (Hd) Д.Н. Цыганова (1983)		
Фракция валентности	Количество видов	% видов по фракциям валентности
Стеновалентные (С)	158	51
Гемистеновалентные (ГС)	89	29
Мезовалентные (М)	45	14
Гемизввивалентные (ГЭ)	16	5
Эввивалентные (Э)	4	1
	312	100
Б. По шкале солевого режима почв (Tr) Д.Н. Цыганова (1983)		
Фракция валентности	Количество видов	% видов по фракциям валентности
Стеновалентные (С)	147	50,5
Гемистеновалентные (ГС)	74	25,4
Мезовалентные (М)	41	14
Гемизввивалентные (ГЭ)	16	5,4
Эввивалентные (Э)	13	4,7
	291	100

по фракциям валентности показано в табл. 1.

Анализ распределения редких и охраняемых видов растений по фракциям валентности показывает, что более 50% видов являются стеновалентными, а более 25% - гемистеновалентными как по фактору увлажнения, так и по фактору солевого режима почвы.

Еще больший процент стеновалентных видов наблюдается среди 35 видов, не собиравшихся за последние 50 лет и более с территории Орловской области: *Botrychium lunaria*, *Carex disperma*, *C. loliacea*, *C. obtusata*, *C. polyphylla*, *Cephalanthera longifolia*, *Coeloglossum viride*, *Conioselinum tataricum*, *Crepis biennis*, *Cruciata glabra*, *Cuscuta epilinum*, *Cypripedium guttatum*, *C. macranthon*, *Dactylorhiza sambucina*, *Euclidium syriacum*, *Filipendula stepposa*, *Fritillaria ruthenica*, *Galatella punctata*, *Gratiola officinalis*, *Gymnadenia odoratissima*, *Herminium monorchis*, *Ligularia sibirica*, *Lupinaster pentaphyllus*, *Orobanchе bartlingii*, *O. caryophyllacea*, *Orchis coriophora*, *O. militaris*, *Picris rigida*, *Silene procumbens*, *Saxifraga hirculus*, *Scheuchzeria palustris*, *Sparganium minimum*, *Sphaerotorrhiza trifida*, *Vicia cassubica*, *Viola montana*. Из этих видов по шкале увлажнения почв (Hd) Д.Н. Цыганова (1983) имеются данные об экологической амплитуде и потенциальной экологической валентности (ПЭВ) для 26 видов, а по шкале солевого режима почв (Tr) – для 23 видов (Табл. 2).

Таблица 2.

Количественное распределение видов орловской флоры, не собиравшихся на территории региона более 50 лет, по фракциям потенциальной экологической валентности

А. По шкале увлажнения почв (Hd) Д.Н. Цыганова (1983)		
Фракция валентности	Количество видов	% видов по фракциям валентности
Стеновалентные (С)	16	61,5
Гемистеновалентные (ГС)	6	23,1
Мезовалентные (М)	2	7,7
Гемизввивалентные (ГЭ)	2	7,7
Эввивалентные (Э)	0	0
	26	100
Б. По шкале солевого режима почв (Tr) Д.Н. Цыганова (1983)		
Фракция валентности	Количество видов	% видов по фракциям валентности
Стеновалентные (С)	15	65,2
Гемистеновалентные (ГС)	7	30,4
Мезовалентные (М)	1	4,4
Гемизввивалентные (ГЭ)	0	0
Эввивалентные (Э)	0	0
	23	100

Среди видов, не собиравшихся за последние 50 лет и более с территории Орловской области, более 84% относятся к стеновалентным и гемистеновалентным по отношению к увлажнению и солевому режиму почв, поэтому эта группа видов является наиболее уязвимой к изменению этих экологических факторов. Среди этой группы нет видов с широкой экологической амплитудой (эвривалентных) по отношению к увлажнению и солевому режиму почв.

На основе обработки 860 геоботанических описаний были определены режимы произрастания (увлажнения и солевого богатства почв по шкалам Д.Н. Цыганова, 1983) для 160 редких и охраняемых видов растений Орловской области. Из них для 26 видов получены новые данные по шкале увлажнения почв (табл. 3) и для 31 вида – по шкале солевого режима почв (табл. 4).

Таблица 3.

Режимы увлажнения почвы для 26 редких и охраняемых растений Орловской области (по шкале увлажнения почв Д.Н. Цыганова, 1983)

№	Вид	Кол-во геоб. опис.	Баллы	Тип режима по шкале Hd
1	<i>Carex hartmanii</i> A. Cajand	4	12,56-14,41	Влажно-лесолуговой - Влажно-лесолуговой/Сыро-лесолуговой
2	<i>Carex michelii</i> Host	3	10,52-11,1	Сухолесолуговой
3	<i>Chondrilla graminea</i> Bieb.	1	8,58	Лугowo-степной
4	<i>Cotoneaster alaunicus</i> Golits	3	8,53-9,89	Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
5	<i>Dactylorhiza baltica</i> (Klinge) Orlova	1	12,43	Сухолесолуговой/Влажно-лесолуговой
6	<i>Dianthus campestris</i> Bieb.	1	9,19	Лугowo-степной
7	<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenkins et Jermy	7	12,57-14,43	Влажно-лесолуговой - Влажно-лесолуговой/Сыро-лесолуговой
8	<i>Erysimum marschallianum</i> Andr.	5	8,06-9,56	Среднестепной/Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
9	<i>Euphorbia subtilis</i> Prokh.	17	8,52-10,36	Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
10	<i>Galatella angustissima</i> (Tausch.) Novopokr.	2	8,53-8,92	Лугowo-степной
11	<i>Galium octonarium</i> (Klok.) Soó	10	8,06-9,58	Среднестепной/Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
12	<i>Iris sibirica</i> L.	5	11,83-13,43	Сухолесолуговой/Влажно-лесолуговой - Влажно-лесолуговой
13	<i>Lathyrus lacteus</i> (Bieb.) O. D. Wissjulina	2	9,32-9,39	Лугowo-степной
14	<i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol.	14	8,06-9,58	Среднестепной/Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
15	<i>Orobancha alba</i> Steph.	3	8,06-9,02	Среднестепной/Лугowo-степной - Лугowo-степной
16	<i>O. laevis</i> L.	1	8,18	Среднестепной/Лугowo-степной
17	<i>Polycnemum majus</i> A. Br.	1	8,74	Лугowo-степной
18	<i>Potentilla pimpinelloides</i> L.	1	8,25	Среднестепной/Лугowo-степной
19	<i>Rosa rubiginosa</i> L.	1	9,25	Лугowo-степной
20	<i>Rosa subpomifera</i> Chrshan.	1	9,31	Лугowo-степной
21	<i>Scutellaria supina</i> L.	3	8,51-9,58	Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
22	<i>Silene chersonensis</i> (Zapal.) Kleop.	3	8,58-8,95	Лугowo-степной
23	<i>Spiraea litvinovii</i> Dobrocz.	9	7,87-9,76	Среднестепной/Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
24	<i>Trinia multicaulis</i> (Poir.) Schischk.	9	8,06-9,89	Среднестепной/Лугowo-степной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
25	<i>Viola accrescens</i> Klok.	3	8,56-8,81	Лугowo-степной
26	<i>Viola ambigua</i> Waldst. et Kit.	1	8,65	Лугowo-степной

Таблица 4.

Режимы засоления и богатства почвы для 31 редких и охраняемых видов растений
Орловской области (по шкале солевого режима почв Д.Н. Цыганова, 1983)

№	Вид	Кол.-во геоб. опис.	Баллы	Тип режима по шкале Тг
1	<i>Carex hartmanii</i> A. Cajand	4	5,86-7,55	Небогатых/Довольно богатых почв - Довольно богатых/Богатых почв
2	<i>Carex michelii</i> Host	3	7,02-7,71	Довольно богатых почв - Довольно богатых/Богатых почв
3	<i>Chondrilla graminea</i> Bieb.	1	8,54	Богатых почв
4	<i>Cotoneaster alaunicus</i> Golits	3	7,54-8,06	Довольно богатых/Богатых почв
5	<i>Dactylorhiza baltica</i> (Klinge) Orlova	1	7,53	Довольно богатых/Богатых почв
6	<i>Dianthus campestris</i> Bieb.	1	8,05	Довольно богатых/Богатых почв
7	<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenkins et Jermy	7	5,59-6,49	Небогатых/Довольно богатых почв
8	<i>Erysimum marschallianum</i> Andr.	5	7,69-8,1	Довольно богатых/Богатых почв
9	<i>Euphorbia subtilis</i> Prokh.	17	7,53-8,21	Довольно богатых/Богатых почв
10	<i>Galatella angustissima</i> (Tausch.) Novopokr.	2	7,69-7,87	Довольно богатых/Богатых почв
11	<i>Galium octonarium</i> (Klok.) Soó	10	7,44-8,54	Довольно богатых почв - Богатых почв
12	<i>Hypericum elegans</i> Stephan ex Willd.	4	7,69-8,19	Довольно богатых/Богатых почв
13	<i>Iris sibirica</i> L.	5	6,35-7,75	Небогатых/Довольно богатых почв - Довольно богатых/Богатых почв
14	<i>Lathyrus lacteus</i> (Bieb.) O. D. Wissjulina	2	7,92-8,10	Довольно богатых/Богатых почв
15	<i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol.	14	7,44-8,45	Довольно богатых почв - Довольно богатых/Богатых почв
16	<i>Orobanche alba</i> Steph.	3	7,71-8,1	Довольно богатых/Богатых почв
17	<i>O. laevis</i> L.	1	7,44	Довольно богатых почв
18	<i>Polycnemum majus</i> A. Br.	1	8,66	Богатых почв
19	<i>Potentilla pimpinelloides</i> L.	1	8,41	Довольно богатых/Богатых почв
20	<i>Rosa rubiginosa</i> L.	1	8	Довольно богатых/Богатых почв
21	<i>Rosa subpomifera</i> Chrshan.	1	7,89	Довольно богатых/Богатых почв
22	<i>Rosa villosa</i> L.	2	6,54-7,12	Довольно богатых почв
23	<i>Scutellaria supina</i> L.	3	7,87-7,96	Довольно богатых/Богатых почв
24	<i>Silene chersonensis</i> (Zapal.) Kleop.	3	8,15-8,54	Довольно богатых/Богатых почв
25	<i>Spiraea litvinovii</i> Dobroc.	9	8,02-8,69	Довольно/Богатых почв - Богатых почв
26	<i>Trinia multicaulis</i> (Poir.) Schischk.	9	7,54-8,54	Довольно/Богатых почв - Богатых почв
27	<i>Veratrum nigrum</i> L.	23	5,03-8,14	Небогатых почв - Довольно бо- гатых/Богатых почв
28	<i>Verbascum phoeniceum</i> L.	2	8,37-8,41	Довольно богатых/Богатых почв
29	<i>Veronica incana</i> L.	10	7,44-8,41	Довольно богатых почв - Довольно богатых/Богатых почв
30	<i>Viola accrescens</i> Klok.	3	7,72-8,53	Довольно богатых/Богатых почв
31	<i>Viola ambigua</i> Waldst. et Kit.	1	8,19	Довольно богатых/Богатых почв - Богатых почв

По отношению к фактору увлажнения почвы на территории Орловской области особенно уязвимыми являются степные и лесостепные виды. Анализ бал-
ловой оценки геоботанических описаний с участием

этих видов показал, что экологический ареал боль-
шинства этих видов смещен от середины амплитуды
в сторону наибольшего увлажнения (рис. 1).

Анализ расположения балловой оценки геобо-

танических описаний с участием редких степных и лесостепных видов в пределах экологической амплитуды по отношению к засолению почвы не выявил какой-либо закономерности (рис. 2).

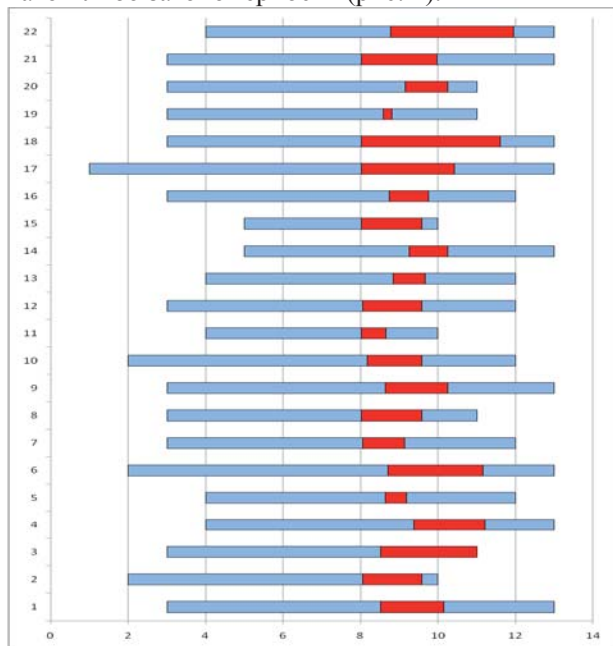


Рис. 1. Экологический ареал редких и охраняемых степных и лесостепных видов Орловской области по шкале увлажнения почв (Hd) Д.Н. Цыганова (1983) (по оси абсцисс – баллы шкалы увлажнения почв; по оси ординат виды: 1-*Adonis vernalis*, 2-*Allium flavescens*, 3-*Amygdalus nana*, 4-*Artemisia latifolia*, 5-*Asperula cynanchica*, 6-*Astragalus onobrychis*, 7-*Centaurea ruthenica*, 8-*Centaurea sumensis*, 9-*Echium russicum*, 10-*Gypsophila paniculata*, 11-*Hyacinthella leucophaea*, 12-*Onosma simplicissima*, 13-*Oxytropis pilosa*, 14-*Pulsatilla patens*, 15-*Salvia nutans*, 16-*Spiraea crenata*, 17-*Stipa capillata*, 18-*Stipa pennata*, 19-*Stipa pulcherrima*, 20-*Stipa tirsia*, 21-*Thesium arvense*, 22-*Xanthoselinum alsaticum*).

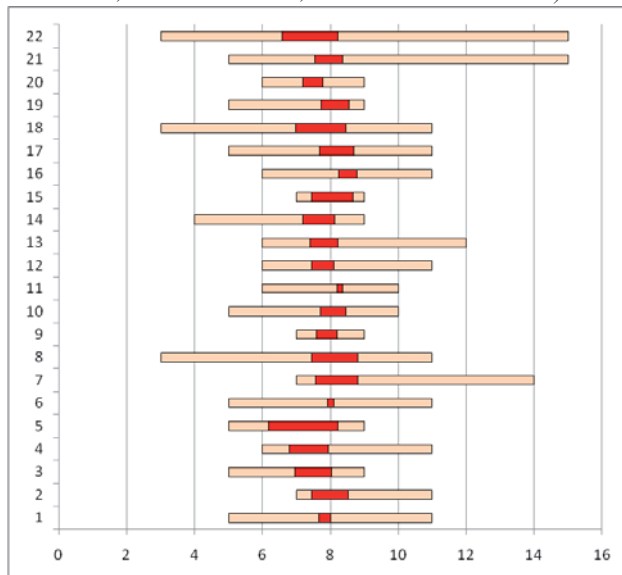


Рис. 2. Экологический ареал редких и охраняемых степных и лесостепных видов Орловской области по шкале засоления почв (Tr) Д.Н. Цыганова (1983) (по оси абсцисс – баллы шкалы засоления почв; по оси ординат виды: 1-*Adonis vernalis*, 2-*Allium flavescens*, 3-*Amygdalus nana*, 4-*Artemisia latifolia*, 5-*Asperula cynanchica*, 6-*Astragalus onobrychis*, 7-*Centaurea ruthenica*, 8-*Centaurea sumensis*, 9-*Echium russicum*, 10-*Gypsophila paniculata*, 11-*Hyacinthella leucophaea*, 12-*Onosma simplicissima*, 13-*Oxytropis pilosa*, 14-*Pulsatilla patens*, 15-*Salvia nutans*, 16-*Spiraea crenata*, 17-*Stipa capillata*, 18-*Stipa pennata*, 19-*Stipa pulcherrima*, 20-*Stipa tirsia*, 21-*Thesium arvense*, 22-*Xanthoselinum alsaticum*).

Особого внимания заслуживают виды, у которых балловая оценка геоботанических описаний с их участием выходит за границы экологической амплитуды по шкале увлажнения (Hd) или засоления почвы (Tr) Д.Н. Цыганова (1983). По шкале увлажнения почвы (Hd) к ним относятся 7 видов (*Aconitum lasiostomum*, *Allium ursinum*, *Aster amellus*, *Delphinium cuneatum*, *Dianthus andrzejowskianus*, *Dianthus arenarius*, *Jurinea cyanoides*), а по шкале солевого режима почв 4 (*Allium ursinum*, *Delphinium cuneatum*, *Gentiana cruciata*, *Prunella grandiflora*) (рис. 3, 4).

Таким образом, применение фитоиндикационного метода позволило расширить наши представления об экологической амплитуде по отношению к увлажнению почвы для 7 видов (табл. 5), причем для 5 из них – в сторону увеличения увлажнения почвы (*Allium ursinum*, *Delphinium cuneatum*, *Dianthus andrzejowskianus*, *D. arenarius*, *Jurinea cyanoides*), для 2 видов – в сторону уменьшения (*Aconitum lasiostomum*, *Aster amellus*).

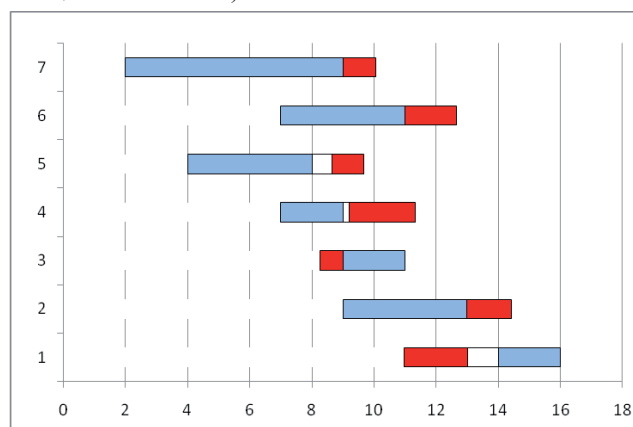


Рис. 3. Оценка местообитаний редких и охраняемых видов растений Орловской области по шкале увлажнения почв (Hd) Д.Н. Цыганова (1983) (по оси абсцисс – баллы шкалы увлажнения почв; по оси ординат виды: 1- *Aconitum lasiostomum*, 2-*Allium ursinum*, 3-*Aster amellus*, 4-*Delphinium cuneatum*, 5-*Dianthus andrzejowskianus*, 6-*Dianthus arenarius*, 7-*Jurinea cyanoides*; светло-серым цветом обозначена экологическая амплитуда по шкале увлажнения почв Д.Н. Цыганова, темно-серым цветом - оценка местообитаний редких и охраняемых растений Орловской области).

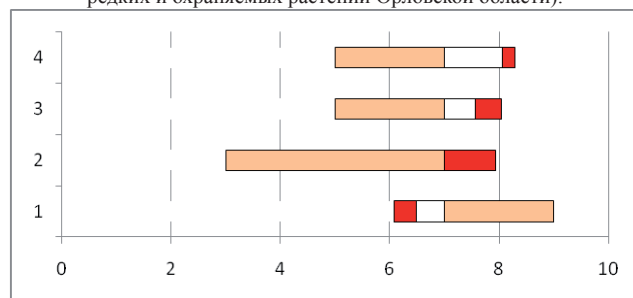


Рис. 4. Оценка местообитаний редких и охраняемых растений Орловской области по шкале солевого режима почв (Tr) Д.Н. Цыганова (1983) (по оси абсцисс – баллы шкалы солевого режима почв; по оси ординат виды: 1- *Allium ursinum*, 2-*Delphinium cuneatum*, 3-*Gentiana cruciata*, 4-*Prunella grandiflora*; светло-серым цветом обозначена экологическая амплитуда по шкале солевого режима почв Д.Н. Цыганова, темно-серым цветом – оценка местообитаний редких и охраняемых растений Орловской области).

Таблица 5.

Расширенная экологическая амплитуда редких и охраняемых видов растений Орловской области по отношению к увлажнению почвы

Вид	Экологическая амплитуда видов по отношению к увлажнению почвы по Д.Н. Цыганову (1983)	Расширенная экологическая амплитуда видов
<i>Aconitum lasiostomum</i> Reichenb. ex Bess.	Влажно-лесолуговой/Сыро-лесолуговой - Сыро-лесолуговой/Болотно-лесолуговой	Сухолесолуговой - Сыро-лесолуговой/Болотно-лесолуговой
<i>Allium ursinum</i> L.	Лугowo-степной - Влажно-лесолуговой	Лугowo-степной - Влажно-лесолуговой/Сыро-лесолуговой
<i>Aster amellus</i> L.	Лугowo-степной - Сухолесолуговой	Среднестепной/Сухолесолуговой - Сухолесолуговой
<i>Delphinium cuneatum</i> Stev. ex DC.	Среднестепной - Лугowo-степной	Среднестепной - Сухолесолуговой
<i>Dianthus andrzejowskianus</i> (Zapal.) Kulcz.	Полупустынный/Сухостепной - Среднестепной/Лугowo-степной/Лугowo-степной	Полупустынный/Сухостепной - Лугowo-степной/Сухолесолуговой
<i>Dianthus arenarius</i> L.	Среднестепной - Сухолесолуговой	Среднестепной - Влажно-лесолуговой
<i>Jurinea cyanooides</i> (L.) Reichenb.	Пустынный/Полупустынный - Лугowo-степной	Пустынный/Полупустынный - Лугowo-степной/Сухолесолуговой

Таблица 6.

Расширенная экологическая амплитуда редких и охраняемых видов растений Орловской области по отношению к солевому режиму почвы

Вид	Экологическая амплитуда видов по отношению к солевому режиму почвы по Д.Н. Цыганову (1983)	Расширенная экологическая амплитуда видов
<i>Allium ursinum</i> L.	Довольно богатых почв - Богатых почв	Небогатых почв/Довольно богатых почв - Богатых почв
<i>Delphinium cuneatum</i> Stev. ex DC.	Бедных почв - Довольно богатых почв	Бедных почв - Довольно богатых почв/Богатых почв
<i>Gentiana cruciata</i> L.	Небогатых почв - Довольно богатых почв	Небогатых почв - Довольно богатых почв/Богатых почв
<i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholl.	Небогатых почв - Довольно богатых почв	Небогатых почв - Довольно богатых почв/Богатых почв

По отношению к солевому режиму почвы фитоиндикационный метод позволил расширить представление об экологической амплитуде для 4 видов редких и охраняемых растений Орловской области (табл. 6), причем для 3 из них – в сторону увеличения засоления почвы (*Delphinium cuneatum*, *Gentiana cruciata*, *Prunella grandiflora*), для 1 – в сторону уменьшения (*Allium ursinum*).

Выводы

1. Анализ распределения редких и охраняемых видов растений Орловской области по фракциям валентности по шкалам Д.Н. Цыганова (1983) показал, что более 75-80% относятся к стеновалентным и гемистеновалентным видам по фактору увлажнения и солевого режима почвы. Еще больший процент для этих фракций валентности наблюдается среди видов, не собиравшихся за последние 50 лет и более с территории Орловской области (до 96%). Поэтому при отборе видов для охраны необходимо отдавать

приоритет видам с узкой экологической амплитудой – стеновалентным и гемистеновалентным.

2. Фитоиндикационным методом были определены режимы произрастания (увлажнения и солевого богатства почв по шкалам Д.Н. Цыганова, 1983) для 160 редких и охраняемых видов растений Орловской области. Из них для 26 видов получены новые данные по шкале увлажнения почв и для 31 вида – по шкале солевого режима почв.

3. Расширено представление об экологической амплитуде по отношению к увлажнению почвы для 7 видов: *Aconitum lasiostomum*, *Allium ursinum*, *Aster amellus*, *Delphinium cuneatum*, *Dianthus andrzejowskianus*, *D. arenarius*, *Jurinea cyanooides*.

4. По отношению к солевому режиму почвы фитоиндикационный метод позволил расширить представление об экологической амплитуде для 4 видов редких и охраняемых растений Орловской области: *Allium ursinum*, *Delphinium cuneatum*, *Gentiana cruciata*, *Prunella grandiflora*).

Библиографический список

1. Жукова Л.А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп. Подходы и методы / Восточно-европейские леса: история в голоцене и современность. Кн.1. М.: Наука, 2004а. С. 256-259.
2. Жукова Л.А., Турмухаметова Н.В., Акиенцев Е.В. Экологическая характеристика некоторых видов растений / Онтогенетический атлас растений: научное издание. Том V. Йошкар-Ола: МарГУ, 2007. С. 318-331.
3. Зубкова Е.В., Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описа-

ний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: учебное пособие / Мар. гос. ун-т, Пущинский гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.

4. *Заугольнова Л.Б., Быховец С.С., Баринов О.Г., Барина М.А.* Верификация балловых экологических оценок местообитания с помощью измерения некоторых параметров среды // Лесоведение. 1998. № 5. С. 48-58.
5. *Миркин Б.М., Розенберг Г.С.* Фитоценология. Принципы и методы. М.: Наука, 1978. 211 с.
6. *Работнов Т.А.* Актуальные вопросы экологии растений. Итоги науки и техники. ВИНТИ. Ботаника. 1979. Т.3. С. 5-70.
7. *Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипов Н.А.* Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгис, 1956. 472 с.
8. *Самойлов Ю.И.* Некоторые результаты сравнения экологических шкал Раменского, Элленберга, Хундта и Клаппа // Бот. журн. 1973. Т. 58. № 5. С. 646-655.
9. *Цыганов Д. Н.* Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 196 с.
10. *Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulsen D.* Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe]. Scripta Geobotanica. V. 18. Verlag Erich Goltze KG, Gottingen. 1991. 248 s.
11. *Landolt E.* Okologische Zeigerwerte Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. H.64. S. 1-208.

References

1. *Zhukov L.A.* Assessment of the ecological valence basic types of environmental- tsenotichesky groups. Approaches and methods / East European forests: history in Holocene and present: Book 1. M.: Science, 2004a. Pp. 256-259.
 2. *Zhukov L.A., Turmukhametova N.V., Akshentsev E.V.* The ecological characteristics of some species of plants / Ontogenetic Atlas of plants: the scientific edition. The V. Yoshkar-Ola: Mari state University, 2007. Pp. 318-331.
 3. *Zubkov E.V., Khanin L.G., Grokhilina T.I., Dorogova YU.* Computer processing of geobotanical descriptions on environmental scales with the help of the program EcoScaleWin: textbook / USD gos. UN-t, Pushchino state Univ. The Yoshkar-Ola, 2008. - 96 p.
 4. *Zaugolnova L.B., Bykhovets S.S., Barinov O.G., Barinova M.A.* Verification of score environmental assessments of habitats using the dimension of some environmental parameters // forest science. 1998. № 5. Pp. 48-58.
 5. *Mirkin B.M., G.S. Rosenberg.* Phytocenology. Principles and methods. M.: Nauka, 1978. 211p.
 6. *Rabotnov T.A.* Topical issues of ecology of plants. - The results of science and technology. VINITI. Botany. 1979. Vol.3. Pp. 5-70.
 7. *Ramenskiy L.G., Цаценкин I.A., Antipov N.* Ecological estimation of fodder lands by vegetation. M.: Selkhozgiz, 1956. 472.
 8. *Samoilov YU.I.* Some of the results of the comparison of ecological scales Ramenskoye, Элленберга, Hundta and Klapp // Botanical journal, Sib. 1973. Т. 58. № 5. Pp. 646-655.
 9. *Tsyganov D. Mr..* phytoindication environmental regimes in a subzone of coniferous-broad-leaved forests. M. : Nauka, 1983. - 196.
 10. *Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulsen D.* Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe]. Scripta Geobotanica. V. 18. Verlag Erich Goltze KG, Gottingen. 1991. 248 p.
 11. *Landolt E.* Ecological Conditions Zeigerwerte Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. H.64. P. 1-208.
-

УДК 581.1

UDC 581.1

Т.И. ПУЗИНА

T.I. PUZINA

доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники, физиологии и биохимии растений Орловского государственного университета
E-mail: TIPuzina@gmail.com

doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry, Orel State University
E-mail: TIPuzina@gmail.com

И.Ю. МАКЕЕВА

I.Y. MAKEEVA

аспирант кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений Орловского государственного университета
E-mail: Makmus57@yandex.ru

postgraduate Department of Botany, Plant Physiology and Biochemistry, Orel State University
E-mail: Makmus57@yandex.ru

И.А. БЫЧКОВ

I.A. BICHKOV

студент факультета естественных наук Орловского государственного университета

student of the Faculty of Natural Sciences of Orel State University

А.Э. АНИКЕЕВА

A.E. ANIKEEVA

студентка факультета естественных наук Орловского государственного университета

student of the Faculty of Natural Sciences of Orel State University

ВЛИЯНИЕ КОФЕЙНОЙ КИСЛОТЫ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ *SOLANUM TUBEROSUM*

EFFECT OF CAFFEIC ACID ON THE ANTIOXIDANT ACTIVITY IN PLANT *SOLANUM TUBEROSUM*

Изучали действие различных концентраций фенольного соединения – кофейной кислоты на активность ферментов антиоксидантной системы и процесс перекисного окисления липидов мембран у Solanum tuberosum. Выявлена специфика в действии кофейной кислоты на активность ферментов: возрастание пероксидазы и снижение каталазы. Обогащение растений кофейной кислотой тормозило процесс деградации мембран в результате реакции ПОЛ.

Ключевые слова: кофейная кислота, каталаза, пероксидаза, гидроперекиси, малоновый диальдегид.

We studied the effect of different concentrations of fenolic compound - caffeic acid on the activity of antioxidant enzymes and lipid peroxidation of membranes in Solanum tuberosum. The specific character in the action of caffeic acid on the activity of enzymes, an increase of peroxidase and catalase decrease was revealed. The plant enrichment with caffeic acid inhibited the degradation of the membranes as a result of lipid peroxidation reactions.

Keywords: caffeic acid, catalase, peroxidase, hydroperoxides, malondialdehyde.

В последние годы большой интерес вызывает изучение функциональной роли фенольных соединений растительного происхождения [1,2]. Особое внимание уделяется их антиоксидантной функции. В этом плане наиболее исследованы флавоноиды. Практически не изучены антиоксидантные свойства гидроксикоричных кислот – представителей класса фенилпропаноидов.

Целью работы было выявление участия кофейной кислоты (из группы гидроксикоричных кислот) в регуляции активности ферментов антиоксидантной системы и процесса перекисного окисления липидов мембран растений картофеля.

Объектом исследования являлись растения картофеля сорта Жуковский ранний селекции ВНИИ картофельного хозяйства (Коренево, Россия). Опыты проводили в лабораторных условиях. Для этого клубни, находящиеся в состоянии вынужденного покоя, высаживали в ящики с увлажненными опилками.

Варианты опыта включали: опрыскивание растений раствором кофейной кислоты в следующих концентрациях: 13.9 мМ, 2.8 мМ и 0.56 мМ; контрольные растения опрыскивали водой. Обработку растений проводили через 15 суток после появления всходов.

Для анализов отбирали листья срединной формы побегов возобновления через 7-14 суток после опрыскивания. Активность пероксидазы изучали методом Бояркина, основанном на определении скорости реакции окисления бензидина под действием фермента; активность каталазы – газометрическим определением по объему выделенного кислорода [3]. Содержание гидроперекисей оценивали по реакции с роданистым аммонием [4]; малонового диальдегида – по реакции с тиобарбитуровой кислотой [5].

На рисунках представлены средние арифметические из пяти биологических и 3-5 аналитических повторностей. Достоверность полученных результатов оценивали при помощи критерия Стьюдента.

Достоверными считали различия при уровне вероятности выше 0,95 [6].

О работе антиоксидантной системы судили по активности двух ферментов: каталазы и пероксидазы. Следует отметить, что реакция данных ферментов на действие кофейной кислоты была различной: активность каталазы снижалась, а пероксидазы – увеличивалась (рис.1,2). Причем к обработке кофейной кислотой более чувствительна оказалась пероксидаза. Так, ее активность возросла в среднем в 2,5 раза против контроля, тогда как активность каталазы под влиянием кофейной кислоты уменьшилась в среднем на 27%. Следует отметить, что субстратом как для каталазы, так и для пероксидазы является перекись водорода. Имеются данные, что каталаза работает лучше при высоких концентрациях пероксида водорода, а пероксидаза – при низких. Таким образом, кофейная кислота в оптимальных условиях среды стимулирует работу антиоксидантного фермента пероксидазы, а не каталазы. Что же касается действия концентраций кофейной кислоты, то наибольший эффект на активность пероксидазы (в фазу бутонизации и цветения) оказал как 13.9 мМ раствор, так и 0.56 мМ (рис.2). Активность каталазы в значительной степени уменьшилась под действием 13.9 мМ раствора (рис.1).

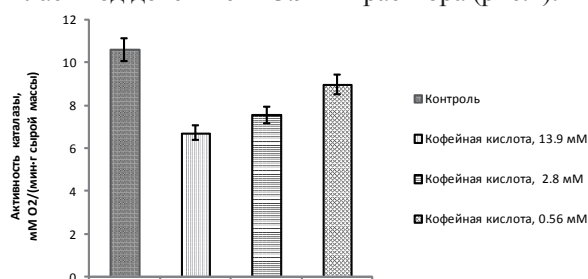
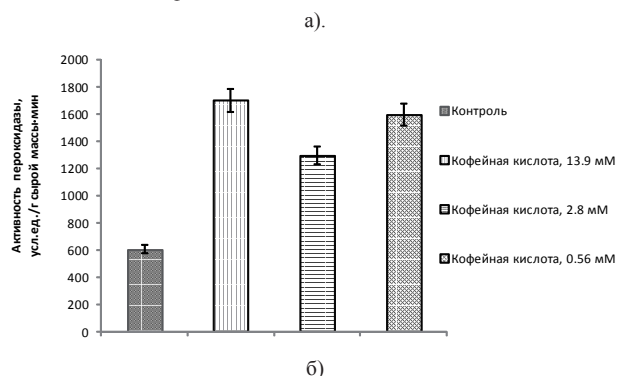


Рис. 1. Влияние кофейной кислоты на активность каталазы в листьях



б)

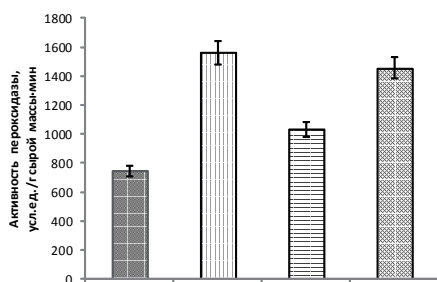
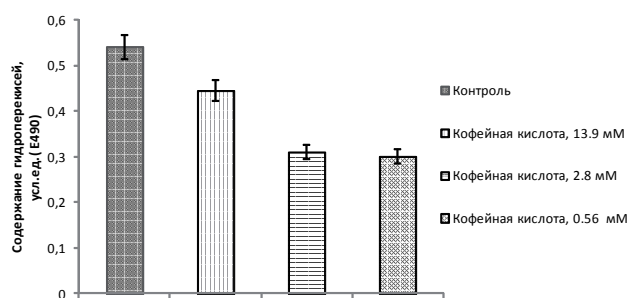


Рис. 2. Действие кофейной кислоты на активность пероксидазы в листьях. а) фаза бутонизации; б) фаза цветения.

Представляло интерес изучить участие кофейной кислоты в регуляции работы не только ферментов-антиоксидантов, но и в процессе перекисного окисления липидов мембран. Мониторинг за реакцией ПОЛ осуществляли по накоплению гидроперекисей и малонового диальдегида – конечного продукта перекисного окисления липидов мембран. Результаты исследования показали (рис.3), что кофейная кислота сдерживает накопление гидроперекисей как в фазу бутонизации, так и цветения. В большей степени это проявилось при обработке растений низкими концентрациями (2.8, 0.56 мМ).

а)



б)

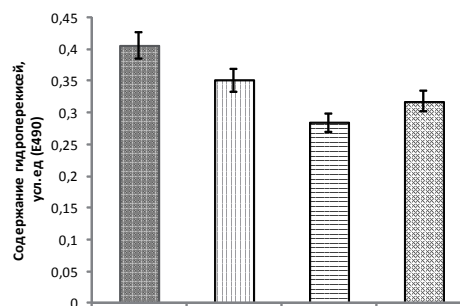


Рис. 3. Влияние кофейной кислоты на содержание гидроперекисей в листьях. а) фаза бутонизации; б) фаза цветения.

Накопление малонового диальдегида под действием обработки растений кофейной кислотой было аналогично гидроперекисям (рис.4). А именно, отмечено снижение концентрации данного продукта деградации липидов мембран по сравнению с контрольным вариантом. Наиболее эффективной была концентрация 0.56 мМ, под влиянием которой содержание МДА уменьшилось в 3.5 раза.

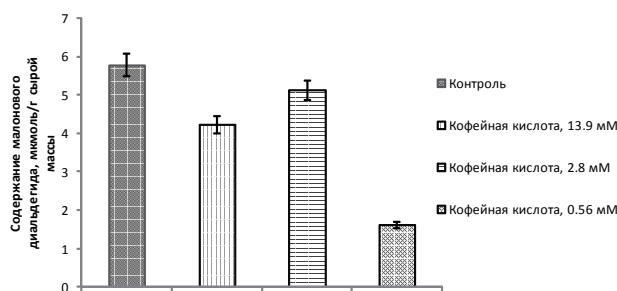


Рис. 4. Влияние кофейной кислоты на содержание малонового диальдегида в листьях.

Таким образом, выявлено, что кофейная кисло-

та – представитель фенольных соединений, в оптимальных условиях среды защищает мембраны от перекисного окисления липидов, активируя работу антиоксидантного фермента пероксидазы.

Библиографический список

1. Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы докладов VIII международного симпозиума. Москва, 2-5 октября 2012. М.: ИФР РАН; РУДН, 2012. 721 с.
2. Secondary metabolites: chemical, biological and biotechnological properties/1st International Symposium. 12-15 september. 2011. Denizli. Turkey. 179 p.
3. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат. 1987. 430 с.
4. Романова Л.А., Стальная И.Д. Метод определения гидроперекисей липидов с помощью тиоцианата аммония // Современные методы в биохимии. 1977. С. 64-66.
5. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии. М.: Медицина. 1977. С. 66-68.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 113 с.

References

1. Phenolic compounds: fundamental and applied aspects: proceedings of the VIII International Symposium. Moscow, october 2-5, 2012. M. IPF RAS, RPFU 2012. 721 p.
 2. Secondary metabolites: chemical, biological and biotechnological properties/1st International Symposium. 12-15 september. , 2011. Denizli. Turkey. 179 p.
 3. Ermakov A.I. Methods for biochemical study of plants. L.: Agropromizdat. 1987. 430 p.
 4. Romanova L.A., Stalnaya I.D. Method for the determination of lipid hydroperoxide with ammonium thiocyanate // Modern methods in biochemistry. 1977. P. 64-66.
 5. Stalnaya I.D., Garishvili T.G. Method for the determination of malondialdehyde with thiobarbituric acid // Modern methods in biochemistry. Moscow, Medicine. 1977. P. 66-68.
 6. Lakin G.F. Biometrics. M.:Vysshaya Shkola, 1990. 113 p.
-
-

УДК 579.6

UDC 579.6

И.Ю. СОЛОХИНА

аспирант кафедры биотехнологии Орловского государственного аграрного университета
E-mail: SolohinaIrina@yandex.ru

Е.С. КУЛЕШОВА

ассистент кафедры общей, биологической, фармацевтической и фармакогнозии медицинского института Орловского государственного университета
E-mail: katyamed20@mail.ru

Н.Е. ПАВЛОВСКАЯ

доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой биотехнологии Орловского государственного аграрного университета
E-mail: ninel.pavlovskaya@yandex.ru

И.Г. ЛОСКУТОВ

доктор биологических наук, зав. отделом генетических ресурсов овса, ржи, ячменя ГНУ ВНИИ Растениеводства им. Н.И. Вавилова, С-Петербургский государственный университет
E-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

I.U. SOLOHINA

post-graduate student of biotechnology, Orel State Agrarian University
E-mail: SolohinaIrina@yandex.ru

E.S. KULESHOVA

assistant of the department of general, biological, pharmaceutical and pharmacognosy, Medical Institute, Orel State University
E-mail: katyamed20@mail.ru

N.E. PAVLOVSKY

doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnology, Orel State Agrarian University
E-mail: ninel.pavlovskaya@yandex.ru

I.G. LOSKUTOV

doctor of Biological Sciences, Professor Head of the Department of Genetic Resources of oats, rye, barley, State Research Institute of Plants named after N.I. Vavilov, St. Petersburg
E-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

СКРИНИНГ ГЕНОТИПОВ ОВСА ПО СОДЕРЖАНИЮ АВЕНАЦИНА

SCREENING OF GENOTYPES OF OATS ON THE CONTENT OF AVENACIN

Проведен скрининг генотипов овса из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова на наличие авенацина. Установлено, что генотипы овса содержат различное количество авенацина, которое варьирует от 0,29 до 0,45 мг%. Водный раствор авенацина в концентрации $1 \cdot 10^{-9}\%$ оказывает более эффективное действие на рост корневой системы и на массу гороха, способствуя защите растения от атаки и инфицирования патогенами.

Ключевые слова: авенацин, овес, растительный антибиотик, фитопатоген *Fusarium oxysporum*.

Held a screening of the genotypes of oats from the collection of VIR them. N.I. Vavilov Institute for the presence of avenacin. Found that oat genotypes contain different amounts avenacin, which varies from 0.29 to 0.45 mg%. Aqueous solution of avenacin at $1 \cdot 10^{-9}\%$ had a more effective action on root growth and on the weight of peas, helping protect the plant from attack and infection.

Keywords: avenacin, oats, plant antibiotic, phytopathogen *Fusarium oxysporum*.

Растения синтезируют широкий спектр веществ вторичного происхождения. Подавляющее большинство известных в настоящее время вторичных соединений было выделено из высших растений и микроорганизмов. О существовании биологически активных веществ растительного происхождения, способных оказывать влияние на биологические объекты, человек знал еще с древности. Попытки использовать эти активные вещества для борьбы с вредными организмами, повреждающими сельскохозяйственные растения и хранящуюся продукцию, также предпринимались очень давно. Но только во второй половине 20 века, благодаря стремительному развитию химии природных соединений и биохимии, мир так называемых «вторичных соединений» значительно расширился.

Многие вторичные соединения принимают участие в экологических взаимосвязях между микро-

организмами, растениями и животными и играют важную роль в выработанных в процессе эволюции защитных механизмах растений, направленных на предотвращение их повреждений вредными организмами. Наиболее известные вторичные метаболиты - антибиотики, фитоалексины и фитоантисипины, растительные токсины, регуляторы роста и поведения, контролирующие внутривидовые и межвидовые связи в биоценозах.

В настоящее время уже точно установлено, что существует большое количество растительных веществ, обладающих антибиотическими свойствами. Антибиотические вещества вырабатываются не только различными бактериями и водорослями, но и высшими растениями [4].

Сегодня мы имеем огромное количество лекарственных препаратов на основе различных веществ полностью синтетического или полусинтетического

происхождения. Лекарственные средства на основе растительного сырья (в состав которых входят либо цельные части растений – цветы, трава, корни, либо готовые экстракты) не получили широкого распространения из-за сложностей изучения их состава, это можно рассматривать как одну из причин, ведь активных веществ, входящих в одно лекарственное растение, может быть несколько десятков. Выделить одно из них, наиболее активное, или комплекс веществ, что необходимы для лечения какого-либо заболевания, нередко довольно проблематично и экономически невыгодно. Именно поэтому синтетический путь производства лекарственных веществ является в настоящее время основным. Промышленное производство антибиотиков началось в 40-х гг. 20 века после открытия пенициллина. Антибиотики нашли широкое применение в медицине для борьбы со многими инфекционными болезнями. Они применяются также в следующих отраслях народного хозяйства: в ветеринарии, в животноводстве в увеличении производства продуктов животноводства и в качестве стимуляторов роста сельскохозяйственных животных; в растениеводстве в качестве активных средств борьбы и профилактики бактериальных и грибковых заболеваний растений; в пищевой промышленности при консервировании различных пищевых продуктов с максимальным сохранением питательных веществ; в научных исследованиях для ингибирования определенных этапов биохимических превращений; при выделении чистых культур отдельных патогенных микроорганизмов, культивировании вирусов; генетических исследованиях [5].

С тех пор на основе микроорганизмов были синтезированы сотни антибиотиков. В то же время на основе растительных компонентов многих высших растений были синтезированы антибиотики растительного происхождения, но не все они получили широкое применение.

Растительные антибиотики обладают полифункциональным действием: антимикробным, фунгицидным, иммуностимулирующим и т.д. С этой точки зрения овес посевной (*Avena sativa* L.) является перспективным источником для получения растительного антибиотика – авенацина, который борется с корневыми гнилями пшеницы и ячменя [5].

Овес принадлежит к роду *Avena*, который насчитывает 26 видов. Овес посевной (*Avena sativa* L.) – одна из наиболее важных сельскохозяйственных культур на земном шаре, занимающая около 20 млн. га пахотных земель [3].

Овес является ценнейшей зернофуражной культурой, отличным предшественником для других культур, фитосанитаром почв. Он используется в виде целого или дробленого зерна, муки и отрубей. Зеленая масса идет на сочный корм, сено, силос, травяную муку, брикеты как в чистом виде, так и в смеси с бобовыми культурами. При совместных посевах с бобовыми ценность овсяного корма увеличивается. В зерне овса возрастает содержание белка, повыша-

ется переваримость белка, жира, клетчатки и др.

Овес издревле являлся неотъемлемой частью быта человека, служил ему и пищей, и лекарственным средством. Зерно овса – ценное сырье для изготовления различных видов круп, овсяных хлопьев, муки, толокна, кондитерских изделий, производства детского и диетического питания [1].

Авенацин в максимальных количествах содержится в корнях овса посевного и по химической структуре относится к тритерпеновым гликозидам. Экспериментально установлено, что авенацин обладает антимикробным действием против некоторых микроорганизмов и антифунгальным действием против фитопатогена *Fusarium oxysporum* в минимальных концентрациях [8].

Как было нами выявлено, количество авенацина в различных сортах овса существенно различается. Сорта овса, среднеустойчивые к грибным листовым болезням (корончатая, стеблевая ржавчина, гельминтоспориоз), несущие аллель гена *Grb-2*, контролирующей устойчивость к вредителю – обыкновенной злаковой тле, содержат больше авенацина, чем сорта, восприимчивые к обыкновенной злаковой тле.

В связи с этим целью исследований являлось проведение скрининга генотипов овса из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова на наличие авенацина.

Объект и методы исследования

Объектом исследований служили генотипы сортов овса посевного, представленные в таблице 1, различающиеся устойчивостью к заболеваниям.

Схема выделения авенацина: 10 г порошка из корней овса посевного экстрагировали двукратно 250 мл 70%-го этилового спирта при 80°C в течение 60 минут. Объединенные экстракты центрифугировали при 14000 об./мин, выпаривали досуха. Затем добавляли 50 мл абсолютного этанола и 50 мл абсолютного эфира. Полученный раствор высушивали в вакууме досуха. К сухому порошку прибавляли 50 мл дистиллированной воды и оставляли на 1 час. Добавляли 30 мл эфира, перемешивали, охлаждали в холодильнике в течение 2-х часов и центрифугировали при 14000 об./мин. Сушили в эксикаторе при комнатной температуре. К полученной сухой навеске добавляли 10 мл 80%-го этанола, фильтровали. К фильтрату добавляли 0,2 г активированного угля и оставляли на сутки. Промывали фильтрат с активированным углем этиловым спиртом двукратно по 10 мл. После фильтрования и концентрирования в объеме до 4 мл, добавили 10 мл воды [6]. Выпавший осадок отделяли центрифугированием и высушивали. Очистку перекристаллизацией повторяли 2 раза. Выход чистого авенацина определяли весовым методом [2].

Таблица 1.

Сорта овса, различающиеся устойчивостью к заболеваниям

Номер по каталогу ВИР образца	Происхождение	Название, разновидность, подвид	Описание свойств
14717	Ленинградская область	«Пушкинский голозерный» A.SATIVA L. VAR. INERMIS	Среднеустойчив к грибным листовым болезням (корончатая, стеблевая ржавчина, гельминтоспориоз), устойчив к фузариозу метелки и к накоплению микотоксинов в зерне.
14784	Тюменская область	«Тюменский голозерный» A.SATIVA L. VAR. INERMIS	Среднеустойчив к грибным листовым болезням (корончатая, стеблевая ржавчина, гельминтоспориоз), устойчив к фузариозу метелки и к накоплению микотоксинов в зерне.
14957	Кировская область	«Гунтер» A.SATIVA L. VAR. AUREA	Устойчив к грибным листовым болезням – корончатая и стеблевая ржавчина, среднеустойчив к гельминтоспориозу, среднеустойчив к фузариозу метелки и к накоплению микотоксинов в зерне, имеет повышенное содержание токоферолов в зерне.
15014	Кемеровская область	«Левша» A.SATIVA L.VAR. INERMIS	Среднеустойчив к грибным листовым болезням (корончатая, стеблевая ржавчина, гельминтоспориоз), устойчив к фузариозу метелки и к накоплению микотоксинов в зерне.
14857	Кировская область	«Кречет» A.SATIVA L. VAR. MUTICA	Устойчив к грибным листовым болезням – корончатая и стеблевая ржавчина, среднеустойчив к гельминтоспориозу, среднеустойчив к фузариозу метелки и к накоплению микотоксинов в зерне, имеет повышенное содержание масла в зерне.
13901	Великобритания	«CI1580» A.SATIVA L. VAR. ARISTATA, OBTUSATA	Среднеустойчив к грибным листовым болезням (корончатая, стеблевая ржавчина, гельминтоспориоз), несет аллель гена Grb-2, контролирующей устойчивость к обыкновенной злаковой тле.
13903	Аргентина	PI186270 A.BYZANTINAC. KOCH.	Среднеустойчив к грибным листовым болезням (корончатая, стеблевая ржавчина, гельминтоспориоз), несет аллель гена Grb-1
11840	Германия	«Borrus» A.SATIVA L. VAR.AUREA	Устойчивость к грибным листовым болезням (корончатая, стеблевая ржавчина, гельминтоспориоз) ниже средней (на уровне 7 баллов), средне устойчиво к фузариозу метелки и к накоплению микотоксинов в зерне.

Параллельно проводили исследования по влиянию авенацина на горох сорта «Орловчанин», зараженного *Fusarium oxysporum*, который является фитопатогенном, вызывающим корневую гниль.

Варианты испытаний:

1. Контроль 1 - семена гороха, замоченные в дистиллированной воде на 2 часа.
2. Контроль 2 - семена гороха, инфицированные *Fusarium oxysporum*.
3. Семена гороха, замоченные в свежеприготовленных водных растворах авенацина, с концентрациями $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-100}\%$, в течение 2-х часов.
4. Семена гороха, инфицированные *Fusarium oxysporum* и обработанные водными растворами авенацина, с концентрациями $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-100}\%$, в течение 2-х часов.

Длину и массу корней гороха определяли на 20-е сутки вегетации.

Результаты исследования

На основании проведенных нами исследований было установлено, что генотипы овса содержат разное количество авенацина, которое варьирует от 0,29 до 0,45 мг%. Результаты скрининга генотипов овса на содержание авенацина представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Результаты скрининга генотипов
овса на содержание avenacina

Генотипы овса	Выход авена- цина, в мг %
1. «Тюменский голозерный» (Тюменская область) A.SATIVA L. VAR. INERMIS	0,36
2. «Гунтер» (Кировская область) A.SATIVA L. VAR. AUREA	0,38
3. «Левша» (Кемеровская область) A.SATIVA L. VAR. INERMIS	0,32
4. «Кречет» (Кировская область) A.SATIVA L. VAR. MUTICA	0,387
5. «Пушкинский голозерный» (Ленинградская область) A.SATIVA L. VAR. INERMIS	0,29
6. «CI 1580» (США) A.SATIVA L. VAR. ARISTATA, OBTUSATA	0,41
7. «Borrus» (Германия) A.SATIVA L. VAR. AUREA	0,45
8. PI 186270 (Аргентина) A.BYZANTINAC. KOCH.	0,39

Наибольшее количество авенацина содержится в генотипе сорта овса «Borrus» (Германия) и составляет 0,45 мг%. У остальных генотипов овса содержание авенацина колеблется от 0,29 до 0,41 мг%.

Влияние авенацина на рост и массу корневой системы гороха, инфицированного *Fusarium oxysporum* на 20-е сутки, представлено в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, обработка гороха, инфицированного *Fusarium oxysporum*, водным раствором авенацина в концентрации $1 \cdot 10^{-9}$ % является наиболее эффективной. Длина корней гороха, обработанного водным раствором авенацина в данной концентрации увеличивается на 6-32%, масса корней на 52-108 % по сравнению с контролем 1. А по сравнению с контролем 2, длина корней гороха увеличивается на 18-30%, а масса корней увеличивается на 58-136%. Дальнейшее уменьшение концентрации нецелесообразно.

Таким образом, использование водного раствора авенацина в концентрации $1 \cdot 10^{-9}$ % оказывает более эффективное действие на рост корневой системы и на массу гороха, способствует защите растения от атаки и инфицирования патогенами.

Таблица 3.

Влияние авенацина на рост и массу корневой системы гороха, инфицированного *Fusarium oxysporum* на 20-е сутки

Варианты испытания	Концентрация, %	Длина корней, см	Масса корней, г
Контроль 1 (семена гороха, обработанные дистиллированной водой)	-	16,5±0,12	0,19±0,01
Контроль 2 (семена гороха, инфицированные <i>Fusarium oxysporum</i>)	-	18,2±0,18	0,22±0,07
Водные растворы авенацина в исследуемых концентрациях	$1 \cdot 10^{-6}$	22,4±0,21	0,38±0,16
	$1 \cdot 10^{-7}$	23,8±0,26	0,43±0,14
	$1 \cdot 10^{-8}$	25,3±0,28	0,48±0,2
	$1 \cdot 10^{-9}$	26,7±0,24	0,52±0,12
	$1 \cdot 10^{-10}$	21,4±0,16	0,27±0,17
Семена гороха, инфицированные <i>Fusarium oxysporum</i> и обработанные водными растворами авенацина в исследуемых концентрациях	$1 \cdot 10^{-6}$	21,4±0,16	0,3±0,08
	$1 \cdot 10^{-7}$	22,3±0,17	0,34±0,09
	$1 \cdot 10^{-8}$	22,9±0,19	0,38±0,11
	$1 \cdot 10^{-9}$	23,8±0,18	0,45±0,13
	$1 \cdot 10^{-10}$	20,6±0,16	0,24±0,09

Выводы

1. Проведен скрининг генотипов овса на содержание авенацина. Генотипы овса содержат разное количество авенацина, которое варьирует от 0,29 до 0,45 мг%. Наибольшее количество авенацина содержится в генотипе сорта овса «Borrus» (Германия) и составляет 0,45 мг%. У остальных генотипов

овса содержание авенацина колеблется от 0,29 до 0,41 мг%.

2. Установлено, что применение водного раствора авенацина в концентрации $1 \cdot 10^{-9}$ % оказывает более эффективное действие на рост корневой системы и на массу гороха, способствует защите растения от атаки и инфицирования патогенами.

Библиографический список

- Баталова Г.А. К вопросу о качестве зерна овса. Аграрный вестник Юго-Востока №3, 2009. С. 24.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. С. 316-317.
- Лоскутов И.Г. Овес (Avena L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. СПб: ГНЦ РФ ВИР. 2007. 336 с.

4. Лутова Л.А., Шумилина Г.М. Метаболиты растений и их роль в устойчивости к фитопатогенам. Экологическая генетика. 2003. Т. I. С. 47-58.
5. Навашин С.М., Фомина И.П. Справочник по антибиотикам./ С.М. Навашин, И.П. Фомина. 3-е изд. М.; 1974.
6. Mary W., Crombie L., Crombie L. Distribution of avenacin A-1, A-2, B-1, B-2 in oat roots: Their fungicidal activity towards «take-all» fungus. Phytochemistry. Vol.25, Issue 9, 1986., P. 2069-2073.
7. Burkhardt H.J., Maizel J.V., Mitchell H.K. Avenacin, an Antimicrobial Substance Isolated from Avena sativa. Biochemistry, 1964, (3), Pp 426–431.
8. Osbourn A.E. and Haralampidis K. Triterpenoid saponin biosynthesis in plants. Recent Adv. Phytochem., 2002. 75: P. 31-49.

References

1. Batalova G.A. About the quality of the grain oats. Agricultural Gazette of South-East № 3, 2009. P. 24.
 2. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruvian J.V., Lukovnikova G.A., Ikonnikova M.I. Methods for biochemical study of plants. L.: Agropromizdat, 1987. Pp. 316-317.
 3. Rags I.G. Oats (Avena L.). Distribution, taxonomy, evolution and breeding value. St. Petersburg: SSC RF VIR. 2007. – 336 p.
 4. Lutova L.A., Shumilina G.M. Metabolites of plants and their role in the resistance to pathogens. Ecological genetics. 2003. Vol. I. Pp. 47-58.
 5. Navashin S.M., Fomina I.P. Handbook of antibiotics. / S.M. Navashina, I.P. Fomina. – 3rd ed. . М., .1974.
 6. Mary W., Crombie L., Crombie L. Distribution of avenacin A-1, A-2, B-1, B-2 in oat roots: Their fungicidal activity towards «take-all» fungus. Phytochemistry. Vol.25, Issue 9, 1986., p. 2069-2073.
 7. Burkhardt H.J., Maizel J.V., Mitchell H.K. Avenacin, an Antimicrobial Substance Isolated from Avena sativa. Biochemistry, 1964, (3), Pp 426–431.
 8. Osbourn A.E. and Haralampidis K. Triterpenoid saponin biosynthesis in plants. Recent Adv. Phytochem., 2002. 75: P. 31-49.
-
-

УДК 631.164.25:631.434.52+504.53

UDC 631.164.25:631.434.52+504.53

И.А. ВЕРХОВЕЦ

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета
E-mail: iverkhovets@mail.ru

Л.Е. ТУЧКОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета
E-mail: lutuchka@ya.ru

Е.С. ЧУВАШЕВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета
E-mail: elen.fen@mail.ru

Т.В. ЖИЛКОВА

магистрант Орловского государственного университета
E-mail: tatyana.zhilkova.90@mail.ru

I.A. VERKHOVETS

candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Soil Science and Applied Biology, Orel State University
E-mail: iverkhovets@mail.ru

L.E. TUCHKOVA

candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Soil Science and Applied Biology, Orel State University
E-mail: lutuchka@ya.ru

E.S. CHUVASHEVA

candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Soil Science and Applied Biology, Orel State University
E-mail: elen.fen@mail.ru

T.V. ZHILKOVA

master of the Orel State University
E-mail: tatyana.zhilkova.90@mail.ru

КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ***CADASTRAL VALUATION OF BROKEN LANDS OF OREL REGION**

В статье отражены результаты многолетних исследований, посвященных мониторингу и кадастровой оценке нарушенных земель. Совершенствование системы земельного кадастра и оценка нарушенных земель позволит отражать состояние земельного фонда и служить информационным источником при осуществлении государственного контроля за использованием и охраной земель.

Ключевые слова: кадастровая оценка, мониторинг, нарушенные земли, землепользование.

The given article reflects the results of long standing researches devoted to monitoring and valuation of broken lands. The improvement of the system of land cadastre and valuation of broken lands will allow to reflect the state of land fund and serve as information source carrying out the state control over the utilization and protection of lands.

Keywords: Cadastral valuation, monitoring, broken lands, utilization of land.

Увеличение антропогенной нагрузки на природную среду в последние десятилетия привело к значительному ухудшению экологического состояния земельных ресурсов, которое особенно сильно проявилось в период проведения земельной реформы (90-е гг.), когда защите земель от

негативных экзогенных процессов и повышению их плодородия стало уделяться недостаточное внимание. При этом наибольшее ухудшение состояния земель отмечается в районах с интенсивной хозяйственной деятельностью человека и развитым сельскохозяйственным производством.

Интенсивное сельскохозяйственное использование земель привело к трансформации естественных ландшафтов, которые сохранились на участках, использовавшихся в других отраслях народного хозяйства, так как они непригодны для распашки по своим

природным свойствам. С начала интенсивного освоения территории области произошло значительное сокращение площади лесов и степей, существенно изменился водный режим, биологическое и ландшафтное разнообразие утрачено. Активизировались негативные природные процессы: оврагообразование, оползни, обвалы, просадки, карст. Достоверная информация о земле имеет исключительно важное значение для управления земельными ресурсами, будь то развитие устойчивого сельского хозяйства или управление развитием городов [1].

Бесплатность землепользования, много лет определявшая бесхозяйственное отношение к земле в нашей стране, способствовала расточительному, нерациональному использованию ценнейшего ресурса – плодородных почв. Рост территорий городов и промышленных комплексов, нерациональная

*Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства Образования и науки РФ, проект №4. 4544.2011 «Устойчивое развитие биосферы Приокского региона Центральной России в условиях изменяющейся окружающей среды».

хозяйственная деятельность привели к ухудшению экологического состояния земельных ресурсов и увеличению площади нарушенных земель.

Орловская область располагает огромными земельными ресурсами, которые в настоящее время используются крайне неэффективно. Земельный рынок и его инфраструктура находятся в стадии становления. Отсутствует система гарантий прав на земельные участки, что приводит к снижению интереса инвесторов.

Поскольку нарушенные земли входят в состав всех категорий земель, необходимо разрабатывать систему государственного кадастра для их оценки. Это позволит контролировать состояние земельного фонда и улучшить налоговую политику в области землепользования[2].

Орловская область находится в юго-западной части Европейской территории России, в центре Среднерусской возвышенности, в южной части Центрального экономического района. Протяженность территории с севера на юг более 150 км, в широтном направлении – свыше 200 км, ее площадь составляет 24,7 тыс. кв. км.

Климат умеренно-континентальный. Средняя температура января – минус 8-10 градусов. Среднее число дней со снежным покровом – 126. Средняя температура июля – плюс 18-19 градусов. За год выпадает умеренное количество осадков – в среднем от 490 до 590 мм, причем летом в два раза больше, чем зимой. Рельеф поверхности – всхолмленная равнина.

Различные условия почвообразования, сложившиеся на территории области, позволили разделить ее на три почвенные зоны: западную, центральную и юго-восточную.

Западную зону составляют Болховский, Знаменский, Хотынецкий, Урицкий, Шаблыкинский и Дмитровский районы. Она отличается наибольшей пестротой почвенного покрова, в ней встречаются все почвенные разности, имеющиеся в области, за исключением типичного чернозема.

В состав центральной зоны входит Мценский, Корсаковский, Новосильский, Орловский, Залогощенский, Свердловский, Кромской, Глазуновский и Троснянский районы. В центральной зоне преобладающими разновидностями являются черноземы оподзоленные и выщелоченные, покрывающие около 55% всей площади зоны. На долю серых лесных почв приходится примерно 40%.

Новодеревеньковский, Верховский, Краснозоренский, Покровский, Колпнянский, Ливенский, Малоархангельский и Должанский районы включены в юго-восточную зону, где основной почвой являются черноземы (преобладают выщелоченные и оподзоленные), составляющие около 59% площади зоны.

В зависимости от почвообразовательного процесса дерново-подзолистые почвы, в основном находящиеся на западной части области, сменяются светло-серыми и серыми лесными, затем темно-

серыми лесными и различного вида черноземами на востоке и юго-востоке территории.

Наибольшее распространение получили черноземы оподзоленные и темно-серые лесные почвы (40% от общей площади), значительно меньшую площадь занимают черноземы выщелоченные и лугово-черноземные почвы (11,5%), серые лесные (19,5%), светло-серые и дерново-подзолистые (7,7%) и другие виды почв.

Различен и механический состав почв, который от глинистого и тяжелосуглинистого на востоке изменяется до легкосуглинистого и супесчаного на западе области.

Удельный вес почвенного покрова с глинистым и тяжелосуглинистым составом равен 53%, среднесуглинистым – 36,4%, легкосуглинистым, супесчаным и песчаным – 10,6%.

Среднее содержание гумуса в почвах области составляет 5% и в зависимости от типа почв варьирует от 0,5% на почвах песчаного и супесчаного состава до 11% на почвах черноземно-влажно-луговых и пойменных почвах.

Земельный фонд области составляет 2465,2 тыс. гектаров. Земли распределяются следующим образом:

- 2103,1 тыс. га – земли сельскохозяйственного назначения различного вида;
- 23,0 тыс. га – земли промышленности, транспорта и иного назначения;
- 35,5 тыс. га – земли особо охраняемых природных территорий;
- 169,2 тыс. га – земли лесного фонда;
- 6,6 тыс. га – земли запаса;
- 1,2 тыс. га – земли водного фонда;
- 213,0 тыс. га – земли природоохранного назначения;
- 224,7 тыс. га – земли населенных пунктов, из них 28,6 тыс. га – земли городов и поселков городского типа, 168,9 тыс. га – земли сельских населенных пунктов [4].

Несмотря на свои относительно небольшие размеры, Орловская область занимает одно из ведущих мест в группе регионов Европейской части России по сельскохозяйственным угодьям, приходящимся на 1 жителя. Это обстоятельство одновременно с благоприятными погодно-климатическими условиями предопределяют общую аграрно-промышленную направленность развития экономики области.

В результате проведения регионального мониторинга почв Орловской области нами были выявлены *механические нарушения почвенного покрова вследствие эрозионных процессов*.

В наибольшей степени эродированы почвы Залогощенского, Орловского, Мценского, Кромского, Ливенского, Новосильского, Краснозоренского районов. Менее подвержены эрозии почвы Хотынецкого, Шаблыкинского, Знаменского, Глазуновского районов. Площадная эрозия больше всего распространена в Корсаковском, Новосильском, Краснозоренском,

Кромском районах. Линейная – в Ливенском, Покровском, Троснянском, Болховском районах.

Большие площади механического нарушения почвенного покрова Орловской области наблюдаются в местах активной добычи полезных ископаемых и сосредоточены в следующих районах: Орловский, Дмитровский, Ливенский, Малоархангельский, Новосильский, Хотынецкий, Кромской и Урицкий. В государственном резерве РФ находятся Турушкинское месторождение мела и Халчевское месторождение известняков в Болховском районе.

Из общего количества разведанных месторождений полезных ископаемых в промышленное освоение в той или иной степени вовлечено 74 месторождения, а также 9 перспективных участков по 10 видам полезных ископаемых. Нарушения почвенного покрова, производимые в ходе горнопромышленных, строительных работ, отбрасывают почвенную систему к начальному моменту ее становления. Контакт факторов почвообразования инициирует целый спектр химических, физических и структурных изменений почвообразующей породы, хозяйственно ценным и эколого-биосферным следствием которых является формирование почвенного профиля.

Загрязнение и захламление почвенного покрова отходами производства и потребления

Всего по области нами было обнаружено 98 полигонов и свалок, общей площадью 0,6 тыс. га, которые повсеместно загрязняют и нарушают почвенный покров: 3 полигона ТБО, которые в 2002г. подлежали закрытию и рекультивации, 39 объектов размещения промышленных отходов, из которых только Ливенское соответствует требованиям экологической экспертизы, и 24 крупные несанкционированные свалки объемом от 10 до 30т.

Таблица 1.

Полигоны и свалки	Количество
Всего по области	98
Объекты размещения промтоходов	39
Полигоны ТБО	3
Санкционированные свалки	29
Несанкционированные крупные свалки	24
Закрытые без рекультивации	3

Снижение почвенного плодородия, увеличение кислотности почв

В области из-за активно протекающих деграционных процессов происходит резкое снижение запасов гумуса в пахотном горизонте. Потери за последние 60-100 лет составили от 3% до 6% в зависимости от интенсивности использования. Проведённые нами дериватографические исследования органического вещества почв Орловской области (исследования проводились на базе Почвенного института им. В.В. Докучаева) показали неутешительную картину. Произошли структурные изменения в молекулах гумусовых веществ почв. Отмечается

рост периферической части молекул по отношению к центральным. В составе гумуса происходит увеличение слабых молекул фульватного типа и резкое падение содержания гуматного гумуса. К сожалению, внесение органических удобрений способно восполнить лишь валовой запас органического вещества, а на восстановление утраченных гуминовых кислот потребуются столетия.

По результатам последних агрохимических обследований пашни центром химизации ВНИИСПК выявлено, что в области насчитывается 1115,0 тыс. га кислых почв, из которых 15,4 тыс. га – сильнокислые почвы, 354,7 тыс. га – среднекислые почвы и 748,9 тыс. га – слабокислые почвы [3].

Орловская область не входит в перечень регионов с неблагоприятной экологической обстановкой, однако наблюдаемая аккумуляция загрязняющих веществ в окружающей среде, наличие хоть и локальных, но множественных зон повышенных загрязнений, имеющаяся антропогенная нагрузка на значительной территории сформировали тенденцию деградации экосистем, экотипов, уменьшения биоразнообразия.

Влияние техногенного загрязнения на количество растений-биоиндикаторов, шт

Растения, шт. на 10 м ²	Шлакоотвал	Балка Непреж	Автомагистраль
Пырей ползучий	3	4	10
Пастушья сумка	1	8	3
Ромашка ободранная	1	7	2
Тысячелистник обыкновенный	4	9	7
Подорожник большой	5	-	1
Одуванчик обыкновенный	1	6	3
Хвощ луговой	8	-	1
Щавель кислый	4	-	-
Смолевка	-	-	3
Полевица	1	1	4
Лютик ползучий	6	-	-
Горец кустарниковый	4	-	-
Клевер ползучий	-	5	3
Крапива жгучая	-	2	6
Вьюнок полевой	-	4	8
Дрёма белая	-	-	3
Лебеда раскидистая	-	-	4
Щавель конский	3	-	-
Редька дикая	1	-	3
Подмаренник цепкий	1	-	4

Наибольшее количество видового разнообразия растений отмечается на балке Непреж. По характеру растительности можно сделать вывод о сравнительно небольшом количестве тяжелых металлов в по-

чеве. Соответственно почвы высокоплодородны, рН нейтральная.

Растительность вблизи шлакоотвала свидетельствует о том, что почва кислая, содержит токсичные микроэлементы. Плодородие почвы очень низкое.

Анализируя растительный покров вблизи автомагистрали Орел-Мценск, можно сказать, что в данной почве содержатся в больших количествах свинец, кобальт, медь (смолевка, полевица). Почвы средне-кислые и щелочные. Соответственно низкий уровень плодородия.

Визуальное наблюдение вблизи отвала и автомагистрали показало сильные изменения в древесной растительности. У липы сильно редуцированы листья, на молодых деревьях наблюдается отшелушивание коры, отмечается сухостерженность дубов, на деревьях отсутствуют лишайники и мох. Листья берёзы мелкие, с сильно изрезанными краями с бурыми пятнами, серым налетом, стволы деревьев искривлены[5].

Таким образом, в Орловской области отмечаются следующие виды нарушения почвенного покрова

Кадастровая оценка нарушенных земель

Величина ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов составила 1995000 рублей,

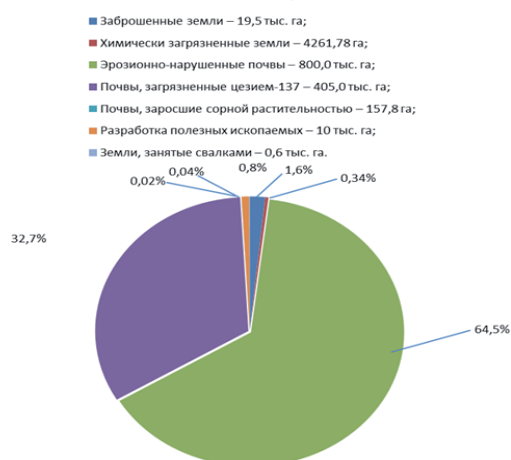
Стоимость загрязненной земли с/х назначения составила 7561,4 руб/га,

Величина ущерба от деградации земли – 446922444074,7716 руб,

Средняя стоимость 1 га.сельскохозяйственной земли в целом по области составляет 14627 руб.,

стоимость загрязненной земли составила 7561,4 руб. Это говорит о том, что цена загрязненной земли падает в 1,9 раза.

Виды и площади нарушенных земель Орловской области



Поскольку нарушенные земли входят в состав всех категорий земель, необходимо разрабатывать систему государственного кадастра для их оценки. Это позволит контролировать состояние земельного фонда и улучшить налоговую политику в области землепользования.

При расчёте кадастровой стоимости земель необходимо учитывать степень экологического воздействия. Необходимо проводить рекультивацию нарушенных земель и усилить контроль в области землепользования. Нуждается в совершенствовании и дополнении Земельный кадастр (путем включения в него новой категории земель – ”нарушенные”).

Библиографический список

1. Ахтырцев Б.П., Соловйненко Т. Мониторинг нарушенных земель М.: 1983. 401 с.
2. Варламов А. А. Земельный кадастр (Учебники и учебные пособия для студентов вузов). Т. 1: Теоретические основы государственного земельного кадастра: учебное пособие. 2003. 382 с.
3. Данные Центра химизации и с/х радиологии «Орловский», 2010-2011 гг.
4. 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) Вышегородских Н.В., Рыжиков В.В., Григорьев В.К. и др. Орел: Издательский Дом «Орловская литература и книгоиздательство» («ОРЛИК»); 2012. 172 с.
5. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Яшин А.И. Влияние солевых алюмини-евых шлаковых отсеков на экологическое состояние серых лесных почв. Орёл, Вестник Орел ГАУ, 2009, №3, С. 57-59.

References

1. Akhtyrtsev B.P., Solovinenko T. Monitoring of broken lands. M.: 1983. 401.
2. Varlamov A. Land Registry (Textbooks for students). Volume 1: Theoretical foundations of the state land cadastre: a training manual. 2003. 382.
3. Data Center application of chemicals and agricultural radiology “Orlovsky”, 2010-2011.
4. Report on the environmental situation in Orel region in 2011. The Government of the Orel region. The Office for the Protection and Use of wildlife, aquatic biological resources and ecological security of the Orel region (Oreoblekonadzor). Vyshegorodskih N.V., Rzhikhov V.V., Grigoriev V.K. and others. Orel Publishing House “Orel literature and book publishing” (“Orlik”), 2012. 172.
5. Stepanova L.P., E.V. Yakovlev, Yashin A.I. The influence of the aluminum salt slag screenings on the ecological status of gray forest soils. Orel, Orel State Agrarian University Bulletin, 2009, № 3, pp. 57-59.

УДК 631.14.268

М.В. ЗАЙЦЕВА

аспирант Елецкого государственного университе-
та им. И.А.Бунина
E-mail: zaiz.maria@yandex.ru

А.Л. КРАВЧЕНКО

аспирант Елецкого государственного университе-
та им. И.А.Бунина

Ю.А. СТЕКОЛЬНИКОВ

кандидат химических наук, профессор, зав. кафедрой
защиты растений и химии Елецкого государствен-
ного университета им. И.А.Бунина

Б.А. СОТНИКОВ

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

UDC 631.14.268

M.V. ZAITSEVA

graduate, Yelets State University named after I.A.Bunin
E-mail: zaiz.maria@yandex.ru

A.L. KRAVCHENKO

graduate, Yelets State University named after I.A.Bunin

YU.A. STEKOLNIKOV

candidate of chemical sciences, Professor, Head of
Department of Plant Protection and Chemistry, Yelets
State University named after I.A. Bunin

B.A. SOTNIKOV

candidate of agricultural sciences, associate professor

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

HEAVY METALS IN SOIL – PLANT IN POLLUTION

Исследованы особенности миграции свинца и кадмия в системе почва – растения укропа.

Ключевые слова: *тяжелые металлы в почве, фитотоксический эффект, коэффициент биологического накопления.*

The features of the migration of lead and cadmium in the soil - plant dill were investigated.

Keywords: *heavy metals in the soil, phytotoxic effects, bioaccumulation factor.*

Техногенная деятельность человека приводит к накоплению токсикантов в почве, в том числе тяжелых металлов (ТМ), что снижает продуктивность почв и приводит к загрязнению сельскохозяйственного сырья и в конечном итоге (по трофической цепи питания) сказывается негативно на человеке. Аккумуляция ТМ в почвах ставит под сомнение экологическую безопасность производимой продукции. Ежедневно происходит загрязнение окружающей среды выбросами предприятий, транспорта, сточными водами, минеральными удобрениями, средствами защиты растений. ТМ, попадая в почву, включаются в биогеохимические круговороты, подвергаются процессам сорбции, миграции и поглощаются растениями. Наибольшую опасность представляют собой подвижные (доступные) формы тяжелых металлов, и на их взаимодействии с почвой сказываются различные факторы. В зависимости от формы поступления ТМ в почвенный горизонт и рН они образуют соединения с разной степенью растворимости и могут находиться в виде заряженных или нейтральных форм комплексов металлов, что сказывается на их сорбции почвенным поглощающим комплексом. На подвижность ТМ в почве также оказывает влияние органическое вещество, которое и определяет их доступность растениям. Гумусовые кислоты отличаются большим наличием в их структуре различных функциональных групп, что определяет их ионообменную сорбцию с ионами водорода

карбоксильных групп (в нейтральных и кислых почвах) или фенольных и спиртовых (в щелочных). В результате образуются комплексные, хелатные гуматы и фульваты металлов с различной степенью устойчивости и подвижности [1-3].

Цель работы – изучение фитотоксичности почвы, загрязненной соединениями свинца, кадмия, на примере укропа в связи с простотой выращивания и малым периодом вегетации.

Исследования проводились в пластмассовых стаканчиках с почвой в лабораторных условиях, в которых высаживали недельную рассаду укропа. После укоренения рассады ее два-три раза поливали водным раствором нитрата свинца (или нитрата кадмия), чтобы содержание металла в почве достигло 0,5; 1; 2; 3; 5; 8; 10 ПДК по каждому элементу. ПДК свинца равно 30 мг/кг, ПДК кадмия – 0,5 мг/кг [3,4]. Для исключения влияния нитрат ионов на результат эксперимента контрольную пробу поливали раствором нитрата натрия, чтобы их содержание в почве было таким же, как при внесении нитрата свинца или нитрата кадмия. В течение двух месяцев проводили фенологические наблюдения за укропом, выращенным на загрязненной почве, далее укроп выкапывали, с корней удаляли почву и взвешивали. Затем растения сушили, отделяли корни и взвешивали по отдельности наземную часть и корни. Далее исследовали только наземную часть растений. После измельчения навеску воздушно-сухой массы укропа

подвергали мокрому озолению и в полученном растворе определяли концентрацию свинца и кадмия атомно-абсорбционным методом на спектрометре «Спектр-5». Аналогично определяли валовое содержание ТМ в почве, а подвижное в экстракционном растворе, полученным обработкой почвы ацетатно-аммонийным буфером с рН, равным 4,8 [5].

ТМ претерпевают в почве различные превращения, могут находиться в виде карбонатов, гидрокарбонатов, других соединений, адсорбироваться алюмосиликатной матрицей. Из-за разницы в специфической адсорбции катионов почвой относительное содержание подвижных форм свинца и кадмия разнится, поэтому возможность проникновения в растения разная, что сказывается на процессах вегетации и накопления биомассы.

Проведенные исследования показали, что свинец и кадмий способствуют увеличению биомассы укропа во всем исследованном интервале загрязнений по сравнению с контрольной пробой. Относительный прирост биомассы у кадмия выше, чем у свинца. Следовательно, оба элемента как микроэлементы оказывают положительное влияние на развитие вегетативной зеленой наземной массы укропа (рис.1).

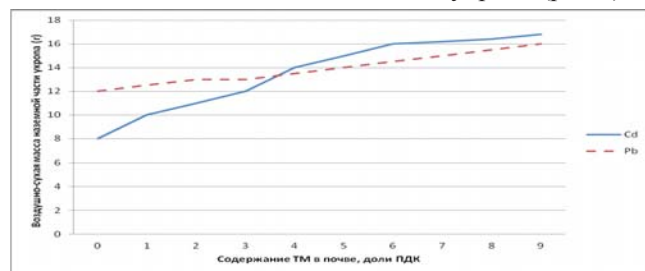


Рис. 1. Зависимость воздушно-сухой массы наземной части укропа от содержания ТМ в почве.

Устойчивость растений к воздействию ТМ можно охарактеризовать фитотоксическим эффектом по убыли или приросту биомассы растений относительно контрольного растения (рис.2).

Оказалось, что во всех интервалах загрязнения ТМ происходит стимулирование развития растений (биомассы наземной части укропа). Однако, у кадмия этот эффект выражен значительно сильнее, чем у свинца. В нашем случае кадмий и свинец участвуют в метаболических процессах ввиду их положительного действия на рост и развитие укропа.

Количество металлов, извлекаемых из почвы растениями укропа, можно оценить по величине от-

носительного коэффициента биологического накопления (рис.3). Степень извлечения свинца и кадмия наземной частью растений укропа малы и с повышением степени загрязнения (ПДК) непрерывно уменьшаются во всем диапазоне загрязнения.

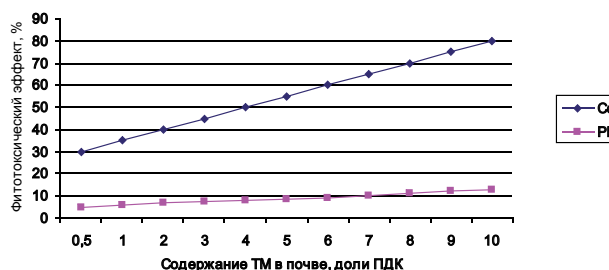


Рис. 2. Зависимость фитотоксического эффекта от содержания ТМ в почве.

Кадмий извлекается в меньшей степени, чем свинец, хотя сам коэффициент накопления в обоих случаях меньше 1, что говорит о низкой интенсивности поглощения. Видно, что при повышении концентрации обоих элементов в почве их миграция из почвы в укроп снижается. На прирост единицы биомассы укропа соединения свинца оказывают большее токсическое воздействие, чем кадмия.

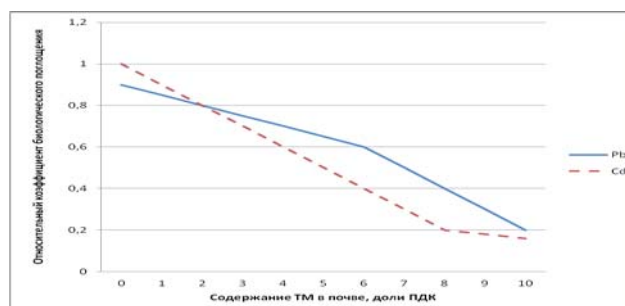


Рис. 3. Зависимость коэффициента биологического накопления ТМ укропом от их содержания в почве.

Таким образом, миграционная способность кадмия в системе почва – растение укропа выше, чем у свинца, она уменьшается по мере увеличения загрязнений. Оба элемента (свинец и кадмий) стимулируют накопление биомассы наземной части укропа. Растения укропа обладают важной биологической особенностью, то есть способностью противостоять поступлению в наземную часть токсических веществ, по-видимому, за счет их иммобилизации в корневой системе, так как коэффициенты биологического накопления ТМ меньше единицы.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М., Гидропромиздат, 1981. 25с.
2. Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы. М, ГК СЕНР РРИАЦ, 1993. 40 с.
3. Методические рекомендации по санитарно-химическому определению тяжелых металлов в объектах окружающей среды, полимерах, биологических материалах. Одесса, Одесский филиал НИИ гигиены водного транспорта. 1986. 57 с.
4. Методики выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов в пробах почвы атомно-адсорбционным анализатором (РД 50 18 289 – 90), 1990. 15с.
5. Барсукова В.С. Физико – генетические аспекты устойчивости растений к тяжелым металлам. Новосибирск, институт почвоведения и агрохимии, 1997. 155 с.

References

1. Guidelines for conducting field and laboratory studies of soils and plants in the control of environmental pollution metals. - M., Gidropromizdat, 1981. 25p.
2. Guide to sanitary-chemical studies of the soil. M, SC senryu RRIATS, 1993. 40.
3. Guidelines on sanitary - Chemical determination of heavy metals in the environment, polymers, biological materials. - Odessa, Odessa Branch of the Institute of Hygiene of water transport. 1986 - 57.
4. Methods for measuring the mass fraction of the mobile forms of metals in soil samples atomic-absorption analyzer (RD 50 18 289 - 90), the 1990. 15p.
5. Barsukov V.S. Physical - genetic aspects of plant resistance to heavy metals. Novosibirsk, Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry, 1997. 155 p.

УДК 636.084

UDC 636.084

Е.А. КОМКОВА

кандидат биологических наук, Тверская ГСХА
E-mail: vsnikul@mail.ru

E.A. KOMKOVA
candidate of agrucultral scineces, Tver State Agricultural
E-mail: vsnikul@mail.ru

Г.А. СИМОНОВ

доктор сельскохозяйственных наук, ГНУ Сахалин-
ский НИИСХ РАСХН
E-mail: Gennadiy0007@mail.ru

G.A. SIMONOV
doctor of agrucultral scineces, Institute of Sakhalin
Research Institute of Agricultural Sciences
E-mail: Gennadiy0007@mail.ru

П.А. НАУМЕНКО

доктор биологических наук, профессор ВНИИ жи-
вотноводства
E-mail: vsnikul@mail.ru

P.A. NAUMENKO
doctor of agrucultral scineces, Professor Institute of
Livestock
E-mail: vsnikul@mail.ru

В.С. НИКУЛЬНИКОВ

кандидат сельскохозяйственных наук, профессор
Орловского государственного университета
E-mail: vsnikul@mail.ru

V.S. NIKULNIKOV
candidate of agrucultral scineces, professor Orel State
University
E-mail: vsnikul@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ В РАЦИОНЕ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ СЫВОРОТКИ КРОВИ ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА*

INFLUENCE OF DIFFERENT FORMS OF TRACE ELEMENTS IN THE DIET ON ENZYMATIC ACTIVITY OF BLOOD SERUM OF DAIRY CALVES PERIOD

Авторы изучили влияние различных форм микроэлементов в рационе телят молочного периода на ферментативную активность их сыворотки крови. Установлено, что на этот показатель более благоприятно влияют комплексоны.

Ключевые слова: телята, сыворотка крови, ферменты.

The authors have researched the influence of different forms of microelements in diet of calves on fermentative activity of their blood serum. It is proved that complexonates are more favourable for this indicator.

Keywords: calves, blood serum, ferments.

Известно, что жизненно необходимыми элементами считаются: железо, медь, кобальт, цинк, марганец, йод, селен. Все эссенциальные микроэлементы в различной степени и в разные периоды онтогенеза организмов оказывают на них функциональное влияние, так как они вступают в соединения с органическими веществами, синтезируемыми живыми

клетками [1].

Микроэлементы как металлокомпоненты входят в состав многих витаминов, гормонов, ферментов, активируя или ингибируя их действие. Обеспечивают их физиологическую функцию и интенсивность процессов обмена веществ [2].

Равновесие, которого без труда можно было до-

*Статья подготовлена по результатам выполнения госзадания Орловскому государственному университету на 2012 г. (регистрационный номер 4.4544.2011)

счить с помощью неорганических солей металлов, уже не удовлетворяет потребности современных пород сельскохозяйственных животных [3].

Целью наших исследований было изучение влияния органических и неорганических форм микроэлементов на ферментативную активность крови телят молочного периода.

Материал и методы исследования

Опыт был проведен на трех группах телят чернопестрой породы по 5 животных в каждой весом 31-32 кг с 10-15-дневного возраста до 6-месячного возраста. Кормление осуществлялось 3 раза в сутки, а в молоко добавляли органические и неорганические соли микроэлементов 2 раза в сутки – утром и вечером в количестве: по железу 2,25-11,5 мг, меди 1,4-5,5 мг, цинку 5,1-23,8 мг, кобальту 0,1-0,45 мг, марганцу 1,02-8,72 мг, селену 0,18-0,3 мг и йоду 0,08-0,25 мг в дозе по 1 мл в сутки на одно животное с 1-го по 3-ий месяц и по 2 мл соответственно с 4-го по 6-ой месяц выращивания.

Опыт проводился по следующей схеме: (рис. 1).

Для определения АСТ и АЛТ использовали метод Кармена (1955), щелочной фосфатазы – метод Хаусамена, альфа-амилазы – кинетический метод, креатинфосфокиназы – по Нильсену (1963).

Ферменты как специализированные катализаторы белковой природы обеспечивают ускорение и превращение многочисленных субстратов, лежащих в основе роста и развития молодняка.

Дефицит микроэлементов в организме оказывает сложное воздействие на активность ферментов: снижается синтез молекул ферментов, т.е. уменьшается количество ферментов и падает их активность.

Схема опыта

Показатель	Группа		
	1 контрольная	2 опытная	3 опытная
Количество животных	5	5	5
Подготовительный период, дней	15	15	15
Срок дачи препарата (учетный период), дней	183	183	183
Рацион кормления	Основной рацион (без добавки микроэлементов)	Основной рацион + неорганические соли Co, Cu, Zn, Mn, Fe, Se, J	Основной рацион + комплексоны Co, Cu, Zn, Mn, Fe, Se, J

Рис. 1.

Из таблицы 1 видно, что превращение аланина и аспаргата в кетокислоты возрастает в опытных группах с участием АСТ и АЛТ, указывая при этом на повышение белкового обмена. Повышение активности ферментов АСТ и АЛТ, отражающей эффективность использования аминокислот в биосинтетических процессах в тканях, указывает на положительный результат применения незаменимых микроэлементов,

особенно в группе, где использованы их органические формы.

Таблица 1.

Ферментативная активность сыворотки крови телят в первый этап исследований

Показатель	Ед. изм.	Группа		
		1 контрольная	2 опытная	3 опытная
АСТ	Е/л	86,88±5,5	90,47±5,7	87,27±5,6
АЛТ	Е/л	26,04±1,46	30,32±2,02	34,19±2,12*

*p < 0,05

Анализ таблицы 1 показывает, что наблюдается повышение активности аспартаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы. У животных второй опытной группы активность АСТ в конце трёхмесячного возраста телят составила 90,47 Е/л, что на 3,59 Е/л выше, чем у контрольных животных. Активность АСТ была выше, чем в контроле, в третьей группе на 0,39 Е/л, но ниже, чем во второй опытной группе на 3,2 Е/л. Активность АЛТ за этот же период составила во второй опытной 30,32 Е/л, что на 4,28 Е/л выше, чем у контрольных животных. В третьей группе активность АЛТ равнялась 34,19 Е/л, что на 8,15 Е/л выше, чем в контрольной и на 3,87 Е/л выше, чем во второй опытной группе.

Следует отметить, что для ферментативной активности АСТ в третьей группе в начальной стадии исследований требовался более продолжительный период для повышения.

Самую большую и наиболее активную группу белков представляют ферменты. Катализируемые ферментами аминотрансферазами реакции имеют очень важное значение в азотистом обмене, поскольку они участвуют во взаимопревращениях аминокислот и сохранении органического азота в виде аминокрупп.

Использование микродобавок непосредственно влияет на активность ферментов. В данном случае превращения конечных продуктов обмена белков происходят с участием ферментов аспаргата- и аминотрансферазы.

На втором этапе исследования активность ферментов аланинаминотрансферазы и аспаргатаминотрансферазы, представленных в таблице 2, значительно увеличивается в опытных группах, что указывает на повышенную активность ферментов и интенсивность использования аминокислот.

Таблица 2.

Показатели ферментативной активности АСТ и АЛТ в сыворотке крови телят на заключительном этапе исследования

Показатель	Ед. изм.	Группа		
		1 контрольная	2 опытная	3 опытная
АСТ	Е/л	89,0 ± 6,4	102,5 ± 7,38*	118,3 ± 8,14
АЛТ	Е/л	28,01 ± 1,65	33,31 ± 2,06*	36,2 ± 2,28*

*p < 0,05

В наших исследованиях активность ферментов переаминирования в контрольной, опытных группах в возрасте шесть месяцев находилась в пределах физиологической нормы, характерной для време-

ни проведения исследований и для данного возраста животных. Но анализируя динамику активности АСТ и АЛТ в сыворотке крови телят, мы установили её с возрастом, особенно это видно по контрольной группе, животные которой не получали комплекс солей микроэлементов. В возрасте шести месяцев ферментативная активность АСТ сыворотки крови телят составила по сравнению с трёхмесячным возрастом в сторону увеличения в первой контрольной группе – 2,12 Е/л, во второй опытной группе 12,03 Е/л, в третьей опытной группе 31,03 Е/л. В конце опыта активность АСТ в третьей группе была выше, чем в контрольной и второй опытных группах на 32,9% и 15,4% соответственно. Следовательно, выше оказалась и активность АЛТ по сравнению с трёхмесячным возрастом телят и поднялась в контрольной группе выше на 1,97 Е/л, во второй опытной группе 2,99 Е/л, в третьей опытной группе на 2,01 Е/л. Активность АЛТ в третьей опытной группе по сравнению с контролем и второй опытной группами была выше на 29,2% и 8,6% соответственно.

Аналогично отреагировали животные опытных групп на включение в их рацион различных форм микроэлементов по влиянию на активность щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы (табл. 3).

Известно, что щелочной фосфатазой наиболее богата костная ткань, следовательно, данный фермент отражает активность минерализации костной ткани. Костная ткань не является инертной в метаболическом отношении, между ней и внеклеточной жидкостью происходит интенсивный обмен кальцием. При этом происходит постоянное обновление костной ткани, связанное с синтезом остеоида и наличием достаточных количеств кальция и фосфата для закладки гидроксиапатита, для чего необходима секретируемая остеобластами щелочная фосфатаза.

Таблица 3.

Активность ферментов щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы в сыворотке крови телят за первый этап исследования

Показатель	Ед. изм.	Группа		
		1 контрольная	2 опытная	3 опытная
Щелочная фосфатаза	Е/л	259,0±15,6	267,64±15,9	292,16±19,5
Креатинфосфокиназа	Е/л	135,5±7,34	142,28±9,24	157,92±10,2

По результатам нашего исследования, наблюдается повышение активности щелочной фосфатазы в группе неорганических солей на 3,3% и в группе хелатированных соединений на 12,8% за первый период эксперимента по сравнению с контролем. Это свидетельствует о том, что в этих группах идёт усиленное укрепление костяка тела животных, при этом в группе неорганических солей немного больше, чем в контроле, и намного больше происходит в группе, получавшей комплексоны микроэлементов. Выше активность щелочной фосфатазы в третьей группе и по сравнению со второй – на 9,16%.

На втором этапе исследований наблюдается аналогичная картина в сторону повышения активности щелочной фосфатазы по минерализации костной ткани, необходимой для роста животного организма (табл. 4).

По материалам наших исследований установлено, что активность щелочной фосфатазы повысилась по сравнению с контролем на 16,8% (* $p < 0,05$) и выше, чем в группе неорганических солей микроэлементов на 13,1 % на заключительном этапе.

Увеличение показателей отражает положительное влияние микродобавок на ферментативную активность и, следовательно, на инициацию процессов минерализации костной ткани в опытных группах, преимущественно в группе комплексонов микроэлементов.

Таблица 4.

Ферментативная активность щелочной фосфатазы, креатинфосфокиназы и альфа-амилазы в сыворотке крови телят за второй период исследования

Показатель	Ед. изм.	Группа		
		1 контрольная	2 опытная	3 опытная
Щелочная фосфатаза	Е/л	264,0±19,27	272,61±16,08	308,2±20,03*
Креатинфосфокиназа	Е/л	139,6±8,24	152,3±9,44	168,0±10,58*
Альфа-амилаза	Е/л	29,14±1,83	32,84±2,27	32,9±2,14

* $p < 0,05$

Известно, что креатинфосфокиназа участвует в энергообеспечении клеточного метаболизма. Данный фермент необходим для обеспечения энергией мышечного сокращения, немышечных форм подвижности, процессов фагоцитоза, секреции гормонов, транспорта ионов через мембраны и многих других процессов.

Нами установлено, что на первом этапе исследований активность креатинфосфокиназы была во второй опытной группе выше на 5%, а в третьей опытной группе на 16,5% выше, чем в контрольной группе. Кроме того, следует отметить тот факт, что повышение активности креатинфосфокиназы в третьей группе, получавшей комплексоны микроэлементов, по сравнению с группой неорганических солей микроэлементов составила 11,0%.

На втором этапе исследований активность креатинфосфокиназы достоверно увеличилась в третьей опытной группе по сравнению с контрольной группой на 20,3% ($p < 0,05$). Во второй опытной группе активность креатинфосфокиназы выше, чем в контрольной группе на 9,1%, но ниже, чем в третьей опытной группе, получавшей комплексоны микроэлементов на основе этилендиаминадипентановой кислоты, на 10,3%.

Анализируя материал нашего исследования, отметим, что в целом за опыт наблюдается заметное повышение креатинфосфокиназы, особенно в группе органических солей, что эффективно влияет на накопление лабильной формы энергии в тканях в виде креатинфосфата, необходимого для ресинтеза АТФ как донора энергии в биохимических трансформациях.

Установлено, что переваривание углеводов происходит при действии амилазных ферментов, к которым относится альфа-амилаза. По результатам наших исследований, ферментативная активность альфа-амилазы была меньше подвержена изменениям в результате использования солей микроэлементов в рационах телят в молочный период по сравнению с активностью щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы.

Тем не менее, отмечено увеличение активности альфа-амилазы во второй опытной группе на 12,7%, в третьей опытной группе на 12,9% по сравнению с контрольной группой. Разница активности альфа-амилазы между второй и третьей группами составила 0,18% в пользу группы органических солей. Таким

образом, отмечается увеличение альфа-амилазы во второй и третьей группе, в рационе которых применялись неорганические формы микроэлементов и комплексоны микроэлементов на основе этилендиаминдигидратной кислоты по сравнению с контрольной группой, что указывает на интенсивность углеводного обмена в обеих опытных группах.

Следовательно, применение микроэлементов различных форм в рационе выращиваемого молодняка крупного рогатого скота стимулирует работу ферментов, положительно влияя на углеводный, белковый обмен, минерализацию костной ткани и в связи с этим на рост и развитие молодняка в молочный период, особенно в группе комплексонов.

Библиографический список

1. Кузнецов С., Кузнецов А. Микроэлементы в кормлении животных. Животноводство России. 2003. № 3. С. 19-20.
2. Самохин В.Т. Биохимическая этиология массовых заболеваний животных. Материалы Б. биохимических чтений «Биогеохимическая индикация аномалий». М. 2004. С. 22-23.
3. Фисинин В., Сурай П. Природные минералы в кормлении животных и птицы. Животноводство России. 2008. №9. С. 11-12.
4. Симонов Г.А., Никульников В.С., Зотеев В.С. Влияние структуры рациона на продуктивность бычков при откорме на свежей зерновой барде. Орел, Сб. «Ученые записки» ОГУ, 2012, №6. С. 392-394.

References

1. Kuznetsov S., Kuznetsov A. Trace elements in animal nutrition // Livestock Russia. 2003. № 3. 19-20.
 2. Samokhin V.T. Biochemical etiology of mass animal diseases / Materials B. biochemical readings "Biogeochemical indication of anomalies." M. 2004.22-23.
 3. Fisinin W., Sarah P. The natural minerals in the feeding of animals and birds // Livestock Russia. 2008. № 9. 11-12.
 4. Simonov G.A., Nikulnikov V.S., Zoteev V.S. Influence of the structure of the diet on productivity in breeding bulls on fresh corn bard. Orel, Cb. "Science Records" OGU, 2012, № 6. 392-394.
-

УДК: 635.65:631.53027 (477)

UDC 635.65:631.53027 (477)

О.А. КОСТЮК

ассистент кафедры плодородия, овощеводства и
технологии переработки и сбережения с.-х. продук-
ции Винницкого национального аграрного универси-
тета

E-mail: oksanakostuk@yandex.ua

O.A. KOSTYUK

postgraduate student, department of fruit and vegetable
growing, technologies of saving agricultural products,
Vinnitsa national agrarian
university of Ukraine,

E-mail: oksanakostuk@yandex.ua

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН БОБА ОВОЩНОГО В УКРАИНЕ

FEATURES OF APPLICATION OF INOCULATION OF SEED TO BOB VEGETABLE IN UKRAINE

В условиях Винницкой области для получения продукции зеленых бобов рекомендуем для выращивания сорт отечественной селекции среднеспелой группы спелости Украинский Слободской. Погодные условия, сложившиеся в годы исследований и применения инокуляции, обеспечивали увеличение продолжительности жизнедеятельности клубеньков у обоих сортов на 1 месяц. Инокуляция семян обеспечивает увеличение общего количества клубеньков у сорта Карадаг на 38 шт. У сорта Украинский Слободской – на 40 шт., а активных соответственно на 21-25. При этом масса общих клубеньков росла у сорта Карадаг на 326 мг / рос., у сорта Украинский Слободской на 348 мг / рос., а активных в соответствии на 217 - 229 мг / рос. Применение инокуляции способствовало лучшему обеспечению растений биологически фиксированным азотом и обеспечивало рост уровня урожая зеленых бобов у сорта Карадаг на 0,7 т / га, Украинский Слободской на 0,8 т / га.

Ключевые слова: клубеньковые бактерии, бобовые растения, биопрепараты.

In the conditions of the Vinnytsya area for the receipt of products of green bobs we recommend for growing the sort of home selection middle-ripening groups of ripeness Ukrainian Suburb. Weather terms folded in the years of researches, and applications of inoculation were provided by the increase of duration of vital functions of tubers at both sorts on 1 month. The inoculation of seed provides the increase of general amount of tubers at the sort of Kapadaz on 38 um. At a sort Ukrainian Suburb on are 40 um., and active accordingly on 21-25. Thus mass of general tubers grew at the sort of Kapadaz on 326 mgs, at a sort Ukrainian Suburb on 348 mgs. And active accordance on 217 - 229 mgs. Application of inoculation assisting the best providing of plants the biologically fixed nitrogen provided the height of level of harvest of green bobs at the sort of Karadah on 0,7 m / of ha, Ukrainian Suburb on 0,8 m / ha.

Keywords: rhizobiums, leguminous plants, biologics.

Вступление. В ходе эволюции и развития экосистем состоялась взаимная адаптация отдельных групп организмов, в результате которой кобионты научились оптимально использовать ресурсы окружающей среды. Ярким примером коэволюции организмов являются симбиотические отношения клубеньковых бактерий с бобовыми растениями [1]. Итак, с экофизиологической точки зрения рационально сбалансированное использование биопрепаратов отдельно и в комплексе с другими агротехническими мероприятиями может существенно снизить химическую нагрузку на экосистемы и значительно улучшить качество сельскохозяйственной продукции [2]. Основная задача современного с.-х. производства – это обеспечение населения качественными продуктами питания и снабжение объектов промышленности сырьем в необходимых объемах.

Во многих странах мира остро стоит вопрос о сокращении производства минеральных удобрений, в частности азотных и фосфорных [3]. Их недостаток для минерального питания культурных растений предлагают компенсировать за счет использования

биопрепаратов на основе микроорганизмов с соответствующей функцией (азотфиксации или фосфат мобилизация) [4]. Так, в США, Канаде, Франции до 70-80% зерновых и зернобобовых растений выращивают с инокуляцией азотфиксирующими микроорганизмами, и благодаря этому на 25-40% сокращается применение дорогостоящих и экологически опасных минеральных азотных удобрений [5].

Актуальность. Среди огромного разнообразия животных организмов (каждый вид сам по себе уникальный) природа создала и шедевры. Одним из таких шедевров являются бобы овощные, это один из немногих видов растений, белок которого наиболее полно по составу приближается к белку животного происхождения и в значительной мере способен заменить его [6]. Особенностью растений боба овощного является способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями (*Rhizobium*) формировать значительную часть биологического урожая за счет азота воздуха [7].

Боб овощной – одна из наиболее перспективных культур, которая играет существенную роль в обе-

спечении полноценного белкового рациона людей и сельскохозяйственных животных [8]. В связи со сложной экономической и экологической ситуацией в настоящее время возможность использования минеральных удобрений на Украине ограничена. Одним из путей решения этой проблемы является применение биологических препаратов, так называемых «Инокулянтов», которые значительно влияют на рост и питание растений. Распространение на практике получили препараты клубеньковых бактерий, способных компенсировать нехватку азотных удобрений [9]. Способность клубеньковых бактерий (*Rhizobium*) фиксировать атмосферный азот в симбиозе с бобовыми растениями важна для практической деятельности человека, но пока еще мало изучена [10]. В симбиозе бобы овощные с клубеньковыми бактериями дают максимальный эффект, положительного результата инокуляции можно достичь только при полном соответствии генотипов растений и клубеньковых бактерий. Подбор отдельных сортов боба овощного и генотипов бактерий дает обоснование для нахождения оптимальной связи в симбиозе и повышения эффективности выращивания данной культуры. Технологические элементы повышения урожайности сортов боба овощного, улучшения уровня плодородия почвы, формирования местных почвенных популяций высокоэффективных штаммов ризобий, их влияние на рост и развитие, урожайность боба овощного являются актуальными вопросами, которые требуют научного обоснования.

Целью исследований является определение особенностей формирования урожая бобов зеленых в зависимости от инокуляции семян в условиях Украины.

Объект исследований – формирование урожайности бобов в зависимости от обработки семян Ризобифитом.

Предмет исследования. Сорты боба овощного отечественной селекции, среднеспелой группы спелости Украинский Слободской и Карадаг.

Методика исследований. Исследования проводили в течение 2010-2012 г.г. на опытном поле Ботанического сада «Подолье» кафедры плодородия, овощеводства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции Винницкого национального аграрного университета. Исследования проводились в соответствии с «Методикой опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» [11]. Технические приемы выращивания применяли в соответствии с требованиями боба овощного в общепринятые для лесостепи сроки. Согласно геоморфологическому районированию Украины территория области относится к Приднестровской возвышенности и второго геоморфологического района – Жмеринской возвышенности, что способствовало формированию на этой территории серых оподзоленных средне-суглинистых почв.

Климат этого района, где проводились опыты, континентальный, умеренно-холодный. Среднегодовое количество осадков колеблется от 304-428 мм, а температура в пределах 16,1-18,3°C. За годы проведения исследований анализ данных агрометеорологических наблюдений показывает, что гидротермические условия существенно отличаются от среднесуточных данных. Среднесуточные температуры в этот период превышали средние многолетние значения на 2,3 и 1,3°C.

Двухфакторный опыт состоял из четырех повторностей по стандартному размещению участков, учетная площадь участков 10 м², посевная площадь – 20 м². Посев проводили во второй декаде апреля. Норма высева 148,1 тыс. шт. / га, ширина междурядий 45 см. Расположение вариантов было следующее: А – сорт без инокуляции (контроль), В – изучающий штамм микроорганизмов (Ризобифит).

Результаты исследований. Мы изучали особенности формирования симбиотического аппарата растений боба овощного в зависимости от проведения инокуляции (табл. 1).

Таблица 1.

Формирование симбиотического аппарата в онтогенезе растений боба овощного в зависимости от влияния инокуляции (среднее за 2010-2012 г.г.)

Сорт	Фазы роста и развития растений			
	Образование клубеньков	Появление легемоглобина	Переход легемоглобина в холеглобин	Распад клубеньков
Без инокуляции				
Карадаг (контроль)	5.05	12.05	13.07	20.08
Украинский Слободской	4.05	11.5	17.07	22.08
С инокуляцией				
Карадаг (контроль)	4.05	10.05	21.07	24.08
Украинский Слободской	6.06	13.05	13.07	23.08

Таблица 2.

Динамика количества пузырьков в онтогенезе растений боба овощного
в зависимости от влияния инокуляции, шт / растение (среднее за 2010-2012 г.г.)

Сорт	Фазы роста и развития растений											
	Третий трой- ничный листок		Начало цветения		Образование зеленых бобов		Конец цветения		Налив семян		Полный на- лив семян	
	общая	активных	общая	активных	общая	активных	общая	активных	общая	активных	общая	активных
Без инокуляции												
Карадаг (контроль)	7	4	14	8	23	15	14	18	34	21	22	14
Украинский Слободской	8	5	13	9	24	18	29	19	35	22	22	15
С инокуляцией												
Карадаг (контроль)	13	9	26	17	48	30	61	39	72	45	47	30
Украинский Слободской	15	11	28	18	51	32	63	40	75	47	49	31

Таблица 3.

Динамика массы сырых клубеньков в онтогенезе растений боба овощного
в зависимости от влияния инокуляции мг / рослин (среднее за 2010-2012 г.г.)

Сорт	Фазы роста и развития растений											
	Третий трой- ничный листок		Начало цветения		Образование зеленых бобов		Конец цветения		Налив семян		Полный на- лив семян	
	общая	активных	общая	активных	общая	активных	общая	активных	общая	активных	общая	активных
Без инокуляции												
Карадаг (контроль)	60	35	101	66	194	125	240	155	282	179	184	116
Украинский Слободской	63	41	104	68	196	127	243	158	287	184	187	119
С инокуляцией												
Карадаг (контроль)	104	68	216	141	403	262	516	336	608	396	396	258
Украинский Слободской	121	79	233	152	431	280	538	350	635	413	413	269

В среднем за три года наблюдений за формированием симбиотического аппарата боба овощного в полевых исследованиях мы обнаружили сортовую чувствительность к скорости нудуляции паренхимы корня активными штаммами клубеньковых бактерий. Очевидно, она зависит от генотипа каждого конкретного сорта и штамма бактерий. Нами было обнаружено, что уровни интенсификации технологий выращивания несущественно влияли на динамику формирования симбиотического аппарата. Кроме наблюдений за сроками формирования симбиотического аппарата в наших исследованиях мы опреде-

ляли количество и массу клубеньков в зависимости от изучаемых факторов. Обнаружено существенное влияние инокуляции на формирование общего количества и количества активных клубеньков на корнях растений боба овощного, относящихся к среднеспелой группе. В результате проведенных исследований выявлено, что количество пузырьков в период вегетации боба овощного постепенно растет и достигает своего максимума в фазе налива семян, а в последующие фазы уменьшается. Этот процесс обусловлен биологическими особенностями развития растений боба овощного (табл. 2).

Нами выявлено, что в среднем за годы проведения полевых исследований растения боба овощного, где проводилась инокуляция семян сорта, формировали большее количество пузырьков при сравнении с растениями, где семена не обрабатывали Ризобифитом. Так, в фазу образования зеленых бобов на контрольных вариантах опыта, где бобы выращивали без применения инокуляции, количество активных клубеньков у сорта Карадаг составляла 15 шт., в то время как у сорта Украинский Слободской с инокуляцией 18 шт., что на 15-14 шт. меньше варианта, где проводили инокуляцию.

При проведении инокуляции семян боба овощного Ризобифитом в фазу окончания цветения количество активных клубеньков росло. У сорта Карадаг оно составляло 39 шт. У сорта Украинский Слободской – 40 шт., что на 21 шт. больше контроля. Таким образом, большое количество клубеньков на корнях боба 75 шт., в том числе и активных 47 шт., сформировалось у сорта Украинской Слободской на вариантах, где применяли инокуляцию семян Ризобифитом. В результате проведенных исследований было отмечено, что динамика накопления количества клубеньков на одно растение носила аналогический характер динамики к массе клубеньков (табл.3).

При инокуляции семян боба овощного Ризобифитом в фазу образования зеленых бобов

жайности боба овощного (табл.4)

Так в 2010 году урожай зеленых бобов у сорта Карадаг составлял без инокуляции 12,2 т/га, у сорта Украинского Слободского – 12,5 т/га, за счет инокуляции урожай увеличился на 0,7 и 0,9 т/га. В 2011 году урожай зеленых бобов у сорта Карадаг составлял без инокуляции 12,1 т/га, у сорта Украинский Слободской – 12,4 т/га. Применение инокуляции обеспечивало рост урожая у сорта Карадаг на 0,7 т/га, у сорта Украинской Слободской – на 0,8 т/га, что является на 95% достоверным увеличением урожая.

Такая же разница наблюдалась в 2012 г. у сорта Карадаг (контрольный вариант), у которого урожайность составляла 12,0 т/га без инокуляции, а с проведением инокуляции урожай зеленых бобов поднялся до уровня 12,7 т/га, что на 0,7 т/га больше контроля. У сорта Украинский Слободской без инокуляции урожай также составлял 12,3 т/га, а при применении инокуляции увеличивался до 13,0 т/га, что на 0,7 т/га больше контроля.

В среднем за 2010-2012 гг. инокуляция обеспечивала увеличение урожая в обоих сортах соответственно на 0,7 - 0,8 т/га в связи с тем, что в период созревания зеленых бобов в растениях активизировалась работа клубеньковых бактерий, были благоприятные погодные условия, что положительно повлияло на рост, развитие и урожай зеленых бобов.

Таблица 4.

Урожайность зеленых бобов в зависимости от проведения инокуляции семян т / га (среднее за 2010-2012 гг.)

Сорт	2010 р.	2011 р.	2012 р.	Средне за 2010-2012 гг.
Без инокуляции (контроль)				
Карадаг (контроль)	12,2	12,1	12,0	12,1
Украинский Слободской	12,5	12,4	12,3	12,4
С инокуляцией				
Карадаг	12,9	12,8	12,7	12,8
Украинский Слободской	13,4	13,2	13,0	13,2
НІР _{0,05} (А)	0.24	0.22	0.23	
(В)	0.24	0.22	0.23	
(АВ)	0.34	0.31	0.33	

масса активных клубеньков росла. У сорта Карадаг она составляла 262, у Украинского Слободского – 280 мг на растение. Масса активных клубеньков у сорта Украинский Слободской 413 мг, что на 17 мг больше, при сравнении с растениями сорта Карадаг, что на 229 мг меньше массы клубеньков по сравнению с контрольным вариантом. Продолжительность работы, количество и масса клубеньков имели сильное влияние и на показатели уро-

Выводы

1. В условиях Винницкой области для получения продукции зеленых бобов рекомендуем для выращивания сорт отечественной селекции среднеспелой группы Украинский Слободской.
2. Погодные условия, сложившиеся в годы исследований, и применение инокуляции обеспечивали увеличение продолжительности жизнедеятельности клубеньков у обоих сортов на 1 месяц.

3. Инокуляция семян обеспечивает общее количество клубеньковых бактерий у сорта Карадаг на 38 шт. У сорта Украинский Слободской на – 40 шт., а активных соответственно на 21-25. При этом масса клубеньков увеличилась у сорта Карадаг на 326 мг/рос., у сорта Украинский Слободской на 348 мг/рос., а активных соответственно на 217-

229 мг/рос.

4. Применение инокуляции способствовало лучшему обеспечению растений биологически фиксированным азотом и обеспечило рост уровня урожая зеленых бобов у сорта Карадаг на 0,7 т/га, Украинский Слободской – на 0,8 т/га.

Бібліографічний список

1. Пати́ка В.П., академії УААН Інституту агроєкології та біотехнологій УААН. Основи селекції азотфіксуючих мікроорганізмів. //Рослинництво. «Вісник аграрної науки». 2000. С. 25.
2. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика/ За ред. В.В. Волкогона, О.В. Надкерничної, Т.М. Ковалевської та ін. К.: Аграр. Наука, 2006. 311 с.
3. Насіння зернових та зернобобових культур. Технологічний процес нанесення мікробних препаратів. Загальні вимоги: СОУ 01.11-37-782:2008. –[Чинний від 2009-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. 18 с. – (Нац. Стандарти України).
4. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур/ За ред. С.І. Мельника, В.А. Жилкіна, М. М. Гаврилюка та ін. – К.: Мін-во аграр. Політики України УААН, 2007. 52 с.
5. Abel S., Ticconi C.A., Delatorre C.A. Phosphate sensing in higher plant// *Physiol. Plant.* 2002. 115, № 1. P. 1–8.
6. Poirier Y., Bucher M. Phosphate transport and homeostasis in Arabidopsis. In: *The Arabidopsis book*/ Ed. C.R. Somerville, E.M. Meyerowitz, M.D., Rockville: The American Society of Plant Biologists, 2002. – P. 1–35.
7. Адамень Ф.Ф., Мельничук Т.Н. Биологический азот – будущее земледелия/Сельскохозяйственное производство в Южной Степи – проблемы и перспективы: Труды КИАПП. Симферополь, 2004. С. 38-50.
8. Біологічний азот/В.П. Пати́ка, С.Я. Коць, В.В. Волкогона та ін. – К.: Світ, 2003. 424 с.
9. Глянько А.К.// Влияние оксиду азоту и других азотных соединений на адгезию и проникновение клубеньковых бактерии в ткань корней и рост зтиолированных проростков гороха.,// А.К. Глянько, Н.Б.Метанова, Г.Г. Васильева //Прикладна біохімія і мікробіологія. 2008. 44, № 4. С. 438–441.
10. Шерстобоева О.В. Азотфіксуючі бактерії, як основа препарату від грибних хвороб рослин // Агроєкологічний журнал. 2001. № 2. С. 56 –57.
11. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчевых / Под ред. Г.Л. Бондаренка, К.И. Яковенка. Харьков: Основа, 2001. 369 с.

References

1. V.P. Pataki, academy of UAAN of Institute of agroekologii and biotechnologies of UAAN. Bases of selection of nitrogen-fixings organisms. //Roslinnictvo. «Announcer of agrarian science». 2000. p. 25.
2. Microbe preparations are in agriculture. Theory and practice/ after Editor V.V. Bologna, O.V. Nadkernichnoy, T.M. Kowalewski but other? K.: Agra. Science, 2006. 311 p.
3. Seed of grain-growing and zernobovikh cultures. Technological process of causing of microbial preparations. General requirements: SOU 01.11-37-782:2008. ?[Operating from 07-01]. K.: Derzhspozhivstandart of Ukraine, 2009. 18 s. (Nat. Standards of Ukraine).
4. Recommendations from effective application of microbial preparations in technologies of growing of agricultural culture/ After editor S.I. Miller, V.A. Zhilkina, M. M. Gavrilyuka but other ? K.: of Mines-vole of agree. Politicians of Ukraine of UAAN, 2007. 52 p.
5. Abel S., Ticconi C.a., Delatorre C.a. Phosphate of sensing in higher plant// of *Physiol. Plant.* 2002. 75 p.
6. Poirier Y., Bucher M. Phosphate of transport and homeostasis in of Arabidopsis. In: *The Arabidopsis of book*/ of Ed. C.r. Somerville, E.m.meyerowitz, M.d., Rockville: The American Society of of Plant Biologists, 2002. P. 135.
7. Admen' F.F., Mel' nichuk t.n. Biologicheskiiy nitrogen buduschee zemledeliya/sel'skokhozyaystvennoe proizvodstvo in Yuzhnoy Steppes problems I perspectives: Trudy KIAAPP. Simferopol', 2004. Pp. 38-50.
8. Biological azot/ V.P. Patika, THIS. Koc', V.V. Volkogona but other ? K.: the World, 2003.424 p.
9. Glyan'ko A.K.// Vliyanie to the oxide of nitrogen of I second azotnykhkh soedineniy on adgeziyu I proniknovenie kluben'kovykh bakterii at weaving of korney I rost ztiolirovanykh prorostkov gorokha.,// A.K. Glyan'ko, N.B. Metanova, G.G. Vasil'eva of //Prikladna biokhimiya I mikrobiologiya. — 2008. — Pp. 438—441.
10. Sherstoboeva o.v. the Nitrogen-fixings bacteria, as basis of preparation from mushroom illnesses of plants of // the Agroekologichniy magazine. — 2001. — 2. — Pp. 56 — 57.
11. Method of opytnogo dela in ovoshevodstve I bakhchevykh / For editor G.L. Bondarenko, K.I. Yakovenko.- Khar'kov: Basis, 2001.- 369 p.

УДК 636.2:619+913КР.ОРЛ.ОБЛ"С\Х"

В.И. КРЮКОВ

доктор биологических наук, профессор кафедры частной зоотехнии и биотехнологии Орловского государственного аграрного университета
E-mail: iniic@mail.ru

Н.Г. ДРУШЛЯК

кандидат биологических наук, ассистент кафедры общей биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии Орловского государственного университета
E-mail: natalisai@mail.ru

UDC 636.2:619+913КР.ОРЛ.ОБЛ"С\Х"

V.I. KRYUKOV

Doctor of Biological Sciences, Department of Animal Science and Biotechnology, Orel State Agrarian University
E-mail: iniic@mail.ru

N.G. DRUSHLJAK

Candidate of Biological Sciences, Assistant of the department "General biological, pharmaceutical chemistry and pharmacognosy", Orel State University
E-mail: natalisai@mail.ru

ДНК-ДИАГНОСТИКА ЛЕЙКОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

DNA DIAGNOSIS OF BOVINE LEUKEMIA

Представлены результаты использования ДНК-диагностики лейкоза у крупного рогатого скота в Орловской области.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ДНК-диагностика, ПЦР, лейкоз.

The results of the use of DNA diagnostics of leukemia in cattle in Orel region are presented.

Keywords: cattle, DNA-diagnostics, PCR, leukemia.

ДНК-диагностика позволяет выявлять инфекционные заболевания. Причём чувствительность этого метода существенно превосходит чувствительность иммунологических методов. Одним из инфекционных заболеваний, для диагностики которого разработана методика ДНК-диагностики, является лейкоз крупного рогатого скота, который широко распространён среди животных Орловской области.

Лейкоз крупного рогатого скота (leukaemia in cattle) – хроническая инфекционная болезнь опухолевой природы, основной причиной которой является злокачественное разрастание клеток кроветворных органов с нарушением их созревания, в результате чего происходит диффузная инфильтрация органов этими клетками или появляются опухоли.

Возбудителем инфекции является вирус лейкоза крупного рогатого скота (ВЛ КРС) – Bovine Leukemia virus, относящийся к семейству Retroviridae. Источник инфекции – больные лейкозом животные. В естественных условиях ВЛ КРС может передаваться пренатально и постнатально. Механизм пренатальной передачи включает передачу вирусного генома через гаметы. Постнатальная передача включает передачу вируса через молоко или при контакте. Контактная передача может быть результатом прямого воздействия контаминированных вирусом секретов или экскретов или переноса вируса насекомыми или контаминированными объектами. Так как частицы ВЛ КРС не продуцируются *in vitro*, то в большинстве случаев вирус передается с инфицированными лимфоцитами. Для заражения коровы достаточно

ввести внутривенно 2500 лимфоцитов крови [1].

Лечение больных лейкозом животных не проводят, их подвергают вынужденному убою. Основным методом профилактики и борьбы с лейкозом в различных странах мира – своевременно проведенная диагностика и удаление из стада инфицированных животных. При инфицированности стад вирусом лейкоза свыше 20% инфицированных животных изолируют в отдельное стадо и эксплуатируют с предосторожностью. При инфицированности ВЛ КРС ниже 20% наиболее радикальный способ – выведение их из стада с последующей сдачей на мясокомбинат и замена их здоровыми животными. Но в различных странах имеются свои региональные системы оздоровления от лейкоза, основанные на диагностике и выделении из стада инфицированных животных [2].

Разработка эффективных мер борьбы с этим заболеванием станет возможной только после применения комплекса специфичных и чувствительных методов диагностики.

Анализ литературных данных позволяет расположить методы диагностики лейкоза в порядке возрастания чувствительности, точности и специфичности в следующий ряд: РИД < ИФА < ПЦР. Важно понимать, что ни один из существующих методов не лишен недостатков. Так ряд авторов D. Beier, P. Blankenstein, H. Fechner, [3]; P. Blankenstein, H. Fechner, A. Looman, A. Beier, A. Marguardt, D. Ebner [4] сообщают, что довольно часто выявляется несоответствие результатов. ПЦР и РИД ПЦР – позитивные особи выявляются среди РИД – отрицательных

животных, а ПЦР – негативные, среди РИД – позитивных. Вполне вероятно, что несмотря на очень высокую чувствительность ПЦР, в развитии лейкозного процесса бывают такие периоды, когда уровень провирусной ДНК минимален. В таких случаях РИД оказывается более информативен [5].

Целью данной работы послужило изучение частоты носителей вируса лейкоза в хозяйствах Орловской области.

Материал и методика исследований

Исследования проводились в ДНК-лаборатории Инновационного научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВПО ОрелГАУ. Для ДНК-диагностики лейкоза крупного рогатого скота были получены образцы крови из следующих хозяйств Орловской области: АОО ПЗ «Сергиевский» Ливенского района; АОНП «Успенское» Ливенского района; ЗАО «Березки» Орловского района; ЗАО «Куракинское МТФ» Свердловского района; ЗАО «Орловское» Ливенского района; Колхоз «50 лет октября» Ливенского района; КФК Коськина В.В. Болховского района; ОАО «Орловская Нива» СП «Сабурово»; ОАО «Орловское» по племенной работе Орловского района; ОАО «ПЗ им. А.С. Георгиевского» Ливенского района; ООО «Коротыш» Ливенского района; ООО «Урицкий агрокомплекс» Урицкого района; ОПХ «Красная звезда» Орловского района; ОПХ ВНИИЗБК «Стрелецкий» Орловского района; СХ ИНВЕСТ СП «Никольское» Ливенского района; ТВ «Речица» Ливенского района. Кровь животных отбирали из яремной вены в вакуумные стерильные пробирки с ЭДТА. Для выявления ДНК провируса лейкоза крупного рогатого скота (*bovine leukosis virus*) в биологическом материале методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с электрофоретической детекцией продуктов амплификации в агарозном геле использовали набор фирмы «ИнтерЛабСервис» (г. Москва). Амплификацию проводили на приборе MyCycler (BioRad, США).

Результаты и их обсуждение

Для контроля качества проведения анализа вместе с последовательностью ДНК провируса (в одной пробирке) проводили амплификацию эндогенного внутреннего контроля – гена α -актина КРС. Праймеры, входящие в состав набора, позволяют амплифицировать участок гена размером 294 пн (рис. 1) и тем самым выявить инфицированных животных.

Среди животных хозяйства СХ ИНВЕСТ СП «Никольское» Ливенского района методом РИД не были выявлены положительно реагирующие, а с помощью ПЦР удалось обнаружить одного носителя провирусной ДНК ЛКРС. Более того, провирусную ДНК выявили и в пробе крови, полученной от позитивного животного.

Анализируя полученные результаты по выявлению лейкоза, хотелось бы отметить следующее, 74 (25%) животных из 295 проанализированных оказа-

лись носителями провирусной ДНК ЛКРС и 221 животное (75%) не заражены вирусом (табл. 1).

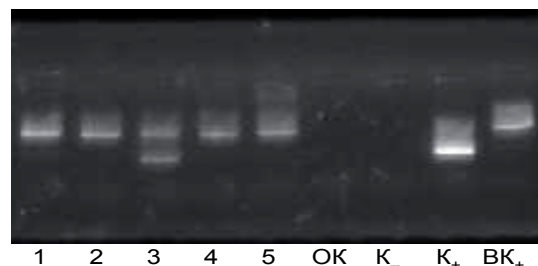


Рис. 1. Выявление провирусной ДНК лейкоза крупного рогатого скота методом ПЦР. ОК – отрицательный контроль выделения ДНК; К₋ – отрицательный контроль; К₊ – положительный контроль амплификации – 294 п.н.; ВК₊ – контроль амплификации ДНК α -актина КРС – 582 п.н.

Среди животных хозяйства СХ ИНВЕСТ СП «Никольское» Ливенского района методом РИД не были выявлены положительно реагирующие, а с помощью ПЦР удалось обнаружить одного носителя провирусной ДНК ЛКРС. Более того, провирусную ДНК выявили и в пробе крови, полученной от позитивного животного.

Анализируя полученные результаты по выявлению лейкоза, хотелось бы отметить следующее, 74 (25%) животных из 295 проанализированных оказались носителями провирусной ДНК ЛКРС и 221 животное (75%) не заражены вирусом (табл. 1).

Следует обратить внимание на то факт, что лейкоз обнаружен практически во всех хозяйствах, где объём выборки превышает 15 голов. Следовательно, вирус очень широко распространён в хозяйствах Орловской области. Поэтому наряду с профилактическими ветеринарными мероприятиями следует вести селекционную работу по усилению резистентности КРС Орловской области к лейкозу. В настоящее время разработаны методы молекулярно-генетического анализа генов главного комплекса гистосовместимости, отвечающих за иммунитет. С помощью этих анализов можно выделить животных, геном которых содержит аллели гена BoLA-DRB3, определяющие генетическую устойчивость или восприимчивость к лейкозу. Внедрение этих методов анализа в селекционную практику в Орловской области – важная перспективная задача лаборатории генетики.

Таким образом, в хозяйствах Орловской области стоит острая необходимость проведения ДНК-диагностики лейкоза и дальнейшая выбраковка больных животных. А комбинированное применение ДНК-анализа с другими методами снижает риск ложноотрицательных результатов и гарантирует быстрое и эффективное оздоровление стада.

Таблица 1.

Результаты исследования КРС Орловской области на носительство лейкоза

Хозяйство	Кол-во голов	Здоровые	Больные
ОАО «Орловское» по племенной работе, Орловский р-он	13	13	0
СХ ИНВЕСТ СП «Никольское», Ливенский р-он	22	15	7
ОПХ «Стрелецкий», Орловский р-он	64	35	29
ОПХ «Красная звезда», Орловский р-он	35	14	21
КФК Коськина В.В., Болховский р-он	40	40	0
АОНП «Успенское», Ливенский р-он	20	20	0
АОА ПЗ «Сергиевский», Ливенский р-он	20	16	4
ООО «Коротыш», Ливенский р-он	10	0	10
Колхоз «50 лет октября», Ливенский р-он	15	14	1
ОАО «ПЗ им. А.С. Георгиевского», Ливенский р-он	10	9	1
ТВ «Речица», Ливенский р-он	15	14	1
ОАО «Орловская Нива» СП «Сабурово», Орловский р-он	6	6	0
ОПХ «Стрелецкий», отд. Истомино, Орловский р-он	15	15	0
ЗАО «Березки», Орловский р-он	10	10	0
Всего	295	221	74

Библиографический список

1. Нахмансон В.М. Лейкоз крупного рогатого скота. М.: Агропромиздат, 1986. 221 с.
2. Лиманський О. П., Лиманська О. Ю. Аналіз наборів праймерів для детекції провірусної ДНК вірусу лейкозу великої рогатої худоби та вірусу імунodefіциту людини за допомогою полімеразної ланцюгової реакції [Text] / О. П. Лиманський, О. Ю. Лиманська // Біополімери і клітина. 2002. Т. 18. № 2. С.124-130.
3. Beier D., Blankenstein P., Fechner H. Possibilities and limitations for use of the polymerase chain reaction (PCR) in the diagnosis of bovine leukemia virus (BLV) infection in cattle [Text] / D. Beier, P. Blankenstein, H. Fechner // Zentralbl. Veterinarmed. B. -1992. -V. 39 (1). -P. 69-77.
4. Blankenstein P., Fechner H., Looman A., Beier A., Marguardt A., Ebner D. Polymerase chain reaction (PCR) for detection of BLV proviruses a practical complement BLV diagnostics / P. Blankenstein, H. Fechner, A. Looman, A. Beier, A. Marguardt, D. Ebner // Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr. - 1998. - V. 111. - P. 180-186.
5. Ковалюк Н.В. Современные методы диагностики лейкоза крупного рогатого скота / Н.В. Ковалюк, В.Ф. Сацук, Мачульская // Ветеринария Кубани. 2007. №1. С.11-12.

References

1. Nakhmanson V.M. Leukemia in cattle. - M. Agropromizdat, 1986. – 221p.
2. Лиманський О. П., Лиманська О. Ю. Аналіз наборів праймерів для детекції провірусної ДНК вірусу лейкозу великої рогатої худоби та вірусу імунodefіциту людини за допомогою полімеразної ланцюгової реакції [Text] / О. П. Лиманський, О. Ю. Лиманська // Біополімери і клітина. - 2002. Т. 18. - № 2 - С.124-130.
3. Beier D., Blankenstein P., Fechner H. Possibilities and limitations for use of the polymerase chain reaction (PCR) in the diagnosis of bovine leukemia virus (BLV) infection in cattle [Text] / D. Beier, P. Blankenstein, H. Fechner // Zentralbl. Veterinarmed. B. -1992. -Vol. 39 (1). -Pp. 69-77.
4. Blankenstein P., Fechner H., Looman A., Beier A., Marguardt A., Ebner D. Polymerase chain reaction (PCR) for detection of BLV proviruses a practical complement BLV diagnostics [Text] / P. Blankenstein, H. Fechner, A. Looman, A. Beier, A. Marguardt, D. Ebner // Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr. - 1998. - Vol. 111. - Pp. 180-186.
5. Kovalyuk NV Modern methods of diagnosing bovine leukemia [Text] / NV Kovalyuk, VF Satsuk, Machulskaya // Veterinary Kuban. - 2007. - № 1. - Pp.11-12.

УДК 636.084

UDC 636.084

В.С. НИКУЛЬНИКОВ

кандидат сельскохозяйственных наук, профессор
Орловского государственного университета
E-mail: vsnikul@mail.ru

Г.А. СИМОНОВ

доктор сельскохозяйственных наук, ГНУ Сахалин-
ский НИИСХ РАСХН
E-mail: Gennadiy0007@mail.ru

В.С. ЗОТЕЕВ

доктор биологических наук, профессор Самарской
государственной сельскохозяйственной академии
E-mail: vsnikul@mail.ru

V.S. NIKULNIKOV

candidate of Agricultural Sciences., professor Orel State
University
E-mail: vsnikul@mail.ru

G.A. SIMONOV

doctor of Agricultural Sciences, Institute of Sakhalin
Research Institute of Agricultural Sciences
E-mail: Gennadiy0007@mail.ru

V.S. ZOTEEV

Doctor of Biological Sciences., professor of Samara State
Agricultural Academy
E-mail: vsnikul@mail.ru

КОЖИЦЫ ТЫКВЫ В ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОМБИКОРМАХ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ*

PEEL THE PUMPKIN IN FEED STUFF GROWING IN YOUNG PIGS *

Авторы предлагают включать в полнорационные комбикорма молодняка свиней кожицы тыквы. Установлена наиболее оптимальная ежесуточная доза её в рационе поросят от 2-х до 4-х месячного возраста 5%.

Ключевые слова: рацион, кожицы тыквы, молодняк, среднесуточный прирост, сохранность поросят.

The authors propose to include in the feed stuff piglets peel the pumpkin. Established the optimal dose of the daily diet of her piglets from 2 to 4 months of age 5%.

Keywords: diet, peel pumpkin, young, average daily gain, keeping pigs.

В современном животноводстве актуальной проблемой является поиск и апробация новых дешевых и экологически безопасных биологически активных кормовых добавок, которые стимулируют продуктивность животных, положительно влияют на их здоровье, а значит, и увеличивают сохранность поголовья.

Биологически активные добавки (БАД) – природные (идентичные природным) биологически активные вещества, предназначенные для использования в рационах животных в целях увеличения продуктивности.

Их делят на нутрицевтики – БАД, обладающие пищевой ценностью, и парафармацевтики – БАД, обладающие выраженной биологической активностью [1].

Рациональное питание животных должно обеспечивать постоянный уровень аминокислот, достаточное количество энергии в виде запасов гликогена и АТФ, потребность организма в полиненасыщенных жирных кислотах, в витаминах, макро- и микроэлементах [1, 2]. Недостаток указанных компонентов в рационе можно восполнить за счёт использования биологически активных кормовых добавок. К одной из них можно отнести отходы сокового производства (кожицы тыквы). Так, по данным исследователей [1], в кожце тыквы (в 100 г продукта) содержится: β-каротин – 564,3 мг %, витамина С – 15,2 мг %,

витамина В₁₂ – 5,4 мкг %. Макро- и микроэлементов соответственно в 100 г продукта: Na – 11,25 мг %, К – 267,08 мг %, Ca – 55,55 мг %, Mg – 54,34 мг % и Fe – 6,0 мг %, Mn – 0,81 мг %, Zn – 1,05, Cu – 3,06 мг %, J – 22 мкг %. Также в ней содержатся: белки – 2,12%, липиды – 2,53%, сахара – истинная сумма их в ней 8,8%. Энергетическая ценность кожицы тыквы составляет – 91,58 ккал.

Анализ литературных данных показывает, что до настоящего времени зоотехническая наука не располагает достаточным объёмом информации о влиянии отходов сокового производства (кожицы тыквы) в рационе молодняка при выращивании на рост, развитие и сохранность поросят/

Поэтому изучение этого вопроса является актуальным.

Целью наших исследований было изучение влияния добавок разных доз кожицы тыквы в рационы молодняка свиней на их рост, развитие и сохранность.

Для этой цели был организован научно-производственный опыт в подсобном хозяйстве ОАО «Газпром» в ООО «Факел». На опыт было отобрано 36 голов молодняка свиней крупной белой породы в возрасте 2-х месяцев, из которых по принципу аналогов сформировали 3 группы. Каждая группа включала в себя 12 голов. Первая группа была контрольной,

*Статья подготовлена по результатам выполнения госзадания Орловскому государственному университету на 2012 г. (регистрационный номер 4.4544.2011)

а вторая и третья опытные.

Опыт был проведен по следующей схеме: (рис. 1).

Схема опыта

Группа	Количество голов	Условия кормления
I (контрольная)	12	Полнорационный комбикорм (ОР) без кожицы тыквы
II опытная	12	ОР + 5% кожицы тыквы
III опытная	12	ОР + 10% кожицы тыквы

Рис. 1.

Средняя живая масса молодняка при постановке на опыт в группах составляла 17,2 кг. Животные всех групп содержались в типовом свиномнике. Помещение отвечало всем зоогигиеническим параметрам. Поение поросят осуществлялось из автопоилок.

С 2-х месячного возраста поросята I контрольной группы получали полнорационный комбикорм, составленный по обычному рецепту. Животные II и III опытных групп получали тоже полнорационный комбикорм, но часть его заменяли на кожицы тыквы в количестве 5% и 10% соответственно групп. Рационы кормления молодняка свиней всех групп в период эксперимента были сбалансированы согласно детализированным нормам РАСХН [3].

Среднесуточные рационы животных за период опыта были рассчитаны на получения 450 г прироста живой массы.

Опыт продолжался в течение 2-х месяцев. Рост и развитие поросят контролировали путём взвешивания. Учёт потребления кормов животными проводили ежедневно. Рост, развитие и сохранность поросят

за опыт показаны в (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что лучшие показатели по отношению контрольной группы были во II опытной группе, где кожицы тыквы в рационе молодняка свиней составляли 5%. При снятии с опыта животные имели живую массу на 0,9 кг больше, их среднесуточный прирост был на 15 г выше, а абсолютный прирост живой массы увеличился на 3,2% по сравнению с контрольной группой.

В третьей опытной группе, где в рационе молодняка при выращивании содержалось 10% кожицы тыквы, показатели были ниже контрольной группы. Среднесуточный прирост равнялся 448 г или был на 3 г меньше, а абсолютный прирост живой массы составлял 99,2% к контролю.

Это объясняется тем, что доза в рационе молодняка свиней (кожицы тыквы) в количестве 10% привела к некоторому снижению энергетической питательности, что отрицательно повлияло на среднесуточный и абсолютный прирост живой массы выращиваемых животных.

Следует отметить, что в период опыта животные всех групп поедали корма хорошо и разницы в их потреблении не выявлено. Сохранность поголовья за время опыта составляла 100%.

Таким образом, опыты показали, что в полнорационные комбикорма молодняка свиней при выращивании с 2-х месячного возраста следует вводить 5% кожицы тыквы, что позволит лучше сбалансировать питание животных и повысить абсолютный прирост живой массы поросят на 3,2%.

Таблица 1.

Рост, развитие и сохранность поросят в целом за опыт

Показатель	Группа		
	1 (контроль)	2 опытная	3 опытная
Количество животных, голов	12	12	12
Средняя живая масса одного поросёнка при постановке на опыт, кг	17,2±0,15	17,2±0,17	17,2±0,20
Средняя живая масса одного поросёнка при снятии с опыта в возрасте 4-е месяца, кг	44,7±0,57	45,6±0,49	44,5±0,55
Абсолютный прирост, кг	27,5±0,30	28,4±0,25*	27,3±0,34
В % к контролю	100	103, 2	99,2
Среднесуточный прирост, г	451	466	448
Сохранность поросят, %	100	100	100

*-разница достоверна при (P<0,05).

Библиографический список

1. Салманов М.М., Ибригова Т.А., Мусаева Н.М. Пищевая ценность БАД из дикорастущих ягод и отходов сокового производства // Современные проблемы и перспективы развития животноводства и аквакультуры / Материалы Международной научно-практической конференции, Махачкала. 2012. С. 108-116.
2. Венедиктов А.М., Дуборезова Т.А., Симонов Г.А., Козловский С.Б. Кормовые добавки: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1992. 192с.
3. Калашиников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М.: 2003. 456с.
4. Симонов Г.А., Никульников В.С., Зотеев В.С. Влияние структуры рациона на продуктивность бычков при откорме на свежей зерновой барде. Орел, Сб. «Ученые записки» ОГУ, 2012, № 6. С.392-394.

References

1. *Salmanov M.M., Isrigova T.A., Musayev N.M.* Nutritional value of dietary supplements of wild berries and juice production waste //Modern problems and prospects of the development of livestock and aquaculture / International scientific and practical conference, Makhachkala. - 2012. 108-116.
2. *Venediktov AM, Duborezova T.A, Simonov G.A., Kozlovsky S.B.* Feed Additives: Handbook. 2nd ed., rev. and add. M.: Agropromizdat, 1992. 192.
3. *Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. etc.* The rules and the diet of farm animals. M.: 2003. 456.
4. *Simonov G.A., Nikulnikov V.S., Zoteev V.S.* Influence of the structure of the diet on productivity in breeding bulls onresh corn bard. - Orel, Cb. "Science records" OGU, 2012, № 6. 392-394.

УДК 581.192:577.151.63

UDC 581.192:577.151.63

Н.Е. ПАВЛОВСКАЯ

доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой биотехнологии Орловского государственного аграрного университета

И.В. ГОРЬКОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии Орловского государственного аграрного университета

И.Н. ГАГАРИНА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии Орловского государственного аграрного университета

Е.Г. ПРУДНИКОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета

А.Ю. ГАВРИЛОВА

кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биотехнологии Орловского государственного аграрного университета
E-mail: anechkag@bk.ru

N.E. PAVLOVSKAYA

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Biotechnology chair of Orel State Agrarian University

I.V. GORKOVA

Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor of Biotechnology chair of Biotechnology chair of Orel State Agrarian University

I.N. GAGARINA

Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor of Biotechnology chair of Biotechnology chair of Orel State Agrarian University

E.G. PRUDNIKOVA

Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor of Biotechnology chair of Biotechnology chair of Orel State Agrarian University

A. YU. GAVRILOVA

Candidate of Biological Sciences, senior lecturer chairs of biotechnology of Biotechnology chair of Orel State Agrarian University"
E-mail: anechkag@bk.ru

АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА РАСТЕНИЙ ГРЕЧИХИ ПОД ВЛИЯНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

ANTIOXIDANT SYSTEM PLANT BUCKWHEAT UNDER THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL SUBSTANCES

Изучено влияние обработки семян гречихи биологическими препаратами на ростовые процессы проростков гречихи посевной *Fagopyrum esculentum* Moench и работа антиоксидантной системы, выполняющей первостепенное значение в формировании адаптивного потенциала растительного организма. Установлено, что наиболее эффективным является экстракт биогуруса и ингибиторы фасоли. Воздействие этих биологических препаратов при замачивании семян гречихи показало активацию антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы, пероксидазы и снижение каталазной активности, что указывает на высокую жизнеспособность растений.

Ключевые слова: гречиха посевная, антиоксидантные ферменты, биогурус, лектины, ингибиторы фасоли.

*The effect of processing buckwheat seed biological agents on the growth processes of sprouts buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench and work antioxidant system performing paramount importance in shaping the adaptive capacity of the plant organism was studied. Found that the most effective is the extract of vermicompost and inhibitors of beans. The impact of these biological products for soaking buckwheat seeds showed activation of antioxidant enzymes superoxide dismutase, peroxidase and catalase activity decrease, indicating a high viability of plants.*

Keywords: buckwheat, antioxidant enzymes, vermicompost, lectins, inhibitors of beans.

Жизнеспособность организмов поддерживается за счет высокой активности антиоксидантной системы, в составе которой низко- и высокомолекулярные антиоксиданты. Роль антиоксидантов сводится к тому, что в низких концентрациях они способны инициировать свободнорадикальные процессы, проявляя при этом прооксидантные свойства, тогда как при избытке они подавляют образование свободных радикалов в живых организмах, проявляя антиоксидантные свойства[1].

Антиоксиданты могут эффективно контролировать рост и развитие растений, отодвигая запрограммированную гибель клеток. Природные фенольные соединения, входящие в состав растения, играют защитную роль при кислородном стрессе и уменьшают обусловленный им риск преждевременной гибели клеток. Аналогичную роль в растении выполняют и другие антиоксиданты, в том числе флавоны, каротиноиды и прочие.

Антиоксиданты действуют как ловушки для свободных радикалов. Отдавая электрон свободному радикалу, антиоксиданты останавливают цепную реакцию, действуя как буфер для электронов. Правильная регуляция этого баланса помогает организму расти, вырабатывать энергию, бороться с инфекцией и детоксифицировать химические и загрязняющие вещества. Исследования показали, что антиоксиданты помогают организму снижать уровень повреждения тканей, ускорять процесс выздоровления и противостоять инфекциям[2].

Важную роль в формировании иммунитета у растений играют такие ферменты, как каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза, которые в целом и составляют антиоксидантную систему растений.

Динамика активности каталазы показывает состояние метаболизма. При высоких показателях активности фермента можно судить о нарушениях обменных процессов, выражающихся в накоплении агрессивных для растений активных форм кислорода.

Пероксидаза является окислительно-восстановительным ферментом, контролирующим уровень перекиси водорода и низкомолекулярных антиоксидантов в клетках растений. В свою очередь, низкомолекулярные антиоксиданты регулируют активность пероксидазы, осуществляя таким образом общий контроль над деятельностью системы антиоксидантной защиты, которая плавно отключается в период индукции апоптоза за счет перекисной деструкции низкомолекулярных антиоксидантов и снижения активности пероксидазы после прохождения через максимум активности.

В условиях нормального обмена супероксиддисмутаза поддерживают стационарную концентрацию супероксидных радикалов на определенном уровне, защищая тем самым клеточные структуры от повреждающего действия как самих радикалов кислорода, так и от появления гидроксильных радикалов, которые могут образовываться из кислорода и H_2O_2 .

В этой связи целью данной работы является из-

учение влияния биологически активных веществ на рост и развитие гречихи.

Объект и методы исследования

Объектом исследования служила гречиха посевная *Fagopyrum esculentum* Moench сорта «Девятка». Активность пероксидазы, каталазы и супероксиддисмутаза (СОД) определяли колориметрическим методом. Остальные показатели титриметрическим методом анализа [3].

Результаты и обсуждения

Семена гречихи замачивали в биологических препаратах. Варианты обработки: 1 – вода (контроль); 2 – Эпин; 3 – экстракт биогумуса 1:10; 4 – экстракт биогумуса 1:100; 5 – экстракт биогумуса 1:1000; 6 – лектины фасоли 1:100; 7 – лектины фасоли 1:1; 8 – ингибиторы фасоли 1:100; 9 – ингибиторы фасоли 1:1.

По мере развития растений гречихи происходит количественное увеличение пероксидазы, на пятые сутки наблюдается пик активности. При этом наиболее высокая активность пероксидазы отмечена при обработке растворами № 3,8 (рис.1).

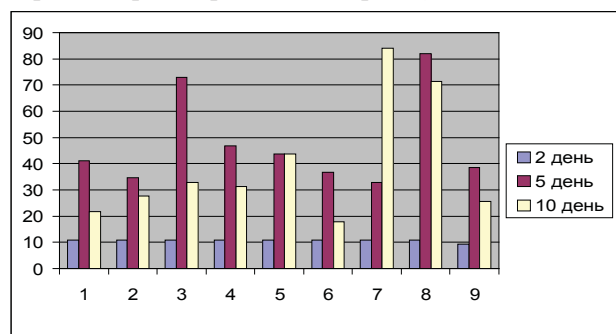


Рис. 1. Активность пероксидазы в проростках гречихи в зависимости от обработки биологическими препаратами.

Усиление активности фермента под действием растворов №3 и 8 объясняется прежде всего тем, что пероксидаза содержит в своей молекуле тот же самый компонент, что и в биологическом препарате в необходимой концентрации.

Как видно из полученных результатов, экстракт биогумуса и ингибиторы фасоли являются регуляторами ферментативных процессов.

На рисунке 2 изображена активность СОД в проростках гречихи. Как видно из полученных данных, ни один из препаратов не оказывает положительного влияния на активность СОД растений в сравнении с контролем. Лучшим активатором является экстракт биогумуса 1:100 и лектины фасоли 1:100.

Графики рисунка 3 показывают тенденцию уменьшения активности каталазы по мере роста проростков во всех вариантах.

Интересно отметить, что подавление деятельности каталазы приводит к ослаблению реакции расщепления перекиси водорода, а, следовательно, и к нарушению обмена веществ, что является тревожным сигналом для растения. В связи с этим начинаются процессы активации иммунной системы растений, и растение становится менее восприим-

чивым к различным неблагоприятным факторам окружающей среды, т.е. усиливается устойчивость к биоте.

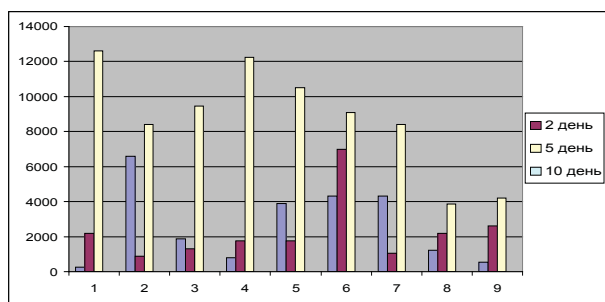


Рис. 2. Активность СОД в проростках гречихи.

Наиболее «стрессовым» в этом отношении служит экстракт биогумуса 1:1000.

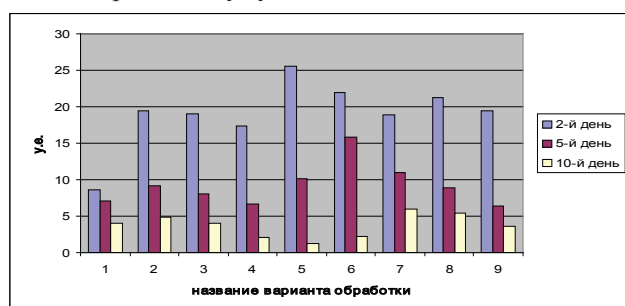


Рис. 3. Активность каталазы в проростках гречихи.

В растениях во время прорастания и роста происходит интенсивный синтез витамина Е, особенно при прорастании семян на свету (рис.4).

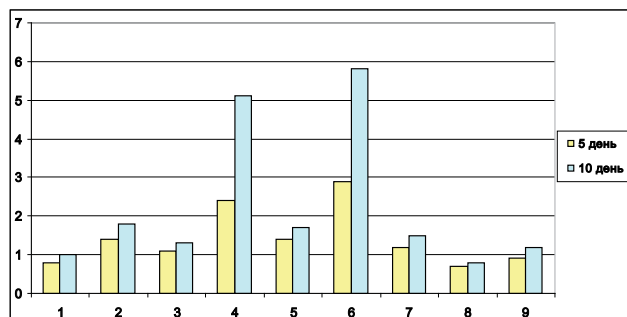


Рис. 4. Содержание витамина Е в проростках гречихи.

Замачивание семян в экстракте биогумуса и лек-

тинах фасоли уже к 5-м суткам приводит к увеличению токоферола в 3-4 раза, а к 10 суткам в 6-8 раз в сравнении с контролем. Это дает возможность растению не только усиливать свою антиоксидантную систему, но и открывает перспективы выделения токоферолов из проростков.

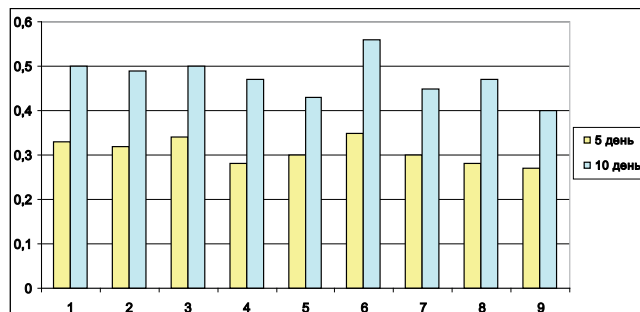


Рис. 5. Содержание витамина С в проростках гречихи.

Проведенное исследование показало, что содержание витамина С не зависит от варианта обработки и колеблется в проростках гречихи (5 день) в пределах от 0,28-0,35% (рис.5). К 10 суткам отмечено увеличение аскорбиновой кислоты во всех образцах в 1,4-1,7 раз.

Выводы

1. Активность ферментов проростков гречихи в сильной степени зависит от содержания в реакционной среде (воде для набухания семян) различных дополнительных веществ – природных активаторов, которые усиливают каталитическую активность пероксидазы и СОД и ингибиторов, которые угнетают деятельность каталазы в оптимальном соотношении для усиления антиоксидантной системы растений.

2. Из исследуемых препаратов наиболее эффективным является экстракт биогумуса и ингибиторы фасоли. Воздействие этих биологических препаратов при замачивании семян гречихи показало активацию антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы, пероксидазы и снижение каталазной активности, что указывает на высокую жизнеспособность растений.

3. Предварительная обработка семян в экстракте биогумуса 1:100 и лектинах фасоли 1:100 увеличивает синтез токоферола.

Библиографический список

1. Антиоксидантная система у пшеницы и гороха в норме и патологии (при апоптозе, некрозе, диагностике). Монография. Павловская Н.Е., Гринблат А.И., Гагарина А.Ю., Гагарина И.Н., Горькова И.В., Козьявина К.Н. Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2012. 108с.
2. Акимов Г.П., Соколова М.Г., Нечаева Л.В. Изменение активности и каталитических свойств пероксидазы корней гороха на начальных этапах инфицирования *Rhizobium leguminosarum* // Агрохимия. 2004. № 1. С.86-90.
3. Методы биохимических исследований растений. Под ред А.И. Ермакова. Л: Агропромиздат, 1987. 430с.

References

1. Antioxidant system in wheat and peas in health and disease (in apoptosis, necrosis, diagnosis). Monograph / Pavlovskaya N.E., Grinblat A.I., Gagarin A., Gagarina I.N., Gorkova I.V., Kozyavin K.N. - Orel Publishing House of the Orel GAU, 2012. - 108.2.
2. Akimov G.P., Sokolova M.G., Nechayev L.V. Changes in the activity of peroxidase and catalytic properties of pea roots in the early stages of infection with *Rhizobium leguminosarum* // Agrohimiya. 2004. № 1. p.86-90.3.
3. Methods of biochemical studies of plants. Edited by A. Ermakova. L: Agropromizdat, 1987-430p.

УДК 577.13:581.192+577.151:635.656

UDC 577.13:581.192+577.151:635.656

Е.Г. ПРУДНИКОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета

E-mail: elena-prudnikova00@rambler.ru

Н.Л. ХИЛКОВА

кандидат химических наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета

E-mail: hilkova59@rambler.ru

E.G. PRUDNIKOVA

Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor chairs chemistry of Orel State Agrarian University
E-mail: elena-prudnikova00@rambler.ru

N.L. KHILKOVA

Candidate of Chemical Sciences, assistant professor chairs chemistry of Orel State Agrarian University
E-mail: hilkova59@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ БИОФЛАВОНОИДОВ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРОХА

EFFECT OF BIOFLAVONOIDS ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES OF THE PEA

*Изучено физиолого-биохимическое влияние биофлавоноидов, выделенных из крапивы двудомной, смородины черной, шелухи лука репчатого, кожуры картофеля на растения гороха *Pisum sativum* L. Показано положительное действие биофлавоноидов на рост и урожайность гороха, усиление работы антиоксидантной системы и снижение интенсивности перекисного окисления липидов клеточных мембран.*

Ключевые слова: биофлавоноиды, физиолого-биохимические показатели, растения гороха, урожайность.

*The physiological and biochemical effects of bioflavonoids, isolated from nettle, black currants, peel onions, peel potatoes, on pea plants *Pisum sativum* L. was studied. The positive effects of bioflavonoids on the growth and yield of peas, strengthening of the antioxidant system and decrease lipid peroxidation of cell membranes was shown.*

Keywords: bioflavonoids, physiologic biochemical characteristics, pea plants, productivity.

В настоящее время возрастающую тревогу вызывает проблема охраны окружающей среды в связи с широкой химизацией сельского хозяйства. Применение агрохимикатов приводит к нежелательным последствиям и неблагоприятно влияет на окружающую среду.

Химические средства, применяемые в сельскохозяйственном производстве, наносят ущерб в различных областях экологии, главным образом потому, что постоянно поступают в окружающую среду в больших количествах. При внесении в количествах, превышающих оптимальные дозы, установленные с учетом вида растений и свойств почвы, большая часть химических средств защиты растений поступает в водоемы, почву, атмосферу [1]. Действие агрохимикатов на природу, как и действие любых других загрязняющих веществ, в конечном счете, через пищевую цепь достигает человека, оказывая на него отрицательное влияние [2].

Именно по этим причинам большое внимание уделяется внедрению экологизированных систем защиты растений, которые позволяют значительно снизить экологическую нагрузку в агроценозах, оздоровить окружающую среду, получить значительный урожай высокого качества, заметно улучшить экономические показатели растениеводства. Важным звеном в экологизированной системе защиты растений и перспективным способом защиты является биологический метод, а именно применение

биологических препаратов и физиологически активных веществ.

Цель исследования

Цель исследования заключается в изучении ростостимулирующих и защитных свойств биофлавоноидов, выделенных из шелухи лука, кожуры картофеля, листьев крапивы и смородины при их действии на горох сорта Мадонна.

Материал и методы исследования

Объектом исследования служили семена гороха (*Pisum sativum* L.) сорта Мадонна, а также биофлавоноиды, выделенные из растений крапивы двудомной, смородины черной, шелухи лука репчатого, кожуры картофеля. Для решения цели исследования были поставлены лабораторные опыты. Семена гороха замачивали в течение 4 часов в экстракте изучаемых биофлавоноидов в концентрации 10^{-7} М. Согласно литературным данным [3-5], такая степень разведения индуцирует в растениях полигенную устойчивость.

Контрольные семена замачивали в дистиллированной воде (4 часа). Дальнейшее проращивание семян гороха производили в водной культуре на питательной смеси Кнопа (по 100 семян на растильню). Оценку влияния биофлавоноидов на ростовые процессы гороха производили визуально и путем измерения размеров корней и наземной части проростков.

Активность пероксидазы определяли методом

Бояркина. Метод основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении бензидина за определенный промежуток времени. Содержание малонового диальдегида (МДА) исследовали на основе реакции взаимодействия этого соединения с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Анализ активности окислительных ферментов и биометрические показатели проводили с 5 по 15 сутки онтогенеза. Опыты проводили в четырехкратной повторности.

Статистический анализ экспериментальных данных проводили на IBM PC с помощью программ MS EXCEL.

Результаты исследования и их обсуждение

Наблюдение за ростом проростков гороха показало усиление ростовых процессов растений при обработке биофлавоноидами, выделенных из кожуры картофеля и листьев смородины (рис.1). Это проявилось в усиленном росте как надземной части проростков, так и корневой системы.

Растения гороха, семена которых были обработаны биофлавоноидами из кожуры картофеля, и контрольные растения развивались одинаково. При этом они отставали в росте наземной части и корневой системы от описанных выше вариантов. В варианте с биофлавоноидами из шелухи лука наблюдали ингибирование роста и массы проростков на протяжении 15 дней.

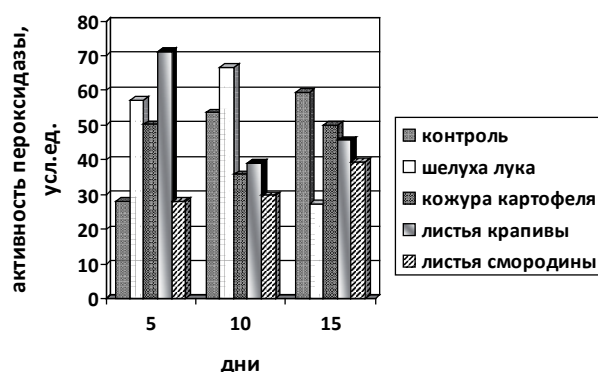


Рис. 2. Активность пероксидазы через 5-15 сутки после обработки семян гороха биофлавоноидами.

Исследование интенсивности работы антиоксидантного фермента пероксидазы через 5 дней после обработки семян гороха биофлавоноидами показало увеличение ее активности в 1,79-2,54 раза. Вместе с тем, в растениях, семена которых были обработаны биофлавоноидами из листьев смородины, активность пероксидазы была на уровне контроля, а незначительное ее увеличение отмечалось только на 15 день наблюдения (рис.2).

На 10 сутки активность пероксидазы в вариантах с кожурой картофеля и листьями крапивы по сравнению с пятью сутками значительно уменьшилась (в 1,4-1,8 раза). Напротив, в контроле и в варианте с шелухой лука отмечено увеличение активности фермента в 1,9 и 1,16 раза соответственно.

Исследование интенсивности работы антиоксидантного фермента пероксидазы через 15 дней после обработки показало увеличение ее активности во всех вариантах в 1,1-1,39 раза, кроме варианта с шелухой лука, где заметно уменьшение (в 2,4 раза) по сравнению с 10 днем. Предполагаем, что в вариантах с кожурой картофеля и листьями крапивы проявляется кратковременный стимулирующий эффект действия биофлавоноидов.

При этом на фоне увеличения пероксидантной активности отмечалось и незначительное развитие свободно-радикальных процессов, в частности, перекисное окисление мембранных липидов (ПОЛ). Об интенсивности ПОЛ судили по конечному продукту перекисидации – малоному диальдегиду (МДА). На протяжении 15 дней в контроле и в варианте с шелухой лука происходило снижение содержания МДА в 6,6 и 3,8 раза соответственно (рис.3). Некоторое увеличение МДА в варианте с использованием биофлавоноидов из кожуры картофеля, листьев крапивы и смородины в первые 10 дней, по-видимому, связано с усилением интенсивности физиолого-биохимических процессов: дыхания, фотосинтеза, роста. На 15 сутки в этих вариантах происходит уменьшение содержания МДА в 2,8 - 4,9 раз.

Результаты полевых исследований показали, что в вариантах с кожурой картофеля, листьями крапивы и смородины произошло увеличение количества бобов на растении и количества семян на одном рас-



Рис. 1. Влияние биофлавоноидов (1 – контроль; 2 – листьев крапивы, 3 – шелухи лука, 4 – листьев смородины, 5 – кожуры картофеля) на ростовые показатели 10-и и 15-идневных растений гороха.

тении в 1,2 - 1,5 раза. В связи с этим в указанных вариантах урожайность гороха сорта Мадонна на темно-серой лесной почве превысила контроль на 1,04-1,2 ц/га.

В варианте с шелухой лука наблюдалась низкая урожайность, уменьшение количества и веса семян на одном растении в 1,8-2 раза. Ингибирующее действие биофлавоноидов шелухи лука подтверждено и в полевых условиях.

Таким образом, в результате исследования показано положительное действие биофлавоноидов, выделенных из кожуры картофеля, листьев крапивы и смородины, на физиолого-биохимические показатели растений гороха.

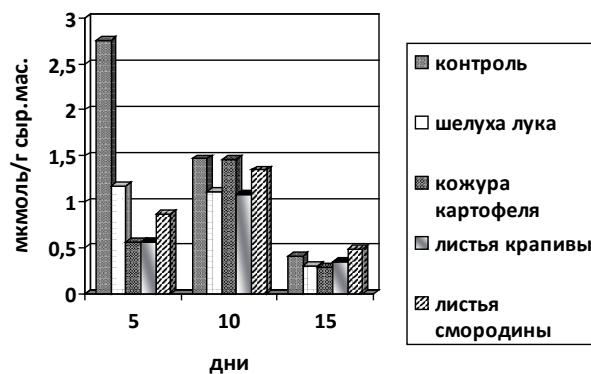


Рис. 3. Содержание малонового диальдегида через 5-15 сутки после обработки биофлавоноидами.

Библиографический список

1. Лозановская И.Н. и др. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 1998.
2. Курдюсов В.В. Последствия пестицидов на растительные и животные организмы. М.: Колос, 1982.
3. Карнаухова Т.В., Шкаликов В.А. Фитосанитарное и физиологическое состояние растений пшеницы при использовании защитных средств различной природы // Изв. ТСХА. 2004. Вып. 3. С. 17-85.
4. Максимов И.В., Черепанова Е.А., Сурина О.Б., Сахабутдинова А.Р. Влияние салициловой кислоты на активность пероксидазы в совместных культурах каллусов пшеницы с возбудителем твердой головни *Tilletia caries* // Физиология растений. 2004. Т.51. №4. С. 534-540.
5. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и её регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.

References

1. Lozanovskii I.N. etc. Ecology and conservation of the biosphere by chemical pollution. M.: Higher School, 1998.
2. Kurdyusov V.V. The consequences of pesticides on plants and animals. Moscow: Kolos, 1982.
3. Karnauhova T.V., Shkalikov V.A. Phytosanitary and physiological condition of the wheat plants by using protective devices of different nature // Proceedings of the TSHA. 2004. MY. 3. Pp. 17-85.
4. Maksimov I.V., Cherepanov E.A., Surina O.B., Sahabutdinova A.R. Effect of salicylic acid on peroxidase activity in co-cultures of wheat calluses with a bunt pathogen *Tilletia caries* // Plant Physiology. 2004. Vol.51. Number 4. Pp. 534-540.
5. Shakirov F.M. The non-specific resistance of plants to stress factors and its regulation. Ufa: Guillem, 2001. 160p.

УДК 616.8

UDC 616.8

Н.А. АЛЕКСАНДРОВАаспирант кафедры психиатрии и нервных болезней
Орловского государственного университета**М.А. ЕВЗЕЛЬМАН**

доктор медицинских наук, профессор кафедры психиатрии и нервных болезней Орловского государственного университета

N.A. ALEKSANDROVA

graduate student of chair of psychiatry and nervous diseases, Orel state university

M.A. EVZELMAN

doctor of medical sciences, professor of chair psychiatry and nervous diseases, Orel state university

НЕЙРОПРОТЕКЦИЯ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ КОГНИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ**NEUROPROTECTION OF POSTINSULT COGNITIVE DISORDERS**

Проблема реабилитации после церебрального инсульта продолжает оставаться актуальной. Восстановление и стабилизация когнитивного статуса возможна при ранней диагностике и своевременном лечении нейропротективными препаратами. Исследование показало, что применение низкодозированного препарата Кортексин в остром, раннем восстановительном и позднем восстановительном периодах ишемического инсульта способствует более быстрой положительной динамике в двигательной и когнитивной сферах пациентов.

Ключевые слова: постинсультные когнитивные нарушения, когнитивный статус, нейропротекция, кортексин.

The rehabilitation problem after a cerebral stroke continues to remain urgent. Restoration and stabilization of the cognitive status is possible at early diagnostics and timely treatment by neuroprotective preparations. The research showed that application of the low-dosed preparation of Korteksin in sharp, early recovery and late recovery the periods of an ischemic stroke promotes faster positive dynamics in motive and cognitive spheres of patients.

Keywords: post-stroke cognitive disorders, cognitive status, neuroprotection, korteksin.

Сосудистые заболевания головного мозга – актуальная медицинская и социальная проблема. Церебральный инсульт продолжает оставаться одной из главных проблем в России, занимая лидирующие позиции по инвалидизации и смертности преимущественно трудоспособного населения. Чаще всего встречается ишемический инсульт (ИИ) среди других типов острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК)[1].

После перенесенной сосудистой катастрофы (ОНМК) наблюдаются различные остаточные явления примерно у 2/3 больных (не только двигательные дефекты). Примерно у 50% пациентов выявляются когнитивные нарушения, что в ряде случаев приводит к социально-бытовой дезадаптации даже в отсутствие значительных двигательных нарушений. Проблема дисфункции высших психических сфер у больных с ОНМК является одной из ведущих в плане последующих реабилитационных мероприятий [2].

Под постинсультными когнитивными нарушениями (ПИКН) понимают любые когнитивные расстройства, имеющие временную связь с инсультом, т.е. выявляются в первые 3 мес. после инсульта (ранние ПИКН) или в более поздние сроки, но обычно не позднее 1 года после инсульта (поздние ПИКН). Чем позднее после инсульта выявляются когнитивные

нарушения, тем проблематичнее их прямая связь с инсультом. Чаще всего встречаются легкие и умеренные когнитивные нарушения, ранняя диагностика и соответствующие лечебные мероприятия которых способствуют регрессу и стабилизации когнитивного дефицита [3].

Большое значение в медикаментозной терапии у больных, перенесших инсульт, отводится нейропротекции. Особый интерес представляют нейропептиды в силу своей высокой эффективности при условии их малой концентрации в организме [6,10]. Наиболее безопасными и эффективными в остром периоде инсульта в нашей стране являются нейропептидные нейропротективные препараты семакс, церебролизин, кортексин [4].

Цель исследования – выявить наличие когнитивных нарушений (КН) у пациентов в острой фазе ишемического инсульта (ИИ), рассмотреть развитие КН в динамике на протяжении 3, 6, 9 месяцев у лиц, перенесших инсульт впервые, изучить эффективность низкодозированного применения препарата кортексин у больных с ИИ.

Материалы и методы исследования

Наблюдали 80 человек. Диагноз ишемический инсульт ставили на основании данных анамнеза,

*Исследование проведено при финансовой поддержке благотворительного фонда «Молодой Гиппократ».

клиники, неврологического статуса, нейровизуализации (КТ). Пациенты путем случайной выборки распределялись в 2 группы: 1 группа – основная (40 чел.) в острый период инсульта получала базисную терапию и кортексин в дозе 10 мг в/м 1р/д № 10, в последующем единственным нейропротективным препаратом был кортексин, который получали в течение года (через 3, 6, 9 месяцев по 10мг 1 р/д в/м) и 2 группа – группа контроля (40 чел.) базисную терапию совместно с другими нейропротективными и сосудистыми препаратами, наблюдались в том же порядке по шкалам. Всем больным проводили исследования соматического и неврологического статуса (шкала NIHSS, Рэнкина, Оргогозо, Бартел, Оригинальная шкала Е.И. Гусева и В.И.Скворцовой, опросник депрессии Бека) на 1-7-е сутки, далее через 3, 6, 9 месяцев, а нейропсихологического (MMSE, батарея лобной дисфункции, тест рисования часов, тест запоминания 10 слов, Моса-тест, таблица Шульте) на 7-е сутки и далее в том же порядке. На протяжении всего исследования проводился контроль витальных функций (АД, ЭКГ, Т) и лабораторных показателей (гемоглобин, количество эритроцитов, креатинин, билирубин, глюкоза, печеночные трансаминазы, белок, коагулограмма) для оценки нежелательных явлений и побочных эффектов.

Результаты

Оценка неврологического дефицита по шкале NIHSS пациентов как контрольной, так и основной группы показала наличие статистически значимой динамики в обеих группах. У лиц с умеренным и выраженным неврологическим статусом (более 4 баллов на первые 7 дней) достаточно четко прослеживается наличие статистически значимых различий между основной и контрольной группами.

В своем исследовании Л.В. Стаховская [5] также выявляет статистически значимые различия между группами в степени регресса дефицита у лиц именно с умеренным и выраженным неврологическим статусом (в ее исследовании умеренный и выраженный неврологический дефицит по шкале NIHSS оценивался в 8 и более баллов, а среднее значение $\pm$ стандартное отклонение по $7,03 \pm 3,63$ и $7,94 \pm 4,58$ в первой и третьей группах, в настоящем исследовании средний балл по NIHSS $3,28 \pm 2,09$ и $3,48 \pm 2,67$ на визите 0 в основной и контрольной группах соответственно). В связи с небольшим процентом участия в исследовании лиц, неврологический статус которых имеет умеренный и выраженный характер, значения исследуемых совокупностей по шкале NIHSS можно охарактеризовать как однородные, и, как следствие, найденные различия получились статистически незначимыми в общей совокупности выборок. Однако статистическая значимость достаточно четко проявляется при группировке выборочных совокупностей по признаку выраженности неврологического дефицита.

Одним из наиболее эффективных по выявлению когнитивных нарушений является тест МОСА (Монреальская шкала оценки когнитивных функций)

[6]. Тест достаточно чувствителен к диагностике легких и умеренных когнитивных нарушений, которые преобладали у пациентов двух исследуемых выборок. Динамика доли пациентов с нарушением когнитивных функций представлена на рис. 2, динамика восстановления когнитивного статуса на рис. 3.

Анализ динамики когнитивного статуса показывает (рис.1), что имеется четко выраженный регресс когнитивных нарушений в основной группе по сравнению с группой контроля. Наиболее он проявляет себя в ранний восстановительный период, в поздний восстановительный период происходит стабилизация когнитивного статуса. В контрольной же группе регресса когнитивных нарушений не наблюдается, более того имеется небольшой регресс когнитивного статуса, начиная со 2-го визита.

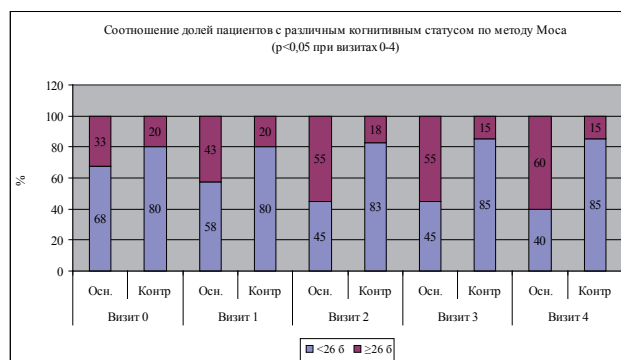


Рис.1. Динамика когнитивного статуса у пациентов основной и контрольной групп по МОСА-тесту.

Имеется выраженная положительная динамика по тесту заучивания 10 слов среди лиц основной группы, что свидетельствует об улучшении мнестической функции, преимущественно долговременной памяти (рис. 2); влияние на зрительную память, что можно связать с улучшением взаимосвязи лобно-теменных долей с подкорковыми образованиями[9,11].

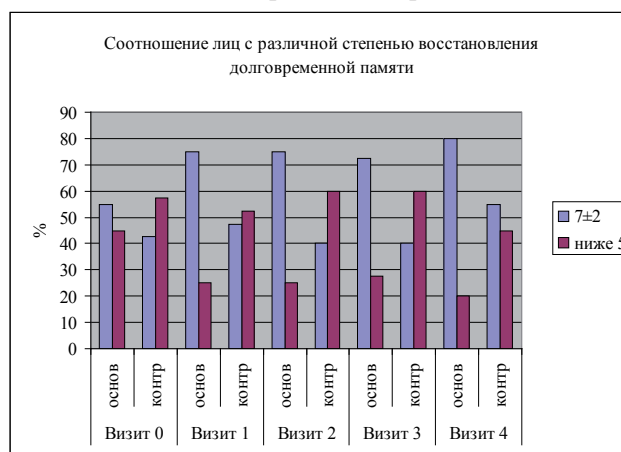


Рис.2. Степень восстановления долговременной памяти статуса у пациентов основной и контрольной групп (тест 10 слов).

Вышеизложенное подчеркивает эффективное воздействие препарата кортексин на двигательную и когнитивную сферы у больных, перенесших ОНМК, что связано с положительным влиянием на нейродинамические процессы головного мозга и регуляторные когнитивные функции.

Выводы

1. На фоне применения низкодозированного препарата Кортексин в терапии ОНМК (10мг в/м 1р/д №10) отмечается регресс неврологической симптоматики, который происходит интенсивней в ранний восстановительный период, восстановление повседневной функциональной активности.
2. Препарат оказывает более выраженный и быстрый положительный эффект на динамику когнитивных функций (Моса-тест) (улучшение мнестических функций, восстановление когнитивного статуса и стабилизация когнитивных функций).
3. Длительное применение препарата по схеме

(десятидневные курсы введения препарата каждые 3 месяца в течение года от момента сосудистой катастрофы) в течение раннего и позднего восстановительного периода ИИ способствует удовлетворительному и стойкому восстановлению неврологических функций, повседневной активности пациентов, стабилизации когнитивного статуса.

4. Полученные данные позволяют расширить применение отечественного нейропротективного препарата Кортексин в условиях стационара и поликлиники для лечения пациентов с ОНМК и коррекции когнитивных нарушений.

Библиографический список

1. Сковрцова В.И., Евзельман М.А. Ишемический инсульт. Орел 2006 .
2. Путилина М., Солдатов М. Церебральные инсульты в старческом возрасте: особенности клинической картины, течение, лечение.// Международный неврологический журнал 3(7) 2006. [Электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа: http://www.mif-ua.com/archive/article_print/2529.
3. Левин О.С., Дударова М.А., Усольцева Н.И. Диагностика и лечение постинсультных когнитивных нарушений.// CONSILIUM MEDICUM № 2, Том 12, 2010. С.5.
4. Сковрцова В.И., Петрова Е.А. Развитие нейропротекторных стратегий в лечении острого ишемического инсульта. 2007. [Электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа: http://www.rlsnet.ru/articles_440.htm.
5. Стаховская Л.В., Дьяконов М.М., Кетлинская О.С., Степанчук Ю.Б., Шамалов Н.А. Доказательная база низкодозированной нейропротекции при острых нарушениях мозгового кровообращения: результаты мультицентрового исследования. // МЕДЛАЙН-ЭКСПРЕСС, 2012. № 2 (210). С.43-48.
6. Скоромец А.А., Стаховская Л.В., Белкин А.А., Сковрцова В.И. и др. Кортексин: новые возможности в лечении ишемического инсульта. // Нейропротекция при острой и хронической недостаточности мозгового кровообращения. Сп-б.: Наука, 2007. С.7-17.
7. Захаров В.В. Нейропсихологические тесты. Необходимость и возможность применения.//CONSILIUM MEDICUM, Т. 13, № 2, С. 82-90.
8. Батышева Т.Т., Костенко Е.В., Зайцев К.А., Бойко А.Н. Нейропротекторы в комплексной терапии больных с хронической недостаточностью мозгового кровообращения в условиях кабинета клинической нейропсихологии ЦАО Москвы. Русский медицинский журнал, 2009. Т. 17. №11(350). С. 784-788.
9. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга // М.: МГУ, 1969. 504 с.
10. Шабанов П.Д. Фармакология пептидных препаратов. Медицинский академический журнал, 2008. Т. 8. №4. С. 3-24.
11. Скоромец А.А., Стаховская Л.В., Белкин А.А., Шеховцова К.В. и соавт. Кортексин: новые возможности в лечении ишемического инсульта. Нейропротекция при острой и хронической недостаточности мозгового кровообращения, 2007. С. 7-16.

References

1. Skvortsova V. I. Evzelman M. A. Ischemic stroke. Orel. 2006.
2. Putilina M., Soldatov M. Cerebral strokes at senile age: features of a clinical picture, current, лечение.// International neurologic magazine 3(7) 2006. [Electronic resource]: [site]. Access mode: http://www.mif-ua.com/archive/article_print/2529.
3. Levin O. S., Dudarova M. A. Usoltsev N. I. Diagnostics and treatment postinsultny cognitive нарушений.// CONSILIUM MEDICUM No. 2, Vol.12, 2010. p. 5.
4. Skvortsova V. I. Petrov E.A. Development of neurotyre-tread strategy in treatment of an acute ischemic stroke. 2007 [Electronic resource]: [site]. Access mode: http://www.rlsnet.ru/articles_440.htm.
5. Stakhovsky L.V. deacons of M.M., Ketlinsky O.C., Stepanchuk Yu.B. Shamalov N. A. Evidential base of the low-dosed neuropatronage at sharp violations of brain blood circulation: results of multitsentrvy research. // MEDLAYN-EKSPRESS, 2012.-№ 2 (210). Pp. 43-48.
6. Skoromets A.A. Stakhovsky L.V. Belkin A.A. Skvortsova V.I. etc. Korteksin: new opportunities in treatment of an ischemic stroke. // Neuropatronage at sharp and chronic insufficiency of brain blood circulation. SPb. : Science, 2007. Pp. 7-17.
7. Zakharov V. V. Neuropsychological tests. Need and opportunity применения.//CONSILIUM MEDICUM, Tom No. 13, No. 2, pp. 82-90.
8. Batysheva T.T. Kostenko E.V. hares of K.A. quickly A.N.Neyroprotektory in complex therapy of patients with

chronic insufficiency of brain blood circulation in the conditions of an office of a clinical neuropsychology of TsAO of Moscow. The Russian medical magazine, 2009. Vol. 17. No. 11(350). Pp. 784-788 .

9. Luriya A. R. The highest cortical functions of the person and their violation at local defeats of a brain/M: Moscow State University publishing house, 1969. 504 pages.

10. Shabanov P. D. Pharmacology of peptide preparations. The medical academic magazine, 2008. Vol. 8. No. 4. Pp. 3-24 .
Skoromets A.A. Stakhovsky L.V. Belkin A.A. Shekhovtsova K.V. and соавт. Korteksin: new opportunities in treatment of an ischemic stroke. Neuropatronage at sharp and chronic insufficiency of brain blood circulation, 2007 Pp. 7-16 .

УДК 616.37-002.1-08

А.В. АЛЕХНОВИЧ

кандидат медицинских наук, докторант кафедры хирургии Московского государственного медикостоматологического университета им. А.И. Евдокимова

E-mail: alehnovich.aleksei@yandex.ru

Г.В. ДЯТЧИНА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБОУ ИПК ФМБА

Ю. В. ИВАНОВ

доктор медицинских наук, профессор, зам. директора НИИ Клинической хирургии ФГБУ ФНКЦ ФМБА России

E-mail: ivanovkb83@yandex.ru

А.В. МАМОШИН

кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей хирургии и анестезиологии Орловского государственного университета

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru

UDC 616.37-002.1-08

A.V. ALEKHNOVICH

candidate of Medical Sciences, doctoral student of Surgery Department, Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Yevdokimov

G.V. DYATCHINA

candidate of Medical Sciences, assistant professor of rehabilitation medicine, physical therapy and sports medicine, health resorts and physiotherapy FGBOU PKI FMBA, Head of the Physiotherapy FGBU "Federal Research and Clinical Center of specialized types of health care and medical technology FMBA of Russia"

YU.V. IVANOV

doctor of Medical Sciences, professor, deputy director of the Institute of Clinical Surgery FGBU FNKTS FMBA Russia, Head of Department of Surgery FGBU "Federal Research and Clinical Center of specialized types of health care and medical technology FMBA of Russia"

A.V. MAMOSHIN

candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of General Surgery and Anesthesiology Medical Institute of Orel State University

**АКТУАЛЬНЫЕ МЕДИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
ЛЕЧЕНИЯ ПАНКРЕОНЕКРОЗА**

**THE URGENT MEDICO-ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF TREATMENT
OF PANCREATIC NECROSIS**

Представлены результаты комплексного лечения 30 больных с субтотально-тотальным смешанным инфицированным панкреонекрозом. Предложен лечебно-диагностический алгоритм при панкреонекрозе в зависимости от этиологии заболевания. Подробно проанализирована финансово-экономическая составляющая комплексного лечения заболевания. Освещен ряд организационных вопросов, возникающих при оказании медицинской помощи больным с панкреонекрозом.

Ключевые слова: панкреонекроз, финансирование лечения, организация лечебно-диагностического процесса.

The results of complex treatment of 30 patients with subtotal-total mixed infected pancreatic necrosis are presented. The medical and diagnostic algorithm is offered at pancreatic necrosis depending on a disease etiology. The financial and economic component of the complex treatment of the disease is analysed in detail. A number of the organizational questions arising at rendering medical care by the patient with the pancreatic necrosis are touched upon here.

Keywords: pancreatic necrosis, treatment financing, organization of medical and diagnostic process.

Введение. В настоящее время лечение больных с панкреонекрозом (ПН) продолжает оставаться одним из самых сложных и дискуссионных вопро-

сов ургентной хирургии органов брюшной полости, что обусловлено его широким распространением и высокой летальностью. У 50-60% больных ПН, не-

смотря на интенсивное лечение, происходит инфицирование очагов некротической деструкции [7, 9]. Инфекционные осложнения составляют 80% причин смерти больных с ПН. Именно эти пациенты представляют наибольшую проблему в диагностическом, лечебном, организационном и экономическом аспектах.

Сложными задачами являются определение степени деструкции поджелудочной железы (ПЖ) и выбор оптимальной тактики лечения больных ПН [4]. Трудность прогнозирования течения заболевания, развития гнойно-некротических осложнений обуславливают необходимость совершенствования и унификации лечебно-диагностического алгоритма при различных формах ПН. Кроме того, непосредственное влияние на результаты лечения больных с ПН оказывают организационные и экономические факторы, присущие каждому конкретному лечебному учреждению.

Материал и методы. Ретроспективному анализу подвергнуты результаты лечения 30 больных с субтотально-тотальным смешанным инфицированным ПН. Из них мужчин – 22 (73,3%), женщин – 8 (26,7%). Возраст больных варьировал от 29 до 56 лет, составив в среднем $41,2 \pm 5,7$ лет. По этиологическому фактору у 24 (80%) пациентов наблюдали алиментарный (алкогольный) ПН, а у 6 (20%) – билиарный. У 19 больных (63,3%) имелись сопутствующие хронические заболевания желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и дыхательной систем. 4 (13,4%) пациента поступили в клинику в течение первых 3-х суток, 16 (53,3%) – на 4-7-е сутки, 7 (23,3%) – на 8-10-е сутки и 3 (10%) переведены из других лечебных заведений спустя 10 суток от начала заболевания.

В работе использовали клинико-морфологическую классификацию острого панкреатита, утвержденную на IX Всероссийском съезде хирургов (Волгоград, 2000 г.), и системы интегральной оценки тяжести состояния и прогноза: Ranson, Apache-II.

Диагноз ПН устанавливали на основании анамнеза заболевания, жалоб больного, данных физикального обследования, лабораторных и инструментальных исследований, оперативного вмешательства (лапароскопия/лапаротомия). Во всех случаях имелась гистологическая верификация диагноза.

Основные диагностические мероприятия включали в себя.

1. Визуализацию масштаба и характера поражения ПЖ и забрюшинной клетчатки (УЗИ, КТ, лапароскопия).
2. Идентификацию инфицирования (микробиологическое исследование пунктата).
3. Динамическую объективную оценку тяжести состояния больных с помощью различных интегральных систем (Ranson, APACHE-II и др.).
4. Программную диагностику возникающих осложнений ПН.

Алгоритм комплексного инструментального об-

следования включал последовательное выполнение рентгенографии грудной клетки и брюшной полости, ультразвуковое исследование (УЗИ) органов брюшной полости, компьютерную томографию (КТ) органов брюшной полости, гастродуоденоскопию (ГДС), лапароскопию, а также пункционно-аспирационную биопсию ПЖ под контролем УЗИ или КТ (по показаниям).

Как правило, проводили мультифокальную биопсию, то есть материал забирали из двух и более отделов ПЖ 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. Забор клеточного материала из зоны ПЖ производили без контаминации его флорой желудка. После получения микробиологических данных антибактериальную терапию проводили с учетом чувствительности спектра идентифицированной микрофлоры к антибиотикам. Всем пациентам назначали антибактериальные средства, как правило фторхинолоны и карбопенемы.

Комплексную терапию больных ПН проводили по следующим направлениям.

1. Индивидуальная тактика лечения ОП в зависимости от его этиологии (автономный или билиарный).
2. Купирование болевого синдрома (эпидуральная анестезия).
3. Зондирование и аспирация желудочного содержимого.
4. Интенсивная терапия (направлена на восстановление гемодинамики, регидратацию, коррекцию нарушений КОС, поддержание оптимального уровня доставки кислорода).
5. Блокада секреторной функции ПЖ (октреотид).
6. Антибактериальная терапия.
7. Нутритивная поддержка.
8. Противоязвенная терапия.
9. Экстракорпоральная детоксикация (низкопоточная гемофильтрация).
10. Иммунокоррекция (пентоглобин, ронколейкин).
11. Хирургическое лечение (лапароскопия/лапаротомия).
12. Своевременное выполнение программных санационных релапаротомий у больных с гнойными осложнениями панкреонекроза.

Лечение всех больных панкреонекрозом начинали в отделении реанимации. Схема лечебной тактики у больных ПН в зависимости от этиологии заболевания представлена на рис. 1.

Показанием к хирургическому лечению считаем: инфицированный панкреонекроз и/или панкреатогенный абсцесс, наличие флегмоны или некроза забрюшинной клетчатки, гнойного перитонита [8, 10].

При панкреатогенном (ферментативном) перитоните выполняли лапароскопическую санацию и дренирование брюшной полости. При распростра-

ненных формах ПН применяли открытый метод дренирующих операций для программных санаций забрюшинного пространства через сформированную оментобурсостому. Сроки санационных релапаротомий зависели от клинического течения заболевания, однако чаще они выполнялись через 3-5 суток. При ограниченном панкреонекрозе выполняли, как правило, транскутанное дренирование гнойных очагов под контролем УЗИ или КТ.

В качестве экстракорпорального метода детоксикации использовали аппарат «PrismaFlex» фирмы Гамбра-Медикал.

Результаты и обсуждение. У всех больных ПН, поступивших в клинику в тяжелом и крайне тяжелом состоянии, наблюдали следующие основные клинические синдромы: болевой, перитонеальный, динамической кишечной непроходимости и гемоди-

намических расстройств.

Наиболее достоверными лабораторными методами в диагностике ПН оказались: уровень амилазы и ЛДГ в сыворотке крови, С-реактивный белок (как маркер ПН), уровень прокальцитонина (как маркер инфицирования), а инструментальными – УЗИ и КТ с внутривенным болюсным контрастированием; тонкоигольная аспирационная биопсия под УЗИ или КТ-контролем с микробиологическим исследованием и лапароскопия.

Интенсивный болевой синдром, быстро прогрессирующая желтуха, отсутствие желчи в ДПК при ЭГДС, признаки билиарной гипертензии при УЗИ свидетельствовали о наличии вклиненного камня БДС. В таких случаях было показано срочное восстановление пассажа желчи и панкреатического сока, оптимальным методом которого служит ЭПСТ

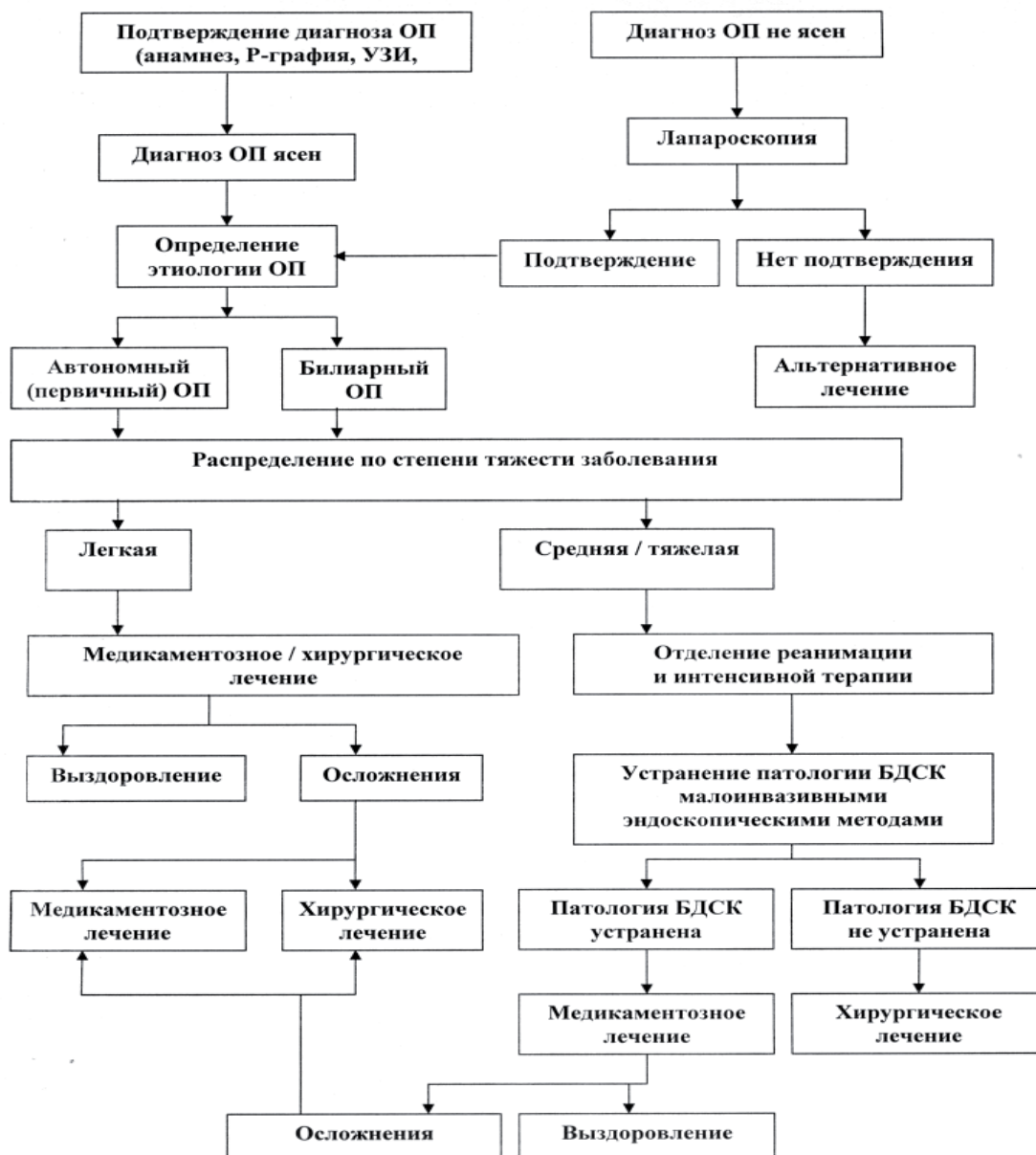


Рис. 1. Схема лечебной тактики у больных острым панкреатитом в зависимости от этиологии заболевания.

(по возможности без ЭРХПГ). Считаем, что ЭГДС следует применять во всех случаях неясного диагноза, требующего исключения патологии желудка и двенадцатиперстной кишки, а также при подозрении на ущемление камня в БДС. Вместе с тем, эндоскопическая ретроградная панкреатохолангиография (ЭРПХГ) при ПН показана только при наличии механической желтухи [4].

В отличие от УЗИ или КТ, пункция ПЖ под лучевым контролем с последующим микроскопическим и микробиологическим исследованием материала позволяет достоверно подтвердить инфицированный ПН. Инфицирование изначально стерильных зон ПН обусловлено транслокацией условно-патогенной микрофлоры эндогенного внутрикишечного происхождения в результате развития динамической кишечной непроходимости. Накопленный нами опыт показывает, что тонкоигольная пункционно-аспирационная биопсия сравнительно безопасный и высокоэффективный метод инструментальной диагностики ПН.

При поступлении всем 30 больным ПН произведена лечебно-диагностическая лапароскопия, 6 из них выполнено наложение чрескожно-чреспеченочной микрохолецистостомы с целью декомпрессии желчевыводящих путей. Еще 3 пациентам чрескожно-чреспеченочная микрохолецистостома установлена под контролем УЗИ в более поздние сроки в связи с появлением билиарной гипертензии. Лапароскопию применяли для верификации формы, распространенности ПН, дренирования брюшной полости при ферментативном перитоните или для выполнения лапароскопической холецистостомии при гипертензии в желчных протоках и механической желтухе (рис. 2).

При лапароскопии выявляли следующие достоверные (геморрагический выпот с повышенной активностью панкреатических ферментов, пятна стеатонекроза на брюшине и большом сальнике, изменение внешнего вида ПЖ при панкреатоскопии) и косвенные (гиперемия и вздутие желудочно-ободочной связки, увеличение желчного пузыря без

признаков воспаления, оттеснение желудка к передней брюшной стенке, геморрагическая имбибция желудочно-ободочной связки, корня брыжейки тонкой кишки или забрюшинной клетчатки, парез и спазм поперечно-ободочной кишки, гиперемия брюшины, изменение круглой связки печени) признаки ПН.

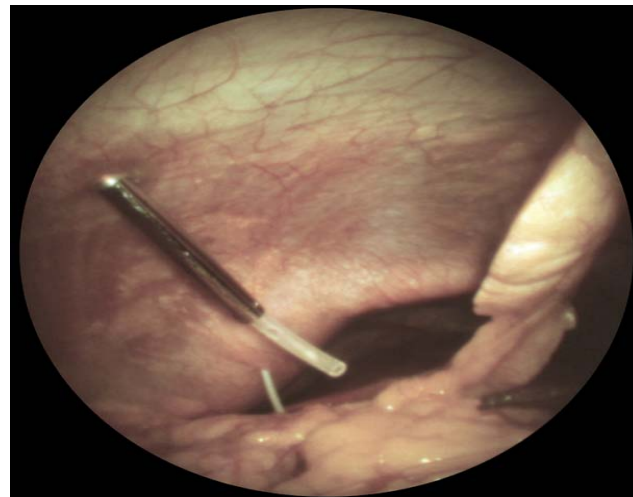


Рис. 2. Лапароскопическое дренирование желчного пузыря и брюшной полости при ПН.

Открытые операции включали в себя выполнение верхне-срединной лапаротомии, бурсооментостомии, некрэксеквестрэктомии, санации и дренирования сальниковой сумки и брюшной полости. При наличии забрюшинной флегмоны или абсцесса операцию дополняли внебрюшинным (люмботомический доступ) вскрытием и дренированием гнойного очага (рис. 3).

Через дренажи, расположенные в сальниковой сумке налаживали проточно-промывную систему с активной аспирацией. Используя открытый метод дренирующих операций при панкреонекрозе, мы исходили из следующего: 1) при первичном вмешательстве невозможно выполнить полноценную некрэктомию как в связи с отсутствием четкой демаркации зоны некроза, так и вследствие опасности фатального кровотечения и чрезмерного увеличе-

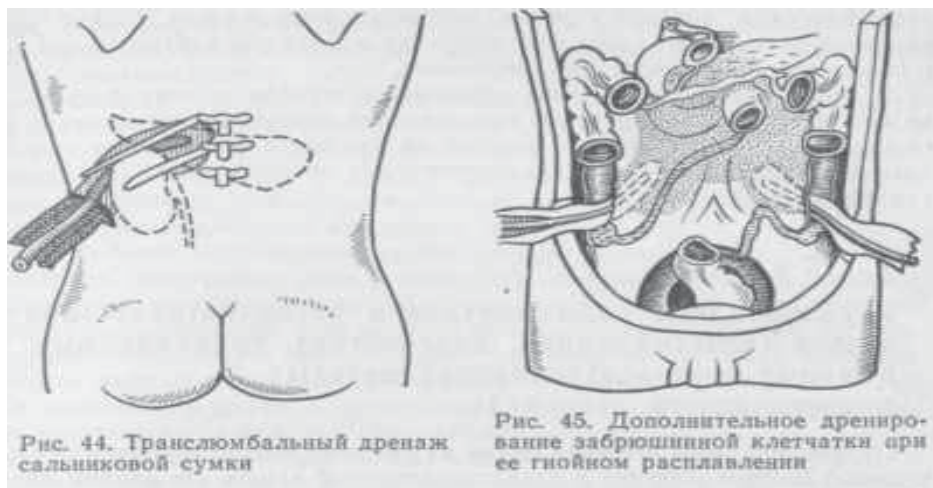


Рис. 3. Стандартные схемы дренирования забрюшинного пространства при флегмонах и абсцессах.

ния травматичности вмешательства; 2) длительное проточно-промывное дренирование часто оказывается неэффективным в связи с тем, что плотная соединительная строма ПЖ препятствует секвестрации некрозов и их отхождению. Остающиеся некротические ткани часто способствуют прогрессированию воспалительного процесса. В связи с этим отдаем предпочтение открытым операциям, обеспечивающим программные ревизии и санации через оментобурсостому. Тактические режимы повторных операций в процессе лечения менялись от программируемых ревизий и санаций «по программе» в ранние сроки до вынужденных ревизий и санаций «по требованию» в более поздние сроки заболевания. Следует отметить, что обычно после 5-6 санационных релапаротомий развивается выраженный инфильтративно-спаечный процесс в брюшной полости, не позволяющий дальнейшее выполнение санаций. Поэтому считаем важным каждый раз проводить тщательную и полноценную санацию патологических очагов. При выполнении санационных релапаротомий мы накладываем швы только на кожу с подкожно-жировой клетчаткой, что улучшает вентиляционные функции легких, позволяет избежать прорезывания швов апоневроза, а последующая операция по устранению послеоперационной грыжи намного проще в техническом исполнении, чем при деформированном с прорезанными краями апоневрозе [2]. Неоднократные санационные релапаротомии могут приводить к образованию хрящевидной ткани (оссификатов) по краям раны, что вероятно обусловлено контактом токсического выпота из брюшной полости с мягкими тканями передней брюшной стенки.

Количество санационных релапаротомий у одного пациента колебалось от 2 до 8. Этапные санационные вмешательства представляются нам более перспективными по сравнению с одномоментными закрытыми операциями, так как позволяют более полноценно контролировать течение гнойно-некротического процесса в ПЖ и парапанкреатической клетчатке.

Проведенный анализ хирургического лечения больных ПН позволил установить следующие особенности.

1. Пациенты со стерильным ПН должны вести консервативно и подвергаться вмешательству только в определенных случаях.

2. Инфицированный ПН с клиническими признаками сепсиса является абсолютным показанием к хирургическому лечению.

3. Ранняя операция в течение 14 дней после начала болезни не рекомендуется у пациентов с ПН, если нет строго определенных показаний.

4. Хирургические методы лечения ПН должны носить органосохраняющий характер, заключающийся в опорожнении или некрэктомии, дополненными соответствующим послеоперационным ведением, направленным на максимальную эвакуацию ретропери-

itoneальной некротической ткани и выпота.

Диагноз ПН является абсолютным показанием к назначению антибактериальных препаратов, создающих эффективную бактерицидную концентрацию в зоне поражения со спектром действия относительно всех этиологически значимых возбудителей [6]. Фактор эффективности должен доминировать по отношению к фактору стоимости. Продолжительность антибактериальной терапии определяется сроками полного регресса симптомов системной воспалительной реакции. Антибактериальную терапию, как правило, начинали с внутривенного введения цефалоспоринов III-IV поколения в комбинации с метронидазолом, или проводили монотерапию тиенамом. В последующем состав антибактериальной терапии зависел от результатов микробиологического исследования и определения чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Наиболее рациональным и эффективным считаем проведение комбинированной антибиотикотерапии.

Учитывая выраженные метаболические и функциональные расстройства, наличие синдрома кишечной недостаточности, в послеоперационном периоде проводили нутритивную поддержку, обеспечивающую восстановление моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта. Питательные смеси (берламин, нутризон, нутрилан, нутридринк и др.) вводили через назо-еюнальный зонд, установленный дистальнее связки Трейца, эндоскопическим способом или во время операции. Режим энтерального питания – стартовый по темпу и объему, с постепенным переходом от глюкозо-солевых растворов и химусоподобных смесей к олигомерным питательным смесям в возрастающих концентрациях 5-10-20% [1]. Энтеральное питание начинали при разрешении динамической кишечной непроходимости, небольшом количестве отделяемого по желудочному зонду.

При использовании октреотида отмечено значительное снижение количества эпизодов кровотечения из острых язв и эрозий желудка и двенадцатиперстной кишки, а также увеличение почечного кровотока и клубочковой фильтрации. Применение октреотида позволяло стойко подавить ферментную токсинотоксическую продукцию в ПЖ [11].

Проведение пролонгированной эпидуральной анестезии приводило к блокаде сегментарных, чувствительных и двигательных нервных волокон и тем самым надежно устраняло боль. Наряду с обезболивающим эффектом, продленная эпидуральная анестезия способствовала восстановлению перистальтики, снижению ферментативной активности ПЖ, улучшению кровотока в ПЖ, устранению спазма билиарных и панкреатических протоков, раннему регрессу воспалительных процессов.

В наших случаях, использование систем интегральной оценки тяжести состояния и прогноза (Ranson, Apache-II) показало их невысокую значимость и достоверность (менее 50%) в клинической

практике. В большинстве случаев тяжесть состояния пациента, рассчитанного с помощью шкалы Ranson и Apache-II, не совпадала с его объективным статусом. Наиболее достоверными факторами прогнозирования течения ПН оказались: активность в динамике заболевания С-реактивного белка, нейтрофилов, прокальцитонина, данные УЗИ и КТ брюшной полости, выделяемая микрофлора. С целью оценки динамики процесса в брюшной полости и забрюшинном пространстве УЗИ выполняли через каждые 2-3 суток, а КТ не реже 1 раза в неделю.

К неблагоприятным прогностическим признакам прогрессирования ПН относим:

1. Раннее развитие выраженного болевого и перитонеального синдромов.
2. Распространение болей на 2-3 сутки от начала заболевания из верхней половины живота вниз, на область мезогастрия, в боковые или нижние отделы живота.
3. Динамическая кишечная непроходимость сохраняется через 5-7 суток после начала лечения.
4. Несоответствие интенсивности перитонеального синдрома и выраженных болевых ощущений.
5. Длительно некупирующийся перитонеальный синдром.
6. Повышение ферментативной активности в экссудате в динамике.
7. Многократная рвота.
8. Объем содержимого желудка на 2-3 сутки от начала заболевания превышает 1000 мл.
9. Рано возникающая и длительно сохраняющаяся тахикардия.
10. Рано возникающий «гипертензивный криз» или падение АД.
11. Раннее и значительное снижение ЦВД.
12. Раннее появление и длительное сохранение признаков нарушения периферической микроциркуляции кожи (фиолетовые пятна, цианоз, акроцианоз, бледность).

Послеоперационные осложнения возникли у всех 30 пациентов. Всего отмечено 55 осложнений,

из них 13 местных и 42 – общих (рис. 4). Среди местных осложнений наблюдали: внутрибрюшное кровотечение из арозированных сосудов ПЖ – 3 (произведено ушивание сосудов и тампонирующее с эффектом); образование внутренних толстокишечных (2) и тонкокишечного (1) свищей (закрылись самостоятельно на фоне консервативной терапии); межкишечный абсцесс брюшной полости (1) и флегмона (2) забрюшинной клетчатки (выполнено вскрытие и дренирование абсцесса, флегмон); механическая желтуха – 1 (произведено дренирование холедоха по Керу); желудочно-кишечное кровотечение в разные сроки лечения из острых эрозий и язв желудка и двенадцатиперстной кишки – 3 (во всех случаях достигнут эндоскопический гемостаз).

Группу общих послеоперационных осложнений составили: пневмонии – 16, плевриты – 11, тромбоз глубоких вен нижних конечностей – 6, ДВС-синдром – 4, панкреатогенный шок – 3. Лечение осложнений в данной группе пациентов было консервативным.

Длительность лечения больных ПН в стационаре составила от 5 до 143 суток, составив в среднем $52,7 \pm 12,8$ суток. У всех 30 пациентов наблюдали синдром полиорганной недостаточности различной степени выраженности и длительности, а у 7 больных был диагностирован сепсис.

Общая летальность составила 26,7% (умерло 8 больных). В ранние сроки заболевания (до 14 суток) погибли 5 пациентов, наиболее частой причиной смерти являлись: панкреатогенный шок (2) и эндогенная интоксикация (3), сопровождающаяся развитием гиповолемического шока, отека мозга, острой печеночно-почечной недостаточностью, а также декомпенсацией уже имеющихся сопутствующих заболеваний. Основные причины смерти 3 больных в поздние сроки: нарастание полиорганной недостаточности (1) и прогрессирование некроза с присоединением гнойных осложнений (2).

Финансовые расходы на лечение больных ПН достаточно большие и ни в коей мере не компенсируются денежными средствами, выделяемыми фон-

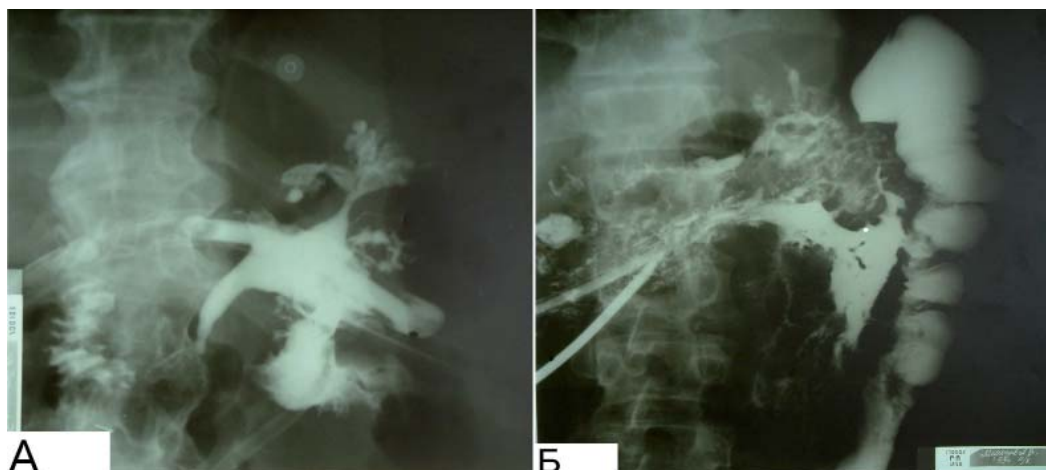


Рис. 4. Фистулограмма при внутреннем тонкокишечном (А) и толстокишечном (Б) свищах.

дом обязательного медицинского страхования по г. Москве или Московской области. Так, например, в медико-экономический стандарт лечения острого панкреатита (шифр 72210) заложен средний койко-день по г. Москве 20, а по Московской области – 14. Общая сумма за законченный случай лечения 1 пациента с ПН в г. Москве составляет 21 тысячу 940 рублей 99 копеек, при этом дополнительно оплачивается лечение в отделении реанимации по тарифу: 2 койко-дня – 5 тысяч 248 рублей 34 копейки, но при этом учитываются не более 10 реанимационных койко-дней. 1 койко-день больному ПН с питанием, лечением оплачивается фондом обязательного медицинского страхования Московской области в размере 1 тысячи 183 рублей, при этом не учитывается нахождение пациента на реанимационной или хирургической койке. Кроме того, абсолютно не учитываются дорогостоящие инструментальные и лабораторные диагностические исследования, которые многократно в динамике выполняются больным с ПН. Поэтому в данные рамки существующего на сегодняшний день финансирования могут войти только больные с отечной формой острого панкреатита либо пациенты с ПН, которые по тяжести общего состояния погибают в 1 фазе заболевания – эндогенной токсемии, панкреатогенного шока. Все, что выходит за пределы положенного финансирования медико-экономического стандарта по острому панкреатиту, решается индивидуально с участием врачей-экспертов фонда обязательного медицинского страхования.

В наших наблюдениях пребывание 1 пациента с ПН в отделении реанимации обходилось в пределах 28 – 52 тысяч рублей в сутки, средняя стоимость лечения 30 больных с ПН в стационаре составила 1 млн. 306 тысяч 54 рубля ± 102 тысячи 437 рублей. При этом следует отметить, что на лечение пациентов с тяжелым ПН в отделении реанимации в течение 1 месяца затрачивалось не менее 2 млн. рублей. Наиболее дорогостоящими являются антибиотикотерапия, иммунотерапия (пентоглобин), сеансы низкоточной гемофильтрации, включая расходные материалы – фильтры очистки, энтеральное и парентеральное питание.

Анализируя финансово-экономическую составляющую лечения больных с ПН, можно признать, что лечение таких пациентов на современном уровне по каналу обязательного медицинского страхования невозможно и разорительно для медицинских учреждений. В настоящее время компенсация расходов лечебным учреждениям на лечение больных с ПН происходит только по каналам добровольного медицинского страхования.

Для успешного лечения пациентов с ПН необходима правильно построенная работа и взаимодействие целого ряда служб стационара, а именно: отделений анестезиологии, реанимации, хирургии, диагностических (УЗИ, КТ, эндоскопия, Р-кабинет) и лабораторных (клинико-диагностическая, бактери-

ологическая, иммунологическая лаборатория) подразделений. Для скорейшей реабилитации больных ПН необходимы современные методики физиолечения, сеансы гипербарической оксигенации, лечебной физкультуры и т.д. Диагностические службы должны работать в круглосуточном режиме, так как от своевременного поставленного диагноза, раннего выявления осложнения и срока начала лечения напрямую зависит исход заболевания.

Считаем важным разработку и соблюдение в стационаре определенного стандарта по диагностике и лечению больных ПН, что позволяет формировать единый взгляд, концепцию у хирургов, реаниматологов и анестезиологов по основным вопросам, независимо от приверженности каждого врача к той или иной профессиональной школе, что в конечном счете способствует оптимизации результатов лечения.

Каждый пациент с ПН проходит 3 этапа лечения: реанимация, отделение хирургии, реабилитация. Необходимо соблюдение преемственности на всех этапах лечения. Зачастую, выйдя из стационара, пациент не получает должного наблюдения на амбулаторном этапе, перестает принимать ферментозаместительные и другие лекарственные препараты, назначенные при выписке, что приводит к ухудшению отдаленных результатов лечения, переходу заболевания в хронический процесс и увеличению ежегодных периодов нетрудоспособности.

Выводы

1. ПН относится к заболеваниям, при которых в полном объеме действует правило «золотого часа». Именно в первые часы от начала заболевания во многом определяется величина структурно-функционального ущерба и возможность его компенсации, запускаются различные механизмы, которые затем в различные сроки реализуются на клиническом уровне в виде тяжелых гнойно-септических осложнений.

2. Качество, содержание и объем неотложной специализированной помощи при ПН не должны зависеть от времени суток, фактора выходного дня, личного опыта дежурного врача.

3. Необходимо стремиться к своевременной диагностике ПН, лечение которого должно носить опережающий и комплексный характер.

4. Для оказания своевременной и эффективной помощи больным с ПН необходимы: круглосуточная работа диагностических служб, возможность оказания высококвалифицированной urgentной хирургической помощи и современной комплексной терапии в отделении реанимации, определенный уровень медикаментозного обеспечения клиники.

5. Лечение пациентов с ПН убыточно в финансово-экономическом плане для любого стационара и должно быть включено в перечень высокотехнологичной медицинской помощи населению или иметь дополнительное финансирование.

Библиографический список

1. Гольцов В.Р., Багненко С.Ф., Луфт В.М., Дымников Д.А., Батиг Е.В. Нутриционная поддержка в лечении острого деструктивного панкреатита //Анналы хирургической гепатологии. 2009. №1. С.18-22.
2. Дюжева Т.Г., Шеффер А.В. Роль повышения внутрибрюшного давления в развитии полиорганной недостаточности при тяжелом остром панкреатите //Анналы хирургической гепатологии. 2009. №1. С.11-17.
3. Мамошин А.В., Борсуков А.В., Горпинич А.Б., Васильев П.Ю., Альянов А.Л., Шаталов Р.П. Диагностические возможности контролируемой ультразвуковой томографии при панкреонекрозе. УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ Орловского государственного университета: Научный журнал. Орел, №4(38), 2010. С. 213-217.
4. Шабунин А.В., Бедин В.В., Шиков Д.В. и др. Роль компьютерной и магнитно-резонансной томографии в диагностике и лечении больных панкреонекрозом //Анналы хирургической гепатологии. 2009. №1. С.34-39.
5. Шаповальянц С.Г., Мыльников А.Г., Орлов С.Ю. и др. Диагностика и лечение острого билиарного панкреатита //Анналы хирургической гепатологии. 2009. №1. С.29-33.
6. Яковлев С.В. Применение антибактериальных препаратов при остром деструктивном панкреатите //Анналы хирургической гепатологии. 2008. №1. С.29-33.
7. Beger H.G. Operative management of necrotizing pancreatis-necrosectomy and continuous closed postoperative lavage of the lesser sac //Hepatogastroenterology. 2007. Vol.38. P.129-133.
8. Bradley E.L. A fifteen year experience with open drainage for infected pancreatic necrosis //Surg. Gynecol. Obstet. 2008. Vol.17. P.215-222.
9. Golub R., Siddiqi F., Pohl D. Role of antibiotics in acute pancreatitis: a metaanalysis //J. Gastrointest. Surg. 2007. Vol.2. P.496-503.
10. Harris J.A., Jury R.P., Catto J., Glover J.L. Closed drainage versus open packing of infected pancreatic necrosis //J. Am. Surg. 2005. Vol.61. P.617-618.
11. Woittiez A.J.J., Wolthuis J., Van Bergei J.K.L. Treatment of pancreatitis with the somatostatin analogue //Neth. J. Med. 2008. Vol.37. P.149.

References

1. Golcov V.R., Bagnenko S.F., Luft V.M., Dymnikov D.A., Batig E.V. Nutrition support in the treatment of acute destructive pancreatitis // Annals of Surgical Hepatology. - 2009. № 1. Pp.18-22.
 2. Dyuzheva T.G., Schaeffer A.V. The role of the increased intra-abdominal pressure in the development of multiple organ failure in severe acute pancreatitis // Annals of Surgical Hepatology. 2009. № 1. P.11-17.
 3. Mamoshin A.V., Borsukov A.V., Gorpinich A.B., Vasiliev P.Y., Alyanov A.L., Shatalov R.P. Diagnostic capabilities of controlled ultrasound tomography in necrotizing pancreatitis. Proceedings of the Oryol State University: The Journal. - Orel, № 4 (38), 2010. P. 213-217.
 4. Shabunin A.V., Bedin V.V., Shikov D.V. etc. The role of the computer and magnetic resonance tomography in the diagnosis and treatment of patients with pancreatic necrosis // Annals of Surgical Hepatology. 2009. № 1. P.34-39.
 5. Shapovalyants S.G., Mylnikov A.G., Orlov S.Y., etc. Diagnosis and treatment of acute biliary pancreatitis // Annals of Surgical Hepatology. 2009. № 1. Pp.29-33.
 6. Yakovlev S.V. The use of antibiotics in acute destructive pancreatitis // Annals of Surgical Hepatology. 2008. № 1. P.29-33.
 7. Beger H.G. Operative management of necrotizing pancreatis-necrosectomy and continuous closed postoperative lavage of the lesser sac //Hepatogastroenterology. 2007. Vol.38. P.129-133.
 8. Bradley E.L. A fifteen year experience with open drainage for infected pancreatic necrosis //Surg. Gynecol. Obstet. 2008. Vol.17. P.215-222.
 9. Golub R., Siddiqi F., Pohl D. Role of antibiotics in acute pancreatitis: a metaanalysis //J. Gastrointest. Surg. 2007. Vol.2. P.496-503.
 10. Harris J.A., Jury R.P., Catto J., Glover J.L. Closed drainage versus open packing of infected pancreatic necrosis //J. Am. Surg. 2005. Vol.61. P.617-618.
 11. Woittiez A.J.J., Wolthuis J., Van Bergei J.K.L. Treatment of pancreatitis with the somatostatin analogue //Neth. J. Med. 2008. Vol.37. P.149.
-
-

УДК 616.37-002.4:617-089:617-7

UDC 616.37-002.4:617-089:617-7

А.В. АЛЕХНОВИЧ

кандидат медицинских наук, докторант кафедры хирургии Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова

E-mail: alehnovich.aleksei@yandex.ru

Ю. В. ИВАНОВ

доктор медицинских наук, профессор, зам. директора НИИ Клинической хирургии ФГБУ ФНКЦ ФМБА России

E-mail: ivanovkb83@yandex.ru

Г.В. ДЯТЧИНА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБОУ ИПК ФМБА

А.В. МАМОШИН

кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей хирургии и анестезиологии Орловского государственного университета

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru

A.V. ALEKHNOVICH

candidate of Medical Sciences, doctoral student of Surgery Department, Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Yevdokimov

YU.V. IVANOV

doctor of Medical Sciences, professor, deputy director of the Institute of Clinical Surgery FGBU FNKTS FMBA Russia, Head of Department of Surgery FGBU "Federal Research and Clinical Center of specialized types of health care and medical technology FMBA of Russia"

G.V. DYATCHINA

candidate of Medical Sciences, assistant professor of rehabilitation medicine, physical therapy and sports medicine, health resorts and physiotherapy FGBOU PKI FMBA, Head of the Physiotherapy FGBU "Federal Research and Clinical Center of specialized types of health care and medical technology FMBA of Russia"

A.V. MAMOSHIN

candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of General Surgery and Anesthesiology Medical Institute of Orel State University

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО НЕМЕДИКАМЕНТОЗНОГО МЕТОДА ЛЕЧЕНИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА

APPLICATION OF THE NEW NON-DRUG METHOD OF TREATMENT IN COMPLEX THERAPY OF ACUTE PANCREATITIS

Проведено рандомизированное сравнительное проспективное плацебо-контролируемое клиническое исследование с оценкой возможности и эффективности применения в комплексном лечении больных острым панкреатитом (ОП) нового метода структурно-резонансной терапии (СРТ). Применение метода СРТ в комплексной терапии пациентов ОП позволяет уменьшить сроки купирования основных клинических симптомов заболевания и быстрее нормализовать лабораторные показатели, что ведет к сокращению сроков госпитализации и соответственно расходов на медикаментозное лечение. Метод СРТ патогенетически обоснован, прост в исполнении и не требует больших финансовых затрат, что делает возможным его широкое применение в клинической практике у больных ОП.

Ключевые слова: структурно-резонансная терапия, острый панкреатит.

Randomized comparative prospective placebo-controlled clinical research with an assessment of opportunity and efficiency of application in complex treatment of patients by acute pancreatitis of a new method of the structural and resonant therapy (SRT) has been carried out. SRT method application in complex therapy of patients of acute pancreatitis allows to reduce terms of knocking over of the main clinical symptoms of a disease and quicker to normalize laboratory indicators that conducts to reduction of terms of hospitalization and according to expenses on medicamentous treatment. The SRT method pathogenetic is reasonable, it is simple in use and doesn't require big financial expenses that makes its broad application in clinical practice at sick acute pancreatitis possible.

Keywords: structural and resonant therapy, acute pancreatitis.

Введение. В настоящее время проблема лечения острого панкреатита (ОП) продолжает оставаться одной из наиболее сложных и дискуссионных в ургентной хирургии [4, 13, 18]. Это обусловлено значительным ростом заболеваемости ОП и сохраняющейся самой высокой послеоперационной летальностью (12-87%) среди всех ургентных хирургических заболеваний.

В России ОП прочно занимает 2-е место в общей структуре ургентной абдоминальной патологии, уступая лишь острому аппендициту [14, 17]. В 60-90% случаях развивается отечная форма ОП, требующая лишь минимальной поддерживающей терапии [20, 22]. Однако у 10-40% больных наблюдается деструктивный ОП – панкреонекроз, характеризующийся развитием системных или местных

осложнений, в результате которых летальность может достигать 40-70% [7, 15].

Такой разброс статистических данных развития деструктивных форм ОП обусловлен не только особенностью заболеваемости населения в том или ином регионе страны, возможностью клиник своевременно диагностировать данное заболевание и оказывать специализированную помощь, а также эффективностью комплексной консервативной терапии ОП на начальных стадиях заболевания.

Увеличение заболеваемости ОП обусловлено многообразием причин, приводящим к развитию данной патологии, а также ростом употребления алкоголя среди населения и низкой эффективностью консервативной терапии. По данным отечественных и зарубежных исследователей, имеется около 140 разнообразных факторов, которые могут явиться причиной ОП [4, 10, 16, 21, 23]. Предложен целый ряд теорий патогенеза, объясняющих механизм этого заболевания, однако до настоящего времени не существует единой общепризнанной патогенетической концепции развития ОП.

В настоящее время, помимо разработки и совершенствования хирургических методик лечения, продолжается непрерывный поиск методов и средств медикаментозного и физического воздействия на патологические процессы, происходящие в организме при ОП с целью профилактики возникновения тяжелых форм заболевания [11].

В 40-42% случаев воспалительно-дегенеративный процесс в поджелудочной железе (ПЖ) переходит в хроническую форму [12]. Если учитывать, что в России 70% больных ОП – лица активного трудоспособного возраста, то становится очевидной огромная социально-экономическая значимость этой проблемы, а неудовлетворительные результаты лечения требуют критической оценки его методов.

Поэтому проблема успешного лечения данного заболевания является приоритетным направлением научных изысканий многих клиник, где оказывается экстренная хирургическая помощь.

В первое десятилетие XXI века за рубежом, а затем и в России в комплексном лечении многих острых хирургических заболеваний стали активно использовать и новые методики физического воздействия на основные звенья патогенеза заболеваний. Большой интерес представляет научное обоснование применения немедикаментозных технологий, среди них важное значение имеют методы физиотерапии, устраняющие вегетативный, метаболический и электролитный дисбаланс, которые являются определяющими при многих заболеваниях, в том числе, и при ОП.

Однако до настоящего времени ни один из видов информационно-волновых воздействий не применялся при данном заболевании с учетом частотной характеристики функционирования того или иного органа.

В России одной из успешных отечественных разработок в данном направлении явился предложенный

новый метод лечения, основанный на синхронизации ритмов действующего фактора и соответствующей функциональной системы – структурно-резонансная терапия (СРТ) [5, 7- 9]. Интересным в этом плане представляется структурно-резонансная терапия (СРТ), основанная на использовании электромагнитного излучения и электрического тока в определенном частотном ритме функционирования живой материи, что способствует оптимизации деятельности биообъекта на субклеточном, клеточном, тканевом, органном, системном и организменном уровнях.

В экспериментах доказаны обезболивающий, противовоспалительный, противоотечный, репаративный, иммуномодулирующий и трофический эффекты магнитотерапии [8]. Учеными-биофизиками установлено наличие определенных колебательных движений клеток различных органов человека, которые возможно зарегистрировать с помощью прибора – биопотенциалографа. При дальнейшем анализе была получена интегральная частота автоколебаний 0,0108 Гц (период 93 секунды) и доказано, что каждый орган сокращается относительно данной частоты определенное количество раз, кратное 2 или 3. Этим процессам, происходящим в организме, был присвоен термин спонтанная биопотенциальная активность (СБА) [6]. Основываясь на свойствах колебательных процессов в нелинейных системах, где реализация на выходе собственной частоты F_0 колебаний нелинейной системы возникает при воздействии близких к ней индуцированных экзогенных частот F [3, 5], были разработаны аппараты для проведения сеансов СРТ. Исследователи предполагают, что во время работы аппарата СРТ подаваемый сигнал строго определенной частоты на тело человека создает строго определенное магнитное поле, резонансное СБА, восстанавливая таким образом нормальное функционирование органов и тканей согласно свойствам колебательных систем. Режимы работы таких аппаратов, необходимые для достижения требуемого лечебного эффекта при различных заболеваниях, были отработаны и установлены экспериментально [1, 9, 19].

В клинической практике метод СРТ уже доказал свою эффективность в комплексном лечении пациентов с гинекологическими, неврологическими и ревматологическими заболеваниями [1, 5, 7, 9, 19]. По мнению ряда авторов [5, 7], в условиях стационара наиболее простым и удобным в применении является аппарат «Рематерп» (рис. 1). В отличие от других аппаратов данного класса, «Рематерп» обладает возможностью автоматического (по специальной программе) изменения частоты подаваемого сигнала с целью создания резонанса с СБА различных органов и структур организма [9, 19].



Рис. 1. Аппарат «Рематера» для проведения СРТ.

В клинике, при использовании метода СРТ в комплексном лечении ряда заболеваний, были достигнуты следующие эффекты [1, 3, 8, 9]:

- быстрое купирование местных симптомов воспаления;
- уменьшение экссудативных явлений, отека мягких тканей;
- купирование болевого синдрома;
- улучшение микроциркуляции тканей;
- нормализация сосудистого тонуса;
- физическое заживление дефектов, без грубых рубцовых изменений;
- достижение стойкой ремиссии заболеваний.

Учитывая основные звенья патогенеза и фаз течения ОП, а также принимая во внимание возможности метода СРТ в купировании отека, улучшении микроциркуляции, нормализации тонуса и работы кишечника, восстановлении нормального (генетически обусловленного) функционирования вегетативной нервной системы, можно предположить получение положительного клинического эффекта при использовании данного метода в комплексном лечении пациентов с ОП. Результаты, полученные при физико-биологических исследованиях, послужили теоретическим обоснованием для использования этого метода в клинической практике.

Целью исследования явилась оценка возможности и эффективности применения в комплексном лечении больных ОП нового метода структурно-резонансной терапии.

Материал и методы исследования. В настоящее рандомизированное сравнительное проспективное плацебо-контролируемое исследование были включены 144 пациента, проходивших лечение в отделении хирургии ФНКЦ ФМБА России в период с 2010 по 2012 гг. с клиническим диагнозом ОП.

Основную группу составили 84 больных, которым впервые в комплексном лечении заболевания был использован метод СРТ. В группу сравнения включены 60 больных, в комплексной терапии которых применяли плацебо имитацию метода СРТ без включения активного режима. Обе исследуемые группы были репрезентативны и сопоставимы по полу, возрасту, сроку заболевания и основным клинико-лабораторным показателям.

В основной группе были 51 мужчина (60,7%) и 33 (39,3%) женщины, средний возраст составил $51,2 \pm 4,7$ лет. Группу сравнения составили 36 мужчин (60%) и 24 (40%) женщины, средний возраст – $53,1 \pm 5,2$ лет.

Диагноз ОП устанавливали согласно принятой классификации на IX Всероссийском съезде хирургов (г. Волгоград, 2000г). В основной группе наблюдали 62 пациента с отечной формой ОП (73,8%) и 22 (26,2%) – с мелкоочаговым панкреонекрозом, тогда как в группе сравнения соответственно 42 (70%) и 18 (30%) больных. Распределение пациентов по тяжести общего состояния представлено в табл. 1.

Таблица 1.

Распределение больных обеих групп по тяжести в зависимости от формы заболевания

Форма заболевания	Тяжесть заболевания			Всего больных
	легкая	средняя	тяжелая	
Отечная форма ОП	0	65	39	104
Мелкоочаговый панкреонекроз	26	14	0	40

Средние сроки заболевания до момента госпитализации в стационар в основной группе составили $2,4 \pm 1,2$ сут., в группе сравнения – $2,5 \pm 0,9$ сут. На догоспитальном этапе 68% пациентов основной группы и 62% больных из группы сравнения принимали лекарственные препараты (спазмолитические, антиферментные, анальгетические и др.).

Этиологическими факторами, вызвавшими ОП, были: алиментарный (погрешность в диете, употребление алкоголя), билиарный (патология желчных путей), послеоперационный. Распределение пациентов по этиологическим факторам развития острого панкреатита представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Этиологические факторы развития ОП в исследуемых группах

Этиологический фактор	Основная группа (n=84)		Группа сравнения (n=60)	
	абс.	%	абс.	%
Алиментарный	55	65,5	38	63,3
Билиарный	27	32,1	21	35
Послеоперационный	2	2,4	1	1,7

Клинический диагноз ОП устанавливали на основании анамнеза, клинической картины заболевания, данных клинических, инструментальных и лабораторных обследований, а также диагностической лапароскопии.

Из инструментальных методов диагностики у всех больных обеих групп использовали рентгенографию органов грудной клетки и обзорную рентгенографию органов брюшной полости, ультразвуковое исследование (УЗИ) органов брюшной полости и забрюшинного пространства, компьютерную томографию (КТ) с болюсным контрастным

усилением, электрокардиографию. По показаниям выполняли эзофагогастродуоденоскопию (ЭГДС) и эндоскопические вмешательства на большом дуоденальном сосочке и общем желчном протоке (папиллосфинктеротомия, эндоскопическая литэкстракция, назо-билиарное дренирование). В основной группе ЭГДС было выполнено 36 больным (42,9%), а эндоскопические вмешательства у 22 пациентов (26,2%), тогда как в группе сравнения соответственно у 25 (41,7%) и 16 (26,7%) больных.

Во всех случаях из лабораторных методов исследования помимо общих анализов крови и мочи, биохимического анализа крови, развернутой коагулограммы наибольшее внимание уделяли изучению и анализу в динамике следующих показателей: уровню лейкоцитов в крови и составу лейкоцитарной формулы, уровню панкреатической амилазы в крови и диастазы в моче, уровням общего и прямого билирубина, мочевины и креатинина, глюкозы, аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ) и щелочной фосфатазы (ЩФ). По показаниям, у части больных (13 пациентов основной группы и 6 больных группы сравнения) определяли уровень С-реактивного белка и выполняли прокальцитонин-овый тест в динамике.

Диагностическая лапароскопия была выполнена 28 пациентам основной группы (33,3%) и 12 больным из группы сравнения (20%). Показанием к лапароскопии являлись: 1) сомнения в диагнозе ОП; 2) исключение другой или сопутствующей острой патологии органов брюшной полости, требующей оперативного лечения; 3) верификация формы и стадии заболевания. Помимо диагностического фактора лапароскопия в большинстве случаев носила и лечебный характер. Так у 16 из 28 больных из основной группы и у 7 из 12 пациентов группы сравнения лапароскопия включала в себя: санацию и удаление токсического выпота из брюшной полости и сальниковой сумки, установку дренажей в брюшную полость, катетеризацию круглой связки печени и последующим введением анальгетических растворов. Кроме того, у 6 больных во время лапароскопии было произведено чрескожное чреспеченочное дренирование желчного пузыря с целью ликвидации билиарной гипертензии.

Оценку тяжести ОП при поступлении в стационар проводили по данным компьютерной томографии в системе Balhtasar (табл. 3).

Для исследования были отобраны пациенты только с отечной формой ОП или мелкоочаговым панкреонекрозом с целью более точного определения лечебного эффекта метода СРТ, так как при лечении пациентов с тяжелыми деструктивными формами ОП, перенесших традиционные (лапаротомию) операции, оценить эффективность данного метода среди прочих довольно трудно.

Таблица 3.

Распределение пациентов обеих групп по тяжести ОП в системе Balhtasar

Степень тяжести ОП	A	B	C	D	E
Основная группа (n=84)	0	49 (58,3%)	23 (27,4%)	12 (14,3%)	0
Группа сравнения (n=60)	0	38 (63,3%)	15 (25%)	7 (11,7%)	0

Критерии включения пациентов с ОП в исследование были следующими.

1. Мужчины и женщины в возрасте 18-70 лет.
2. Установленный при поступлении и подтвержденный инструментальными и лабораторными исследованиями диагноз острого отечного панкреатита средней/тяжелой степени, мелкоочагового панкреонекроза.
3. Возможность проведения комплексного лечения без выполнения открытых хирургических операций.
4. Наличие письменного информированного добровольного согласия пациента на применение метода СРТ в комплексном лечении.

К критериям исключения пациентов с ОП из исследования относили:

1. Отсутствие любого из критериев включения.
2. Необходимость выполнения открытой хирургической операции.
3. Беременность, кормление грудью.
4. Пациенты с тяжелой сопутствующей патологией: иммунодефицит, диабет, декомпенсированная печеночная и почечная недостаточность.
5. Пациенты с злокачественными опухолями любой локализации и стадии или обоснованном подозрении у них онкопатологии.

Комплексное лечение в обеих группах включало в себя: индивидуальную тактику лечения ОП в зависимости от его этиологии (алкогольный или билиарный), создание физиологического покоя ПЖ, купирование болевого синдрома (эпидуральная анестезия), зондирование и аспирацию желудочного содержимого, интенсивную терапию (направленная на восстановление гемодинамики, регидратацию, коррекцию нарушений КОС, поддержание оптимального уровня доставки кислорода), блокаду секреторной функции ПЖ (октреотид), противоязвенную терапию.

По показаниям проводили антибактериальную и нутритивную терапию, кишечный лаваж, экстракорпоральную детоксикацию (метод низкочастотной гемоперфузии), а также лечебную лапароскопию или пункцию жидкостных образований в брюшной полости под контролем УЗИ или КТ.

В основной группе больным дополнительно проводились сеансы СРТ с помощью аппарата «Рематерп» в режиме №43 с экспозицией 43 минуты, курсом от 7 до 10 дней (1 раз в сутки). В группе сравнения применяли плацебо имитацию метода СРТ без включения активного режима.

Оценку эффективности лечения пациентов ОП

в основной группе проводили путем сравнения длительности клинических проявлений, динамики лабораторных и инструментальных показателей относительно таковых в группе сравнения.

Весь цифровой материал обработан статистически по общепринятым методикам, описанным в работе С. Гланца (1999), с использованием пакета программ “STATISTICA 6.0” (Stat-Soft, 2001). Результаты считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования. На момент госпитализации в стационар у пациентов с ОП обеих групп наблюдали следующие основные клинические симптомы: боль, интоксикация, нарушение функции других органов и систем, симптомы раздражения брюшины. Частота выявленных симптомов представлена в табл. 4.

Таблица 4.
Частота симптомов у больных обеих групп при поступлении в стационар

Симптомы	Число больных (n = 144)	
	абс.	%
1. Боль	144	100
2. Интоксикация		
- тошнота, рвота	138	95,8
- повышение температуры тела	89	61,8
- сухость во рту, жажда	131	91
- тахикардия (ЧСС более 90 в 1 мин.)	102	70,8
- энцефалопатия	18	12,5
3. Перитонеальные явления		
- напряжение мышц передней брюшной стенки	124	86,1
- разлитая болезненность во всех отделах живота	52	36,1
- положительный симптом Щеткина- Блюмберга	26	18,1
- ослабление или отсутствие перистальтики	62	43,1
- вздутие живота	72	50
- исчезновение печеночной тупости	5	3,5
4. Нарушение дыхания	13	9
5. Желтуха	9	6,3
6. Олигурия (менее 50 мл/ч в течение суток)	14	9,7
7. Снижение АД	17	11,8
8. Падение ЦВД до 0 мм.рт.ст.	21	14,6

Клинически лечебный эффект при использовании в комплексном лечении метода СРТ оценивали по скорости купирования болевого симптома, интоксикации, пареза желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у больных обеих групп. При анализе выявлено, что данные симптомы достоверно быстрее проходили у больных основной группы, где использовали методику СРТ (табл. 5).

Как видно из табл. 5, интенсивность болевого симптома в основной группе уменьшалась к концу 3-х суток лечения, тогда как в группе сравнения сохранялась до 5-х суток заболевания. Аналогичная динамика прослеживается и по другим симптомам: тошнота/рвота, парез ЖКТ, температура тела, напряжение мышц передней брюшной стенки ($p < 0,05$).

Таблица 5.
Сроки купирования основных клинических проявлений ОП

Симптом	Основная группа (n=84)	Группа сравнения (n=60)	P
Боли в эпигастрии	68,1 ± 3,4 ч.	84,6 ± 5,02 ч.	<0,05
Тошнота/рвота	74,4 ± 3,2 ч.	93,6 ± 3,2 ч.	<0,05
Парез ЖКТ	52,3 ± 4,2 ч.	73,4 ± 2,2 ч.	<0,05
Температура тела	82,7 ± 4,1 ч.	103,8 ± 3,9 ч.	<0,05
Напряжение мышц передней брюшной стенки	68,1 ± 2,9 ч.	81,3 ± 3,1 ч.	<0,05

Из особенностей клинической картины заболевания следует отметить, что 15 (17,6%) пациентов из основной группы отметили незначительное и кратковременное (до 1,5-2 ч.) усиление болевого симптома при первой процедуре СРТ, который во всех случаях был купирован дополнительным однократным введением ненаркотических анальгетиков (кетонал). При проведении второго и последующих сеансов СРТ подобных явлений выявлено не было. Ни в одном из приведенных случаев не потребовалось прекращения процедуры.

Различия по срокам купирования других симптомов ОП у больных сравниваемых групп были статистически недостоверны ($P > 0,05$).

При сравнении динамики биохимических показателей было установлено, что к 5-м суткам заболевания у пациентов в основной группе происходит быстрее снижение уровня амилазы крови с $790,8 \pm 78,9$ до $80,1 \pm 23,2$ Ед/л относительно такового в группе сравнения ($745,4 \pm 98,3$ до $270,2 \pm 38,9$ Ед/л, $p < 0,05$) (рис. 2). Стоит отметить, что у 17 (20,2%) пациентов основной группы и у 7 (11,7%) больных в группе сравнения произошло незначительное повышение уровня панкреатической амилазы крови на вторые сутки. Данный факт рассматривался нами как прогрессирование заболевания в ранние сроки.

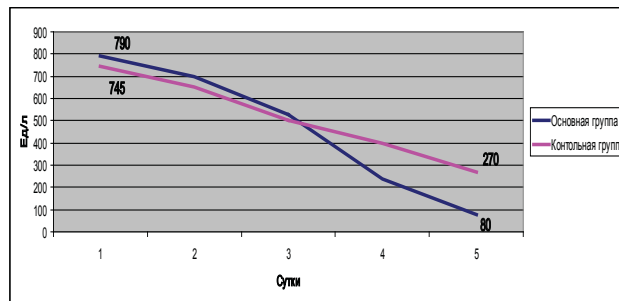


Рис. 2. Динамика изменения уровня панкреатической амилазы крови у пациентов с ОП.

Динамика изменений уровня других биохимических показателей крови больных ОП не отличалась ($p > 0,05$) в исследуемых группах (табл. 6).

Таблица 6.

Динамика ряда биохимических показателей крови у больных ОП

Показатель	Сутки лечения			
	1-е	3-и	7-е	10-е
Общий белок (65_85 г/л)	72,1 ± 3,2	68,2 ± 2,7	71,6 ± 3,5	77,4 ± 2,8
Мочевина (1,7_8,3 ммоль/л)	8,0 ± 1,6	5,8 ± 1,4	4,4 ± 0,8	1,9 ± 0,3
Глюкоза (4,2_6,1 ммоль/л)	6,0 ± 1,3	5,4 ± 1,2	4,8 ± 0,6	5,1 ± 0,2
АлАТ (5_35 ед./л)	92,2 ± 6,3	73,5 ± 4,3	41,9 ± 5,2	18,2 ± 3,1
АсАТ (5_40 ед./л)	107,4 ± 9,2	76,7 ± 4,1	44,7 ± 5,1	15,1 ± 2,3
ЩФ (50_120 ед./л)	151,2 ± 5,1	147,2 ± 6,3	98,3 ± 5,4	65,7 ± 3,4
ГГТП (5_50 ед./л)	85,3 ± 5,4	64,5 ± 4,1	50,1 ± 4,2	25,7 ± 2,3
ЛДГ (80_140 ед./л)	475,7 ± 12,2	360,7 ± 10,2	245,4 ± 8,7	150,8 ± 4,3
Холинэстераза (140_200 ед.)	174,9 ± 4,2	166,8 ± 3,9	171,3 ± 2,9	192,9 ± 3,1
Общий билирубин (7_21 ммоль/л)	23,1 ± 2,3	21,4 ± 2,4	15,4 ± 3,2	11,2 ± 2,1
Калий (3,5_5,0 ммоль/л)	4,7 ± 0,3	4,8 ± 0,2	4,7 ± 0,3	3,7 ± 0,2
Натрий (135_145 ммоль/л)	143,8 ± 0,2	142,3 ± 0,3	138,5 ± 0,3	141,4 ± 0,2

В основной группе больных на фоне лечения к 10-м суткам происходила нормализация уровня С-реактивного белка в крови с $47,4 \pm 8,7$ г/л до $4,9 \pm 2,1$ г/л, тогда как у пациентов из группы сравнения данный показатель оставался повышенным ($42,8 \pm 10,1$ г/л и $9,8 \pm 1,4$ г/л соответственно) (рис. 3).

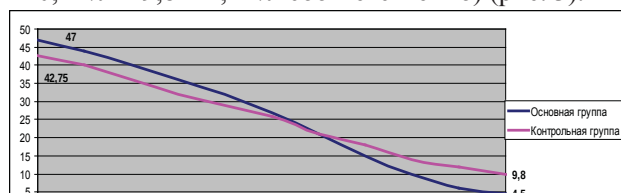


Рис. 3. Динамика изменения уровня С-реактивного белка в крови у пациентов с ОП.

Анализ основных показателей инструментальных методов исследования (УЗИ, КТ) в динамике не выявил достоверных различий ($p > 0,05$) между пациентами в сравниваемых группах.

Результаты лечения больных ОП, которым в комплексную терапию включен метод СРТ, отличались от таковых в группе сравнения. Так, средний койко-день в основной группе составил $12,1 \pm 1,2$ суток, а в группе сравнения – $16,8 \pm 1,4$ суток ($p < 0,05$). Побочных отрицательных эффектов при использовании метода СРТ не наблюдали. Летальных исходов в исследуемых группах не было.

Обсуждение. Улучшение результатов лечения у пациентов в основной группе с использованием метода СРТ можно объяснить за счет следующих эффектов:

- нормализация биоритмов и восстановление нормальной работы сфинктера Одди (уменьшение протоковой гипертензии ПЖ и как следствие – снижение повреждающего воздействия панкреатического секрета);
- противовоспалительный, противоотечный эффект и улучшение микроциркуляции (уменьшение объема повреждения ткани ПЖ, что способствует более быстрому купированию болевого синдрома и улучшению лабораторных показателей);
- синхронизация работы симпатической и пара-

симпатической системы.

Симпатическая система регулирует внутриорганный кровообращение ПЖ, а парасимпатическая воздействует на ее секрецию. При заболевании нарушение динамического равновесия в их функционировании ведет к расстройству кровообращения (ангиоспазм и гипоксия) и усилению экзокринной секреции. Указанные изменения в сочетании с нарушением проходимости панкреатических протоков могут привести к очаговому повреждению ацинарной ткани.

Экспериментально было подтверждено, что нарушения микроциркуляции в сочетании с активацией иммунопатологических реакций в ПЖ создают благоприятные условия для развития дисбактериоза, активации условно-патогенной микрофлоры кишечника, что усугубляется на фоне пареза кишечника, сопровождающего ОП. В результате, с одной стороны, возрастает риск осложнений ОП вследствие присоединения вторичной инфекции, что усиливает воспаление ПЖ, с другой – усугубляется иммунная агрессия против нее и других органов за счет микробных антигенов Форсмана, сходных с органическими антигенами человека. Прямым следствием этого является трансформация отечной формы ОП в панкреонекроз, в основе которого лежит феномен Санарелли-Шварцмана [2, 23, 24].

Возможность воздействия с помощью СРТ на микроциркуляцию в ПЖ и восстановление нормальных биоритмов кишечника способствуют более раннему разрешению пареза кишечника и уменьшают патологическое воздействие микрофлоры кишечника на ПЖ.

Таким образом, применение метода СРТ в комплексном лечении больных ОП позволяет добиться повышения эффективности проводимой консервативной терапии, а именно: быстрее купировать основные клинические и лабораторные проявления заболевания, что дает возможность завершить лечение в более ранние сроки. Также представляет интерес изучение возможности применения метода СРТ

у пациентов с тяжелыми формами панкреонекроза и способности метода уменьшить число переходов отечной формы ОП в панкреонекроз. Положительные эффекты СРТ могут оказать благоприятное воздействие на лечение пациентов с хроническим панкреатитом с возможностью достижения более стойкой ремиссии и проведением противорецидивных курсов амбулаторно, что в свою очередь может значительно уменьшить число госпитализаций таких пациентов в стационар для подбора терапии.

Полученные предварительные результаты применения в комплексной терапии больных ОП метода СРТ диктуют необходимость проведения дальнейших рандомизированных плацебо-контролируемых исследований, способных помочь улучшить результаты лечения данного заболевания.

Выводы

1. Применение метода СРТ в комплексном лечении больных ОП позволяет уменьшить сроки купирования основных клинических симптомов заболевания и быстрее нормализовать лабораторные показатели, что ведет к сокращению сроков госпитализации и соответственно расходов на медикаментозное лечение.
2. Методика СРТ патогенетически обоснована при ОП, проста в исполнении, не требует больших финансовых затрат, отсутствует необходимость в одноразовых расходных материалах.
3. Первый опыт использования метода СРТ показал отсутствие каких либо отрицательных побочных эффектов, что делает возможным его широкое применение в клинической практике у больных с ОП.

Библиографический список

1. Безбах И.В., Кузовлев О.П., Цахилова С.Г. Применение структурно-резонансной терапии в восстановительном лечении больных хроническим сальпингоофоритом //Журн. Российского общества акушеров-гинекологов. 2006. №3. С.26-29.
2. Белый И.С., Десятник В.И., Вахтангишвили Р.Ш. Деструктивный панкреатит. Киев: Здоров'я, 1986. 128 с.
3. Блинков И.Л. Зависимость клинической эффективности структурно-резонансной терапии от устойчивости патологического морфогенетического поля //Материалы IV Международной конференции «Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии». Москва, 1998. С.207.
4. Гальперин Э.И., Дюжева Т.Г., Докучаев К.В. и др. Диагностика и хирургическое лечение панкреонекроза // Хирургия. 2003. №3. С.50-54.
5. Губарева В.В., Кузовлев О.П., Котенко К.В., Лактионова Л.В. Применение структурно-резонансной терапии для лечения гипоменструального синдрома у женщин с нейроэндокринными нарушениями //Журн. физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2007. №1. С.50-61.
6. Коган А.Б. Биологическая кибернетика. Москва, 1977. 408с.
7. Кузовлев О.П., Хазина Л.В., Блинников И.Л. Новая перспективная методика – структурно-резонансная электромагнитная терапия //Журн. перспективы традиционной медицины. 2003. №2. С.44 – 50.
8. Кузовлев О.П., Блинков И.Л., Мейзеров Е.Е. и др. Структурно-резонансная (электро- и электромагнитная) терапия: Пособие для врачей. Москва, 2004. 243 с.
9. Кузовлев О.П., Хазина Л.В., Акаева У.Б. Опыт применения структурно-резонансной электромагнитной терапии в гинекологической практике: Материалы VII Международного форума «Новые технологии восстановительной медицины и курортологии». Москва, 2000. С.79-80.
10. Лупальцов В.И. Острый послеоперационный панкреатит. Киев; Здоров'я, 1988. 134с.
11. Мамошин А.В., Борсуков А.В., Горпинич А.Б., Васильев П.Ю., Альянов А.Л., Шаталов Р.П. Ультразвуковая диапевтика острого деструктивного панкреатита. УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ Орловского государственного университета: Научный журнал. Орел, №4(38), 2010. С. 218-223.
12. Нестеренко Ю.А., Лаптев В.В., Михайлузов С.В. Диагностика и лечение деструктивного панкреатита. - Москва: БИНОМ, 2004. - 304 с.
13. Пугаев А.В., Ачкасов Е.Е. Острый панкреатит. Москва: ПРОФИЛЬ, 2007. 336 с.
14. Савельев В.С., Буянов В.М., Огнев Ю.М. Острый панкреатит. Москва: Медицина, 1983. 240 с.
15. Счастный С.А. К вопросу о механизме действия биоадекватных человеку электромагнитных полей //Вестник Российской АМН. 1995. №5. С.51 – 54.
16. Трухан Д.И. Иммуногенетические аспекты патогенеза острого панкреатита //Хирургия. 2000. №6. С. 9–14.
17. Тучина Л.М., Порошенко Г.Г. Распространенность заболеваний поджелудочной железы среди населения г. Москвы //Росс. гастроэнтерол. журн. 2001. №2. С.154.
18. Филин В.И., Костюченко А.Л. Неотложная панкреатология: Справочник для врачей. Санкт-Петербург: Питер, 1994. 410 с.
19. Хазина Л.В., Корчажкина Н.Б. Структурно-резонансная терапия больных с пояснично-крестцовой радикулопатией //Журн. физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2010. №6. С.39 – 42.
20. Шалимов С.А., Радзиховский А.П., Ничитайло М.Е. Острый панкреатит и его осложнения. Киев: Наукова думка, 1990. 270 с.

21. Шалимов А.А., Шалимов С.А., Ничитайло М.Е., Радзиковский А.П. Хирургия поджелудочной железы. - Симферополь: Таврида, 1997. 560 с.
22. Cruickhank A.H. Non-infective acute pancreatitis // Pathology of Pancreas. 1995. P. 12.
23. Hendeles L., Dorf A., Stecenko A., Weinberger M. Treatment failures after substitution of generic pancrelipase capsules: correlation with in vitro lipase activity //JAMA. 1990. Vol.26. P.29–61.
24. Le Mee J., Paye F., Sauvanet A. et al. Incidence and reversibility of organ failure in the course of sterile or infected necrotizing pancreatitis //Arch Surg. 2001. Vol.136. C.1386-1390.
25. Mayerle J., Simon P., Lerch M.M. et al. Medical treatment of acute pancreatitis //Gastroenterol. Clin. N. Am. 2004. Vol. 33. P.855-869.

References

1. Bezbakh I.V., Kuzovlev O.P., Tsakhilov S.G. Using of the structure-resonance therapy in the rehabilitation of patients with chronic salpingoophoritis // Zh. Russian Society of Obstetricians and Gynecologists. 2006. № 3. P.26-29.
2. Bely I.S., Desyatnik V.I., Vakhtangishvili R.Sh. Destructive pancreatitis. Kiev: zdorov'ya, 1986. p. 128.
3. Blinkov I.L. The dependence of the clinical effectiveness structure- resonance therapy on the stability of the pathological morphogenetic field // Proceedings of the IV International Conference "Theoretical and clinical aspects of bioresonance and multiresonance therapy." Moscow, 1998. P.207.
4. Halperin E.I., Dyuzheva T.G., Dokuchaev K.V., etc. Diagnosis and surgical treatment of pancreatic necrosis // Surgery. 2003. № 3. P.50-54.
5. Gubarev V.V., Kuzovlev O.P., Kotenko K.V., Laktionova L.V. The use of the structure-resonance therapy for hypomenstrual syndrome in women with neuroendocrine disorders // Journal Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation. 2007. № 1. P.50-61.
6. Kogan A.B. Biological Cybernetics. Moscow, 1977. 408 p.
7. Kuzovlev O.P., Khazin L.V., Blinnikov I.L. A promising new technique - the structural resonance electromagnetic therapy // Journal perspective of traditional medicine. 2003. № 2. P.44 - 50.
8. Kuzovlev O.P., Blinkov I.L., Meizerov E.E., etc. The structural resonance (electric and magnetic) Therapy: A Guide for Physicians. Moscow, 2004. 243 p.
9. Kuzovlev O.P., Hazina L.V., Akayev U.B. Experience of using the structural resonance of electromagnetic therapy in gynecological practice: Proceedings of the VII International Forum "New technologies of regenerative medicine and health resort." Moscow, 2000. P.79-80.
10. Lupaltsov V.I. Acute postoperative pancreatitis. Kiev, Health protection, 1988. 134 p.
11. Mamoshin A.V., Borsukov A.V., Gorpinich A.B., Vasiliev P.Y., Alyanov A.L., Shatalov R.P. Ultrasound diapevitic of acute destructive pancreatitis. Proceedings of the Oryol State University: The Journal. - Eagle, № 4 (38), 2010. P. 218-223.
12. Nesterenko Y.A., Laptev V.V., Mihaylusov S.V. Diagnosis and treatment of the destructive pancreatitis. Moscow: BINOM, 2004. P. 304.
13. Pugaev A.V., Achkasov. E.E. Acute pancreatitis. London: Profile, 2007. p. 336.
14. Savelyev V.S., Buyanov V.M., Ognev Y.M. Acute pancreatitis. Moscow: Medicine, 1983. 240 p.
15. Schastny S.A. About the mechanism of action of human bio adequate electromagnetic fields // Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences. 1995. № 5. P.51 54.
16. Truhan D.I. Immunogenetic aspects of the pathogenesis of acute pancreatitis // Surgery. 2000. № 6. P. 9-14.
17. Tuchina L.M., Poroshenko G.G. The prevalence of the pancreatic diseases in the population of Moscow // Russia. Gastroenterological Journal. - 2001. - № 2. - P.154.
18. Filin V.I., Kostyuchenko A.L. Emergency pancreatology: A Guide for Physicians. - St. Petersburg: St. Petersburg, 1994. 410 p.
19. Hazina L.V., Korchazhkina N.B. Structure-resonance therapy of patients with lumbosacral radiculopathy // Magazine Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation. 2010. № 6. P.39 - 42.
20. Shalimov S.A., Radzikhovsky A.P., Nychitaylo M.E. Acute pancreatitis and its complications. Kiev: Naukova Dumka, 1990. 270 p.
21. Shalimov A.A., Shalimov S.A., Nychitaylo M.E., Radzikhovsky A.P. Pancreatic surgery. - Simferopol: Tauris, 1997. - 560 p.
22. Cruickhank A.H. Non-infective acute pancreatitis // Pathology of Pancreas. 1995. P. 12.
23. Hendeles L., Dorf A., Stecenko A., Weinberger M. Treatment failures after substitution of generic pancrelipase capsules: correlation with in vitro lipase activity //JAMA. 1990. Vol.26. P.29–61.
24. Le Mee J., Paye F., Sauvanet A. et al. Incidence and reversibility of organ failure in the course of sterile or infected necrotizing pancreatitis //Arch Surg. 2001. Vol.136. C.1386-1390.
25. Mayerle J., Simon P., Lerch M.M. et al. Medical treatment of acute pancreatitis //Gastroenterol. Clin. N. Am. 2004. Vol. 33. P.855-869.

УДК 616.12-008.331.1-091.5

UDC 616.12-008.331.1-091.5

В.С. БАРСУКОВ

доктор медицинских наук, профессор, зав кафедрой
общей патологии и физиологии Орловского государственного университета,
E-mail: barsukov_vs@mail.ru

V.S. BARSUKOV

Doctor of Medical Sciences, professor, Head of the chair
of General pathology and physiology, Medical Institute of
Orel State University,
E-mail: barsukov_vs@mail.ru

ПАТОЛОГОАНАТОМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У СЕКЦИОННОГО СТОЛА

PATHOMORPHOLOGICAL DIAGNOSIS OF ARTERIAL HYPERTENSION DURING AUTOPSY

Патологоанатомическая диагностика артериальной гипертензии на аутопсии нередко является непростой задачей ввиду того, что на массу сердца оказывают влияние не только уровень прижизненного артериального давления, но и наличие постинфарктного кардиосклероза, клапанных пороков, кардиомиопатий, хронических заболеваний легких. Показана возможность вероятностной диагностики АГ на основании возраста умершего и периметра нисходящего отдела грудной аорты, используемых в уравнениях бинарной логистической регрессии. Установлено, что при таком подходе посмертная диагностика АГ у секционного стола возможна у 70-75% всех умерших в возрасте от 18 до 95 лет.

Ключевые слова: возраст, периметр аорты, логистическая регрессия, вероятностная патологоанатомическая диагностика артериальной гипертензии.

An approach for probabilistic pathomorphological diagnosis of severe arterial hypertension (SAH) or its absence during autopsy has been proposed. It is based on age and the thoracic aorta perimeter with their subsequent evaluation in Logistic Regression equations. It has been established that postmortal diagnosis of SAH or its absence is possible in about 70-75% of all cases.

Keywords: age, aorta perimeter, logistic regression, probabilistic postmortem diagnosis of arterial hypertension.

Патологоанатомическая диагностика артериальной гипертензии (АГ) у секционного стола, несмотря на кажущуюся простоту, на самом деле нередко представляет собой сложную задачу. Обычно патологоанатомы в таких случаях ориентируются на общую массу сердца (ОМС) и толщину стенки левого желудочка, и если эти показатели превышают известные нормативы, то диагноз АГ представляется вполне обоснованным. Однако увеличение ОМС происходит не только при повышенном артериальном давлении (АД), но и при постинфарктном кардиосклерозе, пороках сердца, кардиомиопатиях, хронических заболеваниях легких. К тому же ОМС, превышающая некие нормативы в 300-350 г, может иметься у крупных субъектов с массой тела 90-100 кг и более, не страдающих АГ. Данные истории болезни, особенно при кратковременном пребывании пациента в стационаре, не всегда могут помочь диагностике, так как у больных с сердечной недостаточностью АД может снижаться даже при наличии АГ.

Целью исследования явилась разработка объективного способа патологоанатомической диагностики АГ у секционного стола, то есть еще до гистологического изучения микропрепаратов. Такая «экспресс-диагностика» АГ целесообразна при проведении первоначального клинико-анатомического анализа в присутствии лечащего врача. Для этого морфологически были исследованы аорта, сердце и

внутренние органы 379 умерших (215 мужчин, 164 женщины) в возрасте от 18 до 95 лет у мужчин (медиана 59 лет, нижний и верхний квартили распределения 51-72 года) и 22-93 года у женщин (медиана 72 года, квартили распределения 60-80 лет).

Аорту вскрывали вдоль по дорсальной поверхности и с точностью до 1 мм измеряли ее периметр (ПА) на уровне 1-2 пар межреберных артерий. Степень атеросклеротических изменений аорты оценивали по 3-балльной шкале: 1 балл – отсутствие видимых изменений, липидоз, единичные фиброзные бляшки, занимающие не более 5% площади поверхности; 2 балла – многочисленные фиброзные и единичные атероматозные бляшки без изъязвлений и кальциноза; 3 балла – множественные атероматозные бляшки с изъязвлением, тромбозом и кальцинозом. Наличие АГ и ее выраженность определяли при микроскопическом исследовании по наличию гипертензионных изменений артерий и артериол (ГИА) внутренних органов – головного мозга, миокарда левого желудочка, поджелудочной железы, почек, надпочечников. При этом выделяли 3 вида состояния сосудистой стенки: 1) отсутствие гипертензионных изменений сосудов; 2) обратимые изменения сосудов в виде спазма и гипертрофии стенок мелких артерий и артериол, свидетельствующие об относительно непродолжительном течении АГ с невысокими цифрами базового АД; 3) необратимые изменения (эластофиброз и

гиалиноз со стенозированием просвета сосудов, некротические изменения стенок), характеризующие АГ как длительно протекавшую и с высокими цифрами базового АД. Принимая во внимание неизбежность некоторого субъективизма в оценке состояния артерий, все перечисленные их морфологические изменения были собраны всего в 2 градации: 1 балл – отсутствие видимых гипертензионных изменений или наличие обратимых изменений сосудов без значительного стенозирования их просвета, 2 балла – необратимые изменения сосудов с существенным сужением их просвета.

Цифровые данные обрабатывались статистически с применением методов непараметрической статистики. Прогнозируемая на аутопсии степень гипертензионных изменений артерий (и, следовательно, прижизненный базовый уровень артериального давления) оценивалась по результатам расчетов по уравнениям бинарной логистической регрессии. В настоящее время данный подход к вероятностной диагностике патологических процессов и состояний находит все большее применение [2-4]. В нашем исследовании возможными вариантами прогноза могли быть отсутствие АГ или ее непродолжительное течение (ГИА-1 балл) и наличие длительно протекавшей и тяжелой АГ (ГИА-2 балла). Все расчеты выполнены с помощью пакета статпрограмм NCSS 2001.

Прежде было установлено, что при значительных гипертензионных изменениях артерий и артериол внутренних органов (ГИА-2) имеется более высокая частота инсультов, инфаркта миокарда, гангрены кишечника и нижних конечностей (условно болезни 1-й группы). В то же время при незначительных гипертензионных изменениях сосудов или их отсутствии (ГИА-1) преобладают болезни, не являющиеся прямыми осложнениями АГ: пневмонии, циррозы печени, язвенная болезнь, сепсис, опухолевые процессы и др. (болезни 2-й группы) (табл. 1). Это свидетельствует о том, что морфологические изменения артерий и артериол внутренних органов достаточно объективно отражают уровень прижизненного базового АД, с которым в значительной мере и связана вероятность развития болезней 1-й или 2-й групп.

Ранее нами было установлено, что с возрастом ПА прогрессивно увеличивается. Причиной этого является постоянное механическое воздействие пульсовой волны на стенку аорты на фоне нарастающей атрофии ее эластического каркаса и развивающихся атеросклеротических изменений [1]. Логично допустить, что гидродинамическое воздействие пульсовой волны на аорту будет больше при высоком АД, то есть у умерших с АГ. Это предположение было подтверждено наличием достоверной корреляционной связи степени ПА с ГИА (табл. 2).

Из таблицы видно, что ПА коррелирует не только с ГИА, но и со степенью атеросклеротических изменений аорты, а также с возрастом умерших. Наряду с этим имеются достоверные корреляционные связи ГИА с возрастом и атеросклерозом аорты. Определяет

всю архитектуру связей, очевидно, возраст, поскольку именно с ним наиболее тесно коррелируют атеросклеротические изменения, ГИА и ПА.

Таблица 1.

Частота болезней 1-й и 2-й групп при разной степени гипертензионных изменений артерий внутренних органов

	Мужчины (n=215)		Женщины (n=164)	
	ГИА-1	ГИА-2	ГИА-1	ГИА-2
Болезни 1-й группы	45 (43,7%)	83 (74,8%)	21 (32,8%)	68 (68,0%)
Болезни 2-й группы	58 (56,3%)	28 (25,2%)	43 (67,2%)	32 (32,0%)
	Хи-квадрат =20,2; p<0,001		Хи-квадрат =18,1; p<0,001	

Таблица 2.

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между гипертензионными изменениями артерий, возрастом, периметром аорты и степенью ее атеросклероза у мужчин и женщин

К о р р е л и р у е м ы е показатели	Мужчины (n=215)	Женщины (n=164)
ПА – ГИА	0,47*	0,48*
ПА – атеросклероз	0,59	0,54
ПА – возраст	0,82	0,70
ГИА – возраст	0,46*	0,50*
Атеросклероз-возраст	0,61	0,58
ГИА – атеросклероз	0,26	0,44

Примечание: все коэффициенты достоверны (p<0,05).

Для вероятностного определения степени ГИА следует использовать только те показатели, с которыми ГИА коррелируют наиболее тесно и количественная оценка которых лишена субъективизма. Такими показателями являются возраст и ПА. Полученные уравнения регрессии на основе возраста и ПА имеют следующий вид:

Логит ГИА = 6,591-0,039*возраст-0,695*ПА (см); (мужчины)

Логит ГИА = 8,465-0,054*возраст-0,872*ПА (см). (женщины)

Подставляя в уравнения возраст и величины ПА, получаем значения логитов, по которым определяется вероятность наличия ГИА-1 или ГИА-2 (табл. 3).

Критерием диагностики являются значения логитов, отличающиеся от нуля. При этом если логит имеет положительное значение, то прогнозируется наличие ГИА-1, если отрицательное – то ГИА-2. Разумеется, чем больше логит отличается от нуля, тем более вероятным и надежным становится прогноз.

Дифференциально-диагностические возможности данных уравнений можно проиллюстрировать следующими примерами:

1. Мужчина 75 лет, ПА = 7,0 см. Вычисленный логит = - 1,199, вероятность значительных гипертензионных изменений артерий и артериол (ГИА-2) находится в интервале 75-80%. На аутопсии выявлен постинфарктный кардиосклероз. Последующее

гистологическое исследование внутренних органов подтвердило наличие выраженных гипертензионных изменений сосудов.

2. Мужчина 38 лет, ПА= 4,5см. Логит = 1,982, вероятность отсутствия или незначительных гипертензионных изменений артерий и артериол (ГИА-1) находится в интервале 85-90%. Патологоанатомический диагноз – перитонит вследствие перфоративной язвы желудка. При гистологическом исследовании существенных гипертензионных изменений сосудов не найдено

Частота несовпадений прогнозируемой и реальной степени ГИА у мужчин составляет около 30%, а у женщин – 25%. Как правило, при этом величины логитов не превышают $\pm 0,405$, что соответствует зоне ненадежного прогноза. Корреляционный анализ показал, что в этих подгруппах с ошибочным прогнозом связь степени ГИА с возрастом, ПА и атеросклеротическими изменениями аорты становится отрицательной или исчезает (табл.4). Это свидетельствует о том, что в таких случаях развитие АГ происходит вне прямой связи с возрастом и атеросклеротическими изменениями, так что в результате ПА перестает быть надежным индикатором уровня прижизненного базового АД.

Однако, поскольку на валовом секционном материале таких случаев с несовпадающим прогнозом не

более 30%, предложенный метод диагностики артериальной гипертензии у секционного стола вполне применим на практике.

Таблица 3.

Значения логитов и соответствующие им вероятности ГИА-1 и ГИА-2

Логиты	Вероятность ГИА-1 (%)	Вероятность ГИА-2 (%)
2,944	95	5
2,197	90	10
1,735	85	15
1,386	80	20
1,099	75	25
0,847	70	30
0,619	65	35
0,405	60	40
0,201	55	45
0	50	50
-0,201	45	55
-0,405	40	60
-0,619	35	65
-0,847	30	70
-1,099	25	75
-1,386	20	80
-1,735	15	85
-2,197	10	90
-2,944	5	95

Таблица 4

Ранговые коэффициенты корреляции основных параметров в подгруппах совпадающего и ошибочного прогноза ГИА

	Мужчины (n=215)		Женщины (n=164)	
	Совпавший прогноз (n=152; 70,7%)	Ошибочный прогноз (n=63)	Совпавший прогноз (n=123; 75,0%)	Ошибочный прогноз (n=41)
Возр-ГИА	0,74	-0,39	0,71	-0,43
ПА-ГИА	0,87	-0,87	0,81	-0,86
ГИА-Атер	0,50	-0,31	0,57	0,007*

Примечание: все коэффициенты достоверны ($p < 0,05$), кроме отмеченного звездочкой (*).

Библиографический список

1. Барсуков В.С., Лобанов А.М., Попов В.А. Морфометрия аорты в определении возраста неопознанного умершего // Ученые записки Орловского государственного университета. 2012. №6 (50). С. 198-201.
2. Ильченко С.И. Прогнозирование развития хронического бронхита у детей и подростков методом логистической регрессии // Здоровье ребенка. 2010. № 6. С. 28-31.
3. Смычков А.С., Зарубина Т.В., Скворцова В.И. Прогнозирование острого периода полушарного ишемического инсульта по данным электроэнцефалографии с использованием метода бинарной логистической регрессии // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2010. № 4. С. 50-54.
4. Стрижов В.В., Мотренко А.П. Многоклассовая логистическая регрессия для прогноза вероятности наступления инфаркта // Известия Тульского госуд. ун-та. Естественные науки. 2012. № 1. С. 153-162

References

1. Barsukov V.S. Lobanov A.M. Popov V.A. Morphometry of the aorta in determining the age of an unidentified deceased // Scientific notes of Orel State University. Orel.. - 2012. - № 6 (50). - Pp. 198-201.
2. Il'chenko S.I. Predicting the development of chronic bronchitis in children and adolescents by logistic regression / Child Health. - 2010. - № 6. - Pp. 28-31.
3. Smychikov A.S., Zarubina T.V., Skvortsova V.I. Predicting the acute period of hemispheric ischemic stroke, according to the EEG using the binary logistic regression // Bulletin of the Russian State Medical University. 2010. - № 4. - Pp. 50-54.
4. Strizhov V.V., Motrenko A.P. Multi-class logistic regression to predict the likelihood of heart attack // Proceedings of Tula State University. Natural sciences. - 2012. - № 1. - Pp. 153-162

УДК 617.616.441-006.5-07

UDC 617.616.441-006.5-07

А.В. БОРСУКОВ

доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской терапии Смоленской государственной медицинской академии, руководитель проблемной научно-исследовательской лаборатории «Ультразвуковые исследования и миниинвазивные технологии»

E-mail: bor55@yandex.ru

З.А. ЛЕМЕШКО

доктор медицинских наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова

E-mail: zinaidalemeshko@mail.ru

А.В. МАМОШИН

кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей хирургии и анестезиологии Орловского государственного университета

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru

Т.Г. МОРОЗОВА

аспирант кафедры факультетской терапии Смоленской государственной медицинской академии Министерства здравоохранения РФ

E-mail: t.g.morozova@yandex.ru,

A.V. BORSUKOV

Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Therapy, Smolensk State Medical Academy, Head of problem research laboratory
"Ultrasound and minimally invasive technologies"

E-mail: bor55@yandex.ru

Z.A. LEMESHKO

Doctor of Medical Sciences, Professor of Internal Medicine Propaedeutics, I.M. Setchenov First Moscow State Medical University

E-mail: zinaidalemeshko@mail.ru

A.V. MAMOSHIN

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of General Surgery and Anesthesiology Medical Institute of Orel State University, a surgeon in the surgical department Orel Regional Clinical Hospital

E-mail: dr.mamoshin@mail.ru,

T.G. MOROZOVA

Post-graduate student of faculty therapy, Smolensk State Medical Academy, Ministry of Health of the Russian Federation

E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

**ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАЗВИТИЯ ОСТАТОЧНЫХ ОЧАГОВ В ПАРЕНХИМАТОЗНЫХ
ВНУТРЕННИХ ОРГАНАХ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ МАЛОИНВАЗИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**THE PATTERN OF THE RESIDUAL PARENCHYMAL LESIONS IN INTERNAL ORGANS
DEVELOPMENT AFTER MINI-INVASIVE EXPOSURE**

Клинико-инструментально и экспериментально установлена неизвестная ранее закономерность развития остаточных очагов в паренхиматозных внутренних органах после различного малоинвазивного лечения, заключающаяся в том, что различные по природе и локализации очаговые поражения внутренних органов имеют сходные последовательные стадии развития во всех периодах клинико-инструментального наблюдения, обусловленное тем, что возникающие после лечения остаточные очаги имеют общие специфические особенности клинического и патоморфологического развития.

Ключевые слова: ультразвуковая томография, очаговое поражение, малоинвазивные технологии.

Previously unknown pattern of residual disease in the parenchymal viscera after various min-iinvasive treatment was clinical-instrumentally and experimentally set; the fact is that different in nature and localization focal lesions of the internal organs have similar successive stages of development in all periods of clinical and instrumental observations, caused by residual disease after the treatment have common specific features of clinical and pathological development.

Keywords: ultrasound imaging, focal disease, mini-invasive technology.

На рубеже 20-21 веков на смену традиционным схемам лечения (как правило, оперативным) различных очаговых поражений паренхиматозных внутренних органов (кисты, абсцессы, гемангиомы, опухоли ранних стадий, солитарные метастазы и т.д.) приходят различные малоинвазивные технологии, позволяющие значительно сократить объем операции и сроки выздоровления (лапароскопическая хирургия) или вообще отказаться от оперативного вмешательства (так называемые минимальноинвазивные вме-

шательства) [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Данные технологии породили наряду с новыми диагностическими и лечебными алгоритмами новые специальности на стыке хирургии, урологии, гинекологии и рентгенологии; хирургии, онкологии и лучевой диагностики; внутренних болезней и лучевой диагностики и т.д. [4, 8]. Подобная тенденция наблюдается как в отечественной, так и мировой медицине [4, 5, 8]. Наблюдается лавинообразный рост научных публикаций, посвященных принципиально новым

способам лечебного воздействия на патологический очаг в органе (радиочастотная абляция, лазер, плазма, фотодинамическое облучение, электрохимический лизис и т.д.) [7, 8]. В течение года в мире проводятся (по данным Интернета) более 150-ти научных форумов, посвященных различным малоинвазивным технологиям. Подробно рассматриваются показания и противопоказания к новым технологиям, проводятся сравнения с классическими схемами лечения, даются ранние, отсроченные и в некоторых случаях отдаленные результаты малоинвазивного лечения, указываются пути профилактики потенциальных осложнений [5, 6, 7, 8, 13, 14]. Наблюдается тенденция к усложнению клинико-инструментального мониторинга за подобным контингентом больных с привлечением высокоинформативных методик (спиральной компьютерной томографии, магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томографии, цветного доплеровского картирования, виртуальной эндоскопии т.д.) [4, 8, 11, 12, 15, 16]. Уже разработаны диагностические схемы визуализации патологии малых размеров (до 5-10 мм) или на ранних стадиях развития (слизистый слой); отрабатываются программы дифференциально-диагностических рядов с экономическим обоснованием инструментальных методов [3, 4, 5, 8, 9].

Однако все сложные инструментальные методы вырабатывают ответы на вопросы хирургов по классической модели диагностики: ранняя детекция, истинная распространенность патологического процесса, своевременное выявление осложнений и степень компенсации органа [6, 8]. Проблема «судьбы» очаговой патологии после лечения воспринимается односторонне: есть рецидив патологии или нет? Это объясняется тем, что малоинвазивными технологиями по традиции в большинстве занимаются настоящие или бывшие классические хирурги, в обучении которых был постулат: операция – радикальное средство борьбы с очаговой патологией, после вмешательства следов очага в идеале быть не должно. Поэтому и прогресс болезни воспринимается как рецидив той же патологии, с теми же клиническими симптомами и сходной инструментальной семиотикой [1, 2, 3]. Сходный подход бытует в классической интервенционной лучевой диагностике: результат селективной химиотерапии или других рентгеноэндоваскулярных вмешательств оценивается по «ответу» на лечение по результатам КТ или ангиографии, где наблюдается якобы «исчезновение» очага или его уменьшение [3, 5, 8]. Однако в мало- или минимальноинвазивной медицине основа принципиально отличается от классического положения оперативных вмешательств – субстрат очагового поражения остается в 100% случаев после малоинвазивных лечебных технологий. Конечно, патологическая составляющая очага (избыточный объем, сдавление сосудов или других трубчатых структур, гнойный субстрат, злокачественная или малигнизированная ткань) полностью убирается после малоинвазивного лечения, однако капсула оча-

га, остаточный объем ткани при доброкачественной природе или асептический некроз при злокачественной природе очага остаются в органе. Именно с этих позиций и надо рассматривать возможности инструментальных методов в новых методологических подходах в лучевой диагностике.

Другой проблемой, не получившей должного решения, является принципиальное положение об изменении природы очагового поражения после малоинвазивного воздействия на очаг: происходит превращение оставшихся фрагментов очага в «остаточный очаг», имеющий другую морфологическую/патоморфологическую природу, имеющий свои специфические периоды клинико-инструментального наблюдения. Данный термин наиболее точно, по нашему мнению, отражает итоговую закономерность малоинвазивных технологий и относится к любому типу очаговой патологии после лечения [1, 2, 4, 8, 9]. В скобках после него оптимально указать характер малоинвазивного вмешательства и нозологию очаговой патологии. Именно доказательства этих позиций и послужили причиной настоящего исследования.

Авторами экспериментально и в течение клинико-инструментального наблюдения за больными в течение более 5-15 лет обнаружена и теоретически обоснована неизвестная ранее закономерность, сущность которой состоит в том, что различные по природе и локализации очаговые поражения паренхиматозных внутренних органов после разнообразных типов малоинвазивного лечения имеют сходные последовательные стадии развития во всех периодах клинико-инструментального наблюдения, обусловленное тем, что возникающие после лечения остаточные очаги имеют общие специфические особенности клинического и патоморфологического развития.

Научное значение открытия заключается в том, что выявлена новая закономерность изменения свойств различных очаговых поражений внутренних органов с превращением их в особую группу очаговых изменений «остаточные очаги», имеющих специфические особенности инструментальной диагностики и требующих новых методологических подходов к интерпретации результатов лечения, наблюдения и клинико-инструментального мониторинга.

Благодаря данному открытию можно объяснить и придать смысловое значение периодам увеличения размеров остаточных очагов в начальные стадии после малоинвазивных вмешательств при ожидаемом позитивном ответе на лечение, эволюции достоверности информативных оценочных критериев эффективности лечения от одной группы признаков до лечения к другим. И это при условии применения одного способа визуализации до и после малоинвазивного вмешательства.

Практическое значение открытия выражается в нескольких направлениях.

1. Разработка и включение в циклы послеузовского обучения новых методологических основ возможностей инструментальной диагностики по

оценке результатов малоинвазивного лечения и особенностям дальнейшего наблюдения.

2. Целесообразно готовить специалистов по интервенционной лучевой диагностике с блоком навыков и знаний инструментальной семиотики основной очаговой патологии внутренних органов до и после (остаточные очаги) малоинвазивного лечения, позволяющего в случае появления нового источника воздействия на патологический очаг уметь клинически интерпретировать новые факты и обосновывать соответствующие изменения в последующих алгоритмах клинико-инструментального мониторингирования данной категории больных.

3. Необходимо подготовить новые учебно-методические пособия для врачей лучевой диагностики, где с позиции доказательной медицины будут приведены комплексы достоверных критериев оценки эффективности различных способов малоинвазивного лечения очаговой патологии паренхиматоз-

ных органов с применением комплекса современных инструментальных диагностических средств.

4. Готовить врачей на факультетах «лечебное дело» в вузах и курсах послевузовского образования специалистов в клинике внутренних болезней к особенностям новой группы очаговой патологии внутренних органов «остаточные очаги» в плане диспансерного наблюдения, особенностям психосоматического статуса данной категории больных.

Все это позволит качественно улучшить уровень лечения и диагностики, своевременно выявлять осложнения или побочные эффекты малоинвазивного лечения и, самое главное, даст врачу в клинике внутренних болезней и специалисту лучевой диагностики методологический подход к решению вопросов диагностики и дальнейшего клинико-инструментального наблюдения за пациентами после внедрения новых способов малоинвазивных технологий.

Библиографический список

1. Борсуков А.В. Зуи В.С., Бадисов В.И. УЗ-оценка остаточных очаговых изменений печени и ложа желчного пузыря после малоинвазивных манипуляций: Материалы 3-го съезда Ассоциации специалистов УЗД в медицине. М., 1999. С.181.
2. Борсуков А.В. Возможности метода инвазивной ультразвуковой томографии в лечении солитарных злокачественных очаговых поражений печени // Научно - практическая конференция онкологов: Сб. тезисов. Смоленск, 1995. С.93-95.
3. Борсуков А.В., Лемешко З.А. Алгоритм обследования больных с очаговыми поражениями при использовании УЗ-томографии // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 1996. Т.6, № 2. С.21-26.
4. Борсуков А.В. Диагностика очаговых поражений органов брюшной полости, забрюшинного пространства и методологические основы их терапии под ультразвуковым контролем: Автореф. дисс...доктора мед. наук. Смоленск, 2001. 32с.
5. Борсуков А.В., Лемешко З.А., Сергеев И.Е. Малоинвазивные вмешательства под ультразвуковым контролем в клинике внутренних болезней. Смоленск, 2005. 193 с.
6. Борсуков А.В., Мамошин А.В. Малоинвазивные вмешательства под ультразвуковым контролем при заболеваниях желчного пузыря и поджелудочной железы. М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2007. 118 с.
7. Борсуков А.В. Малоинвазивный электрохимический лизис в гепатологии, маммологии, урологии, эндокринологии. - М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2008. 220 с.
8. Борсуков А.В., Долгушин Б.И., Косырев В.Ю., Мамошин А.В., Махотина М.С., Нечушкин М.И., Панченков Д.Н., Петровский А.В., Степанова Ю.А., Шолохов В.Н. (Под редакцией Борсукова А.В. и Шолохова В.Н.) Малоинвазивные технологии под ультразвуковой навигацией в современной клинической практике. Смоленск. Издательство «Смоленская городская типография», 2009. 245 с.
9. Борсуков А.В., Крюковский С.Б., Покусаева В.Н., Никифоровская Е.Н., Перегудов И.В., Морозова Т.Г. (Под редакцией Борсукова А.В.) Эластография в клинической гепатологии (часные вопросы). Монография. Смоленск. Издательство «Смоленская городская типография», 2011.– 276 с.
10. Мамошин А.В., Борсуков А.В., Горпинич А.Б., Васильев П.Ю., Альянов А.Л., Шаталов Р.П. Ультразвуковая диапевтика острого деструктивного панкреатита. УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ Орловского государственного университета: Научный журнал. Орел, №4(38), 2010. С. 218-223.
11. Мамошин А.В., Борсуков А.В., Сезонов К.В. Возможности эндокавитальной ультразвуковой диагностики гнойных жидкостных осложнений острого деструктивного панкреатита. УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ Орловского государственного университета: Научный журнал. Орел, №4(38), 2010. С. 224-228.
12. Митина Л.А., Казакевич В.И. Опухолевая инфильтрация клетчатки: особенности ультразвуковой семиотики. Ультразвуковая и функциональная диагностика, 2007, №1. С. 68-84.
13. Митина Л.А., Казакевич В.И., Соколов В.В., Романов Д.В., Шумейко А.Э., Филоненко Е.В., Седых С.А. Способ ультразвуковой оценки эффективности консервативной противоопухолевой терапии. Патент на изобретение №2305494, зарегистрирован 10.09.2007г.
14. Седых С.А., Митина Л.А., Казакевич В.И., Скрепцова Н.С., Вашиакмадзе Л.А., Сидоров Д.В., Ложкин В.М., Рубцова Н.А. Возможности ультразвукового исследования в определении местной распространенности опухоли у

больных раком желудка. Медицинская визуализация. 2005. №5. С. 51-56.

15. Соколов В.В., Колесникова Е.В., Трофимова Е.Ю., Митина Л.А., Казакевич В.И., Филоненко Е.В. Применение трехмерной реконструкции при эндосонографическом исследовании пищевода и желудка. Усовершенствованная технология, М., 2006, ФГУ МНИОИ им. П.А. Герцена Росздрава, 17 с.

16. Степанов С.О., Казакевич В.И., Митина Л.А., Востров А.Н., Беспалов П.Д., Скрепцова Н.С. Глава 5. Лучевые методы диагностики. Ультразвуковая диагностика. Онкология Национальное руководство. Под ред. В.И. Чиссова, М.И. Давыдова. М., ГЭОТАР-Медиа, 2008, с 75-83.

References

1. Borsukov A.V., Zuy V.S., Badisov V.I. Ultrasound assessment of the residual focal lesions of the liver and gallbladder bed after miniinvasive manipulations: Proceedings of the 3rd Congress of the Association of ultrasound in medicine. М., 1999. P.181.

2. Borsukov A.V. The possibilities of the invasive ultrasound imaging in the treatment of solitary malignant focal hepatic lesions // Scientific - practical conference of oncologists: Sat. abstracts. Smolensk, 1995. P.93-95.

3. Borsukov A.V., Lemeshko Z.A. Algorithm for the examination of patients with focal lesions using ultrasound tomography // Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology. 1996. T.6, № 2. P.21-26.

4. Borsukov A.V. Diagnostics of focal lesions of the abdomen, retroperitoneum and methodological foundations of their treatment under ultrasound guidance: Author. dissertation ... M.D. Smolensk., 2001, 32 p.

5. Borsukov A.V., Lemeshko Z.A., Sergeev I.E. Miniinvasive interventions under ultrasound guidance in internal diseases. Smolensk, 2005. 193 p.

6. Borsukov A.V., Mamoshin A.V. Invasive ultrasound-guided intervention in diseases of the gallbladder and pancreas. Moscow: Publishing House «MEDPRAKTIKA-M», 2007. 118 p.

7. Borsukov A.V. Miniinvasive electro-lysis in hepatology, mammology, urology, endocrinology. Moscow: Publishing House «MEDPRAKTIKA-M», 2008. P. 220.

8. Borsukov A.V., Dolgushin B.I., Kosyrev V.Y., Mamoshin A.V., Makhotina M.S., Nechushkin M.I., Panchenko D.N., Petrovsky A.V., Stepanova Y.A., Sholokhov V.N. (Edited by Borsukov A.V., Sholokhov V.N.) Miniinvasive ultrasound technology for navigation in current clinical practice. Smolensk. Publisher «Smolensk city printing», 2009. 245 p.

9. Borsukov A.V., Kryukov S.B., Pokusaeva V.N., Nikiforovskaya E.N., Peregudov I.V., Morozova T.G. (Edited by Borsukov A.V.) Elastography in clinical hepatology (issues). Monograph. Smolensk. Publisher «Smolensk city printing», 2011. 276 p.

10. Mamoshin A.V., Borsukov A.V., Gorpinich A.B., Vasiliev P.Y., Alyanov A.L., Shatalov R.P. Ultrasonic diapevtics of acute destructive pancreatitis. Proceedings of the Oryol State University: The Journal. Eagle, № 4 (38), 2010. P. 218-223.

11. Mamoshin A.V., Borsukov A.V., Sezonov K.V. Opportunities of endocavitital ultrasound purulent fluid complications of acute destructive pancreatitis. Proceedings of the Oryol State University: The Journal. Eagle, № 4 (38), 2010. P. 224-228.

12. Mitina L.A., Kazakevich V.I. Tumor infiltration of fiber: ultrasound features of semiotics. Ultrasound and functional diagnostics, 2007, № 1. p. 68-84.

13. Mitina L.A., Kazakevich V.I., Sokolov V.V., Romanov D.V., Shumeyko A.E., Filonenko E.V., Sedyh S.A. The method of ultrasound evaluation of the effectiveness of the conservative anti-tumor therapy. Patent № 2305494, registered 10.09.2007.

14. Sedyh S.A., Mitina L.A., Kazakevich V.I., Skreptsova N.S., Vashakmadze L.A., Sidorov D.V., Lozhkin V.M., Rubtsova N.A. Capabilities of ultrasound in the determination of the local extent of the tumor in patients with gastric cancer. Medical imaging. 2005. Number 5. P. 51-56.

15. Sokolov V.V., Kolesnikova E.V., Mills E.J., Mitina L.A., Kazakevich V.I., Filonenko E.V. The use of three-dimensional reconstruction in endosonographic study of the esophagus and stomach. Advanced technology, М., 2006, Federal MNIОI them. PA Herzen's Medical University, p. 17.

16. Stepanov S.O., Kazakevich V.I., Mitina L.A., Vostrov A.N., Беспалов П.Д., Скрепцова Н.С. Chapter 5. Radiologic diagnosis. Ultrasound diagnosis. Oncology National leadership. Ed. V.I. Chissova, M.I. Davydova. M. GEOTAR Media, 2008, p. 75-83.

УДК 616.341-006-073.756.8

UDC 616.341-006-073.756.8

О.Ю. БРОНОВ

аспирант кафедры лучевой диагностики с курсом клинической радиологии института усовершенствования врачей Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова, врач-рентгенолог

В.М. КИТАЕВ

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой докторской диагностики с курсом клинической радиологии института усовершенствования врачей Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова

И.Б. БЕЛОВА

доктор медицинских наук, профессор, зав. курсом лучевой диагностики и терапии кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета

O.YU. BRONOV

radiologist, Pirogov National Medical & Surgical Center, Moscow

V.M. KITAEV

radiologist, professor, head of the Radiologic Department, Pirogov National Medical & Surgical Center, Moscow

I.B. BELOVA

radiologist, professor, doctor of medical sciences, head of Radiological course of Medical institute of Orel State University, Orel

ВОЗМОЖНОСТИ ВНУТРИВЕННОГО КОНТРАСТНОГО БОЛЮСНОГО УСИЛЕНИЯ И СПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ОПУХОЛЕЙ ТОНКОЙ КИШКИ

POSSIBILITIES OF INTRAVENOUS CONTRAST ENHANCEMENT AND SPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY IN DIAGNOSIS OF SMALL BOWEL TUMORS

Проведен ретроспективный анализ исследований, выполненных у больных с опухолями тонкой кишки (29 больных). Среди них аденокарциномы различной степени зрелости установлены у 11, лимфомы – у 9, саркома – у 2-х, гастроинтестинальная стромальная опухоль различной степени дифференцировки – у 4-х, карциноид – у 1, доброкачественные опухоли – у 2-х пациентов (лейомиома и гемангиома тощей кишки). Установлено, что болюсное контрастное усиление в ряде случаев позволяет распознать вид опухоли.

Ключевые слова: спиральная компьютерная томография, опухоли тонкой кишки, контрастное усиление.

Retrospective analysis of 29 patients with small bowel tumors was performed. 11 cases of adenocarcinoma was analyzed, 9 cases of lymphoproliferative diseases, 2 cases of leiomyosarcoma tumors, GIST in 4 cases, neuroendocrine tumor in 1 case, leiomyoma in 1 case, hemangioma in 1 case. In conclusion, spiral computed tomography and intravenous contrast enhancement in some cases can differentiate between types of small bowel tumor.

Keywords: spiral computed tomography, small bowel tumors, contrast enhancement.

Частота опухолей тонкой кишки относительно мала, они составляют всего 3% от всех опухолей желудочно-кишечного тракта, но их выявление – наиболее сложная задача клинической медицины. Основными опухолями тонкой кишки являются аденокарцинома, нейроэндокринные опухоли, лимфомы, саркомы (в число которых входит гастроинтестинальная стромальная опухоль). За последние несколько десятилетий отмечается рост заболеваемости в основном нейроэндокринных опухолей, в меньшей степени аденокарцином и лимфом. Заболеваемость саркомами остается примерно на прежнем уровне.

Аденокарцинома является наиболее частой опухолью, поражающей тонкую кишку, на ее долю приходится до 50% всех опухолей этой локализации. Чаще поражаются проксимальные отделы тонкой кишки. Основным методом лечения аденокарцином является хирургическое, объем которого зависит от

локализации и распространения опухоли. Также применяется адъювантная химиотерапия, к радиотерапии эта опухоль резистентна.

Нейроэндокринные опухоли (карциноид) – вторые по частоте образования тонкой кишки, их доля составляет 30-40%. Чаще карциноиды локализируются в терминальном отделе подвздошной кишки, вблизи илеоцекального угла, и нередко (в 1/3 случаев) обнаруживается множественное поражение. Большинство карциноидов имеют небольшой размер и достаточно медленный рост. При генерализации развивается так называемый карциноидный синдром, который проявляется вазомоторным кризом, диареей с абдоминальными болями, фиброзным эндокардитом, бронхитом, кожными проявлениями в виде отека, склеродермии. По мнению Capella С. (2009), при развитии карциноидного синдрома, а также если образование более 1 см в диаметре, опухоль должна считаться злокачественной. В этих случаях

показано хирургическое лечение с широким иссечением единым блоком.

Лимфомы по частоте занимают третье место и составляют 10-20% опухолей этой локализации. Чаще встречаются В-клеточные неходжкинские лимфомы, которые делятся на иммунопролиферативные и неиммунопролиферативные. Другим подвидом В-клеточной лимфомы является MALT-лимфома (Mucosa Associated Lymphoid Tissue) – опухоль, ассоциированная со слизистой оболочкой. Характерной чертой этой опухоли считается наличие солитарного экзофитного опухолевого узла, чаще локализующегося в дистальном отделе подвздошной кишки.

Среди мезенхимальных опухолей наиболее часто встречаются гастроинтестинальные стромальные опухоли (ГИСТ), их размеры и форма переменны. По данным Miettinen M. (2006), вероятность злокачественного течения опухоли повышается при размере более 5 см и/или наличии более 5 митозов в 50 полях зрения при микроскопии. Злокачественные ГИСТ распространяются в окружающие ткани, а также гематогенно в печень, легкие и кости. Патогенез возникновения ГИСТ обусловлен мутацией в гене *c-Kit*, который является тирозинкиназным рецептором, расположенным на клеточной мембране. В результате его активации отмечается стимуляция митотической активности клеток. Этот механизм отличает ГИСТ от других типов мезенхимальных опухолей. В настоящее время при адъювантной химиотерапии применяются ингибиторы рецепторов тирозинкиназы, механизм действия которых обусловлен блокированием активности киназ. Лейомиомы – это обычно доброкачественные небольшие образования, менее 1 см в диаметре, растут из подслизистой основы. Лейомиосаркомы – достаточно большие опухоли с неоднородной структурой за счет некроза и кровоизлияний. Лечение только хирургическое, эта опухоль резистентна к лучевой и химиотерапии. Лимфодиссекцию обычно не проводят, поскольку лимфогенное распространение сарком крайне редко.

Диагностика опухолей тонкой кишки была и остается одной из наиболее сложных проблем клинической медицины. Тонкая кишка – традиционно является труднодоступным органом для исследования эндоскопическим и радиологическим методами. Эндоскопическое исследование обычно ограничено или самыми проксимальными, или самыми дистальными его отделами. Полный осмотр и манипуляции внутри просвета возможны только при интраоперационной энтероскопии. Рентгенологическое же исследование тонкой кишки (зондовая энтерография) является достаточно затратным по времени, оператор-зависимым, а также малоэффективным при наличии небольших плоских повреждений. В последние годы наметился значительный прогресс в эндоскопическом исследовании тонкой кишки, появилась капсульная эндоскопия, баллонная и спиральная энтероскопия. Капсульная эндоскопия основана на беспроводной технологии. Принятая «*peg os*» капсула с

вмонтированной камерой, продвигаясь по ходу перистальтических волн тонкой кишки, передает изображение на записывающее устройство. Устройство делает снимки с частотой 2 кадра в секунду. Заряда батареи хватает на 8 часов. Капсульная эндоскопия считается безопасной неинвазивной процедурой. Главный риск – это задержка капсулы более 2 недель в просвете кишки. Противопоказаниями для капсульной эндоскопии являются дисфагия, тонкокишечная непроходимость, различные кардиальные импланты. Основное ограничение в использовании капсульной эндоскопии – отсутствие возможности проведения биопсии. К ограничениям можно отнести невозможность в некоторых случаях точно локализовать изменения. Примерно в 20% исследований капсула не достигает толстой кишки в связи с задержкой в желудке, наличием в анамнезе оперативного вмешательства на тонкой кишке, недостаточной подготовкой тонкой кишки.

Баллонная энтероскопия была впервые представлена в 2003 году. Система состоит из полиуритановой трубки длиной 140 см и энтероскопа длиной 200 см, на которых установлены два латексных баллона. Последовательное раздувание баллонов и выкачивание из них воздуха позволяет фиксировать петли тонкой кишки, препятствует скручиванию кишечника и способствует поступательному движению энтероскопа. Этот метод в иностранной литературе получил название «тяни-толкай» («*push and pull*»). Осмотр можно проводить как через ротовую полость (антеградно), так и через прямую кишку (ретроградно). Для полного исследования тонкой кишки нередко необходимо использовать оба доступа. Описаны осложнения, которые включали развитие острого панкреатита, кровотечение, перфорацию стенки кишки. Противопоказанием является тонкокишечная непроходимость. Баллонная энтероскопия считается инвазивной, затратной по времени и достаточно трудоемкой процедурой.

Другой разновидностью энтероскопии является спиральная энтероскопия. Для продвижения энтероскопа по тонкой кишке используется ротация по часовой стрелке специально установленного на трубке поливинилхлоридного элемента, закрученного по спирали. Преимуществом данного метода является меньшее время исследования, а также меньшее количество осложнений при проведении резекции больших полипов.

Ряд отечественных (Диомидова В.Н., Михайлов М.К., Портной Л.М.) и зарубежных авторов являются инициаторами ультразвукового исследования тонкой кишки. Метод позволяет оценить толщину стенки, наличие стеноза или дилатации, подвижность кишки. Ограничениями при использовании метода являются выраженная подкожно-жировая клетчатка и артефакты от наличия внутрипросветного газа.

Магнитно-резонансная томография – перспективный метод оценки состояния кишечной трубки.

Для получения высококачественного изображения тонкой кишки осуществляется введение контрастного препарата «рег ос» или по назо-интестинальному зонду. За 12 часов до исследования проводится подготовка кишечника, а за час до исследования – введение 1,5-2,0 литров контрастного вещества (используют раствор полиэтилен гликоля) либо «рег ос», либо через установленный ранее зонд. Для уменьшения перистальтики кишечника рекомендуется введение спазмолитических препаратов. Среднее время исследования составляет 30 минут. Преимуществом данного метода является отсутствие воздействия ионизирующего излучения. Недостатками считается достаточно большая стоимость исследования, наличие выраженных артефактов от движения, продолжительность исследования, наличие в теле некоторых видов имплантов, инородных тел.

Компьютерная томография используется в диагностике заболеваний желудочно-кишечного тракта уже более 30 лет. Но большинство работ (Китаев В.М., Портной Л.М.) посвящено исследованию желудка и толстой кишки. В настоящее время внедрение многосрезовой компьютерной томографии в сочетании с внутривенным болюсным контрастным усилением поднимает диагностику патологии желудочно-кишечного тракта на качественно новый уровень. Появилась возможность полноценного применения болюсного контрастного усиления и получения на этой основе высококачественных, высококонтрастных многоплоскостных изображений. В этой связи представляется перспективным применение СКТ для исследования тонкой кишки.

Цель работы. Определить возможности СКТ с внутривенным болюсным контрастным усилением в первичной и дифференциальной диагностике злокачественных опухолей тонкой кишки.

Материал и метод. Проведен ретроспективный анализ результатов СКТ живота больных, проходивших СКТ в рентгенологическом отделении НМХЦ им. Н.И. Пирогова в 2006-2012 годах по поводу различных заболеваний брюшной полости. За указанный период обследовано 12430 пациента. При поступлении пациента по экстренным показаниям исследование проводили в срочном порядке, без какой-либо подготовки. Плановым больным СКТ выполняли после подготовки, аналогичной подготовке, проводимой перед эндоскопическим исследованием. Всем пациентам за 30 минут до исследования заполняли «рег ос» просвет кишечника питьевой водой в объеме 600-1000 мл. Исследование проводили в спиральном режиме, при коллимации рентгеновского пучка 2,0 мм, толщины реконструкции от 2-х до 3-х мм, напряжении на рентгеновской трубке 120 кВ. Сила тока выставилась автоматически, исходя из наименьшего значения, необходимого для получения качественного изображения. Область сканирования от диафрагмы до лобка. В качестве контрастного вещества использовался водорастворимый неионный препарат. Объем введения 80-130 мл, в зависимости

от массы тела пациента. Скорость введения 3,5 мл/с. Сканирование в артериальную фазу усиления выполняли с задержкой по болюсу 15 с (пороговое значение 150 ед. НУ), в венозную фазу усиления – 60 с. При необходимости, в зависимости от цели исследования, для отчетливой визуализации просвета кишечной трубки сканирование проводили после дробного приема 3% водорастворимого контрастного препарата – по 150 мл с интервалом 15 минут в течение часа. Выводы КТ исследований сопоставляли с операционными находками и результатами гистологических исследований.

Полученные результаты и их обсуждение. По окончательным диагнозам опухоли тонкой кишки обнаружены у 29 пациентов. Среди них аденокарциномы различной степени зрелости установлены у 11, лимфомы – у 9, саркома – у 2-х, гастроинтестинальная стромальная опухоль различной степени дифференцировки – у 4-х, карциноид – у 1, доброкачественные опухоли – у 2-х пациентов (лейомиома и гемангиома тощей кишки). Изучение полученных при СКТ результатов позволило выделить морфологические признаки различных опухолей.

Злокачественные эпителиальные опухоли диагностированы у 9 больных, возраст – 41-65 лет. Раковая опухоль чаще локализовалась в тощей кишке. Заболевание манифестировалось болями в животе, диареей, потерей массы тела, лихорадкой, симптомами кишечной непроходимости. Весьма характерно кишечное кровотечение.

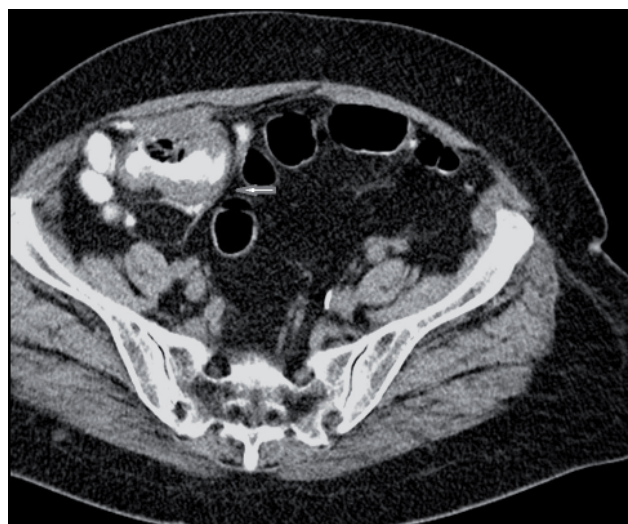


Рис. 1. Аденокарцинома подвздошной кишки, эндофитный рост (стрелка).

На КТ опухоли проявлялись признаками нарушения проходимости и/или локальными изменениями в пораженном сегменте кишки (рис. 1). На нарушение проходимости указывало расширение диаметра сегмента тонкой кишки проксимальнее опухоли более чем на 3 см с появлением в просвете кишки жидкого содержимого. При эндофитном типе роста опухоли локальные изменения включали утолщение стенки кишки более 10-15 мм и сужение ее просвета. Экзофитный тип роста проявлялся узлом, расту-

щим в просвет кишки. При контрастном усилении ткань опухоли накапливала контрастный препарат более интенсивно, чем подслизистый и мышечный слои неизменной стенки кишки, что значительно облегчало ее выявление. Перфорации кишки с формированием межкишечного абсцесса наблюдали у 2 больных. В случаях перфорации на КТ обнаруживали типичные признаки межкишечного абсцесса (рис. 2).



Рис. 2. Аденокарцинома подвздошной кишки. Исследование после приема водорастворимого контрастного препарата «рег ос». Перфорация опухоли в дистальной части подвздошной кишки, межкишечный абсцесс (стрелка).

Понятие “лимфома” объединяет более 30 заболеваний, различных по своим клиническим проявлениям, течению и прогнозу. Среди них выделяют два основных типа: неходжкинская лимфома (лимфо-грануломатоз) и лимфома Ходжкина. При лимфоме желудочно-кишечный тракт может вовлекаться или в результате распространения патологического процесса от пораженных лимфатических узлов, или как первичное заболевание. Вторичное поражение наблюдается в 20-30% и в 20% протекает как генерализованная форма. Лимфомы обнаружены у 8 больных, возраст 30-60 лет. В клинической картине преобладала диарея, симптом мальабсорбции. Явлений непроходимости не наблюдали. Чаще поражалась подвздошная кишка (6 наблюдений), тощая кишка поражалась реже (2 наблюдения). Распространенную форму поражения обнаружили у 1 больного. Вне зависимости от типа лимфомы на компьютерных томограммах опухоль проявлялась или узловой инфильтрацией, или утолщением стенки кишки в пределах сегмента, или распространенной формой поражения. Поражался подслизистый слой кишки. Инфильтрация подслизистого слоя вела к исчезновению складок слизистой и замене рельефа кишки на нодулярный тип. Узловые формы имели вид однородного, солидного узла диаметром до 5 см и более (рис. 3). При контрастном усилении узел слабо набирал контрастное вещество и накопление препарата происходило преимущественно по его периферии в виде тонкого ободка, который отображал окрашивание неизменной слизистой оболочки. В других случаях разрастание лимфоидной ткани, сопутствующая инфильтрация подслизистого слоя вели к утолщению стенки, которое приводило к изъязвлению и

даже перфорации. Пораженный сегмент имел протяженность 8 - 12 см (рис. 4). Опухоль вызывала умеренный стеноз и локальное супрастенотическое расширение. Поражение лимфоидного аппарата кишечника неминуемо вызывало нарушение иммунологического барьера слизистой оболочки кишки, что в свою очередь, являлось причиной возникновения энтерита, колита (рис. 5).

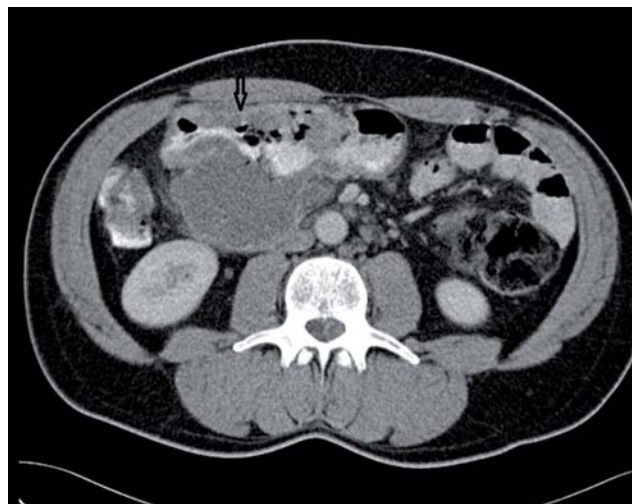


Рис. 3. Неходжкинская лимфома подвздошной кишки (стрелка).



Рис. 4. Неходжкинская лимфома терминального отдела подвздошной кишки (стрелка), увеличенные лимфатические узлы брыжейки (двойная стрелка).

Саркомы обнаружены у 2 больных, возраст 25-40 лет. Эти опухоли имели вид неоднородного по структуре объемного образования с признаками инфильтративного роста. Неоднородность была обусловлена некрозом, как правило, массивным, с последующим развитием кистовидной дегенерации. Особенно ярко неоднородная структура проявлялась при контрастировании. В одном наблюдении при КТ в брюшной полости был обнаружен инфильтрат, включающий в свою структуру петли подвздошной кишки. Стенка включенных в инфильтрат кишок была циркулярно утолщена и при контрастном усилении активно набирала препарат (рис. 6). Учитывая значительные перифокальные изменения в виде инфильтрации брыжейки, поражение сразу двух петель подвздош-

ной кишки, диагноз опухоли при КТ был отвергнут. Выявленные изменения были расценены как воспалительный инфильтрат, вероятно, возникший вследствие перфорации тонкой кишки. После проведения противовоспалительной терапии при контрольном КТ исследовании наблюдалось убедительное уменьшение инфильтративных изменений. Больной оперирован. На операции обнаружена опухоль – саркома подвздошной кишки. В этом случае противовоспалительная терапия сняла параканкрозные воспалительные изменения, что и послужило причиной ошибочного заключения.

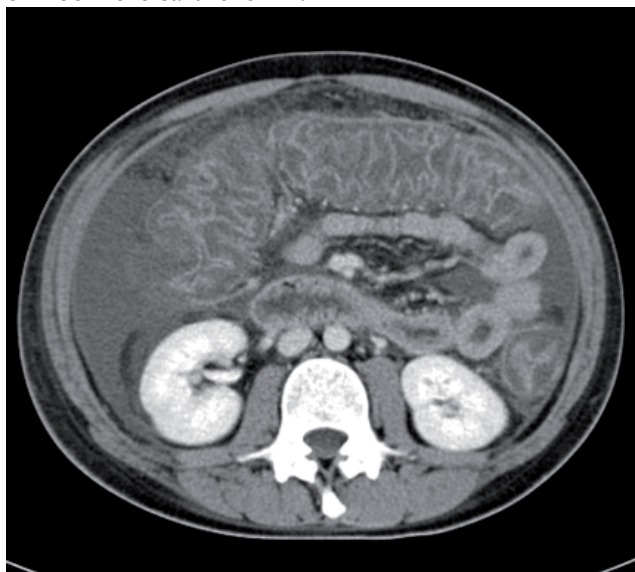


Рис. 5. Лимфома Ходжкина, проявления энтерита, колита. Асцит.



Рис. 6. Саркома подвздошной кишки (стрелка).

Гастроинтестинальная стромальная опухоль (ГИСТ) тонкой кишки встречалась у 4-х больных. У трех больных опухоль располагалась в двенадцатиперстной кишке, у одного – в тощей. Клинически опухоль у всех четырех больных проявлялась кровотечением. Опухолевый узел рос в просвет кишки (интраинтестинально) и на КТ имел вид ограниченного мягкотканного экзофитного образования, с признаками экспансивного роста. Структура узла однородная, при нативном исследовании ее денситометрический

показатель соответствовал показателю мышечной ткани. При контрастном усилении опухоль интенсивно окрашивалась, что в большой степени служило ее “визитной карточкой” (рис. 7). Из наблюдаемых нами четырех больных в двух наблюдениях – ГИСТ имела злокачественную форму. Злокачественные узлы отличались относительно большими размерами (4-5 см) и неоднородной структурой при контрастном усилении (рис. 8).



Рис. 7 и Рис. 8. Гастроинтестинальные стромальные опухоли 12-перстной кишки (стрелки) – пояснения в тексте.

Карциноиды. На КТ карциноид имел вид подслизистого узла, локализующегося в подвздошной кишке. При контрастном усилении узел проявлялся интенсивным окрашиванием, подобно окрашиванию ГИСТ опухоли. Опухоли сопровождался мезентериальный фиброз, который отображался уплотнением структуры брыжейки и появлением спиклообразного рисунка в жировой клетчатке. В нашем наблюдении имело место метастазирование и по лимфатическим путям, и в печень. Метастатические узлы окрашивались столь же интенсивно, как и материнский узел в кишке, кроме того, в структуре отмечались участки обызвествления (рис. 9).



Рис. 9(а). Карциноид терминального отдела подвздошной кишки (стрелка).

Заключение. СКТ должна являться скрининговым методом в диагностике опухолей тонкой кишки, при этом болюсное контрастное усиление в ряде случаев позволяет распознать вид опухоли. Из всех опухолей только ГИСТ и карциноид имеют наиболее интенсивное окрашивание. Для аденокарцином характерно умеренное диффузное повышение денситометрического показателя узла. При лимфоме существенного повышения денситометрического



Рис. 9(б). Вторичное поражение лимфатических узлов (стрелка).

показателя опухолевой ткани не наступает, а наблюдается окрашивание неизменной слизистой оболочки. Для саркомы типичен инфильтративный рост и неоднородное окрашивание при контрастном усилении.

Библиографический список

1. Власов П.В. Клинико-рентгенологическая семиотика рака желудка. М.: Медицина, 1974; 220с.
2. Горпинич А.Б., Симоненков А.П., Привалова И.П. и др. Способ моделирования антиперистальтики кишечника. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки» 2012; 6(50): 235-240.
3. Кутаев В.М. Компьютерная томография в гастроэнтерологии. Издание Российской академии естественных наук. 2011; 315.
4. Кишковский А.Н. Дифференциальная диагностика заболеваний желудочно-кишечного тракта. М.: 1979; 415.
5. Пажарисский К.М., Пучков Ю.Г., Климашевский В.Ф. Морфология опухолевого роста. В кн.: Общая онкология под ред. Н.П. Напалкова. М.: Медицина, 1989; С. 168-193.
6. Чиссов В.И. Ошибки в клинической онкологии. М.: Медицина, 1993; 541.
7. Botet J. E. Preoperative staging of gastric cancer: comparison of endoscopic US and dynamic CT. Radiology 1991(V. 181); 426-432.
8. Capella C, Solcia E, Sobin LH, et al. Endocrine tumours of the small intestine. In: Hamilton SR, Aaltonen LA, eds. Pathology and Genetics of Tumours of the Digestive System. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer Press; 2000: 77-82.
9. Crump M, Gospodarowicz M, Shepherd FA. Lymphoma of the gastrointestinal tract. Semin Oncol 1999, 26:324-337.
10. D'Elia F, Zingarelli A, Palli D., Grani M. Hydro-dynamic CT preoperative staging of gastric cancer: correlation with pathological findings. A prospective study of 107 cases. Eur Radiol 2000 (V. 10); 1877-1885.
11. Elsayes KM, Al-Hawary MM, Jagdish J, et al. CT enterography: principles, trends, and interpretation of findings. Radiographics. 2010; 30:1955-70.
12. Hundt W, Braunschweig R., Reiser M. Assessment of gastric cancer: value of breath-hold technique and two phase spiral CT. Eur Radiol 1999 (V. 9); 68-72.
13. Lee J.K.T. Computed body tomography with MRI correlation. Lippincott – Raven 1998(V. 1); 776.
14. Lee K.R, Levine E., Moffat R et al. Computed tomography staging of gastric neoplasms. Radiology 1979(V. 133); 151-155.
15. Li F, Gurudu SR, De Petris G, et al. Retention of the capsule endoscope: a single center experience of 1000 capsule endoscopy procedures. Gastrointest Endosc. 2008;68:174-80.
16. Miettinen M, Lasota J. Gastrointestinal stromal tumors: definition, clinical histological, immunohistochemical, and molecular genetic features and differential diagnosis. Virchows Arch 2001, 438:1-12.
17. Modlin IM, Sandor A. An analysis of 8305 cases of carcinoid tumors. Cancer 1997, 79:813-829.
18. Neugut AI, Jacobson JS, Suh S, et al. The epidemiology of cancer of the small bowel. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 1998, 7:243-251.

19. Nylund K, Ødegaard S, Hausken T, et al. Sonography of the small intestine. *World J Gastroenterol*. 2009;15:1319–30.
20. Riddel RH, Petras RE, Williams GT, et al. Tumors of the Intestines: Atlas of Tumor Pathology, series 3. Washington, DC: Armed Forces Institute of Pathology; 2002.
21. Solem CA, Loftus EV Jr, Fletcher JG, et al. Small-bowel imaging in Crohn's disease: a prospective, blinded, 4-way comparison trial. *Gastrointest Endosc*. 2008; 68(2): 255-266.
22. Thompson W.A. Imaging strategies for tumors of the gastrointestinal system. *Cancer journal clinicians* 1987(V. 37); 165-185.

References

1. *Vlasov P.V.* Clinical and roentgenological semeiology of a stomach carcinoma. M.: Medicine, 1974; 220.
2. *Gorpinich A.B., Simonenkov A.P., Privalova I.P. et al.* The Way of modelling of an antiperistalsis of an intestine. *Scientific notes of the Oryol state university. A series «Natural, technical and medical sciences»* 2012; 6(50): 235-240.
3. *China V.M.* Computed tomography in gastroenterology. The edition of the Russian academy of natural sciences. 2011; 315.
4. *Kishkovsky A.N.* Differential diagnosis of gastroenteric tract diseases. M.: 1979; 415.
5. *Pazharisskij K.M., Puchkov J.G., Klimashevsky V.F.* Morphology of tumoral growth. In book.: the General oncology under the editorship of N.P. Napalkova. M.: Medicine, 1989; 168-193.
6. *Chissov V. I.* Errors in clinical oncology. M.: Medicine, 1993; 541.
7. *Botet J. E.* Preoperative staging of gastric cancer: compazision of endoscopic US and dynamic CT. *Radiology* 1991(V. 181); 426-432.
8. *Capella C, Solcia E, Sobin LH, et al.* Endocrine tumours of the small intestine. In: Hamilton SR, Aaltonen LA, eds. *Pathology and Genetics of Tumours of the Digestive System*. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer Press; 2000: 77-82.
9. *Crumpp M, Gospodarowicz M, Shepherd FA.* Lymphoma of the gastrointestinal tract. *Semin Oncol* 1999, 26:324–337.
10. *D'Elia F, Zingareli A., Palli D., Grani M.* Hydro-dynamic CT preoperative staging of gastric cancer: correlation with pathological findings. A prospective study of 107 cases. *Eur Radiol* 2000 (V. 10); 1877-1885.
11. *Elsayes KM, Al-Hawary MM, Jagdish J, et al.* CT enterography: principles, trends, and interpretation of findings. *Radiographics*. 2010; 30:1955–70.
12. *Hundt W., Braunschweig R., Reiser M.* Assessment of gastric cancer: value of breath-hold technique and two phase spiral CT. *Eur Radiol* 1999 (V. 9); 68-72.
13. *Lee J.K.T.* Computed body tomography with MRI correlation. Lippincott – Raven 1998(V. 1); 776.
14. *Lee K.R, Levine E., Moffat R et al.* Computed tomography staging of gastric neoplasms. *Radiology* 1979(V. 133); 151-155.
15. *Li F, Gurudu SR, De Petris G, et al.* Retention of the capsule endoscope: a single center experience of 1000 capsule endoscopy procedures. *Gastrointest Endosc*. 2008;68:174–80.
16. *Miettinen M, Lasota J.* Gastrointestinal stromal tumors: definition, clinical histological, immunohistochemical, and molecular genetic features and differential diagnosis. *Virchows Arch* 2001, 438:1–12.
17. *Modlin IM, Sandor A.* An analysis of 8305 cases of carcinoid tumors. *Cancer* 1997, 79:813–829.
18. *Neugut AI, Jacobson JS, Suh S, et al.* The epidemiology of cancer of the small bowel. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1998, 7:243–251.
19. Nylund K, Ødegaard S, Hausken T, et al. Sonography of the small intestine. *World J Gastroenterol*. 2009;15:1319–30.
20. Riddel RH, Petras RE, Williams GT, et al. Tumors of the Intestines: Atlas of Tumor Pathology, series 3. Washington, DC: Armed Forces Institute of Pathology; 2002.
21. Solem CA, Loftus EV Jr, Fletcher JG, et al. Small-bowel imaging in Crohn's disease: a prospective, blinded, 4-way comparison trial. *Gastrointest Endosc*. 2008; 68(2): 255-266.
22. Thompson W.A. Imaging strategies for tumors of the gastrointestinal system. *Cancer journal clinicians* 1987(V. 37); 165-185.

УДК 618.146-002+618.146-007.57

UDC 618.146-002+618.146-007.57

А.А. КАРПОВ

студент медицинского института Орловского Государственного университета
E-mail: doctor.50@bk.ru

Д.С. АЙВАЗОВА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета, врач акушер-гинеколог

A.A. KARPOV

the student of the Medical Institute, Orel State University
E-mail: doctor.50@bk.ru

D.S. AIVAZOVA

doctor obstetrician-gynecologist, candidate of medical sciences, associate professor of faculty of obstetrics and gynecology of the Medical Institute, Orel State University

ЭТИОПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИММУНОКОРРЕГИРУЮЩЕЙ ТЕПРАПИИ ПРИ ВПЧ-АССОЦИИРОВАННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

ETIOPATOGENETIC RATIONALLY IMMUNOCORRECTION THERAPY WHEN HPV-ASSOCIATED DISEASES

Основным фактором в развитии рака шейки матки является вирус папилломы человека высокого канцерогенного риска. Сочетание деструктивных и консервативных методов лечения является наиболее оптимальным в амбулаторных условиях.

Ключевые слова: Панавир, ВПЧ, рак, вирусные инфекции передаваемые половым путем (ВИППП), шейка матки, кольпоскопия, цитологическое исследование, вирус простого герпеса (ВПГ), цитомегаловирус (ЦМВ).

The main factor in the development of cervical cancer is human papillomavirus high carcinogenic risk. The combination of the destructive and conservative methods of treatment is the most optimal in outpatient conditions

Keywords: Panavir, HPV, cancer, viral sexually transmitted infections (VSTI), cervix uteri, colposcopy, cytological study, herpes simplex virus (HSV), cytomegalovirus (CMV).

Актуальность проблемы

Согласно современным представлениям о генетической природе рака репродуктивных органов женщины и в частности шейки матки, в основе всего лежит инфицирование вирусом папилломы человека высокого онкогенного риска (ВПЧ ВКР) (более 12 типов) [1]. Белки, экспрессируемые в ходе репликации вируса в геноме клеток, приводят к опухолевой трансформации клеток хозяев [2]. Предполагается, что препараты, назначаемые с целью первичной профилактики, должны ингибировать последовательную опухолевую трансформацию [6].

Цель: диагностика предраковых заболеваний шейки матки у женщин в возрасте от 16 до 35 лет. Оценка клинической эффективности применения препарата Панавир в качестве иммунокорректирующей и противовирусной терапии.

Материалы: пациентки репродуктивного возраста от 16 до 35 лет, у которых диагностированы предраковые заболевания шейки матки, ассоциированные с ВИППП, в частности: вирусом папилломы человека высокого онкогенного риска, цитомегаловирус, вирус простого герпеса 2 типа.

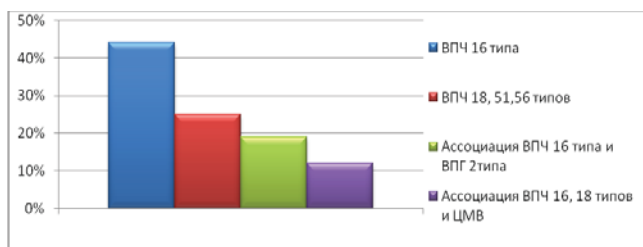
Методы: общеклинический осмотр, гинекологический осмотр, включающий: осмотр шейки матки в зеркалах, бимануальное исследование, цитологическое исследование мазков с поверхности шейки матки и соскобов из цервикального канала, простая и расширенная кольпоскопия, гистологическое ис-

следования биоптата с шейки матки, молекулярно-генетический метод – полимеразная цепная реакция (ПЦР) диагностики ВИППП.

Результаты

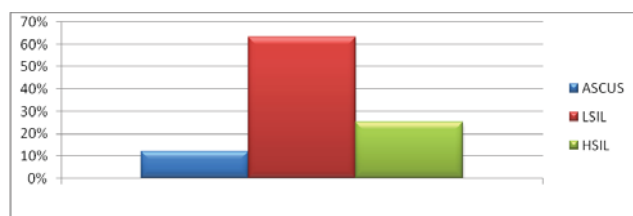
С января по декабрь 2012 года в женской консультации Советского района г. Орла в кабинете патологии шейки матки было осмотрено 910 женщин в возрасте от 16 до 35. Всем была проведена простая и расширенная кольпоскопия, цитологическое исследование мазков с поверхности шейки матки и соскобов из цервикального канала. Из них нормальная кольпоскопическая картина была у 894 (98%) пациенток, аномальная кольпоскопическая картина в виде плотного ацетобелого эпителия (АБЭ), нежной и грубой пунктации и мозаики – у 16 женщин (2%). Группа женщин с аномальной кольпоскопической картиной была обследована методом ПЦР-диагностики на ВИППП. В результате проведенного анализа было выявлено: ВПЧ 16 типа – у 7 пациенток (44%), ВПЧ 18, 51, 56 типы – у 4 женщин (25%), ассоциация ВПЧ 16 типа и ВПГ 2 типа – у 3 пациенток (19%), ассоциация ВПЧ 16, 18 типов и ЦМВ – 2 пациентки (12%). Результаты представлены в диаграмме 1.

Диаграмма 1.
Распределение нозолологических групп
ВИППП по частоте встречаемости.



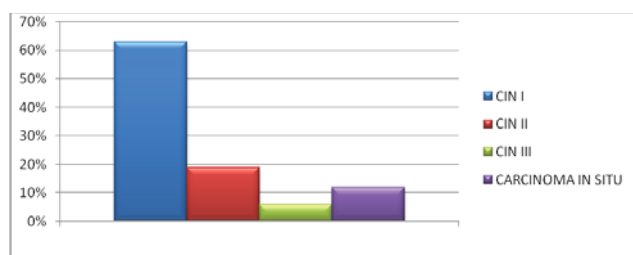
При изучении цитологических исследований мазков-соскобов с экзо- и эндоцервикса по классификации Бетесда нами установлено: ASCUS – у 2 пациенток (12%), LSIL – у 10 женщин (63%), HSIL – у 4 пациенток (25%). Результаты представлены в диаграмме 2

Диаграмма 2.
Распределение групп результатов цитологического
исследования по частоте встречаемости.



Анализируя данные гистологического метода исследования и сравнивая их с цитологическими результатами, было установлено, что атипия клеток плоского эпителия (ASCUS) соответствовала морфологическому диагнозу цервикальная интраэпителиальная неоплазия 2-й степени (CIN2); LSIL соответствовало CIN I; HSIL диагностически подтвердился морфологическим диагнозом CIN II и CIN III у 2 пациенток. Гистологическое заключение – carcinoma in situ было диагностировано у 2 пациенток с цитологическим заключением HSIL. Результаты представлены в диаграмме 3

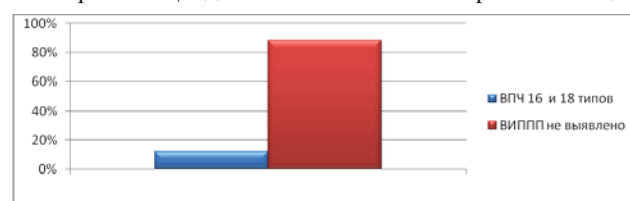
Диаграмма 3.
Распределение групп результатов гистологического
исследования по частоте встречаемости.



Всем 16 пациенткам было назначена 2-х этапная терапия, состоящая из консервативных методик на 1-м этапе и деструктивный метод лечения на 2-м этапе. На 1-м этапе был назначен препарат панавир в виде внутривенных инъекций №5. На втором этапе проводилась деструкция патологического очага

на аппарате Фотек в режиме моно-коаг. петлей Лепса (LEEPS) и последующим ведением на шейку матки препарата панавир в виде геля. Внутривенные инъекции пациентки получали по схеме: 3 инъекции по 5 мл. через каждые 48 часов, 2 инъекции через каждые 72 часа. Местно гель вводился при помощи вагинального дозатора в количестве 3 гр ежедневно в течение 10 дней. Контрольная кольпоскопия и ПЦР-диагностика ВИППП проводились через 2 месяца после лечения. Нормальная кольпоскопическая картина после проведенного комбинированного лечения наблюдалась у всех 16 пациенток (100%). В результате проведенной ПЦР-диагностики ВИППП, вирус папилломы человека высокого онкогенного риска выявлен у 2-х женщин (12%), у 14 пациенток (88%) ВИППП не выявлены. Результаты представлены на диаграмме 4.

Диаграмма 4.
Контроль ПЦР-диагностики ВИППП через 2 месяца.



Обсуждение результатов

В ходе диагностических мероприятий было выявлено 16 женщин с различными степенями поражения шейки матки, вызванные ВИППП. При изучении структуры ВИППП нами установлено, что ведущая роль в возникновении тяжелых поражений шейки матки принадлежит ВПЧ 16 типа и ассоциации ВПЧ с ВПГ и ЦМВ. При сравнении цитологических и гистологических анализов только в 4-х случаях (25%) было расхождение результатов, что объясняется несколькими факторами: низкой чувствительностью цитологического метода и невозможностью оценить при этом глубину поражения. В результате проведенной 2-х этапной терапии при контрольном анализе на ВИППП методом ПЦР у 14 пациенток (88%) произошла элиминация вирусов и клиническое выздоровление.

Выводы

Совокупность последовательно выполненных диагностических процедур приводит к раннему выявлению предраковых заболеваний шейки матки и возможности проведения лечения в условиях женкой консультации.

Комплексный метод лечения, состоящий из консервативного и деструктивного подхода, является наиболее оправданным при ВИППП. Препарат панавир является эффективным средством в лечении предраковых заболеваний шейки матки, ассоциированной с ВИППП, безопасным в применении.

Библиографический список

1. *Ашрафян Л.А., Киселёв В.И.* Опухоли Репродуктивных органов (этиология и патогенез). М., компания «Дмитрейд График Групп» 2007.
2. Всемирная Организация Здравоохранения; Комплексная борьба с раком шейки матки краткое практическое руководство. © Всемирная организация здравоохранения 2008.
3. *Жак Маршетта* ELSEVIER MASSON 2009 Кольпоскопия: метод и диагностика.
4. Онкология. Под редакцией акад. РАМН В.И. Чиссова, проф. Дарьяловой; М., издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2007.
5. *Молочков В.А., Киселёв В.И., Рудых И.В., Щербо С.Н.* Папилломавирусная инфекция клиника – диагностика – лечение. «Мирада Вива» 2008.
6. *Роговская С.И.* Практическая кольпоскопия. Москва издательская группа «ГЭОТАР-медиа» 2011.

References

1. *Ashrafyan L.A., Kiselev V.I.*; Tumors of the Reproductive organs (etiology and pathogenesis). Moscow company «Dmitreid Schedule Group» 2007.
 2. The world Health Organization; Complex fight against cervical cancer, a short and practical guide. Opyright world health organization 2008.
 3. *Jacques Marshetta*, ELSEVIER MASSON 2009 Colposcopy method and diagnostics.
 4. Oncology. under the editorship of academician. RUSSIAN ACADEMY OF MEDICAL SCIENCES V.I. Chissov, prof. Dariylova; Moscow publishing group «GEOTAR-Media» 2007.
 5. *Molochkov V.A., Kiselev V.I., Rudykh I.V., Scherbo S.N.* Human papilloma virus infection clinic - diagnostics - treatment. «Mirada Viva» 2008.
 6. Practical colposcopy. S.I. Rogovskaya. Moscow publishing group «GEOTAR-media» 2011.
-

УДК 613.2:Ц491(2РОС)

UDC 613.2:Ц491(2РОС)

А.А. КОСИНСКИЙ

аспирант кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета

Ю.Н. ЗУБЦОВ

профессор кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета

Е.Б. МРЫХИНА

доцент кафедры технологии, организации и гигиены питания ОГИЭТ

AA KOSINSKI

post-graduate student of the chair "Public health, health and hygiene", Medical Institute of Orel State University

YU. N. ZUBTSOV

professor of the chair "Public health, health and hygiene", Medical Institute of Orel State University

E.B. MRYKHINA

assistant professor of technology, organization and food hygiene OGIET

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПИЩЕВОГО СТАТУСА ПРИЗЫВНИКОВ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

EFFICIENCY OF REHABILITATION ACTIONS FOR OPTIMIZATION OF THE FOOD STATUS OF RECRUITS OF THE ORYOL REGION

В статье оценивается эффективность реабилитационных мероприятий, направленных на оптимизацию показателей физического развития и пищевого статуса призывников. Дана оценка пищевой и биологической ценности рациона и антропометрических показателей в динамике проводимых сборов.

***Ключевые слова:** призывники, реабилитация, фактическое питание, микронутриенты, физическое развитие, компоненты тела.*

In the article the efficiency of the rehabilitation actions directed on optimization of indicators of physical development, the food status of recruits is estimated. The assessment of nutrition and biological value of a diet and anthropometrical indicators in dynamics of carried-out collecting is given.

***Keywords:** recruits, rehabilitation, actual food, micronutrient, physical development, body components.*

Закономерно, что факторами риска для значительного числа болезней современного человека является пищевой фактор. Однообразное, несбалансированное питание часто является причиной расстройства здоровья. Известно, что более 40% всех заболеваний и расстройств здоровья в молодом возрасте связаны с нерациональным питанием, а из 7 основных заболеваний, определяющих уровень смертности, 4 связаны с питанием. Отмечаемые в последние годы разбалансированность фактического питания, дефицит микронутриентов и энергетическая неадекватность неизбежно приводят к снижению показателей пищевого статуса, в том числе молодых людей призывного возраста.

Количество призывников, негодных и ограниченно годных к военной службе, увеличилось за последние годы в 4,6 раза. При этом наибольшее число выявленных больных среди призывников отмечается по классу IV (МКБ-10X) «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушение обмена веществ», которые составляют около 20,0 на 100 освидетельствованных. Наибольшее число больных с заболеваниями данного класса имели различного рода отклонения, обусловленные недостаточным питанием. Среди них 65-72% имели низкую массу тела, а у 28-35% наблюдалась гипотрофия.

В связи с этим областной военный комиссариат организует и проводит специализированные сезонные сборы на базе оздоровительного санатория «Орловчанка». Цель сборов – улучшение показателей физического развития, в частности индекса массы тела и доведение его до нормативных значений, привитие навыков военной службы и адаптация к ней. Это достигалось активным использованием физической, строевой подготовки, а также усиленным питанием. Предложенные рационы с учетом доступности определенного ассортимента продуктов были усилены по калорийности за счет увеличения доли основных пищевых веществ, а также содержали повышенное количество микронутриентов.

В этой связи целью данного исследования было определение эффективности реабилитационных мероприятий по оптимизации пищевого статуса призывников Орловской области, находящихся на специальных сборах. При этом использовались различные стандартизованные методы исследований, позволяющие оценить пищевую и биологическую ценность рациона питания, параметры физического развития и их динамику на протяжении реабилитационного периода. Всего было обследовано 290 призывников, из них 194 в осенний период, 96 – в ве-

сенный. Первое измерение проводили при заезде, второе – за 2-3 дня до окончания сборов. При изучении ассортимента и количества потребляемых продуктов в качестве нормативных были приняты рекомендации оптимального продуктового набора для отдельных групп населения, разработанные федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана.

Как показали данные анализа рационов, потребляемых призывниками в период нахождения на сборах, использование в питании мяса и мясопродуктов превышало рекомендуемые нормативы в 3,4 раза, рыбы – на 11,6%, сахара и кондитерских изделий – на 75,4%, хлеба и хлебобулочных изделий – на 63,5%, овощей – на 18,3%, фруктов – в 4,6 раза. Среднее количество растительного масла было около нормы, а молока и молочных продуктов, яиц и картофеля несколько пониженным относительно рекомендуемых величин.

Химический состав и энергетическая ценность среднесуточных рационов по большинству показателей превышали «Нормы физиологических потребностей в энергии и основных пищевых веществах для различных групп населения России» для мужчин 4 группы интенсивности труда (КФА-2,2) 18-29 лет, к которой относились призывники по объему и энергетической стоимости физической нагрузки (табл. 1).

Соотношение основных пищевых веществ составило Б:Ж:У как 1:1,1:5,2. Важной составляющей рациона питания является режим питания. Призывники в условиях сбора потребляли пищу 5 раз в день в фиксированные часы – завтрак в 8.00 часов, обед в 13.00 часов, полдник в 16.00 часов, ужин в 18.00 часов, второй ужин в 20.00 часов. Распределение суточной калорийности по приему пищи выглядело в среднем так: завтрак – 31%, обед – 26%, полдник – 7%, ужин – 31%, второй ужин – 5%, что весьма близко рекомендуемым значениям и соответствует распределению

физической нагрузки в течение дня.

Таким образом, фактическое питание призывников по основным показателям превышало установленные нормативы, что в определенной степени соответствовало цели мероприятия – увеличению антропометрических показателей и в первую очередь индекса массы тела.

При исследовании антропометрических показателей было установлено, что масса тела призывников по результатам первого измерения в начале сборов составила $62,08 \pm 6,58$ кг. Среднее значение массы тела по результатам второго измерения (за 1-2 дня до окончания сборов) достигло $64,05 \pm 6,34$. Средний рост призывников равнялся $173,6 \pm 6,57$ см и за время сборов практически не изменился. Как видно, масса тела у обследованных увеличилась в среднем на 1,97 кг.

Индекс массы тела (ИМТ), представляющий соотношение массы тела (кг) к квадрату роста (м), – величина, используемая в большинстве антропометрических исследований как критерий для анализа нарушения статуса питания. Широкое использование ИМТ обусловлено его высокой информативностью, простотой и доступностью измерений. Отклонение ИМТ от нормальных значений, по результатам многочисленных исследований, связывают с увеличением заболеваемости и смертности. При оценке значений ИМТ по результатам первого измерения установлено, что у 39,97% призывников определены нормальные индексы массы тела, 40,92% юношей призывного возраста имели пониженный статус питания, а у 19,11% отмечалось недостаточное питание. Результаты второго измерения показали, что у 53,03% призывников были нормальные значения ИМТ, т.е. число юношей с нормальным ИМТ возросло на 13,06%. Число призывников с пониженным статусом питания уменьшилось на 4,3% (36,62 от общего числа обследованных).

Таблица 1.

Химический состав и энергетическая ценность среднесуточных рационов питания призывников, находящихся на реабилитационных сборах

Пищевые вещества и микронутриенты	Норма *	Фактическое содержание	Отклонение	
			Абсолютные	%
Энергия, ккал	3850	5006	1156	130
Белки, г	108	145	37	134
Жиры, г	128	158	30	123
Углеводы, г	566	751	185	132
Витамины				
А (мкг рет. экв.)	900	800	-100	89
Бета-каротин, мг	5,0	1,7	-3,3	34
В ₁ , мг	1,5	1,3	-0,2	87
В ₂ , мг	1,8	4,2	2,6	233
РР, мг	20	39	19	195
С, мг	90	90	-	100
Минеральные вещества				
Са, мг				
Р, мг	1000	1330	330	133
Fe, мг	800	2940	2140	367
Mg, мг	10	35	25	350
К, мг	400	496	96	124
Na, мг	2500	3700	1200	148
	1300	2800	1500	215

* «Нормы физиологических потребностей в энергии и основных пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (МР 2.3.1.24.32-08, утверждены главным государственным врачом Российской Федерации, академии РАМН Г.Г. Онищенко 18.12.2008 г.)

Доля призывников с недостаточным питанием сократилась с 19,11% до 10,35%.

В результате расчета состава тела призывников на первом этапе совместно с определением ИМТ были рассчитаны количество жира (Д) и процент жира тела (%). Считается, что в норме процент жира тела от 10-20%, при содержании жира менее 7,5%, как правило, выявляются дистрофические изменения со стороны внутренних органов, что может привести к различным заболеваниям, в том числе к хроническим. Величина 3% является критической, после которой возможно наступление необратимых патологических процессов. Динамика изменения жирового компонента тела у призывников имеет тенденцию к нормализации и приближению к нормативным показателям. Число призывников с процентом жира в диапазоне от 3% до 7,5% сократилось с 65,92% до 60,35%. Доля юношей с процентом жира тела от 7% до 10% возросла. Призывников с процентом жира более 10 стало несколько меньше (с 10,51% при первом измерении до 10,35% при втором). Среди обследованных не было лиц с процентом жира менее 3, что является удовлетворительным показателем.

Таким образом, у 58,28% призывников произошло увеличение процента жира тела, у 39,97% – его снижение и в 1,75% случаях данный показатель не изменился. Отсюда следует, что увеличение массы тела у значительной части призывников происходит за счет увеличения количества жира тела, что может носить кратковременный характер и не полностью отвечает целям сборов.

Тошная масса тела (ТМТ) наиболее функциональна и в значительной степени является показателем белкового обмена. Этот компонент тела по сравнению с жировой массой более стабилен и хуже поддается коррекции, в особенности в положительную сторону. ТМТ состоит из скелетной мускулатуры – 30%,

массы висцеральных органов – 20%, костной ткани – 7%. Уменьшение ТМТ свидетельствует о преобладании катаболических процессов над анаболическими, т.е. является признаком белково-энергетической недостаточности. По результатам измерений и последующих расчетов средняя величина ТМТ составила $57,56 \pm 5,58$ кг при первом измерении и $59,28 \pm 5,64$ кг при втором.

Сопоставляя результаты первого и второго измерений можно констатировать, что у 84,24% призывников, находящихся на сборах, произошло увеличение ТМТ, у 14,65% – снижение, а у 1,11% данный показатель остался без изменений. У части призывников одновременно с увеличением ИМТ произошли различные изменения ТМТ и Д. Так у 46% из них произошло увеличение всех показателей, у 36,5% увеличилось значение ТМТ, но снизилось Д, снижение ТМТ и увеличение Д отмечено у 15% призывников, а у 2,5% снизились оба показателя.

Итак, несмотря на то, что у значительной части призывников увеличение массы тела произошло за счет увеличения жира тела, изложенные материалы свидетельствуют, что более чем у половины призывников увеличение ИМТ произошло за счет возрастания доли тощей массы тела, что является положительным показателем.

Данные, полученные в результате исследования, свидетельствуют о целесообразности и определенной эффективности проводимых реабилитационных сборов для призывников с пониженным пищевым статусом. Это позволяет улучшить показатели физического развития и адаптировать молодых людей с ослабленным здоровьем к службе в армии. Вместе с тем, рационы питания призывников требуют некоторой дополнительной коррекции, особенно в части содержания микронутриентов.

Библиографический список

1. Андриянов А.И., Голощанов О.Д., Аксенова В.П. Физиолого-гигиеническая оценка статуса питания призывников с дефицитом массы тела с учетом их конституционных особенностей. // IX Всероссийский конгресс диетологов и нутрициологов «Питание и здоровье» (3-5 декабря 2007 г. Мат. Конгресса. М., 2007. С.5-6.
2. Букавнева Н.С., Поздняков А.Л., Никитюк Д.Б. Методические подходы к использованию комплексных антропометрических методов исследования в клинической практике. // Вопросы питания. 2007. № 6. С.13-6.
3. Маев И.В., Петухов А.Б., Мартинчик А.Н. и др. Методика изучения фактического питания и практических навыков в клинической оценке состояния питания больного]. М., 1999. С. 32.
4. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. С. 247.
5. МР 2.3.1.24.32-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М., 2008.
6. Николаев И.Г., Николаева Н.Н., Синдеева Л.В. и др. Антропологическое обследование в клинической практике. Красноярск, 2007. С.171.

References

1. Andrianov A.I., Goloshchapov O.D., Aksenov V.P. Physiological and hygienic assessment of the nutritional status of recruits underweight according to their constitutional features of the [Text] // IX-th All-Russian Congress of Dietitians and Nutritionists "Nutrition and Health" (3-5 December 2007) - Congress Materials..- М., 2007. - Pp.5-6.
2. Bukavneva N.S., Pozdnyakov A.L., Nikitiuk D.B. Methodological approaches to the use of complex anthropometric methods in clinical practice [Text] // Nutrition. - 2007. № 6. - Pp.13-6.

3. Mayev I.V., Petukhov A.B., Martinchik A.N. et al. Methods of studying actual nutrition and practical skills in the clinical assessment of the patient's nutrition [text]. - М., 1999. - P. 32.
4. Martirosov E.G., Nikolayev D.V. Rudnev S.G. Technologies and methods for determining the composition of the human body [text]. - Moscow: Nauka, 2006. - P. 247.
5. MR 2.3.1.24.32-08. Norms of physiological needs for energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation [text]. - Moscow, 2008.
6. Nikolayev I.G., Nikolayev N.N., Sindeyeva L.V., and others Anthropological examination in clinical practice [text]. - Krasnoyarsk, 2007. - P.171.

УДК 618.3+616-07

А.С. КОСОВА

аспирант кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета
E-mail: annasergi@rambler.ru

Р.Н. СТЕПАНОВА

доктор медицинских наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета
E-mail: rimmans2006@rambler.ru

Н.Н. СМОЛЕЧКОВА

аспирант кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета
E-mail: nataliya85@yandex.ru

Л.П. ТАРАСОВА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета
E-mail: gorroddom@mail

UDC 618.3+616-07

A.S. KOSOVA

postgraduate student of department of obstetrics and gynecology, Medical Institute of Orel State University
E-mail: annasergi@rambler.ru

R.N. STEPANOVA

doctor of medical sciences, professor of department of obstetrics and gynecology, Medical Institute of Orel State University
E-mail: rimmans2006@rambler.ru

N.N. SMOLECHKOVA

postgraduate student of department of obstetrics and gynecology, Medical Institute of Orel State University
E-mail: Nataliya85@yandex.ru

L.P. TARASOVA

candidate of medical sciences, associate professor of the department of obstetrics and gynecology, Orel State University
E-mail: : gorroddom@mail.ru

**УРОВНИ АССОЦИИРОВАННОГО С БЕРЕМЕННОСТЬЮ ПРОТЕИНА-А (РАРР-А),
ИЗМЕРЕННЫЕ В I ТРИМЕСТРЕ В КОМБИНАЦИИ С НЕКОТОРЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРИ,
ЭФФЕКТИВНО ПРЕДСКАЗЫВАЮТ РАЗВИТИЕ ПРЕЭКЛАМПСИИ (ПЭ) В ПОЗДНЮЮ БЕРЕМЕННОСТЬ**
**LEVELS OF PREGNANCY-ASSOCIATED PLASMA PROTEIN-A (PAPP-A), MEASURED IN THE I TRIMESTER,
IN COMBINATION WITH SOME OF THE MATERNAL CHARACTERISTICS TO EFFECTIVELY PREDICT
THE DEVELOPMENT OF PREECLAMPSIA (PE) IN LATE PREGNANCY**

Цель: оценить прогностический потенциал уровня РАРР-А, измеренного на 11 – 14 неделях беременности в комбинации с анамнестическими и биологическими характеристиками матери в предсказании развития ПЭ в позднюю беременность

Дизайн исследования: проспективно исследовали 47 женщин на 11-14 неделе одноплодной беременности. В сыворотке крови измеряли концентрацию РАРР-А методом ИФА, результаты указывались в МоМ (multiple of medians).

Результаты: у 3 (6,38%) женщин произошел ранний самопроизвольный выкидыш, они из исследования исключены. Кесаревым сечением родоразрешены 9 (20,45%) женщин, из них 3 (33,33%) – по поводу ПЭ. Среднее значение, медиана, 5-й и 10-й центили уровней сывороточного РАРР-А составили 1,84, 0,99, 0,32 и 0,56 МоМ соответственно. Медиана РАРР-А у женщин с манифестировавшей ПЭ равна 0,79 (IQR 0,56-1,01), у женщин без ПЭ – 1,20 (IQR 0,8-3,29). Чувствительность прогноза ПЭ, ППЦ, ОР для РАРР-А ≤ 5-го и ≤ 10-го центиля соответственно равна 16,67%, 66,67% и 2,73 при 95% CI 1,04 – 7,17 и 25%, 60% и 2,6 при 95% CI 1,04 – 6,50 (p=0,04). Комбинация анамнестических и соматических характеристик матери, САД и РАРР-А оказалась наилучшей в предсказании ПЭ по сравнению с использованием только отдельных показателей (r=0.568, AUC=0.786 (95% CI 0,637–0,895), p=0.035).

Закключение: низкие уровни РАРР-А ассоциируются с повышением примерно в 2,5 раза риска развития ПЭ в позднюю беременность. Измерение сывороточного РАРР-А в конце I триместра гестации в сочетании с

анамнестическими и биофизическими данными матери способствует отбору беременных в группу высокого риска развития ПЭ для последующего проведения этим женщинам превентивных мероприятий.

Ключевые слова: преэклампсия, прогноз, ассоциированный с беременностью плазменный протеин-А (PAPP-A).

Objective: To evaluate the prognostic potential of PAPP-A levels measured at 11 - 14 weeks of pregnancy, in combination with a maternal history and biological characteristics to predict the development of late PE.

Study Design: Prospectively studied 47 women at 11-14 week singleton pregnancy. The serum concentration was measured PAPP-A ELISA, the results indicate a MoM (multiple of medians).

Results: 3 (6.38%) women had an early spontaneous miscarriage, they are excluded from the study. 9 (20.45%) women had births by Caesarean section, three of them (33,33%) had PE. The mean, median, 5th and 10th centiles serum levels of PAPP-A were 1.84, 0.99, 0.32 and 0.56 MoM, respectively. Median PAPP-A in women with manifest PE is 0.79 (IQR 0.56-1.01) MoM in women without PE – 1.20 (IQR 0.8-3.29). Sensitivity of maternal serum PAPP-A ≤ 5 and ≤ 10 th percentile for PE, PPV, RR were 16.67%, 66.67% and 2.73, 95% CI 1.04 - 7.17, 25%, 60% and 2.6, 95% CI 1.04 - 6.50 ($p = 0.04$). The combination of maternal history, MAP with PAPP-A was the best in predicting PE, as compared to using only certain indicators ($r = 0.568$, AUC 0.786 (95% CI 0.637-0.895), $p = 0.035$). **Conclusion:** Low levels of PAPP-A are associated with increased risk of PE in late pregnancy is approximately 2.5 times. Measurement of serum PAPP-A at the end I trimester of gestation in combination with a maternal history contributes to the selection of pregnant women in high risk for PE and the subsequent conduct of this pregnancy preventive measures.

Keywords: preeclampsia, prediction, pregnancy-associated plasma protein-A (PAPP-A).

Гипертензивные расстройства, индуцированные гестацией, в особенности ПЭ,отягощают течение 6 – 8% беременностей. ПЭ ответственна за 12% случаев материнской смертности [27,31,81]. Заболеваемость ПЭ в РФ за период 1990 – 2010 г.г. выросла с 89,6 до 189,5 на 1000 родов; на 22,7% стало больше тяжелых клинических форм. В 2003 году от ПЭ погибли 13% матерей [5,6].

ПЭ повышает уровни таких осложнений беременности, как преждевременная отслойка плаценты, инсульт, острая почечная недостаточность, HELLP-синдром; растут частота оперативного родоразрешения, продолжительность госпитализации, материальные затраты; учащается рождение детей с синдромом нарушений роста плода (ЗВР). Неонатальная заболеваемость при ПЭ у матери составляет 640 – 780 промилле, а смертность – от 18 до 30% [1,64].

ПЭ манифестирует преимущественно в III триместре, но «закладывается» в раннюю беременность: вследствие нарушений плацентации формируется дисфункция плаценты – главное звено патогенеза ПЭ [68]. Формируется ПЭ только в присутствии плаценты и протекает в 2 стадии: 1-я стадия – неполноценная инвазия трофобласта в спиральные артерии decidua, следствием чего является гипоперфузия и ишемия плаценты; во 2-ю стадию (клиническую) проявляются эффекты гипоксии плаценты на мать и плод в виде материнского синдрома (отеки, гипертензия, протеинурия, энцефалопатия); его инициируют плацентарные факторы, поступающие в кровоток беременной [20,43,66,67].

Разворачивается клиническая картина ПЭ слишком поздно, при этом медикаментозная терапия неэффективна, и лишь быстрое бережное родоразрешение способно улучшить состояние матери, но незрелому

плоду в неонатальном периоде возникает серьезная угроза жизни [19,47]. Как видно, «расплата» за ПЭ в социальном и финансовом планах огромна.

В настоящее время предсказать и излечить ПЭ на стадии отсутствия клинических проявлений невозможно, т.к. неизвестны простые и надежные диагностические и терапевтические подходы; наиболее оптимальным в этой ситуации будет отбор в раннюю беременность женщин, предрасположенных к ПЭ. Именно ранняя идентификация беременных с повышенным риском реализации ПЭ является одной из главных задач современной перинатологии. Беременным женщинам с высоким риском развития ПЭ в раннюю беременность проводятся профилактические мероприятия – введение антиагрегантов, диетические добавки кальция [8,34,36].

Сегодня продолжается поиск неинвазивных биомаркеров и предикторов, которые способны в раннюю беременность достаточно точно предсказать клиническую манифестацию ПЭ. S.Grill et al.(2009) в обширном обзоре литературы в качестве биомаркеров и предикторов ПЭ представляет ангиогенные факторы, растворимый эндоглин, Р-селектин, дезинтегрин, плацентарный протеин-13, пентраксин3, PAPP-A, висфатин, аденомедуллин, ингибин-А, активин-А; доплеросонометрическую оценку параметров кровотока в а.а.uterinae и множество новых пока недостаточно изученных способов скрининга плацентарной транскриптомы [3,15]. Кандидатами в предикторы ПЭ рассматриваются также концентрация плазменного фибронектина, экскреция орозомукоида, нейрокин В [38,48,50,55].

Недавние исследования показали, что наилучшую предсказательную способность в прогнозе развития ПЭ проявляют измеренные в 11 – 14 нед. гестации в сыворотке крови матери концентрации

РАРР-А, величина САД в комбинации с материнскими анамнестическими и демографическими характеристиками [13,52,69].

Цель исследования: оценить предиктивную способность уровня РАРР-А, измеренного на 11 – 14 неделях беременности в комбинации с анамнестическими и биологическими характеристиками матери, в прогнозировании развития ПЭ в позднюю беременность.

Материалы и методы. В Орловском городском родильном доме с 01.01.2008 по 31.10.2009 года в рамках рутинного комбинированного ультразвукового и биохимического скрининга врожденных пороков развития плода в первом триместре исследовали 47 женщин. В последующем проспективно наблюдали течение гестации, регистрировали осложнения, материнские и перинатальные исходы.

Исследования проводили с учетом положения «О юридических и этических принципах медико-биологических исследований у человека» (Бюллетень ВАК Министерства образования России, 2002, 3). Выполненная работа не ущемляла права и не подвергала опасности субъектов и соответствовала требованиям биомедицинской этики, утвержденным Всемирной медицинской ассоциацией в 2000 году. Согласно протоколу исследования, критериями включения были добровольное информированное согласие беременной на участие в исследовании, одноплодная беременность, живой плод.

ПЭ диагностировали при появлении во 2-ю половину беременности признаков из триады Цангемейстера (отеки, гипертензия, протеинурия) + симптомы гипертензивной энцефалопатии + судороги, не связанные с неврологическими заболеваниями [28].

Всего живыми родились 44 ребенка, их вес при рождении конвертировали в центили. Для диагностики у них внутриутробных нарушений роста (ЗВР) пользовались ранее опубликованными нормограммами, при этом новорожденных с массой тела ниже 10 центиля учитывали как имеющих вес меньше должного для данного гестационного возраста [16].

Для определения концентрации РАРР-А в сыворотке крови беременной использовали планшетный иммуноферментный анализатор Stat Fax 2100 (Awareness Technology, США) и набор реагентов «ИФА-РАРР-А» (ООО «Компания Алкор Био», Санкт-Петербург). Приобретение реагентов для исследования стоило в ценах 2012г 10500 рублей. В наборе использован «сэндвич» – вариант твердофазного иммуноферментного анализа. После определения концентраций РАРР-А построены калибровочные графики зависимости оптических плотностей от концентрации РАРР-А (мЕд/мл) в калибровочных пробах, по которым определяли содержание протеина в анализах. Расчеты степени риска в пренатальном скрининге указывались в МоМ (multiple of medians) и вычислялись по формуле: $\text{МоМ} = \text{измеренная концентрация РАРР-А} / \text{медиана РАРР-А}$.

Давление крови измеряли механическим тоно-

метром Microlife, Швейцария. Среднее артериальное давление (САД) вычисляли по формуле: $\text{САД} = (\text{систолическое АД} + 2 \text{ диастолических АД}) / 3$. Данные конвертировали в МоМ.

Для статистического анализа результатов использовали программы Microsoft Excell 2007 и MedCalc для Windows XP/Vista/7, version 12.2.1.0 (MedCalc Software bvba, Mariakerke, Belgium). Проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) переменных, характеризующих соматические и анамнестические данные матери: возраст, вес, рост, ИМТ, число родов, артериальная гипертензия (АГ) и/или ПЭ в анамнезе, САД, для подтверждения их связи с ПЭ.

Для выявления точных предикторов ПЭ и оптимальной дискриминационной точки с наилучшим сочетанием чувствительности и специфичности использовали логистический регрессионный анализ и метод операционной характеристики приемника (ROC-анализ). Рассчитывалась площадь под кривой (AUC) и 95% доверительный интервал (CI) для всех независимых переменных. Использовали также попарное сравнение ROC кривых для определения приоритетности предикторов в каждой модели. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Оценка достоверности различий между показателями в двух выборках (пациентки с ПЭ и женщины с нормально протекающей беременностью) проводилась на основании критерия Манн-Уитни. С целью оценки степени влияния различных факторов на частоту возникновения ПЭ вычисляли относительный риск (ОР) с расчетом для него 95% CI. Для концентрации РАРР-А ≤ 5 -го центиля, ≤ 10 -го центиля определяли чувствительность предсказания и положительную прогностическую ценность.

Результаты. Исследуемые беременные были в возрасте от 18 до 36 лет, средний возраст составил 26,84 года, одной женщине было 18 лет и двум (4,26%) – больше 35 лет. Первобеременными были 31 (65,96%), повторнобеременными первородящими – 16 (34,04%), повторнородящими – 6 (12,77%) женщин.

В акушерском анамнезе одной женщины отмечена ранняя ПЭ в предыдущую беременность, которая закончилась малым кесаревым сечением в 22-23 нед. У 5 (10,64%) женщин в прошлом была неразвивающаяся беременность, у 2-х (4,26%) – вторичное бесплодие. Гинекологический анамнез в 9 (19,15%) случаях отягощен хроническим аднекситом, в 2-х (4,26%) – миомой матки.

Экстрагенитальные заболевания диагностированы у 18 (38,3%) женщин, среди них дефицит массы тела (ИМТ $< 18,5$) у 1 беременной, избыточная масса тела (ИМТ = 25,0-29,9) – у 6 (12,77%), ожирение (ИМТ 30,0 – 39,9) – у 1-й. Хронический пиелонефрит выявлен в 6 (12,77%) случаях, гипертоническая болезнь – в 3-х (6,82%), хронический гастрит – в 3-х (6,82%), заболевания щитовидной железы – в 2-х (4,26%), хронический тонзиллит – в 1-м, бронхиаль-

ная астма – в 1-м, миопия – в 2-х случаях.

У 3-х (6,38%) женщин произошел ранний самопроизвольный выкидыш, они из исследования были исключены. В 12 (27,27%) случаях беременность осложнилась ПЭ, в т.ч. у 4-х (9,1%) пациенток – нефропатией и преэклампсией. Ранняя манифестация клинически тяжелой ПЭ была у 1-й женщины.

Живыми родились 44 ребенка: 42 (95,45%) доношенными и 2 (4,45%) недоношенными ≥ 37 нед. Вес при рождении ниже 10 центиля был у одного недоношенного ребенка (у его матери беременность осложнилась ПЭ) и у одного доношенного новорожденного (у матери беременность протекала гладко). Кесаревым сечением родоразрешены 9 (20,45%) женщин, в т.ч. 3/12 (25%) – из-за тяжелой ПЭ.

У 44 женщин с одноплодной беременностью и живым плодом в сроки от 11 до 14 нед. гестации в сыворотке крови определяли содержание РАРР-А. Среднее значение, медиана, 5-й и 10-й центили уровня сывороточного РАРР-А составили 1,84, 0,99, 0,32 и 0,56 МоМ соответственно.

Медиана РАРР-А у заболевших ПЭ женщин равна 0,79 (межквартильный интервал IQR 0,56-1,01), у женщин без ПЭ – 1,20 (IQR 0,8-3,29). Значения РАРР-А МоМ были достоверно ниже в группе женщин, чья беременность осложнилась ПЭ, по сравнению с женщинами, у которых беременность протекала нормально, $p=0,03$. (Рис.1)

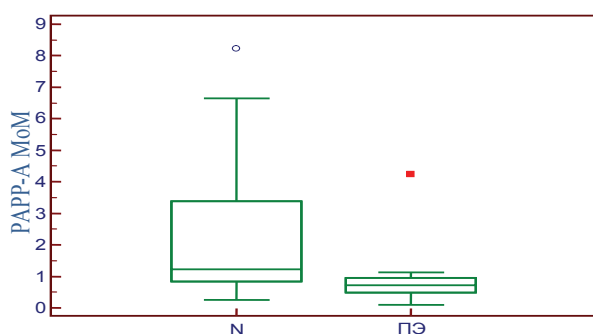


Рис. 1. Боксплот сравнения уровня РАРР-А МоМ: у женщин с неосложненной беременностью (N) и развившейся ПЭ.

Концентрация РАРР-А ≤ 5 -го центиля выявлена у 2 из 12 женщин, РАРР-А ≤ 10 -го центиля – у 3 из 12 женщин с ПЭ. Чувствительность прогноза ПЭ (Ч), положительная прогностическая ценность (ППЦ) и относительный риск (ОР) для РАРР-А ≤ 5 -го и ≤ 10 -го центиля представлены на таблице 1.

Логистическая регрессия описывает зависимость презентации ПЭ от концентрации РАРР-А в сыворотке беременной следующим образом: $Y=0,309-0,419 \cdot \log \text{ PAPP-A MoM}$ ($R^2=0,141$, $p=0,012$). ROC-анализ демонстрирует невысокий процент выявления предрасположенных к ПЭ женщин с помощью определения только концентрации плазменного белка – всего 25% при частоте ложноположительных результатов 10%. (Рис. 2)

Таблица 1.

Прогностические характеристики различных концентраций РАРР-А для предсказания ПЭ

ПЭ	N	Ч (%)	N	ППЦ (%)	ОР	95% CI	p
РАРР-А ≤ 5 -го центиля	2/12	16,67	2/3	66,67	2,73	1,04-7,17	0,04
РАРР-А ≤ 10 -го центиля	3/12	25,0	3/5	60,0	2,6	1,04-6,50	0,04

Множественный регрессионный анализ показал, что наибольшей ценностью в предсказании ПЭ обладает метод, объединяющий измерение РАРР-А, САД, анамнестические и соматические данные матери (возраст, ИМТ, число родов, ПЭ и АГ в прошлом), чем методы, основанные на измерении только концентрации РАРР-А и характеристик матери или только РАРР-А и САД:

$Y = 0,269 - 0,391 \times \log \text{ PAPP-A MoM} + 3,294 \times \log \text{ САД MoM}$; $R^2=0,219$, $p=0,006$.

$Y = 0,267 - 0,364 \times \log \text{ PAPP-A MoM} + 0,733 \times (\text{ПЭ в предыдущую беременность}) + 0,301 \times (\text{АГ в анамнезе})$; $R^2=0,225$, $p=0,016$.

$Y = -0,701 - 0,387 \times \log \text{ PAPP-A MoM} + 0,002 \times (\text{возраст}) + 0,04 \times (\text{ИМТ, кг/м}^2) - 0,056 \times (\text{паритет}) + 0,757 \times (\text{ПЭ в предыдущую беременность}) + 0,18 \times (\text{АГ в анамнезе})$; $R^2=0,286$, $p=0,041$.

$Y = -0,44 - 0,371 \times \log \text{ PAPP-A MoM} + 2,925 \times \log \text{ САД MoM} - 0,009 \times (\text{возраст}) + 0,041 \times (\text{ИМТ, кг/м}^2) - 0,03 \times (\text{число родов}) + 0,772 \times (\text{ПЭ в предыдущую беременность}) - 0,017 \times (\text{АГ в анамнезе})$; $R^2=0,322$, $p=0,016$.

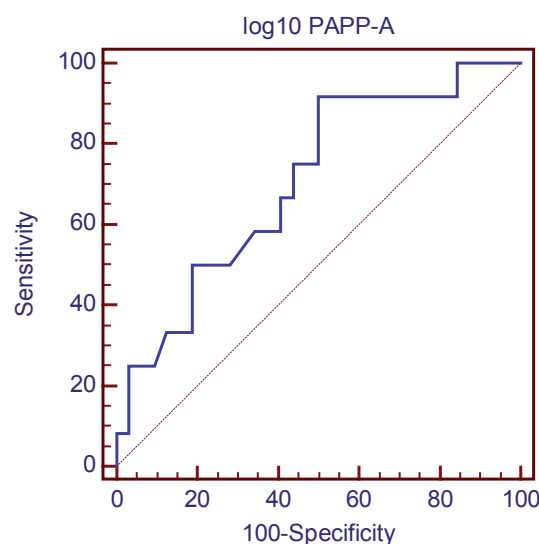


Рис. 2. ROC-кривая для предсказания ПЭ по уровням РАРР-А.

Эффективность предсказания различными моделями прогноза оценивали также путем сравнения площадей под ROC-кривыми (AUC) (Табл. 2).

Из таблицы видно, что AUC значительно больше для метода, комбинирующего анамнестические и соматические данные матери, САД и РАРР-А, чем при использовании только отдельных показателей.

Таблица 2.

Сравнительная оценка методов прогноза ПЭ, основанных на анамнестических и соматических характеристиках матери, величине САД и уровнях РАРР-А.

Метод прогноза ПЭ	AUC (95% CI)	p
Анамнестические и соматические данные матери (возраст, ИМТ, число родов, ПЭ и АГ в анамнезе)	0,680 (0,522 – 0,812)	0,173
Анамнестические и соматические данные матери + САД	0,693 (0,536 – 0,823)	0,138
Анамнестические и соматические данные матери + РАРР-А	0,785 (0,637 – 0,895)	0,041
Анамнестические и соматические данные матери + САД + РАРР-А	0,786 (0,634 – 0,894)	0,035
РАРР-А	0,704 (0,548 – 0,832)	0,009
РАРР-А + САД	0,772 (0,621 – 0,885)	0,006
РАРР-А + ПЭ в предыдущую беременность	0,741 (0,587 – 0,861)	0,009
РАРР-А + АГ в анамнезе	0,716 (0,560 – 0,842)	0,022
РАРР-А + ПЭ и АГ в анамнезе	0,753 (0,599 – 0,870)	0,016

Примечание: AUC – площадь под кривой операционной характеристики приемника, CI – доверительный интервал.

Анализ ROC-кривых продемонстрировал, что модель прогноза ПЭ оказывается совершеннее при включении в нее также показателя уровня сывороточного РАРР-А.

Обсуждение. ПЭ – специфичный для беременности системный синдром, который характеризуется вновь появившейся у матери гипертензией и протеинурией; обуславливает значительные уровни заболеваемости и смертности матерей и плодов. Патогенез ПЭ загадочен, стартует она с неадекватной инвазии цитотрофобласта в спиральные артерии матки, за этим следует редуцирование плацентарной перфузии, ишемия плаценты и системная эндотелиальная дисфункция. Вследствие того, что до настоящего времени успешное лечение ПЭ состоит в индукции родов в интересах матери и независимо от гестационного возраста плода, тяжелые последствия возникают у незрелых новорожденных (респираторный дистресс-синдром, болезнь гиалиновых мембран); пери- неонатальная смертность при этом достигает 10%. После рождения плаценты болезнь разрешается, из-за чего плаценту считают «главным преступником» в генезе ПЭ [80].

До настоящего времени остаются неразработанными достаточно эффективные превентивные стратегии, включающие, в частности, идентификацию беременных женщин с факторами повышенного риска клинической манифестации ПЭ, выявление которых необходимо для формирования группы риска. Именно для женщин из группы высокого риска создаются профилактические индивидуальные стратегии, предусматривающие воздействие на управляемые факторы риска с целью понизить степень их влияния. В СССР беременных женщин при первом раннем визите их в женскую консультацию подразделяли в соответствии с балльной шкалой оценок перинатального риска в группы низкого, среднего и высокого риска плохих материнских и перинатальных исходов; за женщинами с высоким риском велось усиленное наблюдение (Приказ Минздрава СССР №430, 1981г. «Об утверждении инструктивно-методических указаний по организации работы жен-

ской консультации»). Разделение женщин в группы риска, дифференцированное их ведение во время беременности и родов позволило снизить уровень перинатальной смертности на 30% [6].

В Великобритании National Collaborating Centre for Women's and Children's Health, 2008 (NCCWCH) рекомендует при первом визите беременной к врачу оценить величину риска ПЭ, ориентируясь при этом на акушерский и семейный анамнез, демографические характеристики матери, ИМТ, и затем для женщин с высоким риском разработать индивидуальный план посещений врача. Целью ранней идентификации беременных в группу высокого риска в рекомендациях NCCWCH является интенсивный материнский и фетальный мониторинг для ранней диагностики ПЭ, потенциально митигированного ее течения и тем самым предупреждения субоптимальных исходов гестации. Этим матерям в I триместре гестации (когда происходит интенсивная инвазия цитотрофобласта в спиральные артерии и формируется маточно-плацентарное кровообращение) профилактически назначают антиагрегантные дозы ацетилсалициловой кислоты, дезагреганты (дипиридамол, пентоксифиллин), препараты кальция для предупреждения фатальных осложнений в позднюю беременность [7,8,9,24,36,67,76].

Выполненные E.Bujold et al.(2008) рандомизированные испытания показали, что назначением матери в раннюю беременность при высоком риске развития ПЭ мизерных доз аспирина удалось на 50% снизить частоту манифестации гестоза. Вместе с тем, скрининг-оценка каждого фактора риска фальшиво классифицирует в группу высокого риска 2/3 популяции беременных, им согласно рекомендациям NCCWCH назначают интенсивный мониторинг, что представляется нерациональной тратой ресурсов [13]. Поиски значимых факторов риска продолжают до настоящего времени, при этом предпочтение отдается неинвазивным методам исследования. Обнаруженные в плазме крови или моче биохимические маркеры могут использоваться как предикторы ПЭ. Ряд исследователей установили, что фактором

риска презентации ПЭ является дисбаланс ангиогенных факторов плацентарного происхождения, возникающий вследствие гипоперфузии плаценты. Так, дисбаланс соотношений концентраций плацентарного фактора роста и растворимой Flt-подобной тирозинкиназы-1 способен с 100% чувствительностью и 96% специфичностью предсказать раннюю манифестацию ПЭ, при этом альтерации соотношений ангиогенных факторов на 5 недель предшествуют клинической презентации заболевания [12,18,20,42,44,45,60,65].

Детерминация плазменных концентраций ангиогенных/ антиангиогенных факторов в материнской крови в 30 – 34 недели гестации способствует также идентификации беременных с повышенным риском мертворождения и развития тяжелой поздней ПЭ [23].

Нарушения инвазии трофобласта – одна из ключевых характеристик ПЭ и большинства случаев ЗВР. Инвазия трофобласта в маточные артерии начинается в I-м и заканчивается во II-м триместре гестации. Допплерометрическую регистрацию патологических изменений параметров маточно-плацентарной гемодинамики считают очень чувствительным и легко воспроизводимым тестом, а снижение величины пульсационного индекса в а.а. uterinae отражает степень трофобластической инвазии. P.Zimmerman et al. (1997), измерив доплерометрические параметры кровотока в маточных артериях в 21 – 24 недели у 347 беременных, обнаружили: патологические отклонения доплерограмм в 3 раза чаще ассоциировались с развитием ПЭ и ЗВР. Сходные результаты получили и другие исследователи [10,14,22,30,33,48,56,71,73,78].

Однако в последние годы предпочтение отдается доплерографическим исследованиям маточных артерий именно в I-м триместре беременности. Еще в 1995 г. H.J.van den Elzen et al. установили, что гемодинамические нарушения в маточных артериях, детектируемые в I-м триместре беременности, ассоциируются с высоким риском формирования гипертензивных расстройств, ЗВР и гестационного диабета. Обнаружение нарушений кровотока в маточных артериях в I-м триместре предлагают в качестве тест-предиктора, который шестикратно оптимизирует предсказание ПЭ [25,26,29]. Отклоняющиеся от нормы доплер-показатели при исследовании на 11-14 неделях беременности обнаружены у трети женщин с ранним началом тяжелого гестоза, более чем у трети – с ПОНРП и у всех матерей, родивших детей с ЗВР [14,46,58,75]. Совсем недавно K.Y. Leung et al. (2012) также подтвердили высокие предиктивные способности ультрасонометрии при исследовании беременных в I триместре гестации.

Некоторые авторы предлагают для более эффективного прогнозирования ПЭ сочетать доплер-тестирование с детекцией в крови, моче концентраций биомаркеров анти- и проангиогенеза [12,17,30,37,39,40,65,74,77,82], PP-13, RAPP-A и β -ХГ [34,49,53,62,63,71]; биомаркеров оксидантного

стресса и эндотелиальной дисфункции [57]. Вместе с тем, измерение концентраций лишь PP-13 во 2-м триместре не способно предсказать развитие ПЭ, причем предиктивная способность не повышается даже в сочетании с измерением пульсационного индекса и других потенциальных биомаркеров (ингибина, активина, RAPP-A, свободного β -ХГ [71].

Nicolaides et al. (2006) показали, что раннюю презентацию ПЭ (<34 недели гестации) можно предсказать, комбинируя оценки показателей доплерометрии и концентрации в материнской крови PP-13, измеренных в I-м триместре гестации: величина среднего пульсационного индекса в маточных артериях составила 1,43 МоМ, что существенно выше нормального среднего показателя; чувствительность прогноза – 90%, ложноположительный результат – всего 30%. Другие исследователи [72] в 11 – 13 недель беременности измерили концентрации PP-13 и величину пульсационного индекса в маточных артериях 490 беременных, у 44-х из них развернулась в позднюю беременность тяжелая ПЭ. Оказалось, что средние уровни концентраций PP-13 у пораженных преэклампсией матерей были снижены, а средний пульсационный индекс существенно выше измеренный в контроле (1,7 против 1,0; $p < 0,001$).

Эффективность селекции беременных женщин с высоким риском презентации ПЭ можно улучшить комбинацией показателей материнских характеристик с измерением биофизических, биохимических маркеров, уровни которых изменяются как в раннюю, так и в позднюю беременность. R.Akolekar et al. (2011) осуществили скрининг-исследование на 11 – 13 неделях гестации 752(2,2%) женщин, у которых в последующем манифестировала ПЭ, и 32850 не пораженных ПЭ беременных. Авторы оценивали материнские характеристики (возраст, ИМТ, ПЭ в акушерском и семейном анамнезе), САД, пульсационный индекс маточных артерий; концентрации в материнской плазме PP-13, RAPP-A и других биомаркеров-предикторов для оценки уровня специфического индивидуального риска развития ПЭ. Уровни биофизических и биохимических маркеров определялись как имеющие отношение к имплантации, поскольку они участвуют в каскаде событий, приводящих к нарушениям плацентации и клинической манифестации ПЭ. Как показали другие исследования, в группе беременных с клинически манифестировавшей ПЭ по сравнению с непораженным контролем в 11 – 13 недель гестации пульсовой индекс, САД, плазменные уровни sEng, ингибина-A, активина-A, Р-селектина, пентраксина-3 повышены, тогда как сывороточные уровни концентраций RAPP-A, PP-13 и фактора роста плаценты снижены [11,12,13,32,44,52,59,61,63].

В нашем исследовании у 44 женщин в сроки 11 – 14 недель гестации определили уровни концентрации в сыворотке крови RAPP-A. У 12(12,77%) матерей в позднюю беременность манифестировала ПЭ, что в 7 раз выше, чем в Великобритании [13].

Медиана концентраций RAPP-A у женщин с ПЭ составила 0,79 МоМ, что существенно ниже показателя здоровых матерей, $p=0,03$; чувствительность прогноза, положительная прогностическая ценность и относительный риск (ОР) для RAPP-A ≤ 5 -го центиля составили соответственно 16,67%, 66,67%, ОР – 2,73 при 95% CI 1,04 – 7,17; для ≥ 10 -го центиля – 25%, 60,0%; ОР – 2,6 при 95% CI 1,04 – 6,50. О.В. Коновалова (2012), исследуя беременных в I триместре, также получила сниженные уровни концентраций RAPP-A (0,69 МоМ) у беременных с развернувшейся в последующем ПЭ.

ROC-анализ (рис.2) демонстрирует невысокий предиктивный уровень прогноза возможного развития ПЭ определением только одного RAPP-A: всего 25% при частоте ложноположительных результатов 10%.

Совсем недавно опубликованы результаты скрининг-исследования 5170 беременных, обследованных в 11 – 13 недель для прогноза ПЭ следующими тестами: демографические и анамнестические материнские характеристики, АД, доплерометрия маточных артерий и сывороточные концентрации RAPP-A. Авторы исследования заключают, что необходимо использовать комбинирование тестов при обследовании беременных в начале гестации для прогноза ПЭ [69].

Разработанная нами технология предсказания ПЭ объединяет определение рисков в акушерском анамнезе, количество родов, демографические параметры матери, измерение САД и уровней RAPP-A в 11 – 14 недель гестации. Комбинации исследованных параметров представлены на табл.2. Как свидетельствует таблица, прогноз развития ПЭ наиболее эффективен при сочетании анамнестических и соматических характеристик матери с измерением концентраций

RAPP-A ($p=0,041$), тех же параметров с измерением САД ($p=0,035$); измерение САД и RAPP-A ($p=0,006$); сочетание определения RAPP-A с ПЭ в анамнезе и при хронической гипертензии. Результаты исследования показали, что низкие уровни RAPP-A, (являющегося маркером нарушений инвазии трофобласта в спиральные артерии матки и гипоперфузии плаценты) на 11 – 14 неделях беременности ассоциируются с существенным повышением риска развития ПЭ в позднюю беременность (риск возрастает почти в 2,5 раза). Вместе с тем, измерение сывороточного RAPP-A в I триместре гестации в комбинации с анамнестическими, соматическими характеристиками матери, определением САД оптимизирует отбор беременных в группу высокого риска манифестации ПЭ.

Таким образом, наиболее оптимальным следует признать селекцию беременных в группу риска в самом начале беременности, при отборе необходимо комбинировать измерение концентраций RAPP-A с другими факторами риска: материнскими демографическими, анамнестическими характеристиками, измерением САД, ИМТ, экстрагенитальными заболеваниями, в совокупности существенно повышающими степень риска презентации ПЭ [2,4,10,49,51,54,70,79]. В приказе Минздрава РФ от 01 ноября 2012г. №572н в приложении №5 в разделе «Базовый спектр обследования беременных женщин» предписывается всем беременным при первом раннем визите в женскую консультацию проводить «биохимический скрининг сывороточного уровня связанного с беременностью плазменного протеина А (RAPP-A)». Реализовать это указание Минздрава РФ станет возможным при условии, что реагенты для исследований будут приобретаться не исследователем, а за счет средств Фонда обязательного медицинского страхования.

Библиографический список

1. Клинические рекомендации. Акушерство и гинекология. Под ред. В.И.Кулакова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006; 512 с.
2. Коновалова О.В. Преэклампсия. Прогнозирование. Профилактика. Автореферат канд.меднаук. М., 2012; 28с.
3. Косова А.С., Степанова Р.С., Голикова З.М. и др. Формирование группы высокого риска развития тяжелого гестоза и нарушений роста плода с использованием доплеросонометрии а. uterinae на 11 – 14 неделе беременности. Материалы XIII Росс. науч. форума «Мать и дитя» 2012, Москва, 74с.
4. Косова А.С., Степанова Р.Н., Тарасова Л.П. Предсказание преэклампсии по величине среднего артериального давления (САД) в I половине беременности. Материалы XII Росс. науч. форума «Мать и дитя» 2011, Москва, 97с.
5. Погорелов В.М., Козинец Г.И., Макаров И.О. и др. Тромбоцитарные параметры при нормально протекающей беременности и гестозе. Акуш гинек репродукция. 2012; 3: 28 – 33с.
6. Радзинский В.Е. Акушерская агрессия. М.: Status praesens. 2011; 687с.
7. Степанова Р.Н. Невынашивание беременности в Таджикистане: причины, факторы риска, прогноз, профилактика. Дисс. док.мед.наук. М.,1994; 226с.
8. Степанова Р.Н. Беременность и aberrации иммунитета. Орел, ОГУ. 2010; 135с.
9. Степанова Р.Н. Профилактика субоптимальных материнских и перинатальных исходов беременности высокого риска ОПГ-гестоза. Росс Вестник акуш гинекол. 2001; 1: 43-45с.
10. Степанова Р.Н., Косова А.С., Тарасова Л.П. Допплеросонометрическое прогнозирование преэклампсии в I триместре беременности. Ученые записки Орловского госуниверситета. 2012; 6(50): 338 – 346с.
11. Akolekar R., Minekawa R., Veduta A. et al. Maternal plasma inhibin A at 11 – 13 weeks of gestation in hypertensive disorders of pregnancy. Prenat Diagn. 2009; Vol.29. P.753 – 760.
12. Akolekar R., de Cruz J., Foidart J-M. et al. Maternal plasma soluble fms-like tyrosine kinase-1 and free vascular

endothelial growth factor at 11- 13 weeks of gestation in preeclampsia. *Prenatal Diagnosis*. 2010; Vol.30. P.191 – 197.

13. Akolekar R., Syagelaki A., Sarquis R. *et al.* Prediction of early, intermediate and late pre-eclampsia from maternal factors, biophysical and biochemical markers at 11 – 13 weeks. *Prenat Diagn*. 2011; Vol.31. P.66 – 74.

14. Anastasakis E., Paraskevas K., Papanfoniou N. *et al.* Association between abnormal uterine artery doppler flow velocimetry, risk of preeclampsia, and indices of arterial structure and function. *Angiology*. 2008; Vol.59, N4. P.493 – 499.

15. Baker P.N., Myers J.E. Preeclamptic toxemia: a disease ripe for proteomic discovery. *Expert Rev Obstet Gynecol*. 2009; Vol.6, N2. P.107 – 110.

16. Battaglia F.C., Lubchenko L.O.F. A practical classification of newborn infants by weight and gestational age. *J.Pediatr*. 1967; Vol.71. P.159 – 170.

17. Baumann M.U., Bersinger N.A., Surbek D.V. Serum markers for predicting pre-eclampsia. *Mol aspects Med*. 2007; Vol.28. N2. P.227 – 244.

18. Benton S., Yuxiang Hu, Fang Xie *et al.* Angiogenic factors as diagnostic tests for preeclampsia: a performance comparison between commercial immunoassays. *Am J Obstet Gynecol*. 2011; Vol.205, N5. P.469e1 – 469e8.

19. Bersinger N.A., Ødegard R.A. Second- and third-trimester serum levels of placental proteins in preeclampsia and small-for-gestational age pregnancies. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2004; Vol.83, N1. P.37 – 45.

20. Buchimisch C.S., Magloire L., Funai E. Fractional excretion of angiogenic factors in women with several preeclampsia. *Obstet Gynecol*. 2006; Vol.107. P.1103 – 1113.

21. Bujold E., Morency F.V., Roberge S. *et al.* Acetylsalicylic acid for the prevention of preeclampsia and intra-uterine growth restriction in women with abnormal uterine artery doppler: a systematic review and meta-analysis. *J Obstet Gynecol Can*. 2009; Vol. 31, N9. P.818 – 826.

22. Castellino G., Capucci R., Govoni M. *et al.* Uterine artery doppler in predicting pregnancy outcome in women with connective tissue disorders. *Rheumatology*. 2006; Vol.45, N9. P.1174 – 1175.

23. Chaiwopongsa T., Romero R., Karseniewski S. *et al.* Maternal plasma concentrations of angiogenic/antiangiogenic factors in the third trimester of pregnancy to identify the patient at risk stillbirth at or near term and severe late preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol*. 2013; Vol.208, N4. P.287.e1 – 287.e15.

24. Chiaffarino F., Parazzini F., Paladini D. *et al.* A small randomized trial of low dose aspirin in women at high risk of preeclampsia. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2004; Vol.112. P.142 – 144.

25. Chien P.F., Arnott N., Gordon A. *et al.* How useful is uterine growth retardation and perinatal death? *BJOG*. 2000; Vol.107. P.196 – 208.

26. Cnossen J.S., Vollebregt K.C., de Vrieze N. *et al.* Accuracy of mean arterial pressure and blood pressure measurements in predicting pre-eclampsia. *Br Med J*. 2008; Vol.336. P.1117 – 1120.

27. Conde-Agudelo A., Villar J., Lindheimer M. World health organization systematic review of screening tests for preeclampsia. *Obstet Gynecol*. 2004; Vol.104, N6. P.1367 – 1391.

28. Cunningham F.G., Leveno K.J., Bloom S.L. *et al.* Williams Obstetrics, 22th ed NY-Toronto, MC GRAW-Hill. 2005.

29. Dekker G., Sibai B. Primary, secondary and tertiary prevention of pre-eclampsia. *Lancet*. 2001; Vol.357. P.209 – 215.

30. Diaba E., El-Behera M.M., Ebrahiema M.A. *et al.* Angiogenic factors for the prediction of pre-eclampsia in women with abnormal midtrimester uterine artery Doppler velocimetry. *Int J Gynaecol Obstetr*. 2008; Vol.102, N2. P.146 – 151.

31. Duley L., Henderson-Smart D., Knight M., King J. Antiplatelet drugs for prevention of pre-eclampsia and its consequences: systematic review. *Brit Med J*. 2001; Vol.322. P.329 – 333.

32. Foidart J.M., Munaut C., Chantraine F. *et al.* Maternal plasma soluble endoglin at 11 – 13 weeks gestation in pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2010; Vol.35. P.680 – 687.

33. Frusca T., Soregaroli M., Zanelli S. *et al.* Role of uterine artery Doppler investigation in pregnant women with chronic hypertension. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 1998; Vol.79, N1. P.47 – 50.

34. Gonen R., Shahar R., Grimpel Y. *et al.* Placental protein13 as early marker for pre-eclampsia. *BJOG*. 2008; Vol.115. P.1465 – 1472.

35. Grill S., Rusterholz C., Zanetti-Dallenbach R. *et al.* Potential markers of preeclampsia-review. *Reprod Biol Endocrinol*. 2009; Vol.7. P.70 – 93.

36. Hofmeyr G.J., Duley L., Atallah A. Dietary calcium supplementation for prevention of pre-eclampsia and related problems. *BJOG*. 2007; Vol.114. P. 933 – 943.

37. Kim S-Y., Ryu H-M., Jang I-M. Maternal plasma and amniotic fluid SFLT-1 and PLGF levels at the time of mid-trimester amniocentesis in women who subsequently develop preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol*. 2006; Vol.195,6 suppl, s130.

38. Kronborg C.S., Allen J., Vittinghus E. *et al.* Pre-symptomatic increase in urine orosomucoid excretion in pre-eclamptic women. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2007; Vol.86, N5. P.930 – 937.

39. Lambert-Messerlian G.M., Palomaki G., Neveux L. *et al.* Early onset preeclampsia and second trimester serum markers. *Prenatal Diagnosis*. 2009; Vol.29, N2. P.1109 – 1117.

40. Lapaire O., Shennan A., Stepan H. The preeclampsia biomarkers soluble fms-like tyrosine kinase-1 and placental growth factor: current knowledge, clinical implications and future application. *Europ J Obstet Gynecol*. 2010; Vol.151. P.122 – 129.

41. Leung K.Y., Ma T., Lau B., Minchen G. First-trimester ultrasound volumetry. *Expert Rev Obstet Gynecol*. 2012;

Vol.7, N4. P.379 – 386.

42. *Levine R.J., Chun Lam, Cong Qian et al.* Soluble endoglin and other circulating antiangiogenic factors in pre-eclampsia. *N Engl J Med.* 2006; Vol.355. P.992 – 1005.

43. *Levine R.J., Maynard S.E., Qian C. et al.* Circulating angiogenic factors and the risk of preeclampsia. *N Engl J Med.* 2004; Vol.350. P.672 – 683.

44. *Levine R.J. and Lindheimer M.D.* First trimester prediction of early preeclampsia: a possibility at last! *Hypertension.* 2009; Vol.53. P.747 – 748.

45. *Lim Ji Huae, Kim Shin Young, Park So Yeon et al.* Effective prediction of preeclampsia by a combined ratio of angiogenesis-related factors. *Obstet Gynecol.* 2008; Vol.111, N6. P.1403 – 1409.

46. *Martin A.M., Bindra R., Curcio P. et al.* Screening for pre-eclampsia and fetal growth restriction by uterine artery Doppler at 11 – 14 week of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2002; Vol.18. P.583 – 586.

47. *Meiri H., Chefetz N., Sammer M.* First trimester PP13 as a marker for prediction of pre-eclampsia. *Biomarkers, CLI,* September. 2006.

48. *Myatt L., Clifton R.J., Roberts J.M. et al.* The utility of uterine artery Doppler velocimetry in prediction of pre-eclampsia in a low-risk population. *Obstet Gynecol.* 2012; Vol.120, N4. P.815 – 822.

49. *Nicolaidis K.H., Bindra R., Turan O.M. et al.* A novel approach to first-trimester screening for early pre-eclampsia combining serum PP-13 and Doppler ultrasound. *Ultrasound in Obstet Gynecol.* 2006; Vol.27, N1. P.13 – 17.

50. *O'Brien W.F.* Predicting preeclampsia. *Obstet Gynecol.* 1990; Vol.75. P.445 – 451.

51. *Odegard R.A., Vatten L.J., Nelsen S. et al.* Risk factors and clinical manifestations of pre-eclampsia. *BJOG.* 2000; Vol.107, N11. P.1410 – 1416.

52. *Odibo A.O., Zhong Y., Goetzinger K.R. et al.* First-trimester placental protein 13, PAPP-A, uterine artery Doppler and maternal characteristics in the prediction of pre-eclampsia. *Placenta.* 2011; Vol.32. P.598 – 602.

53. *Ong C.Y., Liao A.W., Spencer K. et al.* First trimester maternal serum free beta human chorionic gonadotrophin and pregnancy associated plasma protein A as predictors of pregnancy complications. *BJOG.* 2000; Vol.107. P.1265 – 1270.

54. *Onwudiwe N., Yu C.K., Poon L.C. et al.* Prediction of pre-eclampsia by a combination of maternal history, uterine artery Doppler and mean arterial pressure. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008; Vol.32, N7. P.877 – 883.

55. *Page N.M., Woods R.J., Gardiner S.M. et al.* Excessive placental secretion of neurokinin B during the third trimester causes preeclampsia. *Nature.* 2000; Vol.405, N6788. P.797 – 800.

56. *Papageorgiou A.T.* Second trimester uterine artery Doppler screening in unselected populations: a review. *J Maternal Fetal Neonatal Med.* 2002; Vol.12. P.78 – 88.

57. *Parra M., Rodrigo R., Barja P.* Screening test for preeclampsia through assessment of uteroplacental blood flow and biochemical markers of oxidative stress and endothelial dysfunction. *Am J Obstet Gynecol.* 2005; Vol.193, N4. P.1486 – 1491.

58. *Pilalis A., Souka A., Antsaklis P. et al.* Screening for pre-eclampsia and small for gestational age fetuses at the 11-14 weeks scan by uterine artery Dopplers. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2007; Vol.86. P.530 – 534.

59. *Plasencia W., Maiz N., Poon I., Nicolaidis H.* Uterine artery Doppler at 11 to 13 weeks in the prediction of eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008; Vol. 32. P.138 – 146.

60. *Polliotti B.M., Fry A.G., Saller D.N. et al.* Second-trimester maternal serum placental growth factor and vascular endothelial growth factor for predicting severe, early-onset preeclampsia. *Obstet Gynecol.* 2003; Vol.101. P.1266 – 1274.

61. *Poon L.C., Kametas N.A., Maiz N. et al.* First-Trimester Prediction of Hypertensive Disorders in Pregnancy. *Hypertension.* 2009; Vol. 53. P.812 – 818.

62. *Poon L.C., Maiz N., Valencia C. et al.* First-Trimesters maternal serum pregnancy-associated plasma protein-A and pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2009; Vol 33. P.23-33.

63. *Poon L.C., Stratieva V., Piras S. et al.* Hypertensive disorders in pregnancy: combined screening by uterine artery Doppler, blood pressure and serum PAPP-A at 11-13 weeks. *Prenat Diagn.* 2010; Vol.30. P.216 – 223.

64. *Powe C.E., Ecker J., Rana S. et al.* Preeclampsia and the risk of large-for-gestational-age. *Am J Obstet Gynecol.* 2011; Vol.204, N5. P.425e1 – 425e5.

65. *Rana S., Karumanchi S.A., Levine R.J.* Sequential changes in antiangiogenic factors in early pregnancy and risk of developing preeclampsia. *Hypertension.* 2007; Vol.50. P.137 – 142.

66. *Robb V., Pepe G., Albrecht E.* Acute temporal regulation of placental vascular endothelial growth/permeability factor expression in baboons by estrogen. *Biol Reprod.* 2004; Vol.71, N5. P.1694 – 1698.

67. *Roberts J.M., Hubelab C.A.* The two stage model of preeclampsia: variations on the theme. *Placenta.* 2009; Vol.30, suppl. P.32 – 37.

68. *Roberts M., Cooper D.* Pathogenesis and genetics of pre-eclampsia. *Lancet.* 2001; Vol.357. P.53 – 56.

69. *Scazzocchio E., Figueras F., Crispi F. et al.* Performance of a first trimester screening of preeclampsia in a routine care low-risk setting. *Am J Obstet Gynecol.* 2013; Vol.208, N3. P.203e1 – 203e10.

70. *Shaarawy M., Abdel-Magid A.* Plasma endothelin-1 and mean arterial pressure in the prediction of pre-eclampsia. *Int J Gynaecol Obstet.* 2000; Vol.68, N2. P.105 – 111.

71. *Spencer K., Cowans N. J., Chefetz I. et al.* First-trimester maternal serum PP-13, PAPP-A and second-trimester uterine artery Doppler pulsatility index as markers of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2007; Vol. 29. P.128 – 134.

72. Spenser K., Yu C. K. H., Savvidou M. Prediction of pre-eclampsia by utery artery Doppler ultrasonography and maternal serum pregnancy-associated plasma protein-A, free b-human chorionic gonadotropin, activin A and ingibin A at 22+0 to 24+6 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2006; Vol. 27. P.658 - 663.
73. Steel S.A., Pearce J.M., McParland P., Chamberlain G.V. Early Doppler ultrasound screening in prediction of hypertensive disorders of pregnancy. *Lancet.* 1990; Vol.335. P.1548 – 1551.
74. Tiffany A., Simas M., Crawford S.L. et al. Angiogenic factors for the prediction of preeclampsia in high-risk women. *Am J Obstet Gynecol.* 2007; Vol.197, N3. P.244 – 248.
75. Vainio M., Kujansuu A-M., Koivisto M. Bilateral notching of uterine arteries at 12–14 weeks of gestation for prediction of hypertensive disorders of pregnancy. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2005; Vol.84. P.1062 – 1067.
76. Vainio M., Riutta A., Koivisto A. Prostacyclin, thromboxane A2 and the effect of low-dose ASA in pregnancies at high risk for hypertensive disorders. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2004; Vol.83, N12. P.1119 – 1123.
77. Vatten L.J., Eskild A., Nilsen T. et al. Changes in circulating level of angiogenic factors from the first to second trimester as predictors of preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol.* 2007; Vol.196, N3. P.239e1 - 239e6.
78. Venkat-Raman N., May Backos T., Tech W et al. Uterine artery Doppler in predicting pregnancy outcome in women with antiphospholipid syndrome. *Obstet Gynecol.* 2001; Vol.98, N2. P.235 – 242.
79. Walsh C.A., Baxi L.V. Mean arterial pressure and prediction of preeclampsia. *BMJ.* 2008; Vol.336, 7653. P.1079 – 1080.
80. Wang A., Rana S., Karumanchi S.A. Preeclampsia: the role of angiogenic factors in its pathogenesis. *Physiology.* 2009; Vol.24, N3. P.147 - 158.
81. WHO.Reduction of maternal mortality. WHO, Geneva. 2005; - P.41.
82. Widmer M., Villar J., Benigni A. et al. Mapping the theories of preeclampsia and the role of angiogenic factors: a systematic review. *Obstet Gynecol* 2007; Vol.109, N1. P.168 – 180.
83. Zimmermann P., Eirio V., Koskinen J. Doppler assessment of the uterine and uteroplacental circulation in the second trimester in pregnancies at high risk for preeclampsia and/or intrauterine growth retardation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1997; Vol.9, N5. P.330 - 338.

References

1. Clinical guidelines. Obstetrics and Gynecology. Ed. V.I.Kulakov. M.: GEOTAR Media. 2006, 512 p.
2. Konovalova O.V. Pre-eclampsia. Forecasting. Prevention. Abstract of kand.mednauk. M., 2012; 28c.
3. Kosova A.S., Stepanova R.N., Golikova Z.M. Tarasova L.P. Formation of high-risk groups for severe preeclampsia and fetal growth disorders by uterine artery Doppler at 11 - 14 weeks of pregnancy. *Materiali XIII Ross. nauch. foruma «Mat I Ditiya»* 2012, Moskva, 74p.
4. Kosova A.S., Stepanova R.N., Tarasova L.P. The prediction of preeclampsia largest in mean arterial pressure (MAP) in the I half of pregnancy. *Materiali XII Ross. nauch. foruma «Mat I Ditiya»* 2011, Moskva, 97p.
5. Pogorelov V.M., Kozinets G.I., Makarov I.O. Platelet and other parameters in normal pregnancy and preeclampsia. *Akush. Ginec. Reprod.* 2012, 3: 28 – 33p.
6. Radzinsky V.E. Obstetric aggression. M.: Status praesens. 2011; 687p.
7. Stepanova R.N. Miscarriage in Tajikistan: Causes, risk factors, prognosis, prevention. *Diss. dok.med.nauk. M.*, 1994, 226p.
8. Stepanova R.N. Pregnancy and aberration immunity. Orel, SU. 2010; 135p.
9. Stepanova R.N. Prevention of suboptimal maternal and perinatal outcomes of high risk pregnancy of OPG-gestosis. *Ross Vestnik. akush. ginecol.* 2001; 1: 43-45p.
10. Stepanova R.N., Kosova A.S., Tarasova L.P. Smolechkova N.N. Uterine artery Doppler in first trimester for the prediction of pre-eclampsia. *Uchenie zapiski Orel gosuniversitet.* 2012; 6(50): 338 – 346p.
11. Akolekar R., Minekawa R., Veduta A. et al. Maternal plasma inhibin A at 11 – 13 weeks of gestation in hypertensive disorders of pregnancy. *Prenat Diagn.* 2009; Vol.29. P.753 – 760.
12. Akolekar R., de Cruz J., Foidart J-M. et al. Maternal plasma soluble fms-like tyrosine kinase-1 and free vascular endothelial growth factor at 11- 13 weeks of gestation in preeclampsia. *Prenatal Diagnosis.* 2010; Vol.30. P.191 – 197.
13. Akolekar R., Syagelaki A., Sarquis R. et al. Prediction of early, intermediate and late pre-eclampsia from maternal factors, biophysical and biochemical markers at 11 – 13 weeks. *Prenat Diagn.* 2011; Vol.31. P.66 – 74.
14. Anastasakis E., Paraskevas K., Papanfoniou N. et al. Association between abnormal uterine artery doppler flow velocimetry, risk of preeclampsia, and indices of arterial structure and function. *Angiology.* 2008; Vol.59, N4. P.493 – 499.
15. Baker P.N., Myers J.E. Preeclamptic toxemia: a disease ripe for proteomic discovery. *Expert Rev Obstet Gynecol.* 2009; Vol.6, N2. P.107 – 110.
16. Battaglia F.C., Lubchenko L.O.F. A practical classification of newborn infants by weight and gestational age. *J.Pediatr.* 1967; Vol.71. P.159 – 170.
17. Baumann M.U., Bersinger N.A., Surbek D.V. Serum markers for predicting pre-eclampsia. *Mol aspects Med.* 2007; Vol.28. N2. P.227 – 244.
18. Benton S., Yuxiang Hu, Fang Xie et al. Angiogenic factors as diagnostic tests for preeclampsia: a performance comparison between commercial immunoassays. *Am J Obstet Gynecol.* 2011; Vol.205, N5. P.469e1 – 469e8.

19. Bersinger N.A., Ødegard R.A. Second- and third-trimester serum levels of placental proteins in preeclampsia and small-for-gestational age pregnancies. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2004; Vol.83, N1. P.37 – 45.
20. Buchimisch C.S., Magloire L., Funai E. Fractional excretion of angiogenic factors in women with several preeclampsia. *Obstet Gynecol.* 2006; Vol.107. P.1103 – 1113.
21. Bujold E., Morency F.V., Roberge S. et al. Acetylsalicylic acid for the prevention of preeclampsia and intra-uterine growth restriction in women with abnormal uterine artery doppler: a systematic review and meta-analysis. *J Obstet Gynecol Can.* 2009; Vol. 31, N9. P.818 – 826.
22. Castellino G., Capucci R., Govoni M. et al. Uterine artery doppler in predicting pregnancy outcome in women with connective tissue disorders. *Rheumatology.* 2006; Vol.45, N9. P.1174 – 1175.
23. Chaiwopongsa T., Romero R., Korseniewski S. et al. Maternal plasma concentrations of angiogenic/antiangiogenic factors in the third trimester of pregnancy to identify the patient at risk stillbirth at or near term and severe late preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol.* 2013; Vol.208, N4. P.287.e1 – 287.e15.
24. Chiaffarino F., Parazzini F., Paladini D. et al. A small randomized trial of low dose aspirin in women at high risk of preeclampsia. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2004; Vol.112. P.142 – 144.
25. Chien P.F., Arnott N., Gordon A. et al. How useful is uterine growth retardation and perinatal death? *BJOG.* 2000; Vol.107. P.196 – 208.
26. Cnossen J.S., Vollebregt K.C., de Vrieze N. et al. Accuracy of mean arterial pressure and blood pressure measurements in predicting pre-eclampsia. *Br Med J.* 2008; Vol.336. P.1117 – 1120.
27. Conde-Agudelo A., Villar J., Lindheimer M. World health organization systematic review of screening tests for preeclampsia. *Obstet Gynecol.* 2004; Vol.104, N6. P.1367 – 1391.
28. Cunningham F.G., Leveno K.J., Bloom S.L. et al. *Williams Obstetrics*, 22th ed NY-Toronto, MC GRAW-Hill. 2005.
29. Dekker G., Sibai B. Primary, secondary and tertiary prevention of pre-eclampsia. *Lancet.* 2001; Vol.357. P.209 – 215.
30. Diaba E., El-Beherca M.M., Ebrahiema M.A. et al. Angiogenic factors for the prediction of pre-eclampsia in women with abnormal midtrimester uterine artery Doppler velocimetry. *Int J Gynaecol Obstetr.* 2008; Vol.102, N2. P.146 – 151.
31. Duley L., Henderson-Smart D., Knight M., King J. Antiplatelet drugs for prevention of pre-eclampsia and its consequences: systematic review. *Brit Med J.* 2001; Vol.322. P.329 – 333.
32. Foidart J.M., Munaut C., Chantraine F. et al. Maternal plasma soluble endoglin at 11 – 13 weeks gestation in pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2010; Vol.35. P.680 – 687.
33. Frusca T., Soregaroli M., Zanelli S. et al. Role of uterine artery Doppler investigation in pregnant women with chronic hypertension. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 1998; Vol.79, N1. P.47 – 50.
34. Gonen R., Shahar R., Grimpel Y. et al. Placental protein13 as early marker for pre-eclampsia. *BJOG.* 2008; Vol.115. P.1465 – 1472.
35. Grill S., Rusterholz C., Zanetti-Dallenbach R. et al. Potential markers of preeclampsia-review. *Reprod Biol Endocrinol.* 2009; Vol.7. P.70 – 93.
36. Hofmeyr G.J., Duley L., Atallah A. Dietary calcium supplementation for prevention of pre-eclampsia and related problems. *BJOG.* 2007; Vol.114. P. 933 – 943.
37. Kim S-Y., Ryu H-M., Jang I-M. Maternal plasma and amniotic fluid SFLT-1 and PLGF levels at the time of mid-trimester amniocentesis in women who subsequently develop preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol.* 2006; Vol.195,6 suppl, s130.
38. Kronborg C.S., Allen J., Vittinghus E. et al. Pre-symptomatic increase in urine orosomucoid excretion in pre-eclamptic women. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2007; Vol.86, N5. P.930 – 937.
39. Lambert-Messerlian G.M., Palomaki G., Neveux L. et al. Early onset preeclampsia and second trimester serum markers. *Prenatal Diagnosis.* 2009; Vol.29, N2. P.1109 – 1117.
40. Lapaire O., Shennan A., Stepan H. The preeclampsia biomarkers soluble fms-like tyrosine kinase-1 and placental growth factor: current knowledge, clinical implications and future application. *Europ J Obstet Gynecol.* 2010; Vol.151. P.122 – 129.
41. Leung K.Y., Ma T., Lau B., Minchen G. First-trimester ultrasound volumetry. *Expert Rev Obstet Gynecol.* 2012; Vol.7, N4. P.379 – 386.
42. Levine R.J., Chun Lam, Cong Qian et al. Soluble endoglin and other circulating antiangiogenic factors in pre-eclampsia. *N Engl J Med.* 2006; Vol.355. P.992 – 1005.
43. Levine R.J., Maynard S.E., Qian C. et al. Circulating angiogenic factors and the risk of preeclampsia. *N Engl J Med.* 2004; Vol.350. P.672 – 683.
44. Levine R.J. and Lindheimer M.D. First trimester prediction of early preeclampsia: a possibility at last! *Hypertension.* 2009; Vol.53. P.747 – 748.
45. Lim Ji Huae, Kim Shin Young, Park So Yeon et al. Effective prediction of preeclampsia by a combined ratio of angiogenesis-related factors. *Obstet Gynecol.* 2008; Vol.111, N6. P.1403 – 1409.
46. Martin A.M., Bindra R., Curcio P. et al. Scrinig for pre-eclampsia and fetal growth restriction by uterine artery Doppler at 11 – 14 week of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2002; Vol.18. P.583 – 586.
47. Meiri H., Chefetz N., Sammer M. First trimester PP13 as a marker for prediction of pre-eclampsia. *Biomarkers, CLI*, September. 2006.

48. Myatt L., Clifton R.J., Roberts J.M. et al. The utility of uterine artery Doppler velocimetry in prediction of pre-eclampsia in a low-risk population. *Obstet Gynecol.* 2012; Vol.120, N4. P.815 – 822.
49. Nicolaides K.H., Bindra R., Turan O.M. et al. A novel approach to first-trimester screening for early pre-eclampsia combining serum PP-13 and Doppler ultrasound. *Ultrasound in Obstet Gynecol.* 2006; Vol.27, N1. P.13 – 17.
50. O'Brien W.F. Predicting preeclampsia. *Obstet Gynecol.* 1990; Vol.75. P.445 – 451.
51. Odegard R.A., Vatten L.J., Nelsen S. et al. Risk factors and clinical manifestations of pre-eclampsia. *BJOG.* 2000; Vol.107, N11. P.1410 – 1416.
52. Odibo A.O., Zhong Y., Goetzinger K.R. et al. First-trimester placental protein 13, PAPP-A, uterine artery Doppler and maternal characteristics in the prediction of pre-eclampsia. *Placenta.* 2011; Vol.32. P.598 – 602.
53. Ong C.Y., Liao A.W., Spencer K. et al. First trimester maternal serum free beta human chorionic gonadotrophin and pregnancy associated plasma protein A as predictors of pregnancy complications. *BJOG.* 2000; Vol.107. P.1265 – 1270.
54. Onwudiwe N., Yu C.K., Poon L.C. et al. Prediction of pre-eclampsia by a combination of maternal history, uterine artery Doppler and mean arterial pressure. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008; Vol.32, N7. P.877 – 883.
55. Page N.M., Woods R.J., Gardiner S.M. et al. Excessive placental secretion of neurokinin B during the third trimester causes preeclampsia. *Nature.* 2000; Vol.405, N6788. P.797 – 800.
56. Papageorghiou A.T. Second trimester uterine artery Doppler screening in unselected populations: a review. *J Maternal Fetal Neonatal Med.* 2002; Vol.12. P.78 – 88.
57. Parra M., Rodrigo R., Barja P. Screening test for preeclampsia through assessment of uteroplacental blood flow and biochemical markers of oxidative stress and endothelial dysfunction. *Am J Obstet Gynecol.* 2005; Vol.193, N4. P.1486 – 1491.
58. Pilalis A., Souka A., Antsaklis P. et al. Screening for pre-eclampsia and small for gestational age fetuses at the 11-14 weeks scan by uterine artery Dopplers. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2007; Vol.86. P.530 – 534.
59. Plasencia W., Maiz N., Poon L., Nicolaides H. Uterine artery Doppler at 11 to 13 weeks in the prediction of eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008; Vol. 32. P.138 – 146.
60. Polliotti B.M., Fry A.G., Saller D.N. et al. Second-trimester maternal serum placental growth factor and vascular endothelial growth factor for predicting severe, early-onset preeclampsia. *Obstet Gynecol.* 2003; Vol.101. P.1266 – 1274.
61. Poon L.C., Kametas N.A., Maiz N. et al. First-Trimester Prediction of Hypertensive Disorders in Pregnancy. *Hypertension.* 2009; Vol. 53. P.812 - 818.
62. Poon L.C., Maiz N., Valencia C. et al. First-Trimesters maternal serum pregnancy-associated plasma protein-A and pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2009; Vol 33. P.23-33.
63. Poon L.C., Stratieva V., Piras S. et al. Hypertensive disorders in pregnancy: combined screening by uterine artery Doppler, blood pressure and serum PAPP-A at 11-13 weeks. *Prenat Diagn.* 2010; Vol.30. P.216 - 223.
64. Powe C.E., Ecker J., Rana S. et al. Preeclampsia and the risk of large-for-gestational-age. *Am J Obstet Gynecol.* 2011; Vol.204, N5. P.425e1 - 425e5.
65. Rana S., Karumanchi S.A., Levine R.J. Sequential changes in antiangiogenic factors in early pregnancy and risk of developing preeclampsia. *Hypertension.* 2007; Vol.50. P.137 – 142.
66. Robb V, Pepe G., Albrecht E. Acute temporal regulation of placental vascular endothelial growth/permeability factor expression in baboons by estrogen. *Biol Reprod.* 2004; Vol.71, N5. P.1694 – 1698.
67. Roberts J.M., Hubelab C.A. The two stage model of preeclampsia: variations on the theme. *Placenta.* 2009; Vol.30, suppl. P.32 – 37.
68. Roberts M., Cooper D. Pathogenesis and genetics of pre-eclampsia. *Lancet.* 2001; Vol.357. P.53 – 56.
69. Scuzzoccio E., Figueras F., Crispi F. et al. Performance of a first trimester screening of preeclampsia in a routine care low-risk setting. *Am J Obstet Gynecol.* 2013; Vol.208, N3. P.203e1 – 203e10.
70. Shaarawy M., Abdel-Magid A. Plasma endothelin-1 and mean arterial pressure in the prediction of pre-eclampsia. *Int J Gynaecol Obstet.* 2000; Vol.68, N2. P.105 – 111.
71. Spencer K., Cowans N. J., Chefetz I. et al. First-trimester maternal serum PP-13, PAPP-A and second-trimester uterine artery Doppler pulsatility index as markers of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2007; Vol. 29. P.128 - 134.
72. Spencer K., Yu C. K. H., Savvidou M. Prediction of pre-eclampsia by uterine artery Doppler ultrasonography and maternal serum pregnancy-associated plasma protein-A, free b-human chorionic gonadotropin, activin A and inhibin A at 22+0 to 24+6 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2006; Vol. 27. P.658 - 663.
73. Steel S.A., Pearce J.M., McParland P., Chamberlain G.V. Early Doppler ultrasound screening in prediction of hypertensive disorders of pregnancy. *Lancet.* 1990; Vol.335. P.1548 – 1551.
74. Tiffany A., Simas M., Crawford S.L. et al. Angiogenic factors for the prediction of preeclampsia in high-risk women. *Am J Obstet Gynecol.* 2007; Vol.197, N3. P.244 – 248.
75. Vainio M., Kujansuu A-M., Koivisto M. Bilateral notching of uterine arteries at 12–14 weeks of gestation for prediction of hypertensive disorders of pregnancy. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2005; Vol.84. P.1062 – 1067.
76. Vainio M., Riutta A., Koivisto A. Prostacyclin, thromboxane A2 and the effect of low-dose ASA in pregnancies at high risk for hypertensive disorders. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2004; Vol.83, N12. P.1119 – 1123.
77. Vatten L.J., Eskild A., Nilsen T. et al. Changes in circulating level of angiogenic factors from the first to second trimester as predictors of preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol.* 2007; Vol.196, N3. P.239e1 - 239e6.

78. Venkat-Raman N., May Backos T., Tech W et al. Uterine artery Doppler in predicting pregnancy outcome in women with antiphospholipid syndrome. *Obstet Gynecol.* 2001; Vol.98, N2. P.235 – 242.
79. Walsh C.A., Baxi L.V. Mean arterial pressure and prediction of preeclampsia. *BMJ.* 2008; Vol.336, 7653. P.1079 – 1080.
80. Wang A., Rana S., Karumanchi S.A. Preeclampsia: the role of angiogenic factors in its pathogenesis. *Physiology.* 2009; Vol.24, N3. P.147 - 158.
81. WHO.Reduction of maternal mortality. WHO, Geneva. 2005; - P.41.
82. Widmer M., Villar J., Benigni A. et al. Mapping the theories of preeclampsia and the role of angiogenic factors: a systematic review. *Obstet Gynecol* 2007; Vol.109, N1. P.168 – 180.
83. Zimmermann P., Eirio V., Koskinen J. Doppler assessment of the uterine and uteroplacental circulation in the second trimester in pregnancies at high risk for preeclampsia and/or intrauterine growth retardation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1997; Vol.9, N5. P.330 - 338.

УДК 616.895.87-02-085

UDC 616.895.87-02-085

И.В. КРАВЧЕНКО

кандидат медицинских наук, врач-психиатр, клинический фармаколог Санкт-Петербургской психиатрической больницы специализированного типа с интенсивным наблюдением
E-mail: igorkravchenk@mail.ru

I.V. KRAVCHENKO

candidate of medical sciences, psychiatrist, a clinical pharmacologist at the St. Petersburg psychiatric hospital of specialized type with intensive supervision
E-mail: igorkravchenk@mail.ru

**КЛИНИКО-ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НЕЙРОЛЕПТИКА ПРИ ПЕРЕХОДЕ
НА ДОЛГОСРОЧНУЮ ТЕРАПИЮ НЕСУИЦИДАЛЬНОГО АУТОАГРЕССИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ У БОЛЬНЫХ
ПАРАНОИДНОЙ ШИЗОФРЕНИЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ НА СТАЦИОНАРНОМ ЛЕЧЕНИИ**

**KLINIKO-FARMAKOLOGICHESKOYE JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE NEUROLEPTIC UPON
TRANSITION TO NESUITSIDALNOGO AUTOAGRESSIVNOGO'S LONG-TERM THERAPY OF BEHAVIOUR AT
THE PATIENTS WITH PARANOID SCHIZOPHRENIA BEING ON HOSPITALIZATION**

В статье проанализированы возможности клинического и фармакологического обоснования выбора нейролептика для долгосрочной терапии несуицидального аутоагрессивного поведения у больных параноидной шизофренией, находящихся на стационарном лечении. С этой целью изучены назначения 9 препаратов нейролептического ряда под международными непатентованными названиями у 42 больных параноидной шизофренией с НААП, находившихся на стационарном (принудительном) лечении. По итогам исследования рекомендована разработка современных стандартов терапии несуицидального аутоагрессивного поведения у данной категории лиц.

Ключевые слова: несуицидальное аутоагрессивное поведение, параноидная шизофрения, стационарное лечение, стандарты.

In the article possibilities of clinical and pharmacological justification of a choice of a neuroleptic for a long-term therapy of not suicide autoaggressive behavior at the patients with paranoid schizophrenia being on stationary treatment are analysed. With this purpose we studied the assignment of 9 drugs of an antipsychotic variety under the international unlicensed names at 42 patients with paranoid schizophrenia from NAAP which were on stationary (compulsory) treatment. Following the results of the research the working out of the modern standards of therapy of not suicide autoaggressive behavior at this category of persons is recommended.

Keywords: not suicide autoagressivny behavior, paranoid schizophrenia, hospitalization, standards.

Явление несуицидального аутоагрессивного поведения (НААП) при шизофрении продолжает представлять сложную клинко-психопатологическую проблему [7,8]. И как любая клиническая задача, она демонстрирует неоднозначность мнения специалистов относительно путей ее решения. Применительно

к выбору медикаментозной составляющей можно сказать, что одними из наиболее широко применяемых лекарственных средств здесь остаются препараты нейролептического ряда [1,4,6,9]. Подобный подход позволяет купировать наиболее острые психопатологические переживания, минимизируя риск

развития соматических осложнений и пролонгируя длительность формирующейся в последующем медикаментозной ремиссии [12-14]. Однако современный формат оказания медицинской помощи, помимо оценки чисто клинического эффекта, значительное внимание уделяет соответствию фармакотерапии существующим инструкциям и стандартам [2,3,5,6,10]. При этом для большинства специалистов, работающих в области практической психиатрии, трудности в выборе рациональной фармакотерапии НАОП, и в частности нейролептических средств, связаны не только с отсутствием единых современных общероссийских стандартов лечения данной группы психических расстройств, но и с расхождениями, встречающимися в инструкциях по применению лекарственных средств, представленных единым международным непатентованным названием и выпускаемых в разных генерических формах. Это снижает эффективность от проводимых лечебно-профилактических мероприятий у таких больных, заставляя искать новые подходы в решении данной проблемы.

Цель исследования: анализ клинико-фармакологического обоснования использования препаратов нейролептической группы при переходе на долгосрочную терапию НАОП у больных параноидной шизофренией, находящихся на стационарном лечении.

Задачи исследования: 1) выявить наиболее часто используемые для лечения НАОП нейролептические лекарственные средства у больных параноидной шизофренией, находящихся на стационарном лечении; 2) уточнить соответствие выбранных лекарственных средств существующим рекомендациям терапии НАОП у данной группы лиц.

Материал и методы исследования

Всего обследовано 42 больных параноидной шизофренией с НАОП, находившихся на стационарном (принудительном) лечении в Санкт-Петербургской психиатрической больнице специализированного типа с интенсивным наблюдением в 2008-2011 годах. Из них у 31 больного наблюдался непрерывно – прогрессирующий и у 11 больных – приступообразно-прогрессирующий тип течения заболевания. Средний возраст обследуемых составил $27 \pm 1,3$ года. Длительность течения основного заболевания – $7,4 \pm 1,2$ года. Средняя продолжительность на принудительном лечении составляла $3,8 \pm 0,9$ года. Все обследуемые – мужчины в возрасте от 19 до 55 лет. Больные, совершившие самоповреждения в рамках асфиксифилии, в исследование не включались. При описании применяемых лекарственных препаратов использовались их международные непатентованные названия, а также названия оригинального препарата или его генерических формы: перидазин (неулеп-тил), галоперидол (галоперидол), трифлуоперазин (трифтазин), хлорпромазин (аминазин), кветиапин (ориг. пр-т: сероквел; ген. формы: кветиакс, квети-

акс, лаквель), рисперидон (ориг. пр-т: рисполепт; ген. формы: риспаксол, рисдонал), оланзапин (ген. форма: заласта), сертиндол (сердолект), клозапин (азалептин). Также для оценки обоснования назначения терапии при НАОП использовалось клиническое руководство “Модели диагностики и лечения психических и поведенческих расстройств”, 1999.

Результаты и их обсуждение

Учитывая выраженность психопатологических проявлений начальный этап терапии НАОП включал парентеральное введение лекарственных средств. Длительность парентерального введения у 72 % больных составила 3 дня, у 16 больных – 4 дня, у 12 больных – 5 дней соответственно. При этом в 45% случаев практиковалась монотерапия нейролептическими препаратами в сочетании с дифенгидраминам; в 20 % случаях применялись два препарата из группы нейролептиков опять же в сочетании с дифенгидраминам. На практике чаще всего встречались комбинации хлорпромазина с галоперидолом (57%), хлорпромазина с зуклопентиксолом-ацетатом (27%). Значительно реже встречалась комбинация галоперидола с левомепромазином (16%). Монотерапия бензодиазепинами отмечалась в 14% случаях. Наконец, 21% больным назначалось сочетание препаратов группы нейролептиков и транквилизаторов. Это подразумевало одномоментное введение галоперидола и феназепам. Распространенность в схемах лечения НАОП в остром периоде нейролептических препаратов для парентерального введения представлена на рисунке 1.



Рис. 1.

Таким образом, при парентеральном введении отдавалось предпочтение т.н. “классическим” нейролептикам (хлорпромазин, галоперидол, зуклопентиксол-ацетат), что, по-видимому, было обусловлено как низкой себестоимостью препаратов, так и доступностью лекарственных форм собственно для парентерального введения.

Следующим этапом комплексной терапии НАОП являлся переход на пероральный прием нейролептических препаратов. Необходимым условием для этого служило наличие комплаенса со стороны пациента. При его недостаточной выраженности пероральный прием нейролептических препаратов дополнялся парентеральным введением нейролептиков-пролонгов.

Для этой цели использовался галоперидол-деканоат и зуклопентиксола-деканоат, реже – флуфеназина-деканоат. Сочетание нейролептика-пролонга с одним перорально назначаемым нейролептическим препаратом встречалось в 43% наблюдений. В 29% случаев схема терапии включала 3 и более нейролептических лекарственных средств, включая препарат пролонгированного действия. Наконец, монотерапия одним пероральным нейролептиком встречалась у 28% исследуемых больных.

Распространенность в схемах лечения НАОП нейролептических препаратов для парентерального приема представлена на рисунке 2.

Рис. 2.



Заключительным этапом исследования служило

сопоставление клинических показаний к использованию нейролептических препаратов с показаниями к их применению, изложенными в существующих рекомендациях по лечению психических и поведенческих расстройств (приказ N 311 от 06.08.1999).

Установлено, что в данном клиническом руководстве описание отдельных нозологий, например, в рамках расстройств шизофренического спектра происходит без учета часто встречающихся в практической работе вариантов течения психопатологического процесса, как, например, в случае доминирования агрессивного или аутодеструктивного поведения. Это делает данный подход несколько схоластичным. Кроме того, в нем отсутствует упоминание отдельных нейролептических препаратов современной генерации (например, сертиндол, палиперидон, кветиапин-пролонг).

Таким образом, выбор нейролептического препарата при переходе на долгосрочную терапию НАОП у больных параноидной шизофренией в условиях стационарного лечения происходит преимущественно с позиций эмпирического подхода при отсутствии современного клинко-фармакологического обоснования. Это диктует необходимость разработки единого стандарта к применению различных лекарственных препаратов, включая нейролептики, для больных шизофренией с НАОП, проходящих стационарное лечение.

Библиографический список

1. Авруцкий Г.Я. Лечение психотропными средствами больных шизофренией с хроническим течением. // В кн.: Проблемы клиники и лечения шизофрении с неблагоприятным течением. М. 1964. С. 3-6.
2. Андреев Б.В., Лиманкин О.В. В кн.: Организационные и клинические вопросы психиатрии. СПб., 2003; 12-5.
3. Андреев Б.В. Стандарты оказания медицинской помощи и проблема качества фармакотерапии в психиатрической практике. I Съезд клинических фармакологов Санкт-Петербурга и Северо-Запада. СПб., 2004;
4. Джозеф Арана, Джеральд Розенбаум. Фармакотерапия психических расстройств. М. 2004. С. 415.
5. Карачевцева М.А., Чавпецов В.Ф., Михайлов С.М. и др. Методы оценки качества медицинской помощи и их информационные возможности (аналитический обзор). СПб.: 2003.
6. В.Н.Козырев, А.Б.Смулевич, М.Ю. Дробизев, Г.К.Краева, М.А.Курбаков. Психотропные средства, применяемые в психиатрическом стационаре (фармакоэпидемиологические аспекты). // Журнал невропатологии и психиатрии. 2003. т. 103, № 11. С. 25-32.
7. Кравченко И.В. Несуицидальная аутоагрессия у больных параноидной шизофренией, находящихся на принудительном лечении: автореф. дис. ...канд. мед. наук / И.В. Кравченко. СПб., 2011
8. Левина С.Д. Несуицидальные самоповреждения при расстройствах шизофренического спектра: автореф. дис. ...канд. мед. наук / С. Д. Левина. М., 2007
9. Мосолов С.Н. Основы психофармакотерапии. М. 1996. Невзорова Т.А. Клинические закономерности шизофрении в процессе лечения психотропными препаратами. М. 1963.
10. Сашко С.Ю., Балло А.М. Юридическая оценка дефектов оказания медицинской помощи и ведения медицинской документации. СПб., 2001
11. Смулевич А.Б. Терапия психических заболеваний. // В кн.: Руководство по психиатрии. Под ред. А.В.Снежневского. Т.1. 1983. С. 231-265.
12. Яничак Ф.Д., Дэвис Д.М., Прескорн Ш.Х. Принципы и практика психофармакотерапии. Киев, 1999. 725 с.
13. Cassens G., Inglis A.K., Appelbaum P.S., Gutheil T.G. Neuroleptics: effects on neuropsychological function in chronic schizophrenic patients. II Schizophr. Bull. 1990. V. 16, № 3. P. 477-99
14. Devis S.R., Taylor C.C., Kinon B.J., Breier A. The effects of olanzapine, risperidone and haloperidol on plasma prolactin levels in patients with schizophrenia. // Cli. Ther. 2000. V. 22, № 9. P. 1085-96.
15. Dixon L.B., Lehman A.F., Levine J. Conventional Antipsychotic Medications for Schizophrenia. II Schizophr. Bull. 1995. V. 21, № 4. P. 567-577.

References

1. *Avrutsky G.Y.* Treatment of patients with chronic schizophrenia with psychotropic drugs. // In book: The problems of the clinic and the treatment of schizophrenia with a poor course. - Moscow, 1964. - Pp. 3-6.
2. *Andreev B.V., Limankin O.V.* Organizational and clinical issues psychiatry of. SPb., 2003, pp. 12-5.
3. *Andreev B.V.* Standards of care and the quality problem of drug therapy in psychiatric practice. I Congress of Clinical Pharmacology of St. Petersburg and North-West. St. Petersburg., 2004.
4. *Joseph Haran, Gerald Rosenbaum.* Pharmacotherapy of mental disorders. - M. - 2004. - P. 415.
5. *Karachevtsev MA, Chaypevtsov V.F., S. M. Mikhailov and others,* Methods of assessing the quality of health care and information capabilities (analytical review). St. Petersburg.2003.
6. *Kozyrev V.N., Smulevich A.B., Drobizhev M.Yu. , Krayeva G.K., Kurbakov M.A.* Psychotropic drugs used in psychiatric hospital. (Pharmacoepidemiological aspects). // Journal of Neurology and Psychiatry.- 2003. - Vol. 103, № 11. - Pp. 25-32.
7. *Kravchenko I.V.* Non-suicidal autoaggression at patients with paranoid schizophrenia, under compulsory treatment: Author's abstract, dis. ... Candidate of Medical Sciences. - St. Petersburg., 2011.
8. *Levine S.D.* Non-suicidal self-injury in the schizophrenia spectrum disorders: Author. dis. ... Candidate of Medical Sciences. - M., 2007.
9. *Mosolov S.N.* Fundamentals of pharmacotherapy. - Moscow, 1996.
10. *Nevzorova T.A.* Clinical patterns of schizophrenia in the process of treatment with psychotropic drugs. - M. -1963.
11. *Sasha S.Yu., Ballo A.M.* Legal evaluation of defects of care and maintenance of medical records. St. Petersburg, 2001.
12. *Smulevich A.B.* Treatment of mental illness. // Guide to Psychiatry. Ed. A.V. Snezhnevsky. - Vol.1.-1983. - Pp. 231-265.
13. *Yanichak F.D., Davis J.M, Preskorn Sh.Kh.* Principles and practice of pharmacotherapy. - Kiev, 1999. - 725 p.
14. *Cassens G., Inglis A.K., Appelbaum P.S., Gutheil T.G.* Neuroleptics: effects on neuropsychological function in chronic schizophrenic patients. II Schizophr. Bull. - 1990. -V. 16, № 3. - P. 477-99
15. *Devis S.R., Taylor C.C., Kinon B.J., Breier A.* The effects of olanzapine, risperidone and haloperidol on plasma prolactin levels in patients with schizophrenia.// Cli. Ther. - 2000. -V. 22, № 9. - P. 1085-96.
16. *Dixon L.B., Lehman A.F., Levine J.* Conventional Antipsychotic Medications for Schizophrenia. II Schizophr. Bull. - 1995. - V. 21, № 4. -P. 567-577.

УДК 61(09С)+61(09И)

UDC 61(09C)+61(09I)

М.А. НЕКРАСОВ

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой
психиатрии и неврологии Орловского государственного
университета
E-mail: psychonevr @yandex.ru

М.А. NEKRASOV

Doctor of Medical Sciences, professor, Head of Department
"Psychiatry and Neurology", Orel State University
E-mail: psychonevr @yandex.ru

В.Х. КАНДИНСКИЙ И Г.Г. ДЕ КЛЕРАМБО: НАУЧНЫЕ И БИОГРАФИЧЕСКИЕ ПАРАЛЛЕЛИ

V.H. KANDINSKY AND G.G. DE CLERAMBAULT: SCIENTIFIC AND BIOGRAPHICAL PARALLELS

Основным психопатологическим синдромом в отечественной клинической психиатрии в течение многих десятилетий является «синдром психического автоматизма Кандинского-Клерамбо». Бесспорна роль в его описании русского психиатра В.Х. Кандинского и французского Г.Г. де Клерамбо. В статье приводятся основные биографические сведения о жизни и творчестве двух знаменитых психиатров.

Ключевые слова: психический автоматизм, псевдогаллюцинации, В.Х. Кандинский, Г.Г. де Клерамбо, биография.

"A syndrome of psychic automatism" has been general psychiatric syndrome in Russian clinical psychiatry for decades. It was described by the Russian psychiatrist V.H. Kandinsky and the French G.G. de Clerambault. The article provides basic biographical information about the life and work of two famous psychiatrists.

Keywords: psychic automatism, pseudohallucinations, V.H. Kandinsky, G.G. de Clerambault

Одним из наиболее известных психопатологических расстройств в клинической психиатрии является синдром психического автоматизма Клерамбо (синдром внешнего воздействия, синдром отчуждения, синдром «S»). Общепринятым определением данного синдрома является следующее: «Психические автоматизмы представляют собой патологические переживания чуждости себе собственных психических и физических актов (мыслей, телесных ощущений, движений, речи), с ощущением постороннего влияния на них». Представляя собой очень распространенное нарушение психической деятельности, особенно часто встречающееся при шизофрении, данный синдром в настоящее время не включен ни в Международную классификацию болезней (МКБ-10), ни в американскую DSM- IV. Но несмотря на это, для русской и французской психиатрии синдром Кандинского-Клерамбо продолжает иметь большое значение в диагностике психических расстройств.

Важным историческим этапом в изучении галлюцинаций явилось разделение их на полные, или сенсориальные, и неполные, или психические галлюцинации, осуществленное Байарже (1844). Последние представляют собой беззвучные (т.е. лишённые акустического компонента) мысли невидимых собеседников, мысленные внутренние диалоги, таинственные внутренние голоса. Психические галлюцинации не зависят от органов чувств, не имеют характера сенсориальности. Психические галлюцинации Байарже также называли ложными (Michea, 1846), т.к. они лишены элементов объективности и не похожи на внешние объекты и явления.

Термин «псевдогаллюцинации» был впервые предложен Гагеном в 1868г. для обозначения переживаний, являющихся, в отличие от галлюцинаций, результатом деятельности представления, а не чувств.

Начиная с 1885г. термин «псевдогаллюцинации» понимается в соответствии с воззрениями выдающегося русского психиатра В.Х. Кандинского: это «весьма живые и чувственные до крайности определенные субъективные восприятия, характеризующиеся всеми чертами, свойственными галлюцинациям, за исключением существенного для них характера объективной действительности; только в силу отсутствия этого характера они не есть галлюцинации» (В.Х. Кандинский, 1952, с.145) (а есть псевдогаллюцинации – М.Н.).

Значительно позже французский психиатр Г. Клерамбо (1927) объединил феномены, сопровождающиеся отчуждением собственных психических процессов и чувством постороннего влияния на них, в единый синдром психического автоматизма. Он, кстати, как установил П.В. Морозов (2012), не знал о существовании работ Кандинского на эту тему. Термин «психический автоматизм» Клерамбо позаимствовал из работ П. Жане (1913), изменив его содержание.

Клерамбо дана классификация расстройств, вхо-

дящих в этот синдром. Он выделил 3 разновидности психических автоматизмов: 1) ассоциативный, который обозначил термином «малый психический автоматизм»; 2) сенсорный (чувственный, сенестопатический) и 3) двигательный (моторный, кинестетический). Два последних автоматизма Клерамбо назвал «большой психический автоматизм».

На 31-м конгрессе психиатров в г. Блуа (Франция) в 1927г. Клерамбо выступил с докладом и предложил описанному им синдрому дать название «синдром психического автоматизма» (варианты: «синдром паразитизма», «синдром «S»). Конгресс с данной точкой зрения не согласился и постановил назвать синдром психического автоматизма именем его автора – «синдромом Клерамбо».

В СССР, наряду с работами Клерамбо, подчеркивалась большая роль В.Х. Кандинского в описании данного синдрома, поэтому в 1927г. А.Л. Эпштейн [16] в своем докладе на заседании врачей психиатрической клиники Ленинградского медицинского института предложил именовать синдром психического автоматизма Клерамбо синдромом Кандинского-Клерамбо.

Такова краткая история формирования клинического понимания синдрома психического автоматизма, который вот уже более 85 лет в российской психиатрии носит название «синдром психического автоматизма Кандинского-Клерамбо».

Теперь обратимся к биографиям этих двух выдающихся психиатров, что составляет основное содержание данного сообщения.

Виктор Хрисанфович Кандинский родился в селе Бянкино Нерчинского уезда Забайкальской губернии (ныне – Читинская обл.) 24 марта (6 апреля) 1849 года [13]. Семья Кандинских была многочисленной. Прадедом В.Х. Кандинского был известный сибирский купец-миллионер Хрисанф Петрович Кандинский. Именно он явился родоначальником большого семейства Кандинских, которое дало миру не только выдающегося русского психиатра, но и знаменитого русского художника, основоположника абстракционизма – Василия Васильевича Кандинского [17]. Таким образом, В.Х. и В.В. Кандинские, имея общего прадеда, приходились друг другу троюродными братьями по отцовской линии.

Некоторые биографы полагают, что в числе далеких предков рода Кандинских могли быть тунгусские или бурятские шаманы. По крайней мере, подобная версия объясняет некоторые особенности наследственности семьи Кандинских. Ведь среди людей подобной «профессии», которые слышали голоса и имели видения, было немало психически больных людей, что являлось характеристикой их ритуальной силы, а не душевного заболевания. Не зря среди многочисленных психологических феноменов, которые интересовали В.Х. Кандинского, было «угадывание мыслей», что в известной мере соотносится с феноменом «открытости мыслей», – одним из признаков психического автоматизма, позднее описанным

В.Х. Кандинским.

В 1863г. В.Х. Кандинский переезжает в Москву и определяется в 4-й класс 3-й московской гимназии. В гимназии он учился хорошо, освоил несколько иностранных языков, и его аттестат давал ему право поступления в университет без экзаменов. В 1867-1872гг. В.Х. Кандинский прошел обучение на медицинском факультете Московского университета. На выпускных экзаменах, как по терапии, так и по предмету «нервные болезни с психиатрией», Кандинский получил наивысшую оценку «удовлетворительно с отличием».

После окончания университета работал в соматической Московской Временной больнице (ныне 2-я Градская). Активно сотрудничал с журналом «Медицинское обозрение», где опубликовал ряд рецензий и обзоров.

В это же время Кандинским были написаны первые три работы по психиатрии общетеоретического характера. Таким образом, во время работы в Москве интерес к психиатрии у В.Х. Кандинского только начинал формироваться.

В 1877г. началась русско-турецкая война, которая не оставила равнодушными многих молодых русских интеллигентов. Пишет прошение об отставке с должности ординатора Московской временной больницы и В.Х. Кандинский. Он был назначен младшим ординатором в Морской госпиталь 2-го Черноморского флота и командирован для участия в боевых действиях на пароход «Великий князь Константин». Пароходом командовал старший лейтенант С.О. Макаров, будущий прославленный русский адмирал и флотоводец.

Психическое заболевание Кандинского манифестировало именно на этом пароходе, во время первого же сражения «Великого князя Константина» с турецким сторожевым пароходом на Батумском рейде в ночь на 1-е мая 1877г. Следует отметить, что катера, спущенные с борта российского парохода, произвели первую в мире успешную торпедную атаку. Но для Кандинского эта знаменитая атака стала роковой. Психически не устойчивый В.Х. Кандинский во время взрыва в припадке меланхолии бросился в воду, чтобы покончить с собой, но его спасли. «Следует рассматривать первый приступ душевной болезни Кандинского не как психогению, не как реактивный психоз, а как психогенную провокацию эндогенного заболевания», – писал в своей книге о Кандинском Л.Л. Рохлин (1975).

По воспоминаниям М.В. Сабашникова (1975), впоследствии ставшего известным русским книгоиздателем, 13 мая 1877г. Кандинский был списан с парохода и поступил на лечение в Николаевский морской госпиталь. Его выхаживала сестра милосердия Елизавета Карловна Фреймут, на которой он и женился в 1878г. Затем В.Х. Кандинский был переведен в Санкт-Петербургский Николаевский военно-сухопутный госпиталь в отделение для душевнобольных. Получил отпуск по болезни на пол-

года и лечился во Франции у известного психиатра В.Маньяна. Вернувшись в Санкт-Петербург, долечивался в частном психиатрическом заведении доктора А.Я. Фрея. Таким образом, обострение болезни продолжалось с мая 1877г. по апрель 1878г. и с сентября 1878г. по май 1879г. Получается, что он перенес два приступа болезни с интервалом в 4 месяца [2], хотя сам Кандинский считал, что в это время был только один приступ болезни, затянувшийся до 2-х лет [13]. Не вдаваясь в подробности описания психического заболевания В.Х. Кандинского, можно отослать интересующихся читателей к его монографии «О псевдогаллюцинациях», где подробная история болезни пациента Долинина является описанием его собственного заболевания.

Кстати, именно в этой монографии Кандинский впервые в истории психиатрии выделил в качестве самостоятельной формы заболевания «идеифрению», что в значительной мере идентично описанию «раннего слабоумия» Э. Крепелина (1896) и шизофрении Э. Блейлера (1911). В рамках идеифрении Кандинский рассматривал простую форму, кататоническую, периодическую, хронически галлюцинаторную, вяло протекающую и состояние слабоумия после идеифрении.

В 1879г. В.Х. Кандинский увольняется по болезни с военной службы, возвращается в Москву и занимается литературным творчеством, главным образом в области психологии и философии. В 1880г. в журнале «Медицинское обозрение» он публикует статью «К учению о галлюцинациях» [3], где приводит первое описание собственной душевной болезни.

В 1881г. В.Х. Кандинский переезжает в Петербург, где поступает на работу в должности ординатора в Психиатрическую больницу Св. Николая Чудотворца. Именно здесь, по мнению А.В. Снежневского (1952), началась постоянная психиатрическая практическая деятельность В.Х. Кандинского [15].

Следующий приступ душевного расстройства произошел весной 1883 года. Вначале он наблюдался в домашних условиях главным врачом Петербургской психиатрической больницы им. Св. Николая Чудотворца О.А. Чечотом, а затем находился на лечении в Доме призрения для душевнобольных, учрежденном Александром III [13].

С 1883г. по 1889г. продолжался наиболее плодотворный период в жизни В.Х. Кандинского как ученого, психиатра-практика и судебного эксперта. В это время он создает первую нозологическую классификацию психических заболеваний, принимает деятельное участие в работе Петербургского общества психиатров и в организации проведения Первого съезда отечественных психиатров (1887), публикует научные статьи, рецензии и переводы.

В 1885г. впервые увидела свет монография Кандинского о псевдогаллюцинациях «Критические и клинические соображения в области обманов чувств» на немецком языке [20]. Основные положения этой книги явились основой его посмертно из-

данной в 1890г. на русском языке монографии «О псевдогаллюцинациях». Л.Л. Рохлин (1975) отмечал, что на своем заседании Санкт-Петербургское общество психиатров 26 сентября 1885 г. единогласно постановило присудить премию врача А.Ф. Филиппова В.Х. Кандинскому за его научное исследование «О псевдогаллюцинациях» и напечатать его труд как приложение к протоколам общества. Однако Санкт-Петербургское общество психиатров не смогло изыскать средств на издание монографии Кандинского в течение ряда лет, и книга Кандинского выйдет в свет посмертным изданием в 1890г. благодаря стараниям его жены.

Третье обострение болезни В.Х. Кандинского произошло летом 1889г. Некоторые исследователи [2, 13] считают, что провоцирующим фактором рецидива психического заболевания могли являться «злоупотребление спиртными напитками» и «аутоэксперименты» с приемом в небольших дозах экстрактов конопли и опиума. Однако, В.Х.Кандинский не страдал ни алкоголизмом, ни наркоманией. Это был сознательный добровольный акт исследования синдрома психического автоматизма. Кандинский искал возможность нащупать рубеж, пограничную черту, за которой возникали псевдогаллюцинации, а при повторных приступах особенно тщательно описывал «моменты перехода за порог сознания», для чего искусственно вызывал их с помощью «аутоэкспериментов». В ходе этих экспериментов он испытывал «широчайшую гамму переживаний, от мании преследования до мании величия, затрагивающих почти все органы чувств – зрение, обоняние, осязание, слух» [1].

По воспоминаниям М.В. Сабашникова [14]: «Оправившись после одного из приступов болезни, он (Кандинский) слишком рано вернулся на работу в больницу. Под влиянием порыва к самоубийству, бывавшего у него обычно в переходном периоде к здоровому состоянию, он взял из аптечного шкафа в больнице опий и по возвращению домой принял безусловно смертельную дозу этого яда. Уменьше и склонность к научному самонаблюдению не покинули его в эти минуты. Он взял лист бумаги и стал записывать: «Проглотил столько-то граммов опиума. Читаю «Казаков» Толстого». Затем уже изменившимся подчерком: «Читать становится трудно». Его записка закончилась словами: «Я не могу больше писать потому, что я не вижу больше ясно. Света! Света! Его нашли уже без признаков жизни». Это произошло 3 июля 1889г.

23 сентября 1889г. на заседании Санкт-Петербургского общества психиатров И.П. Мерже-евский сообщил о кончине Кандинского. Память его почтили вставанием. По предложению А.Е. Черемшанского была создана комиссия общества для изыскания путей и средств на издание книги Кандинского «О псевдогаллюцинациях» [13]. Но общество вновь так и не смогло найти средств на публикацию этой книги. В октябре 1889г. вдо-

ва Кандинского – Елизавета Карловна Фреймут-Кандинская выразила желание издать книгу мужа за свой счет. В 1890г. она публикует две книги покойного мужа: «О псевдогаллюцинациях»¹ и «К вопросу о невменяемости». Выпустив в свет обе книги, она не пожелала жить без него и тоже покончила жизнь самоубийством [13].

Трагична и судьба жены его троюродного брата художника В.В. Кандинского. Но если супруга В.Х. Кандинского самостоятельно приняла решение уйти из жизни, приняв смертельную дозу опия, то жена В.В. Кандинского была убита грабителями, проникшими на их виллу, которые не тронули находившихся там картин, не зная их истинной стоимости.

Гаэтан Гатиан де Клерамбо родился 8 июля 1872 г. во Франции в г. Бурж в религиозной семье, имевшей аристократическое происхождение [10, 19]. Он являлся прямым потомком великого французского философа Рене Декарта [13]. Первоначальное образование он получил в художественной школе по специализации декоративно-прикладное искусство, где увлекся фотографией. Затем получил диплом юриста. Но в процессе штудирования юридических наук заинтересовался психиатрией и в корне поменял направление своего профессионального развития. Клерамбо поступил на медицинский факультет Парижского университета, который окончил в 1899 г. В 1902г. он становится помощником врача в психиатрической больнице префектуры полиции г. Парижа. В 1903-1904гг. стажировался в Вене. В это же время другой житель Вены – создатель психоанализа З. Фрейд – публикует одну из своих основных книг «Толкование сновидений», и его популярность достигает европейских вершин. Многие врачи стремятся попасть на его лекции, но от встречи со знаменитым австрийцем Клерамбо уклонился, т.к. его интересовали вопросы только клинической психиатрии (возможно в этом лежали и какие-то личные мотивы). Во всяком случае, встречи Клерамбо с З. Фрейдом в мемуарной литературе не зафиксировано.

В 1905г. Клерамбо вновь возвращается в Париж на должность врача той же больницы. В 1920г. Он станет главным врачом этой больницы и будет её руководителем до самой смерти. Ежегодно ему приходится осматривать около 2 000 психически больных, задержанных парижской полицией. Эти пациенты и дали Клерамбо тот обширный клинический материал, который позволил ему описать психические расстройства, носящие в настоящее время его имя: «психический автоматизм», «эротический бред» (бред любовного очарования, эротомания Клерамбо) и «закон Клерамбо» (закон соотношения возрас-

¹ В 1952г. эта книга была переиздана в СССР под редакцией А.В. Снежневского в сокращенном виде, исключая ряд теоретических воззрений Кандинского (5). В 2001г., т.е. почти через 50 лет, было осуществлено два переиздания книги (6, 7), в 2007г. – еще одно (8). Но все 3 издания повторяли редакцию монографии Кандинского, осуществленную А.В. Снежневским. И только в 2012г. монография «О псевдогаллюцинациях» была издана без купюр, в авторском варианте (9).

та, массивности и латентности при развитии психических заболеваний). В круг научных интересов Клерамбо входили также проблемы, связанные с алкоголизмом и употреблением эфира и хлоралгидрата в токсикоманических целях.

С 1914 по 1919гг. Клерамбо участвовал в первой мировой войне. Во время боевых действий он сделал много интересных фотографий. Был тяжело ранен. Награжден крестом ордена Почетного легиона и военным орденом Круа де Герр (большой военный крест). В 1920 г. известный французский писатель Ромен Роллан написал о нем книгу: «Клерамбо. История свободы совести во время войны».

После ранения достаточно долго жил в Марокко, где сделал более 1 000 фотографий этнографического содержания. Его интересовали особенности материалов и фасонов одежды марокканских женщин. В это время Клерамбо раскрылся не только как профессиональный фотограф и художник, но и как модельер. В настоящее время негативы марокканских фотографий хранятся в Музее человека в Париже во дворце Шайо. Некоторые из них демонстрировались в 1990г. в центре современного искусства Жоржа Помпиду. Кроме того, 485 фототипий видов городов, зданий и памятников архитектуры находятся в архивах французской «Медиатека дю Patrimoine».

Вернувшись в Париж, он совмещал работу врача-психиатра с преподаванием психиатрии студентам, среди которых был один из основателей французского психоанализа Жак Лакан [17]. Под руководством Клерамбо Лакан в 1926-1927гг. проходил клиническую подготовку по психиатрии в Специальной

больнице префектуры полиции. Несмотря на сложные отношения, окончившиеся разрывом и отречением Клерамбо от Лакана, последний через 40 лет назовет Клерамбо своим «единственным учителем в наблюдении за психически больными».

Параллельно с психиатрией Клерамбо преподавал искусство драпировки, рисования складок и морщин в Высшей национальной школе «Beaux-Arts» (изящных искусств). Там же он читал курс лекций об историко-этнографических аспектах костюма. В своем доме, где Клерамбо жил один (он никогда не был женат), он был окружен восковыми женскими манекенами, одетыми в яркие арабские наряды (вспомним нежелание Клерамбо встретиться с Фрейдом и описанный им синдром эротомании).

В конце 20-х годов XX ст. постепенно стало ухудшаться зрение Клерамбо. Впоследствии он перенес неудачную операцию по поводу удаления катаракты и практически ослеп. У него развилась депрессия с бредовыми идеями вины.

17 ноября 1934г., окружив себя восковыми фигурами в оригинальных одеяниях, Клерамбо сел перед зеркалом, напротив установил фотоаппарат, приставил к виску автоматический пистолет и одновременно нажал на оба спусковых крючка.

Так закончилась жизнь второго автора синдрома психического автоматизма Кандинского-Клерамбо. Как писал П.В. Морозов (2012), есть какое-то «мистическое сходство в трагических судьбах и деталях кончины обоих великих психиатров – русского и французского».

Библиографический список

1. Бараев В.В. Древо: декабристы и семейство Кандинских. М.: Политиздат, 1991. 268с.
2. Безумные грани таланта: Энциклопедия патографий. Авт. – сост. А.В. Шувалов. М.: Издательство АСТ-Астрель, 2004. С.486-488.
3. Кандинский В.Х. К учению о галлюцинациях // Медицинское обозрение. 1880. Т. 43, июнь. С.815-824.
4. Кандинский В.Х. О псевдогаллюцинациях. Критико-клинический этюд. СПб.: Издание Е.К. Кандинской. 1890. VI, 164с.
5. Кандинский В.Х. О псевдогаллюцинациях. Под ред. А.В. Снежневского. М.: Медгиз, 1952. 174с.
6. Кандинский В.Х. О псевдогаллюцинациях. Пред. проф. Н.Г. Незнанова. СПб.: Фонд «Содружество», 2001. 145с.
7. Кандинский В.Х. О псевдогаллюцинациях. Н/Новгород: Издание НГМА, 2001. 157с.
8. Кандинский В.Х. О псевдогаллюцинациях. М.: Медицинская книга, 2007. 156с.
9. Кандинский В.Х. О псевдогаллюцинациях В кн.: Санкт-Петербургская психиатрическая больница св. Николая Чудотворца. т. III. В.Х. Кандинский. СПб.: КОСТА, 2012. С.176-320.
10. Клерамбо Гаэтан Гатиан де / http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Клерамбо_Гаэтан_Гатиан-де (15.01.2013г.).
11. Мазин Виктор. Введение в Лакана / <http://www.bookz.ru/authors/viktor-mazin/wedenie-036/01-wedenie-036.html> (14.01.2013г.).
12. Морозов П.В. Синдром Кандинского-Клерамбо: история вопроса // Психиатрия и психофармакотерапия. 2012; 14, 2: С.4-8.
13. Рохлин Л.Л. Жизнь и творчество выдающегося русского психиатра В.Х. Кандинского. М., 1975. 288с.
14. Сабашников М.В. Воспоминания о В.Х. Кандинском // Журнал невроп. и психиатрии им. С.С.Корсакова. 1975: 75: 3. С.439.
15. Снежневский А.В. В.Х. Кандинский. Биографический очерк В кн.: В.Х. Кандинский О псевдогаллюцинациях. М.: Медгиз, 1952. С.147-168.
16. Эпштейн А.Л. Синдром Clerambault В кн.: Санкт-Петербургская психиатрическая больница Св. Николая Чудотворца. Т.III В.Х. Кандинский. СПб.: КОСТА, 2012. С.579-580.
17. Якушев И.Б. Симптом открытости (диптих): В.Х. и В.В. Кандинские – патографический очерк // Медицинская

психология в России: электрон. науч. журнал. – 2010, №4, URL: <http://medpsy.ru> (22.12.2012г.).

18. *Clerambault G.G.* Psychoses a'base d'automatisme et syndrome d'automatisme // *Annales Medico-Psychologiques*. – 1927, Feb; 1-P.193-236.
19. *Gatian Clerambault* / <http://www.fr.academic.ru/dic.nsf/fwiki/677491> (15.01.2013г.).
20. *Kandinsky V.* Kritische und klinische Betrachtungen im Gebeite der Sinnestauschungen. Erste und zweite Stude. – Berlin, 1885. 170s.

References

1. *Barayev V.V.* Tree: Decembrists and the Kandinskys. M. Politizdat, 1991. 268 p.
 2. Mad various skills: Encyclopedia patografy / A.V. Shuvalov. Moscow: AST-Astrel, 2004. PP.486-488.
 3. *Kandinsky V.H.* On the doctrine of hallucinations // *Medical Review*. – 1880. – Vol. 43, June. Pp.815-824
 4. *Kandinsky V.H.* About pseudohallucinations. Critical-clinical study. SPb.: Edition by E.K. Kandinskaya. 1890. VI, 164p.
 5. *Kandinsky V.H.* About pseudohallucinations. /Ed. by M. Snezhnevsky. M.: Medgiz, 1952. 174p.
 6. *Kandinsky V.H.* About pseudohallucinations. / Introduction by prof. N.G. Neznakov. SPb.: Fund “Sodruzhestvo”, 2001. 145p.
 7. *Kandinsky V.H.* About pseudohallucinations. N. Novgorod: NGMA, 2001. 157p.
 8. *Kandinsky V.H.* About pseudohallucinations. M.: Medical book, 2007. 156p.
 9. *Kandinsky V.H.* About pseudohallucinations // In the book: St. Petersburg Psychiatric Hospital of St.. Nicholas. Vol. III. – SPb.: COSTA, 2012. Pp.176-320.
 10. *Clérambault Gaëtan* Gatian de / http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Clérambault_Gaëtan_Gatian_de (15.01.2013г.).
 11. *Mazin Victor* Introduction to Lacan / <http://www.bookz.ru/authors/viktor-mazin/wedenie-036/01-wedenie-036.html> (14.01.2013г.).
 12. *Morozov P.V.* Kandinsky-Clérambault Syndrome: background // *Psychiatry and psychopharmacotherapy*. 2012: 14, 2: Pp.4-8.
 13. *Rokhlin L.L.* The life and work of the outstanding Russian psychiatrist V. H Kandinsky. M., 1975. 288p.
 14. *Sabashnikov M.V.* Reminiscences about V.H Kandinsky // *Journal of neuropathics and psychiatry named after S.S. Korsakov*. 1975: 75: 3. P.439.
 15. *Snezhnevsky A.V.* V.H Kandinsky. Biographical Sketch. // In book: V.H. Kandinsky About pseudohallucinations. /Ed. by M. Snezhnevsky. M.: Medgiz, 1952. Pp.147-168.
 16. *Epstein A.L.* Clerambault syndrome // In book: St. Petersburg Psychiatric Hospital of St.. Nicholas. Vol. III. – SPb.: COSTA, 2012. Pp. 579-580.
 17. *Yakushev I.B.* Symptom of openness (diptych): V.H. and V.V. Kandinsky - patografic essay // *Medical Psychology in Russia: the electronical scientific journal*. – 2010, №4, URL: <http://medpsy.ru> (22.12.2012г.).
 18. *Clerambault G.G.* Psychoses a'base d'automatisme et syndrome d'automatisme // *Annales Medico-Psychologiques*. – 1927, Feb; 1-P.193-236.
 19. *Gatian Clerambault* / <http://www.fr.academic.ru/dic.nsf/fwiki/677491> (15.01.2013г.).
 20. *Kandinsky V.* Kritische und klinische Betrachtungen im Gebeite der Sinnestauschungen. Erste und zweite Stude. – Berlin, 1885. 170s.
-
-

УДК 612

UDC 612

Н.Н. ОВСЯННИКОВА

кандидат биологических наук, профессор, зав. кафедрой анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

О.Л. ЛЯХОВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

А.В. КОРОЛЕВА

соискатель кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

N.N. OVSYANNIKOVA

candidate of Biological Sciences, professor, Head of Human Anatomy, Physiology, Hygiene and Ecology Department, Orel State University
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

O.L. LYAKHOVA

candidate of Biological Sciences, associate professor, Human Anatomy, Physiology, Hygiene and Ecology Department, Orel State University
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

A.V. KOROLYOVA

applicant of Human Anatomy, Physiology, Hygiene and Ecology Department, Orel State University
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ УЧЕБНЫХ НАГРУЗОК НА ПРОЦЕСС ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

TRAINING LOADS EFFECT ON COLLEGE STUDENTS PHYSIOLOGICAL ADAPTATION PROCESS

В статье освещаются особенности процесса физиологической адаптации студентов в зависимости от количества учебных нагрузок. Основываясь на полученных в ходе исследования данных, автор приходит к выводу о возможности создания экспертной системы, позволяющей выявить уровень адаптации, с целью прогнозирования успешности обучения студентов вузов и выявления личностных факторов риска в отношении их здоровья.

Ключевые слова: физиологическая адаптация, экспертная система, уровень адаптации, нагрузки.

The article highlights the features of students' physiological adaptation process according to the number of students training loads. Based on the results of the research, the author reports the possibility of expert system development, able to identify the level of adaptation for students' progress in studying prediction and for identifying personal risk factors for their health.

Keywords: physiological adaptation, expert system, level of adaptation, loads.

Развитие адаптационного процесса по стадиям обеспечивается последовательной сменой механизмов адаптации. На психологическом уровне состояние, возникающее при нарушении взаимодействия человека и среды, может быть описано с использованием следующих ключевых понятий: стресс, фрустрация и конфликт. Эти состояния тесно связаны между собой и способны последовательно сменять друг друга. Так, «затруднения при попытке достичь некоторой цели в силу продолжительного неудовлетворения потребности могут вызвать нарастание стресса, которое, в свою очередь, отрицательно скажется на осуществляемой деятельности и приведет к фрустрации; далее агрессивные побуждения или реакции, порожденные фрустрацией, могут вступить в конфликт с моральными установками субъекта, конфликт вновь вызовет увеличение стресса и т.д.». Человек может выйти из этого «порочного круга» при включении соответствующих каждому состоянию психофизиологических и психологических ме-

ханизмов адаптации.

Изучение процессов адаптации тесно связано с представлениями об эмоциональном напряжении и стрессе. В своих классических исследованиях Г. Селье установил, что различные физиологические состояния, вызываемые любой причиной (стрессором), например холодом, интоксикацией, инфекцией, травмой и т.д., несмотря на разнообразие проявлений, обусловленное спецификой действия факторов, имеют однотипную неспецифическую реакцию организма. Проявления этой реакции Г. Селье назвал общим адаптационным синдромом, а возникающее при этом особое состояние организма обозначил термином «стресс» (напряжение).

Ф.Б. Березин проводит аналогию между основными стадиями стресса, описанными Г. Селье, и периодами адаптации. Периоду первичной адаптации соответствует реакция тревоги (аларм-реакция), стабильной адаптации – стадия сопротивления, а адаптационного утомления – стадия истощения.

По мнению Д.В. Колесова, стресс представляет собой одно из состояний адаптивного цикла. Процессы адаптации начинаются с фиксации различий между наличным уровнем адаптированности организма и уровнем, необходимым в данных конкретных условиях. Вслед за этим разворачивается совокупность процессов, ведущих в конечном счете к достижению организмом необходимого уровня адаптированности. Состояние организма на основе этих процессов (на высоте перестройки) и получило наименование стресса. Главное содержание состояния стресса – интенсификация переработки информации в ЦНС с преобладанием процессов возбуждения, повышение интенсивности обмена веществ, мобилизация резервов, перестройка соотношений активности различных органов, систем и т.д. Стрессовое состояние сопутствует переходному состоянию от равновесия организма с одними факторами внешней среды к равновесию с другими факторами или совокупностью факторов.

Состояние стресса приводит в действие одновременно два типа исполнительных механизмов адаптации – специфические и неспецифические. В роли неспецифических исполнительных механизмов часто выступают железы внутренней секреции. Особенность их участия в том, что их функция изменяется независимо от конкретных особенностей воздействия среды и зависит лишь от величины воздействия. Специфические механизмы обусловлены особенностями стрессового фактора. В зависимости от того, какой уровень иерархической структуры процесса адаптации затрагивается, выделяются и различные его механизмы – от внутриклеточных и гуморальных до социально-психологических.

Учебный процесс в колледже не обходится без выраженных и продолжительных стрессовых ситуаций, характерным примером которых является экзамен.

Пожалуй, во время экзаменационной сессии максимально используются имеющиеся резервные возможности организма. При этом студенты младших курсов становятся объектом воздействия на них целого комплекса неблагоприятных факторов, связанных с совершенно новыми условиями деятельности в колледже по сравнению со школой и лицеем.

Многие студенты в период экзаменационной сессии в спешном порядке стремятся освоить огромный учебный материал порой ценой пренебрежения к рациональной организации учебы и отдыха. Это вызывает напряжение адаптационных механизмов, которые могут в определенных условиях привести к их срыву.

Так, у ряда студентов до экзамена отмечается повышенный уровень психического напряжения и скрытой тревоги, обеспечивающий мобилизацию резервных возможностей организма, включение или усиление механизмов интрапсихической адаптации. После экзамена наблюдается снижение их показателей, что указывает на эффективность адаптации

студентов к стрессовой ситуации. Однако студенты другой группы реагируют иначе: до экзамена у большинства лиц этой группы был низкий уровень психического напряжения, а после экзамена он повышался.

Показатели скрытой тревоги соответствовали шкале самооценки по тесту Спилбергера-Ханина и также повышались после экзамена. Результаты этих наблюдений согласуются с данными Н.П. Волкова и Л.И. Томашевской (1979), Rosch P.J. (1996) о сохранении у студентов эмоционального напряжения на всем протяжении экзаменационной сессии и даже в самые «спокойные» дни.

При несдаче экзамена или неполучении предполагаемой оценки отрицательное эмоциональное состояние усугубляется и затягивается. Это является свидетельством того, что экзаменационная сессия сопровождается непрерывным эмоциональным стрессом. Под его влиянием у большинства студентов наблюдались значительные изменения интенсивности кровенаполнения сосудов и реактивности биопотенциалов головного мозга, электрокардиографических и биохимических показателей, не нормализующихся после экзаменов в течение 2-3 суток. Например, биохимические обследования студентов (Андрияшик Д.Ю., 1983) показали, что экзаменационная сессия сопровождается достоверными ($p < 0,01$) повышениями экскреции адреналина в последующие после каждого экзамена дни. Что касается экскреции адреналина, то она имела тенденцию к повышению на протяжении всей сессии, причем максимальное, почти двукратное повышение наблюдалось после последнего экзамена, когда эмоциональное напряжение уже уменьшилось.

Исследования ЭЭГ (Вязовец Н.В., 1984) показали, что в течение всей сессии и в последующие после каждого экзамена дни под влиянием хронического эмоционального стресса происходит ($p < 0,05$) увеличение общего уровня биопотенциалов головного мозга и затрудненное их восстановление, особенно после последнего экзамена.

Таким образом, студенты колледжей два раза в год переживают длительный экзаменационный стресс, что можно рассматривать как экзаменационный фактор риска, то есть синдром нервного перенапряжения.

Между деятельностью учащихся в условиях колледжа (среднего специального учебного заведения) и школы имеются существенные количественные и качественные различия. В колледже выше интенсивность умственной работы, больше объем усваиваемых знаний, имеется, как правило, резко выраженная неравномерность нагрузки, крайне возрастающая в период сессий. Качественные различия характеризуются резким изменением круга изучаемых предметов, а также появлением профилирующих предметов, с которыми студент связывает свою личную перспективу. Студенту-первокурснику при поступлении в колледж приходится приспосабливаться одновременно к новым учебным требованиям, к но-

вым условиям обучения и быта. П.Е. Рыженков проводит сравнение по этим признакам между школой и средним профессиональным учреждением. По его мнению, при обучении в средних профессиональных учреждениях имеют место следующие качественные отличия: в содержании учебного процесса (учебников, полностью соответствующих программе колледжа нет и приходится пользоваться несколькими источниками, основанными на различных подходах); в формах контроля и оценки учебной деятельности (повседневный контроль и систематическая оценка практически отсутствуют); в характере взаимоотношений преподавателя и учащегося (преподаватель видит в студенте уже более-менее самостоятельного человека и предпочитает быть с ним “на равных”); в бытовых условиях и условиях дня занятий (проживание в общежитии).

Таким образом, развитие средних профессиональных учреждений в современных условиях сопровождается дальнейшей интенсификацией труда студентов, возрастанием интенсивности информационного потока, широким внедрением технических средств и компьютерных технологий в учебный процесс, сильным социально-экономическим прессингом на все стороны студенческой жизни.

Научно-технический прогресс, наряду с положительными эффектами, обрушил на современного человека, в том числе на учащихся, огромный спектр отрицательных воздействий. Непрерывный рост научной и социально-политической информации, ограниченное время на ее переработку, несовершенный режим и методы обучения, ориентированные на заучивание огромного количества материала, перегружает мозг учащихся, порождают дисгармонию в развитии личности.

Состояние психологического напряжения вызывает особые реакции в сфере высшей нервной деятельности, сопровождающиеся вегетативными компонентами. Формируется поведенческая адаптация. Изучая в этом плане поведение человека, нужно иметь в виду, что трудовая деятельность предъявляет прямо противоположные требования к поведению, чем те, которые обеспечивают стабильность гомеостаза. Поэтому необходимо различать элементы, направленные на поддержание гомеостаза, оптимального для человека как биологической структуры и как члена социальной структуры.

Адаптация к воздействию психогенных факторов протекает неодинаково у лиц с разным типом высшей нервной деятельности: безудержных (холериков), спокойных (флегматиков), живых (сангвиников), слабых (меланхоликов). У крайних типов (холериков, меланхоликов) такая адаптация не является стойкой, рано или поздно факторы, воздействующие на психику, приводят к срыву высшей нервной деятельности и развитию неврозов. Неврозы характеризуются дезорганизацией как психических, так и вегетативных функций.

Анализ выявленных заболеваний показал, что

основной причиной включения студентов в группу диспансеризации является патология мочевыделительной и респираторной системы.

Несомненно, одной из причин, влияющей на состояние здоровья у студентов, является хроническое психоэмоциональное напряжение, возникающее по причине невозможности в полной мере выполнения ими требований учебных программ.

По мнению В.В. Лагерёва, содержание процесса адаптации к обучению в средних профессиональных учреждениях имеет некоторые схожие моменты и включает ряд основных составляющих: социально-психологическую, психологическую и деятельностьную. Социально-психологическая составляющая процесса адаптации отражает изменение социальной роли обучаемого, круга и содержания его общения, корректировку потребностей и системы ценностей, необходимость более гибкой регуляции своего поведения, возникновение потребности самоутверждения в складывающемся коллективе учебной группы, усвоение норм и традиций, сложившихся в средних профессиональных учреждениях, а также отвечающих характеру избранной профессии. Психологическая составляющая отражает перестройку мышления и речи студента применительно к условиям профессионального обучения, резкое возрастание роли функций внимания, памяти, зрительного восприятия, увеличение эмоционального напряжения, испытание и тренировку воли, реализацию задатков и способностей. Деятельностная составляющая отражает приспособление студентов к новым психофизиологическим нагрузкам, ритму жизни, методам и формам работы, приобщение к напряженному учебному труду, преодоление своеобразного индивидуального «информационного взрыва», противоречие для части студентов между личными интересами и необходимостью, связанное с недостаточной четкостью их социальной установки на овладение профессией. В.В. Лагереv выделяет также ряд исходных субъективных факторов, негативно влияющих на процесс адаптации и лежащих в основе типичных затруднений, испытываемых студентами начальных курсов в период обучения:

1. Недостаточный уровень фактической подготовленности по программе средней школы, пренебрежение многими знаниями из курсов школьных дисциплин вследствие незрелости трудолюбия и любознательности, дефицита личной ответственности и учебной активности, невысокого уровня духовного и интеллектуального потенциалов.

2. Слабо выраженные навыки учебной работы, недостаточно развитое словесно-логическое (отвлеченное) мышление, незрелость концентрации и распределения внимания, незнание эффективных мнемонических приемов, слабость волевой регуляции.

3. Привычная для условий средней школы пассивная роль, несамостоятельность в овладении избранной специальностью.

4. Невысокий уровень культуры, нравственной и трудовой воспитанности, проявляющиеся на фоне ограниченного жизненного опыта и социальной зрелости; мировоззренческая и социальная инфантильность.

5. Недостаточная выраженность установки на приобретение профессии, случайность сделанного профессионального и жизненного выбора.

6. Неуверенность в собственных силах, сомнения в возможности успешного обучения в колледже как результат осознания студентами рассмотренных выше факторов.

Сотрудниками кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета было проведено исследование с целью выявления личностных детерминант и связанных с ними особенностей вегетативного обеспечения деятельности студентов, имеющих различную успешность обучения по критериям успеваемости. Изучение вегетативного обеспечения деятельности испытуемых в процессе обучения осуществлялось путем регистрации ряда физиологических параметров: электрокардиографии, реоэнцефалографии, артериального давления до и после лабораторных занятий, коллоквиумов и экзаменов. Личностные психологические свойства исследовались с помощью тестов Айзенка, Тейлора, адаптированных на русском языке, с помощью биометрического анализа выделен ряд психологических детерминант успешности обучения: общие способности, личностная тревожность и определенные черты мотивационной основы деятельности, связанной с обучением.

На основе указанных выше критериев были сформированы представления о «психофизиологических портретах студентов», обучающихся в колледже с различной успеваемостью. При этом в группе «низко успешных» студентов (средний балл менее 3,5) были выявлены две подгруппы, одна из которых характеризовалась низким уровнем общих способностей, высокой личностной тревожностью, сосуществованием высоких уровней познавательного мотива и мотива избегания, а также низкой эффективностью деятельности по критерию высокой ее «физиологической стоимости».

Другая подгруппа «низкоуспешных» студентов характеризовалась во многом противоположными качествами: высоким уровнем общих способностей, низким уровнем личностной тревожности, доминированием мотива смены деятельности и низкими показателями ее «физиологической стоимости».

«Высокоуспешные» студенты (средний балл более 4,5) характеризовались высокими уровнями общих способностей и личностной тревожности, доминированием состязательного и познавательного мотивов и высокой эффективностью деятельности при обучении.

Наблюдение за представителями указанных групп на дальнейших этапах обучения в колледже

(2-4 курсы) показало, что по разным причинам (академической неуспеваемости, в связи с болезнью и др.) обучение в колледже прекратило 46% студентов первой и 40% студентов второй «низкоуспешных» подгрупп. Для сравнения отмечается, что за этот же отрезок времени ни один из представителей «высокоуспешной» группы из колледжа отчислен не был.

Представленные факты позволили авторам сделать вывод о том, что представляется возможным создание экспертной системы, позволяющей выявить уровень адаптации, с целью прогнозирования успешности обучения студентов колледжа и выявления личностных факторов риска в отношении их здоровья. Указанная система должна включать комплекс психологических, психофизиологических и физиологических методов, позволяющих оценивать личностные детерминанты деятельности, связанной с процессом обучения (общие способности, тревожность), ее мотивационную основу и «физиологическую» стоимость.

Физиологическую природу и нервные механизмы умственного утомления объясняет классическая рефлекторная теория Сеченова – Павлова, в соответствии с которой источник ощущения усталости находится «исключительно в центральной нервной системе», а не в мышцах, как считалось ранее. Утомление корковых клеток И.П. Павлов рассматривал как их «функциональное разрушение», а наступающее в них торможение – как процесс, предотвращающий дальнейшее разрушение и дающий возможность клеткам восстановить свое нормальное состояние.

Таким образом, утомление – это естественное временное физиологическое состояние организма. Избежать его нельзя, но умелое использование методики работы и своевременная разгрузка организма позволяют на некоторое время отсрочить утомление.

Практически неизбежным атрибутом студенческой жизни является эмоциональное напряжение и отрицательные эмоции, приобретающие застойный характер. К факторам, их вызывающих, помимо увеличения объема информации, подлежащего переработке и усвоению, относятся изменения в социальной сфере, порождающей порой неуверенность в возможности завершить обучение, в трудоустройстве, в профессиональном совершенствовании, в востребованности обществом профессиональных навыков.

Неудивительно, что существенно растет заболеваемость студентов, особенно на младших курсах, когда происходит адаптация к повышенным нагрузкам. Существенное и стойкое увеличение заболеваемости нервной системы и органов чувств у студентов является своеобразным «выходом» психоэмоционального напряжения в патологию, обусловленную как чрезмерно сильным, так и длительным воздействием, прежде всего, социальных факторов. По данным иностранных авторов, депрессивное состояние как результат хронических стрессов выявляется у студентов в три раза чаще, чем среди молодежи в целом.

Весьма значимым фактором является большое количество зачетов и экзаменов, которые необходимы студенту за годы обучения. Для студентов в процессе их основной учебной деятельности экзамен является критическим моментом, характеризующимся известной неопределенностью исхода и в значительной мере влияющим на дальнейшую судьбу учащихся. Это обстоятельство и делает ситуацию экзамена социально значимым фактором, формирующим мотивационно-детерминированную деятельность студентов, сопровождающуюся выраженным эмоциональным напряжением.

Состояние студентов в период экзаменов, выраженность реакции их организма на различные виды

учебной деятельности существенно зависит от их личностных свойств. Последним принадлежит определяющая роль в формировании внешних характеристик поведения, его вегетативного обеспечения и структуры мотивационных установок. В частности, личностные характеристики студентов определяли характер изменений деятельности на предъявление сигналов об успешности.

Таким образом, процесс адаптации можно рассматривать как процесс формирования системы, характеризующийся появлением новых свойств, которыми не обладает ни один из элементов этой системы, это целостный целевой процесс, сочетающий физиологические и психологические элементы.

Библиографический список

1. Агаджанян Н.А. Экологическая физиология человека. / Н.А. Агаджанян, А.Г. Марачев, Г.А. Бобков. М.: КРУК, 2008. С. 85-110.
2. Беличенко А.Л., Пароль Н.И. Из опыта комплексного социального изучения личности учащихся ПТУ. / Вопросы психической адаптации. Новосибирск, 1974. С. 138-148.
3. Белов В.И. Психология здоровья. М.: КСП, 2007. 284 с.
4. Галеев А.Р. Использование показателей сердечного ритма для оценки функционального состояния школьников с учетом их возрастных особенностей и уровнем двигательной активности.: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1999. 24 с.
5. Дюкарева А.М. Особенности здоровья и образа жизни молодежи. Проблемы соц. гигиены и история медицины. 2005. № 2. С. 23-26.
6. Ермакова В.Н. Здоровье студентов комплексная социально-медицинская проблема. // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Здоровье студентов». Москва. 1999. С. 13-14.
7. Киколов А.И. Умственно-эмоциональное перенапряжение и его профилактика [Текст] / А.И. Киколов // Психофизиологические основы профилактики перенапряжения. М.: Медицина, 2007. С. 171-216.
8. Самонина Г.Е. Функциональная организация вегетативной нервной системы. / Г.Е. Самонина, Н.А. Соколова, Г.Н. Копылова // Научные труды высшей школы. Биологические науки. 2010. № 3. С. 6-20.
9. Wysocki C. J. Facts, fallacies, fears and frustrations with human pheromones / C.J. Wysocki, G. Preti // Anatomical Record, 2004. Vol. 281. P. 1201-1211.

References

1. Agadzhanyan N.A. Human ecological physiology [Text]/ N.A. Agadzhanyan, A.G. Marachev, G.A. Bobkov. – Moscow, KRUK, 2008. – P.85-110.
2. Belichenko A.L., Parol' N.I. Technical college students' personality complex social studying experience [Text]/A.L. Belichenko, N.I. Parol' // Mental adaptation questions. – Novosibirsk, 1974. – P. 138-148.
3. Belov V.I. Health psychology [Text]/ V.I. Belov. – Moscow, KSP, 2007. – 284 p.
4. Galeev A.R. The use of heart rate indices for indicating schoolchildren functional status considering their age and locomotive activity level [Text]: PhD thesis/ A.R. Galeev. – Novosibirsk. 199. – 24 p.
5. Dykareva A.M. Youth health and lifestyle features [Text]/ A.M. Dykareva // Social hygiene problems and history of medicine. – 2005. - № 2. – P. 23-26.
6. Ermakova V.N. Students' health as a complex socio-medical problem [Text]// International scientific conference "Students' health" thesis. – Moscow. – 1999. – P.13-14.
7. Kikolov A.I. Mental and emotional stress and its prevention[Text]/A.I. Kikolov// Psycho- physiological bases of stress prevention. – Moscow.: Medicine, 2007. – P.171-216.
8. Samonina G.E. Vegetative nervous system functional organization [Text]/ G.E. Samonina, N.A. Sokolova, G.N. Kopilova// High school scientific papers. Biological sciences. – 2010. - № 3. – P. 6-20.
9. Wysocki C. J. Facts, fallacies, fears and frustrations with human pheromones / C.J. Wysocki, G. Preti // Anatomical Record, 2004. – Vol. 281. - P. 1201-1211.

УДК 614

Н.Н. ОВСЯННИКОВА

кандидат биологических наук, профессор, зав.кафедрой анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

Д.Н. ШВЕДОВ

аспирант кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

О.А. МЕЗЕНЦЕВА

ассистент кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета
E-mail: lilipop87@mail.ru

Ю.В. УРЫВАЕВ

доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

UDC 614

N.N. OVSYANNICOVA

candidate of Biological Sciences, Professor, Head of Human Anatomy, Physiology, Hygiene and Ecology Department, Orel State University
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

D.N. SHVEDOV

post-graduate student of Human Anatomy, Physiology, Hygiene and Ecology Department, Orel State University
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

O.A. MEZENTSEVA

assistant of Human Anatomy, Physiology, Hygiene and Ecology Department, Orel State University
E-mail: lilipop87@mail.ru

Y.V. URIVAEV

doctor of Medicine, Professor of Human Anatomy, Physiology, Hygiene and Ecology Department, Orel State University
E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СУБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ

SUBJECTIVE STUDENTS' HEALTH ESTIMATION ACCURACY INCREASING METHOD

Анализ аудиограмм ответов 23 студентов на прослушиваемые через наушники вопросы стандартной анкеты САН подтвердил различное произношение одинаковых слов (Урываев Ю.В., Д.А. Руцкий, 2010). В настоящем исследовании обнаружены предречевые звуки (фонемы) в ответах, различающиеся положением – до, внутри и после произнесения слов. Полученные результаты доказывают более высокую информативность аудиографического способа анализа результатов опроса и позволяют уточнить объективность ответов. Проведенный анализ речевых и неречевых параметров ответов раскрывает важнейшую характеристику здоровья обучающихся – вторую сигнальную систему – «орудие высшей ориентировки человека в окружающем мире и в самом себе». И. П. Павлов (1932).

Ключевые слова: психологическая оценка здоровья, аудиография, опросник САН (самочувствие, активность, настроение).

Differences in similar word pronouncement were proved by audiograms analysis of 23 students answers to heard through headphones questions of standard CAN questionnaire (Urivaev Y.V., Rutsky D.A., 2010). Pre-speech sounds (phonemes) with different locations – before, after and inside the words spoken – were discovered in the present study. The results obtained suggest audiographical analysis of questionnaire results method as more informative and help to clarify the response objectivity. The analysis of speech and non-speech answer parameters reveals the most important students' health characteristic – second signal system “a tool of humans' higher orientation in environment and within himself”. I.P. Pavlov (1932).

Keywords: psychological health estimation, audiography, SAN questionnaire, health, activity, mind.

Опросник САН (самочувствие, активность, настроение, Доскин ВМ, др., 1973) является простой и удобной методикой оценки здоровья студентов и его динамики в процессе обучения (Овсянникова Н.Н., Ляхова О.Л., 2008, Ляхова О.Л., 2007, 2008, 2009, 2011, Овсянникова Н.Н., Ляхова О.Л., 2011, Татаринова НВ, 2005, др.). Однако накопленный опыт показывает, что средняя баллов каждой шкалы слишком малой выборки (в данном опроснике 10)

далеко не оптимальный способ количественной характеристики изучаемого психологического состояния (Леонова А.Б., 1984, Урываев Ю.В., Д.А. Руцкий, 2010).

Результаты исследования

Аудиография ответов на стандартный опросник САН подтвердила (Урываев Ю.В., Руцкий Д.А., 2010), что одинаковые ответы могут произноситься

различно. Инструкция для испытуемого требовала произносить отдельно как качество ответа (приятное или неприятное), так и выбранное число баллов [степень качества]). В настоящих экспериментах обнаружено, что респондент может произносить различно каждый фрагмент ответа – как количественный – балл, так и качественный – «сильный», «хорошее», др. Кроме того, обнаружены еще две особенности ответа – 1) респондент произносит с разной скоростью фонемы ответа и 2) издает доречевые звуки. Приводим иллюстрации указанных вариантов ответов респондента.

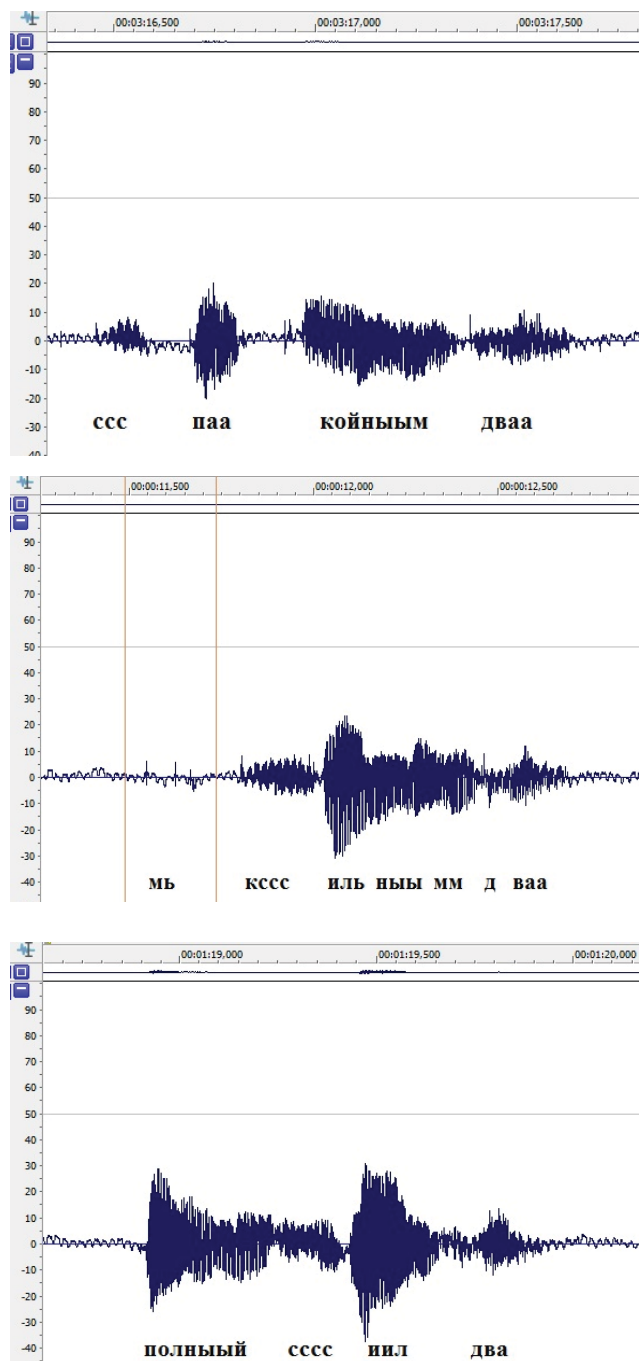
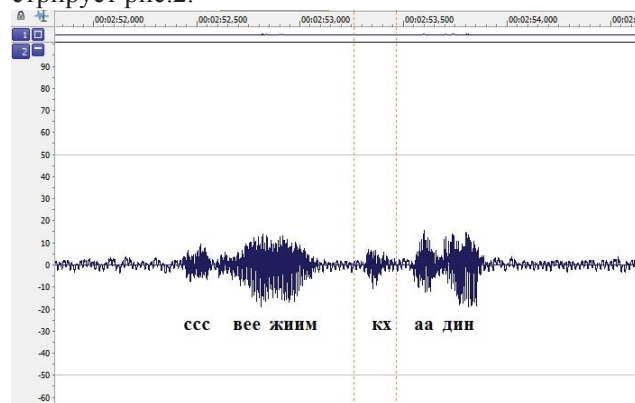


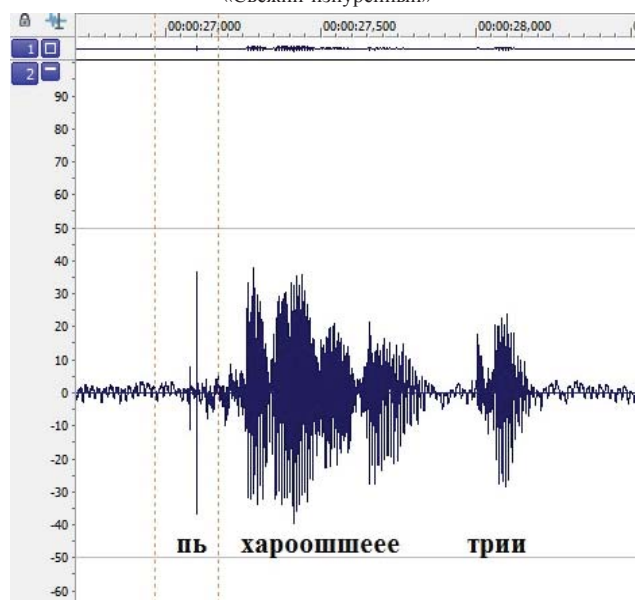
Рис 1. Примеры аудиогамм ответов анкеты САН, содержащие различное аудиографическое выражение одинаковых ответов («два»). Буквами обозначены соответствующие выслушиваемые ответы (1-А,23, 2-А,2, 3- С,8) респондента (БЕЮ).

Ответ на характеристику 8: «Полный сил-обессиленный»

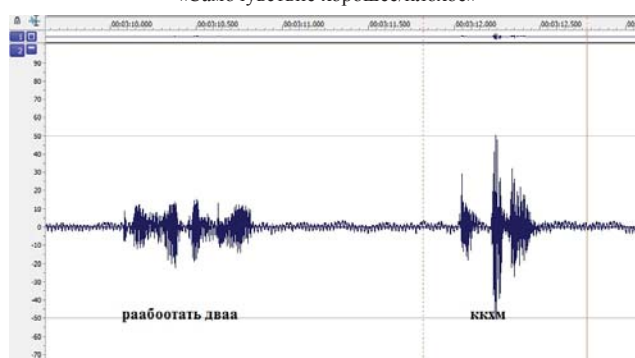
Наличие доречевых звуков и их варианты иллюстрирует рис.2.



Середина ответа на вопрос 20 (С):
«Свежий-изнуренный»



Перед ответом на вопрос 1(С):
«Самочувствие хорошее/плохое»



В конце ответа на вопрос 22 (А):
«Желание отдохнуть/работать»

Рис 2. Варианты доречевых звуков на конкретные вопросы (указаны номер и тип вопроса).

Общая тенденция частоты появления доречевых звуков («встречаемость») для всех шкал опросника САН была прослежена сначала у одного респондента (табл.1).

Таблица 1.

Встречаемость внеречевых звуков респондента брл.

№ ответа	Баллы	Наличие (- значит нет такого звука) и положение внеречевого звука в ответе*
01	7	-
02	6	2
03	7	2
04	7	2
05	6	-
06	7	2
07	7	-
08	6	2
09	6	2
10	7	2
11	7	2
12	7	2
13	2	2
14	6	2
15	7	2
16	3	-
17	6	-
18	5	2
19	6	2
20	6	-
21		-
22	6	2
23	6	-
24	7	-
25	6	-
26	6	2
27	6	2
28	7	2
29	6	2
30	6	2

*1-3-положение внеречевого звука относительно ответа.

Обнаруженные индивидуальные особенности появления доречевых звуков в ответах респондентов были уточнены для каждой шкалы самооценки своего состояния. Ниже представлены полученные результаты (табл.2).

Как видно, каждый респондент отличается индивидуальной частотой появления доречевых компонентов в ответах каждой из 3х шкал самооценки своего состояния.

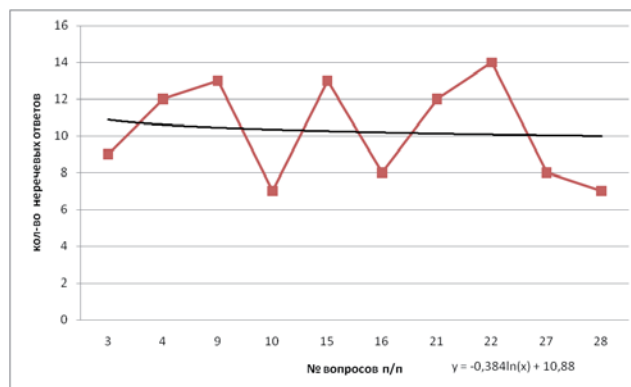
Обнаруженные индивидуальные показатели встречаемости доречевых ответов, «усредненные» за весь период тестирования, могли варьировать от вопроса к вопросу, меняться на протяжении ответов на вопросы анкеты.

Для выявления возможности отражения утомления, развития монотонии к концу тестирования исследована динамика фонемных доречевых компонентов ответов. Сгруппированные и суммированные для каждого последовательного вопроса величины обнаруженных фонемных звуков ответов было решено обобщить в виде кумулятивных показателей – для каждой шкалы и всех шкал всех респондентов (рис.3).

Таблица 2.

Встречаемость (числитель -% суммы доречевых компонентов ответов всех шкал, знаменатель % суммы этих же компонентов ответов каждой шкалы-С, А, Н).

№	Код респондента	Пол	Шкала		
			С	А	Н
1	Зкн	Ж	13,3/40,0	13,3/40,0	20,0/60,0
2	Брн	М	3,3/10,0	6,6/20,0	6,6/20,0
3	Брл	Ж	20,0/60,0	26,6/80,0	20,0/60,0
4	Бтр	Ж	16,6/50,0	13,3/40,0	16,6/50,0
5	Бхт	Ж	13,3/40,0	16,6/50,0	10,0/30,0
6	Вкт	Ж	10,0/30,0	6,6/20,0	6,6/20,0
7	Глщ	Ж	20,0/60,0	10,0/30,0	10,0/30,0
8	Длж	Ж	23,3/70,0	10,0/30,0	6,6/20,0
9	Ерш	Ж	10,0/30,0	10,0/30,0	16,6/50,0
10	Збв	Ж	10,0/30,0	20,0/60,0	16,6/50,0
11	Ишт	Ж	16,6/50,0	6,6/20,0	10,0/30,0
12	Ктг	Ж	16,6/50,0	6,6/20,0	3,3/10,0
13	Крв	Ж	10,0/30,0	6,6/20,0	13,3/40,0
14	Крм	Ж	13,3/40,0	10,0/30,0	10,0/30,0
15	Мкл	Ж	23,3/70,0	20,0/60,0	13,3/40,0
16	Мрт	М	10,0/30,0	3,3/10,0	10,0/30,0
17	Млн	Ж	26,6/80,0	26,6/80,0	23,3/70,0
18	Мтш	Ж	23,3/70,0	20,0/60,0	13,3/40,0
19	Нвк 2	Ж	6,6/20,0	10,0/30,0	6,6/20,0
20	Нвк р	Ж	16,6/50,0	6,6/20,0	16,6/50,0
21	Нвк	Ж	13,3/40,0	6,6/20,0	23,3/70,0
22	Пвл	Ж	3,3/10,0	3,3/10,0	3,3/10,0
23	Птр	Ж	30,0/90,0	16,6/50,0	30,0/90,0



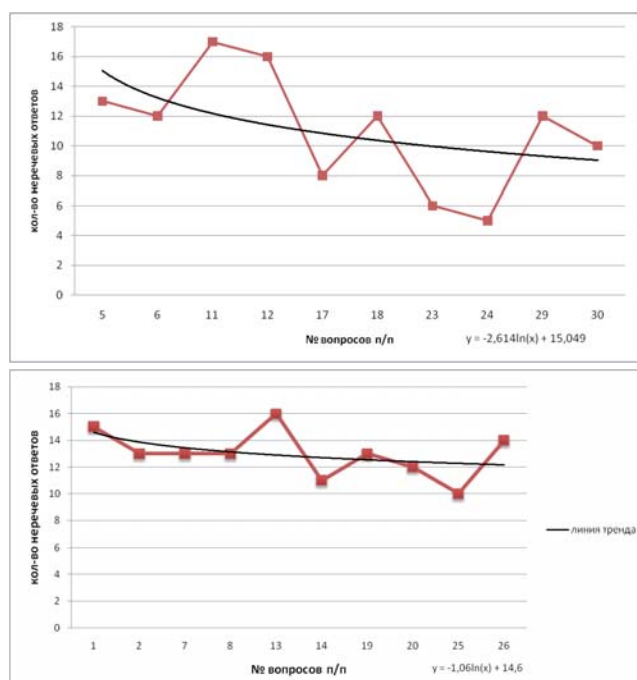


Рис. 3. Кумулятивные величины (по 23) всех респондентов на последовательные вопросы каждой шкалы (С-верхняя, А –средняя, Н- нижняя). Формула рассчитанной тенденции динамики встречаемости доречевых компонентов ответов указана внизу.

Полученные кумулятивные кривые появления доречевых компонентов ответа на последовательные вопросы характеризуются разной степенью вариативности на протяжении тестирования – наиболее выраженную для шкалы самооценки самочувствия и менее – активности и настроения. Причем, достаточно заметны появления доречевых звуков при смене типа вопроса – пар одной шкалы на пару других.

Другой обнаруженной особенностью являются разные степени снижения тенденций встречаемости доречевых компонентов ответов.

Обсуждение

Принципиально любой опросник предполагает, что словесные ответы респондента соответствуют его состоянию. Хотя даже психологи понимают относительность словесной характеристики самооценки того или иного состояния и пользуются дополнительными приемами повышения достоверности получае-

мых сообщений респондентов. Усреднение ответов на однотипные вопросы анкеты, введение дополнительных шкал [шкала правдивости анкеты Eysenk, Kettell, др.], выделение категорий лексика [«слов для описания»], лекситимии [«слов для чувств»], что легко найти при нарушении таких типов самооценки по терминам «алексия», «алекситимия».

Психологические нарушения развиваются постепенно и описаны как фазы нарушения психоэмоциональной сферы (Селье Г., 1939, 1972, Гехт К., М.: Психогигиена, 1979, Судаков К.В., 1989, Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006, др.). Решение этих факторов, надеемся, будет опубликовано в ближайшее время.

К сожалению, в настоящее время мало используются идеи И.П.Павлова о речи как принципиально новом качестве высшей нервной деятельности человека. «В человеке прибавляется... другая система сигнализации, сигнализация первой системы – речью, её базисом или базальным компонентом – кинестетическими раздражениями речевых органов. Этим вводится новый принцип нервной деятельности – отвлечение и вместе обобщение бесчисленных сигналов предшествующей системы, в свою очередь опять же с анализированием и синтезированием этих первых обобщенных сигналов – принцип, обуславливающий безграничную ориентировку в окружающем мире и создающий высшее приспособление человека – науку как в виде общечеловеческого эмпиризма, так и в её специализированной форме. (Павлов И.П. «Рефлекс свободы»)

Выводы

Методика аудиорегистрации ответов на стандартные вопросы анкет является более информативной сравнительно с существующей практикой заполнения бланков ответов.

Кроме ответов (баллы) методика аудиорегистрации позволяет выявить изменение скорости ответа (растягивание), речеподобные звуки, которые могут рассматриваться как нерешительность, изменение психоэмоционального состояния либо как изменения принятого решения.

Библиографический список

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006.
2. Гехт К. Психогигиена. М.: Прогресс, 1979. 176 с.
3. Ляхова О.Л. Факторы, влияющие на механизм адаптации первокурсников. Материалы Международной научно-практической конференции «Адаптация учащейся молодежи в условиях современного развития общества». Орел, 2007. С. 137-138.
4. Овсянникова Н.Н., Валагов А.Г., Ляхова О.Л. Нервно-физиологическое состояние студентов из экологически неблагоприятных районов. Материалы молодежной научно-практической конференции «Физика и современные технологии АПК». Орел, 2010.
5. Овсянникова Н.Н. Особенности физического развития подростков Орловской области как показатель физиологической адаптации. Материалы II международной заочной научно-практической конференции «Проблемы адаптации и инновационные образовательные технологии». Орел, 2011.
6. Селье Г. На уровне целого организма. М., 1972.

7. *Судаков К.В.* Системные механизмы эмоционального стресса. В сб.: Нервные и эндокринные механизмы стресса. Кишинев, «Штиница», 1980. С. 173-184.
8. *Судаков К. В.* Системные механизмы эмоционального стресса. М., 1981.
9. *Сысоева Л.А., Овсянникова Н.Н.* Особенности физической подготовленности и физического здоровья учащихся разных соматотипов. Физическая культура, спорт и туризм. Интеграционные процессы науки и практики. Материалы IV международной научно - практической конференции. Орел, ФГОУ ВПО Госун.-УНПК, 2011. ISBN 978-5-939 32-339.
10. *Татаринова Н.В., Омарова Н.Р.* Физиологическая адаптация и стресс детей в условиях школьного обучения. Материалы Международной научно-практической конференции «Адаптация учащейся молодежи в условиях современного развития общества». Орел, 2007. С. 182-184.
11. *Урываев Ю.В., Руцкий Д.А.* Чтение в системе современного обучения: цель и контроль её достижения // Материалы II конференции стран Балтийского моря – XV конференции по чтению скандинавских стран, 11-13 августа 2010 г., Турку, 2010. С. 129
12. *Ушакова Т.Н.* . Психология речи и языка. Психолингвистика // Психология XXI века, Учебник для вузов. М., 2003.
13. *Шведов Д.Н.* Адаптация студентов высших учебных заведений. Материалы II международной заочной научно-практической конференции «Проблемы адаптации и инновационные образовательные технологии». Орел, 2011.

References

1. *Agadzhanian N.A., Bayevsky R.M., Berseneva A.P.* Adaptation problems and health study. Moscow: RUDN publ., 2006, etc.
 2. *Gekht K.* Psychohygiene. – Moscow: Progress, 1979. – 196 p.
 3. *Lyakhova O.L.* Factors influencing first year schoolchildren adaptation mechanism. International scientific and practical conference “Studying youth adaptation in modern society development conditions” materials . Orel, 2007, p. 137-138.
 4. *Ovsyannikova N.N., Valagov A.G., Lyakhova O.L.* Neuro-physiological state of students from environmentally disadvantaged areas / N.N. Ovsyannikova, A.G. Valagov, Lyakhova O.L. // . International youth scientific and practical conference “Physics and modern APC technologies” materials.- Orel, 2010. – P.
 5. *Ovsyannikova N.N.* Orel region teenagers’ physical development features as physiological adaptation indicator. International extramural scientific and practical conference “Adaptation problems and innovative educational technologies” materials. Orel, 2011.
 6. *Sel’ye G.* At the whole organism level. – Moscow, 1972.
 7. *Sudakov K.V.* System mechanisms of emotional stress [Text]// In “Neural and endocrine stress mechanisms”. – Kishinev, “Shtinita”, 1980. – P.173-184.
 8. *Sudakov K.V.* System mechanisms of emotional stress. [Text]/ Sudakov K.V. – Moscow, 1981.
 9. *Sisoeva L.A., Ovsyannikova N.N.* Fitness and physical health features in students of different somatotypes. Fitness, sports and tourism. Science and practice integration processes. IV international scientific and practical conference materials. Orel, Federal State University - Training, Research and Production Complex , 2011. ISBN 978-5-939 32-339-0
 10. *Tatarinova N.V., Omarova N.R.* Physiological adaptation and stress in children during studying at school. International scientific and practical conference “Studying youth adaptation in modern society development conditions” materials . Orel, 2007, p. 182-184.
 11. *Urivaev Y.V., Rutsky D.A.* Reading in modern studying system: goals and control of its achievement // II Baltic region states conference – XV Scandinavian conference on reading materials, 11-13 August 2010, Turku, 2010. – P.129.
 12. *Ushakova T.N.* Speech and language psychology. Psycholinguistic // XXI century psychology. Textbook for universities. Moscow, 2003
 13. *Shvedov D.N.* University students adaptation. International extramural scientific and practical conference “Adaptation problems and innovative educational technologies” materials. Orel, 2011.
-

УДК 618.3-008.6

UDC 618.3-008.6

Е.А. ПАЛЬЧИК

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой акушерства и гинекологии Орловского государственного университета
E-mail: Palchik Elena@mail.ru

И.А. СИДОРЕНКО

кандидат медицинских наук, профессор Орловского государственного университета

О.П. ДУЯНОВА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета

Д.С. АЙВАЗОВА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета

E.A. PALCHIK

doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Obstetrics and Gynecology Department of Orel State University
E-mail: Palchik Elena@mail.ru

I.A. SIDORENKO

candidate of Medical Sciences, professor of Medical Institute of Orel State University

O.P. DUYANOVA

candidate of Medical Sciences, Associate professor of Obstetrics and Gynecology Department, of Orel State University

D.S. AIVAZOVA

candidate of Medical Sciences, Associate professor of Obstetrics and Gynecology Department, Medical Institute of Orel State University

**СОСТОЯНИЕ ПОЧЕЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ЖЕНЩИН С НЕОСЛОЖНЕННОЙ
БЕРЕМЕННОСТЬЮ И ОСЛОЖНЕННОЙ ГЕСТОЗОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
В ПИЩЕВОМ РАЦИОНЕ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ**

**CONDITION OF KIDNEY BLOOD FLOW AT SOMATICALLY HEALTHY WOMEN AND WOMEN
WITH SERIOUS FORMS OF GESTOSIS, INCLUDING A DIET OF NATURAL ANTIOXIDANTS**

Обоснована патогенетическая комплексная профилактика тяжелых форм гестоза, включающая диету с природными антиоксидантами. Получены данные о влиянии природных антиоксидантов на улучшение почечного кровотока при гестозах у соматически здоровых женщин и с экстрагенитальными заболеваниями. Применение диеты с природными антиоксидантами с первого триместра беременности эффективно в профилактике тяжелых форм гестоза, железодефицитной анемии у беременных, хронической плацентарной недостаточности и задержки внутриутробного роста плода.

Ключевые слова: природные антиоксиданты, гестоз, почечный кровоток, беременность.

There has been grounded patogenetical complex of prophylactic measures of serious forms of gestosis, including a diet of natural antioxidants. We're got certain data about the influence of natural antioxidants on the improvement of kidney blood flow. Somatically healthy women and women with extragenital diseases observed these changes. The diet with natural antioxidants during pregnancy is effective in prophylactic measures of serious forms of chronic placental insufficiency and intrauterine growth retardation of the fetus.

Keywords: natural antioxidants, gestosis, kidney blood flow, pregnancy.

Основная задача настоящего исследования заключалась в изучении влияния диеты, включающей природные антиоксиданты, на состояние почечной гемодинамики по показателям резистентности почечных артерий у женщин с неосложненной беременностью и осложненной гестозом.

Немаловажное значение в оценке эффективности и ранней диагностике полиорганной недостаточности при гестозах тяжелой степени тяжести, в том числе острой почечной недостаточности, имеет исследование почечного кровотока [1,5]. Качественную оценку кривых скоростей кровотока, полученных из почечных артерий в области ворот почек, их основных ветвей в области почечного синуса (сегментарные), междолевых и дуговых, проводили по IR.

Немаловажное значение в профилактике гестозов имеет диетотерапия. Использование пищевых добавок, содержащих полноценные белки, способствует повышению уровня короткоживущих белков в крови. Уникальными по аминокислотному составу являются продукты сои.

Соя богата минеральными солями (калий, кальций, магний, цинк и другие), а также витаминами E, B₁, B₂, необходимыми для развития беременности и роста плода. Продукты из сои нормализуют водно-электролитный баланс, обладают диуретическим эффектом, что имеет значение в лечении гестозов и профилактике тяжелых форм [4].

Обследовано 69 беременных основной группы и 47 группы сравнения.

Всем беременным основной группы с первого триместра беременности и до срока родов в пищевой рацион включали природные антиоксиданты в виде соевого молока или напитка – 250 мл, сыра 100 граммов. Беременные группы сравнения природные антиоксиданты не получали.

В зависимости от характера экстрагенитальной патологии и развития гестоза у этих женщин в каждой группе были выделены 6 подгрупп: подгруппа 1а – соматически здоровые беременные, у которых гестоз не развился (12), они составили контрольную подгруппу при оценке клинических, лабораторных и функциональных исследований; 1б – соматически здоровые, но гестоз развился (9); 1в – с хроническим пиелонефритом (11); 1г – с хроническим пиелонефритом и развившимся гестозом (6); 1д – с нейроциркуляторной дистонией (НЦД) без гестоза (10); 1е (21) – с гестозом на фоне НЦД. В группе сравнения были выделены соответствующие подгруппы: 2а (8), которая составила контрольную подгруппу для группы сравнения; 2б (9); 2в (9); 2г (9) и 2е (12) беременных.

При экстрагенитальной патологии уточняли длительность заболевания, частоту обострений до наступления настоящей беременности. Изучали исходы предыдущих беременностей, осложнения в родах, течение послеродового периода.

В работе мы использовали классификацию гестозов, рекомендованную Межведомственным научным советом по акушерству и гинекологии (1996). Степень тяжести гестоза оценивали по шкале G. Goecke, дополненной Г. М. Савельевой (1996).

Эхографические и доплерометрические исследования почек производили при помощи ультразвукового диагностического прибора «Aloka SSD - 1700 с ЦДК» (Япония) с использованием трансабдоминального датчика с низкой частотой излучения ввиду глубокого залегания почечной артерии 3,5 МГц и фильтром 50 Гц. Исследования проводились двукратно в 21-24 и в 28-40 недель беременности.

Математическую обработку материалов проводили по общепринятым методам вариационной статистики на персональном компьютере с помощью электронных таблиц в компьютерной программе «STUDENT». Сравнение средних значений изучаемых показателей проводили по критерию Стьюдента. Различие считалось достоверным при $p < 0,05$. Для сравнения процентных долей применялся метод углового преобразования критерия Фишера (ϕ^*).

Возраст беременных основной группы составил $23,6 \pm 1,3$ лет, группы сравнения – $24,3 \pm 1,1$ лет ($p > 0,05$). Первородящих в основной группе было 58,5%, в группе сравнения – 61,9%. Частота гестоза в основной группе составила 61,3%, в группе сравнения – 67,6%. Примечательно, что в исследованных группах беременных преобладали сочетанные формы гестоза, которые протекали в легкой степени тяжести в 92,3% случаев в основной и в 81,2% – в группе сравнения. У беременных с сочетанными

формами гестоза применение диеты с природными антиоксидантами, проведение своевременного и адекватного лечения позволило уменьшить число тяжелых форм гестоза в 2,7 раза, средней степени тяжести в 2 раза.

Первыми признаками гестоза у каждой второй беременной в обеих группах была гипертония и патологическая прибавка в массе тела, которые выявлены до 27 недель беременности в основной группе у 21,5%, в группе сравнения – у 43,7% обследованных, из них при хроническом пиелонефрите – у 23,8% и у 40,7%, НЦД у 30% и у 83,3% соответственно. У соматически здоровых женщин в основной группе в 71,4% длительность гестоза была до 3 недель, в группе сравнения – только у 11,1%. В основной группе родоразрешены в срок 95,3%, в группе сравнения 93,0% беременных. Частота осложнений в родах составила 54,9% и 61,7%, операций кесарева сечения 16,6% и 26,6% соответственно.

Почечный и внутривисцеральный кровоток исследовали в сосудах правой и левой почек, но в работе мы приводим IR кривых скоростей кровотока (КСК), полученные в сосудах правой почки, так как достоверных различий между КСК в правой и в левой почках не выявлено ($p > 0,05$).

У беременных подгруппы 1а (контрольная подгруппа) IR в дуговых артериях в 21-24 недели составил $0,48 \pm 0,04$ у.е., в 28-40 недель он существенно не изменился ($p > 0,05$). В междольевых и сегментарных сосудах состояние кровотока в исследованные сроки беременности было стабильным. В главной почечной артерии в 28-40 недель IR составил $0,40 \pm 0,06$ у.е., что значительно ниже, чем в 21-24 недели ($0,57 \pm 0,03$ у.е.; $p < 0,05$), это свидетельствовало об улучшении почечной гемодинамики при неосложненной беременности.

В почечных и их внутривисцеральных артериях у беременных подгруппы 2а IR достоверно не отличался от такового в подгруппе 1а. У беременных подгруппы 1б IR в 21-24 недели в дуговых артериях составил $0,47 \pm 0,05$ у.е., что не отличалось от контрольной подгруппы, но в 28-40 недель он был более высокий $0,54 \pm 0,01$ у.е. ($p < 0,05$). В междольевых артериях у беременных этой подгруппы в 28-40 недель IR возрос до $0,58 \pm 0,03$ у.е., что достоверно выше, чем в 21-24 недели. Это свидетельствовало о снижении почечного кровотока в связи с развитием гестоза. В сегментарных и главных почечных артериях КСК в исследованные сроки беременности существенно не изменилась [2,3].

Клиническое течение беременности в подгруппе 1б в 28-40 недель характеризовалось наличием симптомов гестоза легкой степени тяжести у 3, доклинической стадии – у 6 обследованных.

Обращало внимание, что в подгруппе беременных 2б уже в 21-24 недели IR в дуговых артериях был значительно выше ($0,59 \pm 0,03$ у.е.), чем в подгруппе 1б ($p < 0,05$). Характерно, что у 8 из 9 беременных подгруппы 2б в 21-24 недели была диагностирована

доклиническая стадия гестоза. В сосудах более крупного калибра в этот срок беременности в подгруппах 1б и 2б достоверных различий не выявлено. В 28-40 недель IR в дуговых, междолевых и сегментарных артериях был достоверно выше у беременных подгруппы 2б в сравнении с подгруппой 1б. В подгруппе беременных с хроническим пиелонефритом (1в) IR в почечных и внутривисцеральных артериях в 21-24 недели достоверно не отличался от беременных подгруппы 1а ($p>0,05$). В 28-40 недель IR в исследованных сосудах значительно не изменился в сравнении с таковыми в 21-24 недели ($p>0,05$).

При оценке IR у беременных с гестозом основной группы на фоне хронического пиелонефрита (подгруппа 1г) в 21-24 недели выявлено, что IR в дуговых и междолевых артериях был выше ($0,52\pm0,03$ у.е. и $0,54\pm0,03$ у.е. соответственно), чем у здоровых женщин с неосложненной беременностью ($p<0,05$). В сегментарных и главных почечных артериях IR достоверно не отличался. В 28-40 недель IR в дуговых артериях составил $0,59\pm0,02$ у.е., междолевых $0,62\pm0,03$ у.е., что выше в сравнении с IR в 21-24 недели ($p<0,05$). В сосудах более крупного калибра различия IR в исследованные сроки беременности не выявлены ($p>0,05$).

IR в дуговых, междолевых и сегментарных артериях у беременных с гестозом на фоне хронического пиелонефрита в основной группе (подгруппа 1г) был достоверно выше, чем в подгруппе беременных без признаков гестоза (подгруппа 1в).

При сравнении IR в почечных и внутривисцеральных артериях в подгруппах беременных 1г и 2г выявлены более высокие показатели IR в подгруппе 2г. У беременных этой подгруппы в 21-24 недели беременности наблюдалось снижение кровотока во всех исследованных сосудах почек, но более выраженное в междолевых ($0,63\pm0,02$ у.е. против $0,54\pm0,03$ у.е.; $p<0,05$) и сегментарных ($0,60\pm0,03$ у.е. против $0,50\pm0,03$ у.е.; $p<0,05$) артериях. В 28-40 недель эти различия кровотоков в изучаемых подгруппах сохранились. У 2 (22,2%) из 9 обследованных беременных подгруппы 2г гестоз протекал в тяжелой степени тяжести.

При анализе IR у беременных с НЦД (подгруппа 1д) выявлено, что в дуговых и междолевых артериях он был выше, чем в контрольной подгруппе ($0,54\pm0,04$ у.е. и $0,58\pm0,05$ у.е. соответственно; $p<0,05$). В 28-40 недель IR в этих сосудах и в почечных артериях существенно не изменился. Стабильность почечной гемодинамики при НЦД у беременных можно объяснить удовлетворительной адаптацией сердечно-

сосудистой системы, что имело немаловажное значение в физиологическом течении беременности. При гестозе на фоне НЦД у беременных основной группы (подгруппа 1е) в 21-24 недели IR в почечных и внутривисцеральных артериях был выше, чем в контрольной подгруппе ($p<0,05$), но существенно не отличался от IR в подгруппе беременных с НЦД без признаков гестоза (1д). В 28-40 недель у беременных подгруппы 1е IR в дуговых артериях составил $0,65\pm0,02$ у.е. и в междолевых $0,64\pm0,02$ у.е., что выше, чем в 21-24 недели ($p<0,05$). В подгруппе беременных 2е IR в почечных и внутривисцеральных артериях в 21-24 и в 28-40 недель был достоверно выше ($p<0,05$), чем в контрольной подгруппе.

Показатель IR в почечной артерии и внутривисцеральных сосудах у беременных подгруппы 2е достоверно не отличался от подгруппы 1е, но был значительно выше, чем в контрольной подгруппе ($p<0,05$). Клиническое течение гестоза в подгруппах 1е и 2е характеризовалось средней и тяжелой степенью тяжести у 13,2% и 33,4% соответственно, у каждой третьей гестоз присоединился до 28 недель, и проводимая профилактика гестоза оказалась недостаточно эффективной.

Таким образом, у здоровых женщин с неосложненным течением беременности в основной группе и в группе сравнения с увеличением срока гестации IR в почечных артериях снижался, что свидетельствовало об улучшении почечного кровотока. У беременных с «чистой» формой гестоза в основной группе в 21-24 и в 28-40 недель IR в дуговых артериях был выше, чем в контрольной подгруппе, но ниже, чем в группе сравнения. При гестозе на фоне хронического пиелонефрита снижение кровотока во внутривисцеральных артериях отмечалось в 21-24 недели и продолжалось до конца беременности, причем более выражено в группе сравнения. У беременных с гестозом на фоне НЦД снижение кровотока в почечных и внутривисцеральных артериях в 21-24 и в 28-40 недель отмечалось в обеих группах в сравнении с здоровыми беременными без гестоза. В основной группе гестоз чаще протекал в легкой степени тяжести и снижение почечной гемодинамики было менее выражено, чем в группе сравнения, особенно при «чистых» формах и на фоне хронического пиелонефрита, что свидетельствует об эффективности профилактики тяжелых форм гестоза и нарушений почечной гемодинамики при применении природных антиоксидантов.

Библиографический список

1. Абдулаев Р.Я., Левит С., Соболев Ю.С. Комплексная эхография. Харьков: Факт, 1999. 208 с.
2. Drakeley A.J., Le Roux P.A., Anthony J. et al. Acute renal failure complicating severe preeclampsia requiring admission to an obstetric intensive care unit // Am. J. Obstet. Gynecol. 2002. Vol. 186, № 2. P. 253-257.
3. Fischer T., Schneider M.P., Schobel H.P. et al. Vascular reactivity in patients with preeclampsia and HELLP (hemolysis, elevated liver enzymes, and low platelet count) syndrome // Am. J. Obstet. Gynecol. 2000. Vol. 183, № 6. P. 1489-1495.
4. Food and drug administration, U.S. Department of Health and Human Services, 1999. FDA Talk paper: FDA

approves new health claim for soy protein and coronary heart disease: Т 99-48, October 20, 1999.

5. Gartner H.V., Sammoun A., Wehrmann M. et al. Preeclamptic nephropathy an endothelial lesion. A morphological study with a review of the literature // Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. 1998. Vol. 77. P. 11-27.

References

1. Abdulaev R.A., Levit S., Sobol Yu. S. Complex echography.- Kharkov: Fakt, 1999. 208 p.
2. Drakeley A.J., Le Roux P.A., Anthony J. et al. Acute renal failure complicating severe preeclampsia requiring admission to an obstetric intensive care unit // Am. J. Obstet. Gynecol. 2002. Vol. 186, № 2. Pp. 253-257.
3. Fischer T., Schneider M.P., Schobel H.P. et al. Vascular reactivity in patients with preeclampsia and HELLP (hemolysis, elevated liver enzymes, and low platelet count) syndrome // Am. J. Obstet. Gynecol. 2000. Vol. 183, № 6. P. 1489-1495.
4. Food and drug administration, U.S. Department of Health and Human Services, 1999. FDA Talk paper: FDA approves new health claim for soy protein and coronary heart disease: Vol. 99-48, October 20, 1999.
5. Gartner H.V., Sammoun A., Wehrmann M. et al. Preeclamptic nephropathy an endothelial lesion. A morphological study with a review of the literature // Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. 1998. Vol. 77. Pp. 11-27.

УДК 618.3:616.24

UDC 618.3:616.24

Е.А. ПАЛЬЧИК

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой акушерства и гинекологии Орловского государственного университета
E-mail: Palchik Elena@mail.ru

И.А. СИДОРЕНКО

кандидат медицинских наук, профессор Орловского государственного университета

И.Л. КОМАРОВ

аспирант кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета

E.A. PALCHIK
doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Obstetrics and Gynecology Department, of Orel State University
E-mail: Palchik Elena@mail.ru

I.A. SIDORENKO
candidate of Medical Sciences, Professor, Head of Obstetrics and Gynecology Department, Medical Institute of Orel State University

I.L. KOMAROV
research-student of department of obstetrics and gynecology of medical institute Orel State University

ОКСИДАТИВНЫЙ СТРЕСС У НОВОРОЖДЕННЫХ, РОДИВШИХСЯ ОТ МАТЕРЕЙ С ХРОНИЧЕСКИМИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЛЕГКИХ

OXIDATIVE STRESS OF NEW BORN, FROM MOTHERS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE

Последние десятилетия характеризуются ростом частоты хронических неспецифических заболеваний легких (ХНЗЛ) у женщин, что приводит к осложненному течению беременности и родов. Анализ показателей малонового диальдегида выявил, что у новорожденных, родившихся от матерей с ХНЗЛ и извлеченных путем кесарева сечения, значения малонового диальдегида выше, чем у матерей с неосложненным течением беременности.

Ключевые слова: хронические неспецифические заболевания легких, перекисное окисление липидов.

The last decades have been characterized by the incensement of frequency of women with chronic obstructive pulmonary disease that leads to complications of pregnancy and parturition. The analysis of the indicators of malondialdehyde showed that the levels of malendialdehyde at newborns from from mothers with chronic obstructive long disease or extracted by vaginal birth or by Caesarian operation is higher than at mothers with no complications of pregnancy.

Keywords: chronic non-specific lung disease, lipid peroxidation.

К хроническим неспецифическим заболеваниям легких (ХНЗЛ) относят хронический бронхит, бронхоэктазы, эмфизему легких, бронхиальную астму, хронический абсцесс, хроническую пневмонию, интерстициальные болезни легких, пневмофиброз

(пневмоцирроз).

Среди механизмов развития этих заболеваний выделяют бронхитогенный, пневмониогенный и пневмонитогенный. В основе бронхитогенного механизма ХНЗЛ лежит нарушение дренажной функции

бронхов и бронхиальной проводимости. Заболевания, объединяемые этим механизмом, или хронические обструктивные заболевания легких, представлены хроническим бронхитом, бронхоэктазами (бронхоэктатической болезнью), бронхиальной астмой и эмфиземой легких (особенно хронической диффузной обструктивной). Пневмониогенный механизм ХНЗЛ связан с острой пневмонией и ее осложнениями. Он ведет к развитию группы хронических необструктивных заболеваний легких, в которую входят хронический абсцесс и хроническая пневмония. Пневмонитоогенный механизм ХНЗЛ определяет развитие хронических интерстициальных заболеваний легких, представленных различными формами фиброзного (фиброзирующего) альвеолита, или пневмонита. В финале все три механизма ХНЗЛ ведут к развитию пневмосклероза (пневмоцирроза), вторичной легочной гипертензии, гипертрофии правого желудочка сердца и сердечно-легочной недостаточности. [2, с.119]

Последние десятилетия характеризуются ростом частоты ХНЗЛ у женщин, что приводит к осложненному течению беременности и родов. Боль, сопровождающая роды, может провоцировать обострение хронических сопутствующих заболеваний роженицы и явиться пусковым механизмом различных осложнений. [1] Если обезболивание неосложненных, физиологически протекающих родов при ХНЗЛ носит факультативный характер, то обезболивание осложненных родов и кесарева сечения является обязательным.

Системный подход к ведению беременности и родов у женщин с ХНЗЛ диктует необходимость совершенствования анестезиологического пособия при абдоминальном родоразрешении. [3, с.83] Анализ данных литературы показал, что до настоящего времени не отработан четкий алгоритм анестезиологического пособия при кесаревом сечении. В связи с этим, целью нашего исследования явилось изучение влияния вида анестезии при абдоминальном родоразрешении на показатели ПОЛ.

Чрезмерная активация ПОЛ оказывает негативное влияние на мышечную деятельность.

Так, повышение проницаемости мембран нервных волокон и саркоплазматического ретикула миоцитов, вызываемое ПОЛ, затрудняет передачу двигательных нервных импульсов и, тем самым, снижает сократительные возможности мышц. Повреждающее воздействие перекисного окисления на цистерны, содержащие ионы кальция, неизбежно приводит к нарушению функции кальциевого насоса и ухудшению релаксационных свойств мышц. При повреждении митохондриальных мембран снижается эффективность окислительного фосфорилирования (тканевого дыхания), что ведет к уменьшению аэробного энергообеспечения мышечной работы. Повышение проницаемости оболочки мышечных клеток – сарколеммы – может привести к потере мышечными клетками многих важных веществ, кото-

рые будут уходить из них в кровь и лимфу.

Проведено обследование 57 пациенток с ХНЗЛ в возрасте от 17 до 44 лет со сроком гестации от 36 до 42 недель, прооперированных в плановом порядке. При этом первую группу составили 19 беременных, у которых был применен эндотрахеальный наркоз, во вторую группу были включены 38 пациенток, у которых оперативное родоразрешение проводили с применением спинальной анестезии. Премедикация: атропин 0,1%–0,5 мл, преинфузия – 100–200 мл физиологического раствора, пункция на уровне L3–L4 набором «Braun» 27G «Pencan». При этом вводили маркаин спинал 0,5% от 2,5 до 3,2 мл, уровень блока достигал Th4.

В настоящее время считается, что одним из основных звеньев в патогенезе ХНЗЛ является активация процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Это способствует генерализованному повреждению эндотелия, индукции апоптоза.

При изучении степени тяжести окислительного стресса определялись показатели малонового диальдегида (МДА) и церулоплазмينا в динамике: показатели перекисного окисления липидов (МДА) и церулоплазмينا (ЦП) определяли по методике (М.Д. Станьнал, Горнешвили, 1977) с помощью тибарбитуровой кислоты. Параллельно аналогичные показатели определялись у новорожденных сразу после рождения, а также на 3 и 5 сутки жизни. Анализ показателей МДА и ДК выявил, что у пациенток с ХНЗЛ при применении эндотрахеального наркоза они были значительно выше, нежели при спинальной анестезии.

Нами также был проведен сравнительный анализ показателей ПОЛ у новорожденных после абдоминального родоразрешения при использовании эндотрахеального наркоза и спинальной анестезии. Анализ показателей МДА выявил, что у новорожденных, родившихся от матерей с ХНЗЛ и извлеченных путем операции кесарева сечения, значение МДА было значительно ($p < 0,001$) выше аналогичных данных у новорожденных, родившихся от матерей с неосложненным течением беременности и родов. Исследуемый показатель в группе новорожденных при применении у матери эндотрахеального наркоза был в среднем равен $7,8 \pm 0,5$ нмоль/мл и $12,7 \pm 0,37$ нмоль/мл у новорожденных при спинальной анестезии во время абдоминального родоразрешения.

У 5 беременных 1 группы и у 11 пациенток 2-й группы на фоне ХНЗЛ развился тяжелый гестоз и преэклампсии, при этом диеновых конъюгат у новорожденных в 1-е сутки после рождения при присоединении гестоза были соответственно $20,1 \pm 0,47$ нмоль/л и $23,4 \pm 0,28$ нмоль/л, что существенно ($p < 0,001$) превышает таковые значения у новорожденных, родившихся от матерей с неосложненным течением беременности и родов ($16,7 \pm 1,2$ нмоль/л).

Индивидуальный показатель ПОЛ выявил, что у 4-х новорожденных, родившихся в состоянии тяжелой асфиксии от матери с бронхиальной аст-

мой средней степени тяжести, исследуемые данные (МДА, ДК и ИП) были значительно выше аналогичных у новорожденных, родившихся от матерей с бронхиальной астмой легкой степени и хроническим необструктивным бронхитом.

Представленные данные показывают, что при бронхиальной астме средней степени тяжести, хроническом обструктивном бронхите, при присоединении гестоза наблюдается, по всей видимости, истощение антиоксидантной системы, что обуславливает активацию показателей ПОЛ у новорожденных сразу после рождения и в течение всего раннего неонатального периода. Наши наблюдения показали, что сразу после извлечения у новорожденных отмечается нарушение структурно- функциональных свойств клеточных мембран, что выражается в зна-

чительном повышении значений ПОЛ.

Следует отметить, что исследуемые показатели существенно ($p < 0,02$) меньше у новорожденных, извлеченных путем операции кесарева сечения с использованием спинальной анестезии.

Можно предположить, что ХНЗЛ у беременных сопровождается истощением антиоксидантной системы, что обуславливает активацию показателей ПОЛ у беременных и новорожденных, родившихся от матерей с ХНЗЛ. Применение спинальной анестезии у беременных с ХНЗЛ способствует уменьшению избыточной продукции активных форм кислорода, снижению влияния операционного стресса на организм новорожденных и создает более благоприятные условия для их адаптации в раннем неонатальном периоде.

Библиографический список

1. Пальчик Е.А., Айвазова Д.С., Сидоренко И.А. Принципы лечения эктопии шейки матки, ассоциированной с ВПЧ высокого онкогенного риска у молодых нерожавших женщин. // Ученые записки Орловского государственного университета, №2, Орел, 2008. С.198-202.
2. Струков А. И., Серов В. В. Патологическая анатомия : 5-е изд., стер. М.: Литтерра, 2010. 848 с. : ил.
3. Хомейр Д.Ю. , Нейлсон Д.П. Кокранновское руководство:беременность и роды./ под общ. Ред. Сухих Г.Т. пер.с англ. Кандрора В.И., Еременой О.В. М.; Легосфера, 2010. 440 с.

References

1. Pulchik E.A., Aivazova D.S., Sidorenko I.A. The principles of treatment of cervical ectopia associated with a high risk HPV in young nulliparous women. // Scientific notes of Orel State University, № 2, Orel, 2008. - Pp.198-202
 2. Strukov A.I., Serov V.V. Pathological Anatomy: 5th ed., stereotyped. - Moscow: Litterra, 2010. - 848. : Ill.
 3. Homeyr D. Yu., Neilson D.P. Kokrann guide: pregnancy and childbirth. / Under ed. Sukhykh G.T. Trasl. from English. Kandror V.I., Yeremena O.V. - M.; Legosfera, 2010 - 440 p.
-

УДК 582.751.2

UDC 582.751.2

Т. А. ПОЗДНЯКОВА

старший преподаватель кафедры фармакологии,
клинической фармакологии и фармации Орловского
государственного института
E-mail: pozdniakova95@mail.ru

T. A. POZDNYAKOVA
senior Lecturer, Department of Pharmacology, Clinical
Pharmacology and Pharmacy,
Medical Institute of Orel State University
E-mail: pozdniakova95@mail.ru,

Р. А. БУБЕНЧИКОВ

доктор фармацевтических наук, научный сотрудник
НИИ ЭМ, г. Курск

R. BUBENCHIKOV
doctor of Pharmaceutical Sciences, scientific worker of
Scientific Research Institute of EM, Kursk

СТАНДАРТИЗАЦИЯ СЫРЬЯ ГЕРАНИ СИБИРСКОЙ (GERANIUM SIBIRICUM L.) ПО СОДЕРЖАНИЮ ФЛАВОНОИДОВ

STANDARDIZATION OF RAW MATERIAL OF GERANIUM SIBIRICUM L. BY CONTENT OF FLAVONOIDS

Флавоноиды являются одной из самых распространенных групп фенольных соединений, которым присуща высокая биологическая активность. Трава герани сибирской содержит комплекс биологически активных веществ. Цель исследования: стандартизация травы герани сибирской по содержанию флавоноидов. Объект исследования: воздушно-сухая трава герани сибирской. Метод исследования: спектрофотометрический, в основе которого лежит реакция комплексообразования с алюминия хлоридом. Содержание суммы флавоноидов в герани сибирской в пересчете на цинарозид 3,1-3,4%.

Ключевые слова: флавоноиды, *Geranium sibiricum L.*, реакция комплексообразования, экстрагент, спектрофотометрия, цинарозид.

Flavonoids are one of the most common groups of phenolic compounds, which have a high biological activity. Geranium sibiricum L. contains a complex of biologically active substances.

Purpose of investigation: to elaborate method of standardization of herb of Geranium sibiricum L. by flavonoids content.

Object of the investigation: air-dried powdery herb of Geranium sibiricum .

Methods of the investigation: spectrophotometric method of research.

Results: The investigations determine the optimal conditions for spectrophotometric analysis and determination of flavonoids in Geranium herb.

Conclusion: The methods of spectrophotometric determination of flavonoids of Geranium sibiricum L. have been worked out. It employ the standardization of flavonoids content by flavonoid cinarozid. The content of flavonoids in Geranium sibiricum L. herb ranges from 3,1% to 3,4%.

Keywords: flavonoids, Geranium sibiricum L., complexation reaction, extractant, spectrophotometric method, cinarozid.

Герань сибирская (*Geranium sibiricum L.*) – многолетнее травянистое растение семейства Гераниевые – *Geraniaceae*, широко распространенное почти по всей Европейской части России (кроме крайнего севера), в Сибири и на Дальнем Востоке. Характеризуется относительно широким ареалом и высокой пластичностью по высотному градиенту [2,7].

В народной медицине трава этого растения нашла широкое применение как вяжущее, гемостатическое, диуретическое, противовоспалительное и ранозаживляющее средство [5]. Настой травы герани сибирской используется при желудочно-кишечных (понос, дизентерия, колики), гинекологических заболеваниях, лихорадке, ревматизме, наружно в виде примочек при экземе [5].

Сведения, касающиеся химического состава герани сибирской, единичны. Из данных литературы

известно, что в надземной части растения содержатся дубильные вещества [8,9], каротин, аскорбиновая кислота, эфирные масла [5], а также фенолкарбоновые кислоты, аминокислоты и флавоноиды [2,8], которые обуславливают диуретическое и противовоспалительное действие [6].

Цель работы заключалась в разработке методики количественного определения флавоноидов в траве герани сибирской.

Объектом исследования служила трава герани сибирской (*Geranium sibiricum L.*). Сбор сырья проводили в Курской области в 2011-2012 гг. в период массового цветения растений.

Методы исследования. В основу количественного определения суммы флавоноидов травы герани сибирской положен спектрофотометрический метод [1,4].

Результаты исследования. Для анализа сырья нами была разработана методика спектрофотометрического определения суммы флавоноидов непосредственно в извлечениях из сырья. В основу данной методики положена реакция комплексообразования флавоноидов с алюминия хлоридом в среде 70% спирта этилового в сочетании со спектрофотометрическим дифференциальным способом определения оптической плотности комплексов [1]. Это позволяет проводить непосредственное спектрофотометрирование комплексов флавоноидов с алюминия хлоридом в извлечениях из сырья без дополнительных стадий.

При этом изучены следующие стадии: экстрагирование суммы флавоноидов, спектрофотометрирование экстракта.

Наиболее продолжительной стадией при количественном анализе флавоноидов является их количественная экстракция. Данный процесс зависит от ряда факторов, в частности, от степени измельчения сырья, времени экстракции, температуры экстракции, типа растворителя, соотношения сырья-растворитель (табл. 1).

Оптимальные условия экстракции суммы флавоноидов из травы герани сибирской определяли на одном образце сырья. Как показало изучение влияния измельченности сырья на экстракцию флавоноидов, максимальное извлечение флавоноидов из травы герани сибирской достигается при степени измельчения 1 мм.

Для экстрагирования суммы флавоноидов из растительного сырья в литературе описано применение спиртов и спирто-водных растворов [10]. Мы изучали оптимальную концентрацию спирта этилового для извлечения суммы флавоноидов. Максимальное извлечение суммы флавоноидов достигается 30-40% спиртом этиловым. Нами был использован 40% спирт этиловый.

Для извлечения суммы флавоноидов нами использована экстракция с нагреванием на кипящей водяной бане до наступления равновесия, которое в данном случае наступает через 45 минут.

В составе суммы флавоноидов травы герани сибирской содержатся флавоноидные соединения в форме моногликозидов апигенина и лютеолина, преобладающим среди них является цинарозид, поэтому в качестве стандартного образца нами применен цинарозид-стандарт.

Нами исследованы спектры поглощения спиртовых извлечений из травы герани сибирской с алюминия хлоридом и раствора цинарозида с алюминия хлоридом. Эти спектры совпадали, а максимум поглощения находился при длине волны 395 нм. Измерения рекомендуем проводить в области максимума поглощения. Данная область спектра достаточно удалена от спектров поглощения сопутствующих фенольных и других органических веществ, содержащихся в экстрактах из сырья. В качестве раствора сравнения мы использовали исходный раствор

извлечения без алюминия хлорида, т.е. применяли дифференциальный вариант спектрофотометрии, что позволяет исключить влияние на результаты анализа сопутствующих веществ, имеющих оптическую плотность в области максимума поглощения извлечений из сырья. При проведении анализа пробы подкисляли кислотой уксусной для перевода флавоноидов и сопутствующих им веществ в недиссоциированную форму с целью улучшения воспроизводимости результатов. В качестве стандартного образца применяли ГСО цинарозид (ФС 42-3150-95). Устойчивое окрашивание извлечений из сырья с алюминия хлоридом наступает через 15 минут и сохраняется в течение 2 часов, что достаточно для проведения анализа.

Таблица 1.

Влияние условий экстракции на содержание суммы флавоноидов

Условия экстракции	Содержание суммы флавоноидов, %
Степень измельченности сырья, мм:	
1.0	2,83
2.0	2,57
3.0	2,45
Экстрагент: спирт этиловый, %	
30	2,94
40	2,99
50	2,73
70	2,48
96	0,92
Время экстракции, мин (40% спирт этиловый, соотношение сырье-экстрагент 1:100):	
15	2,62
30	2,99
45	3,26
60	3,16

На основании проведенных исследований разработана методика количественного определения суммы флавоноидов в траве герани сибирской.

Количественное определение суммы флавоноидов в траве герани сибирской.

Аналитическую пробу сырья измельчают до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 1 мм. Около 1,0 г (точная навеска) измельченного сырья помещают в колбу со шлифом вместимостью 250 мл, прибавляют 100 мл 40% спирта этилового и взвешивают с погрешностью $\pm 0,01$ г. Колбу присоединяют к обратному водяному холодильнику, нагревают на кипящей водяной бане в течение 45 минут, периодически встряхивая для смывания частиц сырья со стенок. Колбу с содержимым искусственно охлаждают до комнатной температуры, взвешивают и при необходимости доводят до первоначальной массы 40% спиртом этиловым. Извлечение фильтруют через бумажный фильтр, смоченный тем же спиртом, отбрасывая первые 10 мл фильтрата.

1,5 мл извлечения помещают в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляют 2 мл 1% раствора алюминия хлорида в 70% спирте этиловом и через 10 мин 1 мл 3% раствора кислоты уксусной. Объем раствора доводят тем же спиртом до метки и оставляют на 15 минут.

Оптическую плотность полученного раствора измеряют на спектрофотометре при длине волны 395 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм.

В качестве раствора сравнения используют раствор, состоящий из 1,5 мл извлечения, 1 мл 3% раствора кислоты уксусной и доведенный 40% спиртом этиловым до метки в мерной колбе вместимостью 25 мл.

Параллельно измеряют оптическую плотность раствора стандартного образца цинарозида (ГСО), приготовленного аналогично испытываемому раствору.

Содержание суммы флавоноидов в процентах (X) в пересчете на цинарозид и абсолютно сухое сырье вычисляется по формуле:

$$x = \frac{D \times 100 \times 100 \times 100}{345 \times V \times m \times 4 \times 100 \times (100 - W)}, \text{ где:}$$

D – оптическая плотность испытываемого раствора при длине волны 395 нм;

345 – удельный показатель поглощения цинарозида с алюминия хлоридом в 96% спирте этиловом;

m – масса навески сырья в граммах;

V – количество извлечения в мл;

W – потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Предложенной методикой проанализировано 2 партии сырья. Результаты исследования обработаны статистически согласно ГФ-ХІ [3].

Содержание суммы флавоноидов в траве герани сибирской находится в пределах от 3,1% до 3,4%. В связи с этим рекомендуем установить норму содержания флавоноидов не менее 3%.

Выводы. Разработана методика количественного определения флавоноидов в траве герани сибирской (*Geranium sibiricum* L.). Содержание суммы флавоноидов в траве в пересчете на цинарозид колеблется от 3,1% до 3,4%.

Библиографический список

1. Беликов В.В., Точкова Т.В. Реакции комплексообразования в анализе флавоноидов. Фенольные соединения и их физиологические свойства 1973; 1: 168-172.
2. Буданцев А. Л. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т.3. Семейства *Fabaceae-Apiaceae*. Спб. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 610 с.
3. Государственная фармакопея СССР: Вып. 1. Общие методы анализа. МЗ СССР. 11-е изд. М.: Медицина, 1987. 336 с.
4. Гринкевич Н. И., Сафронич Л. Н. (ред.). Химический анализ лекарственных растений. М.: Высш. шк., 1984. 176 с.
5. Колесникова Р.Д., Тагильцев Ю.Г., Михайлов В.И., Изотов Д.В. Эфирные масла некоторых травянистых растений и перспективы их использования. Материалы II международной конференции «Лесные биологически активные ресурсы», 2004. С. 114-115.
6. Коруткин Д.Ю., Абилов Ж.А., Музычкина Р.А., Толстиков Г.А. Природные флавоноиды. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2007. 232 с.
7. Мордак Е.В. Семейство гераниевые (Geraniaceae). Жизнь растений. Т. 5. Ч. 2. Цветковые растения. М., 1980. С. 27-280.
8. Никитина В.С., Шендель Г.В. Содержание фенольных соединений и аминокислот в надземной части *Geranium pratense* и *Geranium sibiricum* (Geraniaceae). Растительные ресурсы 2008; Т. 44, Вып. 2: 74-81.
9. Разаренова К.Н., Жохова Е.В. Сравнительная оценка содержания дубильных веществ в некоторых видах рода *Geranium* L. флоры северо-запада. Химия растительного сырья 2011;4: 187-192.
10. Сироткина Е.Е. (ред.), Краснов Е.А., Березовская Т.П., Алексеюк Н.В. и др. Выделение и анализ природных биологически активных веществ. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1987. 184 с.

References

1. Belikov V.V., Tochkova T.V. Complexation reaction in the analysis of flavonoids. Phenolic compounds and their physiological properties. 1973; 1: 168-172.
2. Budantsev A.L. (ed.). Plant Resources of Russia: Wild flowering plants and their component structure and biological activity. Vol.3. *Fabaceae-Apiaceae*. SPb. M.: The partnership of scientific publications KMK, 2010. 610 p.
3. State Pharmacopoeia of the USSR, Vol. 1. General methods of analysis. Ministry of Health of the USSR. 11th ed. Moscow: Medicine, 1987. – 336 p.
4. Grinkevich N.I. Safronich L.N. (ed.). Chemical analysis of medicinal plants. M.:Vysshaya Shkola, 1984. 176 p.
5. Kolesnikova R.D., Tagiltsev Yu.G. Mikhailov V.I., Izotov D.V. Essential oils of some herbaceous plants and the prospects for their use. Proceedings of the 2-nd International Conference 'Forest biologically active resources', 2004. Pp. 114-115.
6. Korutkin D.Yu., Abilov J.A., Muzychkina R.A., Tolstikov G.A. Natural flavonoids. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo", 2007. – 232 p.
7. Mordak E.V. Geranium family (Geraniaceae). Plant life. Vol. 5. Part 2. Flowering plants. M., 1980. Pp. 27-280.

8. Nikitina V.S., Schendel G.V. Content of phenolic compounds and amino acids in the aerial parts of *Geranium pratense* and *Geranium sibiricum* (Geraniaceae). *Plant Resources*, 2008; Vol. 44, No. 2: 74-81.
9. Razarenova K.N., Zhokhova E.V. Comparative evaluation of the content of tannins in some species of the genus *Geranium* L. flora of the north-west. *Chemistry of plant raw materials*, 2011;4: 187-192.
10. Sirotkin E.E. (ed.), Krasnov E.A., Berezovskaya T.P., Alekseyuk N.V. et al. Isolation and analysis of biologically active substances. Tomsk: Tomsk University, 1987. 184 p.

УДК 616.831-005.4-073.756.8

А.Ю. РАТНИКОВ

аспирант кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета

И.Б. БЕЛОВА

доктор медицинских наук, профессор, зав. курсом лучевой диагностики и терапии кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета

UDC 616.831-005.4-073.756.8

A.YU. RATNIKOV

post-graduate student of medical institute of Orel State University, Orel

I.B. BELOVA

radiologist, professor, doctor of medical sciences, head of the Radiological course of Medical institute of Orel State University, Orel

ДИАГНОСТИКА РАННИХ ПРИЗНАКОВ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

DIAGNOSIS OF EARLY SYMPTOMS OF THE ACUTE ISCHEMIC STROKE BY USING MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY

В статье представлена частота встречаемости ранних МСКТ признаков ишемического инсульта в первые сутки от начала заболевания, выполнено сравнение ранних МСКТ симптомов и размеров очага поражения при атеротромботическом и кардиоэмболическом типах ишемического инсульта.

Ключевые слова: ишемический инсульт, мультиспиральная компьютерная томография, ранние признаки ишемического инсульта.

In the article the frequency of occurrence of early MSCT sings of ischemic stroke within one day at the disease beginning is presente. The comparison of early MSCT findings and the area damages sizes of atherothrombotic and cardioembolic types of the ischemic stroke has been made.

Keywords: an ischemic stroke, multispiral computed tomography, early MSCT findings of an ischemic stroke

В последние годы отмечается рост распространенности сосудистых заболеваний, в том числе и острых нарушений мозгового кровообращения. Каждый год в мире более 6 млн. человек переносят ишемический инсульт, а в России – более 450000. Также отмечается рост числа инсультов среди населения трудоспособного возраста – до 55-60 лет. По данным международных эпидемиологических исследований, острые нарушения мозгового кровообращения занимают 2-3 место в структуре общей смертности населения, а в России – второе место, уступая только сердечно-сосудистым заболеваниям. В России ежегодная смертность от инсульта составляет 0,9 на 1000 населения. Ранняя 30-дневная смертность от инсульта составляет 34,6%, а в течение года погибают около 50% больных. Кроме того, инсульт является ведущей причиной инвалидизации

населения. Согласно данным Национального регистра инсульта только 20% больных, перенесших инсульт, возвращаются к прежней работе [2,6].

В Орловской области общая заболеваемость взрослого населения цереброваскулярными заболеваниями на 1 января 2011 года составила 59,9 на 1000 взрослого населения, впервые выявленная – 9,7 на 1000 взрослого населения, смертность от цереброваскулярных заболеваний составила 2,0 на 1000 населения [3].

В июне 2009 года в ходе осуществления Программы Национального проекта «Здоровье» на базе БУЗ Орловской области «Орловская областная клиническая больница» был открыт Региональный сосудистый центр (РСЦ). В его структуру включены отделения: неотложной кардиологии №1 с ПРИТ, сосудистой хирургии, неврологическое №2 для больных с острыми нарушениями мозгового кровообращения

с БИТР, нейрохирургическое, анестезиологии и реанимации для ведения больных нейрохирургического профиля, патологии речи и нейрореабилитации, кабинеты спиральной компьютерной томографии и рентгенохирургических методов диагностики и лечения. В РСЦ внедряются диагностическая ангиография, системный и региональный тромболизис, стентирование, мультидисциплинарная реабилитация больных, перенесших инсульт. Основными задачами центра являются снижение показателей смертности и инвалидности при ОНМК, возвращение как можно большего числа пациентов к нормальной жизни и труду [11].

Компьютерная томография имеет ключевое значение в диагностике инсульта. Ее проводят, в первую очередь, для дифференциальной диагностики геморрагического и ишемического инсульта. На КТ-изображениях зона инфаркта мозга (ИМ) в течение 1-й недели заболевания выглядит как равномерно гиподенсивный участок, соответствующий определенному сосудистому бассейну. Зона ИМ начинает визуализироваться на КТ-изображениях обычно через 10–14 ч от начала заболевания. Границы инфарктов становятся четкими к концу 1-х суток [4]. J.M. Wardlaw и O.Mielke оценивают чувствительность и специфичность КТ в первые сутки не более чем 66% и 87% соответственно [9].

В исследовании ASPECTS (Alberta Stroke Programme Early CT Score) выделены ранние КТ-признаки инфаркта мозга в первые 6 часов от начала заболевания [10]. К ним относятся потеря дифференцировки серого и белого вещества головного мозга в зоне ишемии (nucleus caudatum, capsula interna, nucleus lentiformis, area insulae) и компрессия борозд. Еще одним ранним признаком инфаркта мозга может быть появление симптома гиперденсивной мозговой артерии (чаще СМА) [8]. В настоящее время не рекомендуется проводить системный тромболизис, если территория повреждения головного мозга превышает 1/3 территории кровоснабжения средней мозговой артерии. Это связано с высокой частой геморрагической трансформацией очага ишемии. Для оценки объема поражения используют анатомо-топографическую связь сосудистой системы и структур головного мозга. В исследовании ASPECTS выделены 6 сегментов средней мозговой артерии (СМА) с указанием территории кровоснабжения и проекций на структуры головного мозга: сегменты М1-М3 находятся на уровне базальных ганглиев, сегменты М4-М6 – на уровне желудочков, непосредственно выше базальных ганглиев. В клинической практике необходимо быстрое совместное принятие решения о проведении тромболитической терапии врачами неврологом и рентгенологом. Поэтому крайне важно своевременно идентифицировать ранние признаки инфаркта мозга в пределах терапевтического окна.

Цель исследования

Улучшить диагностику ишемических инсультов головного мозга с использованием МСКТ.

Задачи исследования

Уточнить ранние косвенные МСКТ признаки ишемии головного мозга. Сравнить частоту встречаемости ранних МСКТ признаков при атеротромботическом (АТ) и кардиоэмболическом (КЭ) типах ишемического инсульта. Сравнить размеры очага поражения при АТ и КЭ типах ишемического инсульта. Сравнить частоту поражения бассейнов кровоснабжения головного мозга при АТ и КЭ типах ишемического инсульта.

Материалы и методы исследования

Всего нами было ретроспективно оценено 105 больных, поступивших в блок интенсивной терапии и реанимации второго неврологического отделения БУЗ Орловской области ООКБ с симптомами острого нарушения мозгового кровообращения в первые сутки от начала заболевания.

Критерием отбора для включения пациентов в исследование было наличие у него неврологического дефицита согласно шкале Национального Института здоровья (NIHSS) [11]. Помимо оценки возрастнополовой структуры и основного заболевания у больных исследуемой группы также оценивали наличие сопутствующих заболеваний и состояний.

Всем больным в первые 24 часа от начала заболевания и к концу вторых суток была выполнена МСКТ на аппарате GE Healthcare LightSpeed™ VCT. Протокол сканирования.

1. Время вращения трубки – 1с.
2. Коллимация слоя: задняя черепная ямка (ЗЧЯ) – 2,5 мм; остальное – 5 мм.
3. Смещение стола за один оборот трубки – 20 мм.
4. Режим: напряжение 140 кV, экспозиция – 180 mA.
5. Наклон гентри 0°.
6. Направление сканирования каудальнокраниальное.
7. Длительность сканирования – 8с.
8. Величина поля исследования – 23 см.
9. Алгоритм реконструкции – мультипланарная.
10. Окно просмотра: ЗЧЯ – 100/40 HU, остальное – 85/40 HU.
11. Положение пациента – на спине, руки – вдоль туловища.
12. Контрастное усиление (в/в болюсно) – не проводилось.

Также всем больным проведено дуплексное ультразвуковое сканирование брахиоцефальных артерий при помощи ультразвукового сканера Philips IE 33. Согласно данным УЗИ атеротромботический (АТ) тип ишемического инсульта был установлен у 70(67%) пациентов, кардиоэмболический (КЭ) – у 35(33%).

На каждого больного с целью углубленного научного анализа были разработаны индивидуальные

карты, содержащие следующие сведения [1,5,7]:

- Паспортные данные (пол, возраст).
- Клиническая характеристика:
 - a. жалобы при поступлении
 - b. анамнез (время от начала заболевания, первичное/повторное ОНМК)
 - c. данные осмотра дежурного невролога (неврологический статус)
 - d. неврологический дефицит согласно шкале Национального Института здоровья (NIHSS)
 - e. основной и сопутствующие диагнозы
- данные МСКТ
 - a. симптом гипертензивной мозговой артерии (кровь – 40НУ, тромб – 70НУ)
 - b. снижение дифференцировки границ между корой и белым веществом, проявляющееся выравниванием плотностей серого вещества коры и белого вещества
 - c. снижение дифференцировки границ между базальными ганглиями и белым веществом, проявляющееся исчезновением очертаний подкорковых ядер из-за выравнивания плотностей между серым и белым веществом
 - d. ухудшение дифференцировки щелей субарахноидального пространства, проявляющееся сглаженностью корковых извилин и отсутствием борозд
 - e. очаг пониженной плотности – визуально отличимый участок мозгового вещества с пониженной плотностью и четкими границами
 - f. отсутствие патологических изменений вещества головного мозга
- данные дуплексного ультразвукового сканирования брахиоцефальных артерий: атеросклеротическая бляшка/тромб, отсутствие кровотока

Изучение изображений проводили методом экспертной оценки. В течение 1,5 месяцев два эксперта врача-рентгенолога со стажем работы 2 и 5 лет независимо друг от друга оценили данные МСКТ исследований 105 больных. Исследования включали примерно от 224 до 256 изображений. В день просматривали не более 8 исследований. Отдельные разногласия в интерпретации изображений были устранены в ходе обсуждения.

Для оценки количественной величины отличий были рассчитаны доверительные интервалы с использованием средней выборочной доли и стандартной ошибки разности. Степень вероятности безошибочного прогноза составила 95%.

Результаты исследования и обсуждение

Для выполнения поставленных задач нами проведен анализ результатов клинического, рентгенологического и ультразвукового исследования 105 больных с симптомами острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), развившимися в течение 24 часов от начала заболевания.

Структура больных в зависимости от пола и воз-

раста представлена в таблице 1. Количество женщин и мужчин было примерно равным. Наиболее часто страдали пациенты в возрасте от 50 до 80 лет, максимальное количество больных составила группа 70-79 лет.

Таблица 1.

Распределение больных по полу и возрасту (n=105)

Пол	Возраст (полных лет)						Всего
	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80 и старше	
Мужчины	1	5	12	12	17	4	51
Женщины		1	10	9	21	13	54
Всего	1	6	22	21	38	17	105

По уровню неврологического дефицита, согласно шкале NIHSS, больные распределились следующим образом (таблица 2). Средний уровень неврологического дефицита (5-24 балла) имел место у двух третей – 72(68%) больных в нашем исследовании.

Таблица 2.

Распределение больных по уровню неврологического дефицита (NIHSS) в течение 24 часов от начала клинической симптоматики (n=105)

Баллы	Абс.	%
Низкий неврологический дефицит (до 5 баллов)	29	28
Средний неврологический дефицит (5-24 баллов)	72	68
Высокий неврологический дефицит (25 и более баллов)	4	4

Среди сопутствующих заболеваний и состояний у больных, включенных в исследование, преобладали: артериальная гипертония – 101(96%), ИБС – 81(77%), сахарный диабет – 19(18%) (таблица 3).

Таблица 3.

Сопутствующие заболевания (n=105)

Сопутствующие заболевания и состояния	Абс.	%
Артериальная гипертония	101	96
ИБС	81	77
Сахарный диабет	19	18
Патология органов дыхания	14	13
Патология мочевыводящих органов	12	11
Патология органов ЖКТ	7	7
Гиперхолестеринемия	6	6
Ожирение	3	3
Облитерирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей	3	3
Алкоголизм	2	2

Из всех методов нейровизуализации компьютерная томография как метод диагностики инфаркта мозга получила наибольшее распространение. В большинстве неврологических клиник мира КТ остается главным методом диагностики ОНМК [1].

Первый этап нашего исследования состоял в из-

учении ранних МСКТ признаков ишемического инсульта в первые 24 часа (таблица 4). При первичном МСКТ исследовании патологических изменений не было выявлено у 28(27%) больных.

Таблица 4.

Частота встречаемости ранних МСКТ признаков ишемических инсультов в первые 24 часа (n=105)

МСКТ признаки	Количество больных (n=105)	
	Абс.	%
Патологических изменений не выявлено	28	27
Симптом гипертензивной мозговой артерии	16	15
Снижение дифференцировки границ между корой и белым веществом	21	20
Снижение дифференцировки границ между базальными ганглиями и белым веществом	12	11
Ухудшение дифференцировки щелей субарахноидального пространства	19	18
Очаг пониженной плотности	42	40

В нашем исследовании мы обнаружили, что самым частым МСКТ признаком являлся очаг пониженной плотности (снижение плотности вещества головного мозга в пределах зоны инфаркта, связанное с цитотоксическим отеком), который наблюдался у большинства пациентов – у 42(40%) больных (рис. 1).

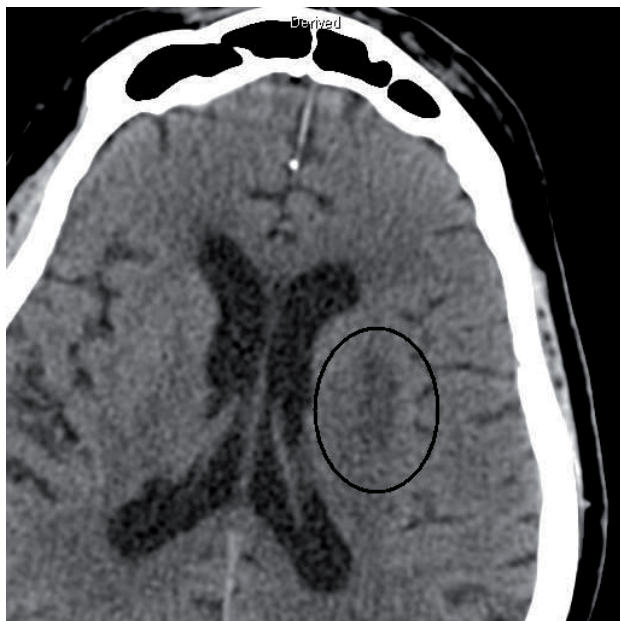


Рис. 1. Больная К., 62 года. Исследование выполнено через 10 часов после начала заболевания. В области базальных ганглиев левого полушария определяется очаг пониженной плотности размером 30×15 мм.

Среди ранних косвенных МСКТ признаков наиболее часто мы наблюдали снижение дифференцировки границ между корой и белым веществом головного мозга – у 21(20%) больных (рис. 2) и ухудшение дифференцировки щелей субарахноидального пространства – у 19(18%) больных (рис. 3).



Рис. 2. Больная В., 76 лет. Исследование выполнено через 2 часа 40 минут после начала заболевания. В левой лобно-теменной области определяется снижение дифференцировки границ между серым и белым веществом.



Рис. 3. Больная Р., 57 лет. Исследование выполнено через 2 часа 30 минут после начала заболевания. В левой лобно-теменной области определяется снижение дифференцировки границ между корой и белым веществом, ухудшение дифференцировки щелей субарахноидального пространства (стрелка).

Далее, чуть менее часто мы обнаруживали симптом гипертензивной мозговой артерии – у 16(15%) (рис. 4) и снижение дифференцировки границ между базальными ганглиями и белым веществом – у 12(11%) больных (рис. 5).



Рис. 4. Больной А., 80 лет. Исследование выполнено через 1 час после начала заболевания. В правом полушарии головного мозга определяется гиперденсивная СМА (67 НУ) (стрелка).

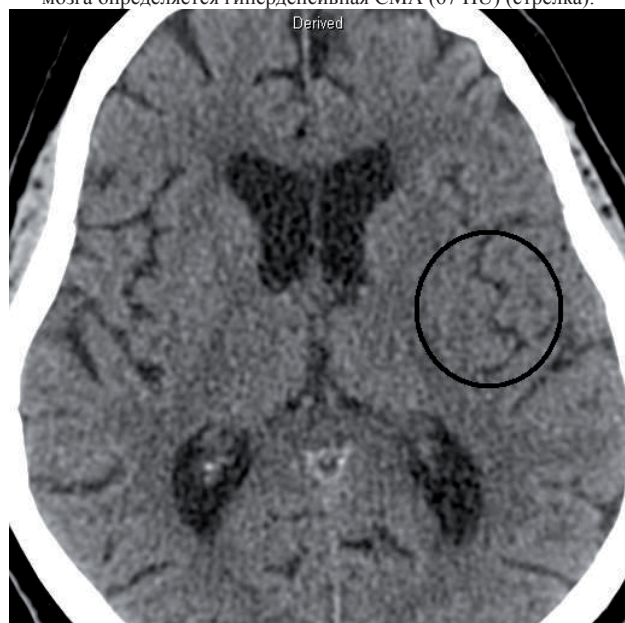


Рис. 5. Больная А., 82 года. Исследование выполнено через 3 часа после начала заболевания. Определяется снижение дифференцировки границ между базальными ганглиями (nucleus lentiformis) и белым веществом в левом полушарии головного мозга.

Второй этап нашего исследования заключался в сравнении частоты встречаемости ранних МСКТ признаков при АТ и КЭ типах ишемического инсульта (таблица 5). Общее количество больных с АТ типом инсульта среди больных исследуемой группы в два раза превышало количество больных с КЭ типом. В то же время при обоих типах ишемического инсульта очаг поражения пониженной плотности мы обнаруживали одинаково часто – у 28(40%) и у 14(40%) больных соответственно. При КЭ типе чаще, чем при АТ типе, наблюдали симптом гиперденсивной мозговой артерии – у 8(23%) и снижение дифференцировки границ между корой и белым веществом – у 8(23%), а также снижение дифференцировки границ между базальными ганглиями и белым веществом – у 5(14%) больных. Ухудшение дифференцировки щелей субарахноидального пространства чуть более часто обнаруживали при АТ типе инсульта – у 13(19%) больных.

Однако, анализ полученных данных с вероятностью 95% показал, что различия в частоте встречаемости ранних МСКТ признаков при АТ и КЭ типах ишемических инсультов были статистически не значимы, так как доверительные интервалы всех признаков содержат 0.

Далее мы выполнили сравнение размеров очага поражения при АТ и КЭ типах ишемического инсульта к концу вторых суток (таблица 6). При АТ типе в большинстве случаев мы обнаружили очаги размером ≤ 10 мм – у 20(28%) больных. При КЭ типе в большинстве случаев наблюдали очаги размером более 60мм – у 14 (40%) больных.

Однако, анализ полученных данных с вероятностью 95% показал, что только очаги размером ≤ 10 мм достоверно чаще встречались при АТ типе ишемического инсульта. В то время как различия в частоте встречаемости очагов других размеров при АТ и КЭ типах инсультов были статистически не значимы, так как их доверительные интервалы содержат 0.

Таблица 5.

Сравнение частоты встречаемости МСКТ признаков при АТ и КЭ типах ишемического инсульта (n=105)

МСКТ симптом	АТ(N=70)		КЭ(N=35)		p ^{^*}	Sp1-p2 ^{**}	Границы доверительного интервала	
	Абс	%	Абс	%			Нижняя	Верхняя
Симптом гиперденсивной мозговой артерии	8	11	8	23	0,15	0,07	-0,26	0,03
Снижение дифференцировки границ между корой и белым веществом	13	19	8	23	0,2	0,08	-0,21	0,12
Снижение дифференцировки границ между базальными ганглиями и белым веществом	7	10	5	14	0,11	0,07	-0,17	0,09
Ухудшение дифференцировки щелей субарахноидального пространства	13	19	6	17	0,18	0,08	-0,14	0,17
Очаг пониженной плотности	28	40	14	40	0,4	0,1	-0,2	0,2
Патологических изменений не выявлено	22	17	6	17	0,27	0,09	-0,04	0,32

* выборочное среднее; ** стандартная ошибка разности

Таблица 6.

Сравнение размеров очагов поражения при АТ и КЭ типах
ишемического инсульта к концу вторых суток (n=105)

Размер оча- га поражения	АТ (N=70)		КЭ (N=35)		p [*]	Sp1-p2 ^{**}	Границы доверитель- ного интервала	
	Абс.	%	Абс.	%			Нижняя	Верхняя
≤10 мм	20	28	1	3	0,2	0,08	0,09	0,42
11-29 мм	19	27	9	26	0,27	0,09	-0,17	0,19
30-59 мм	18	26	11	31	0,28	0,09	-0,24	0,12
60 и более мм	13	19	14	40	0,26	0,09	-0,39	0,04

* выборочное среднее; ** стандартная ошибка разности.

Таблица 7.

Частота поражений бассейнов кровоснабжения
при ишемическом инсульте (n=105)

Бассейн	Абс.	%
Средняя мозговая артерия (СМА)	86	82
Передняя мозговая артерия (ПМА)	8	7
Задняя мозговая артерия (ЗМА)	3	3
Основная артерия (ОА)	6	6

На заключительном этапе мы изучали частоту поражения различных бассейнов кровоснабжения головного мозга при ишемических инсультах (таблица 7). В большинстве случаев мы наблюдали поражение СМА, у 86(82%) больных. Второй по частоте поражения являлась ПМА – у 8 (7%) больных.

При сравнении частоты поражений бассейнов кровоснабжения при АТ и КЭ типах также преобладало поражение СМА: у 56 (80%) и 30 (85%) больных соответственно (таблица 8).

Таблица 8.

Сравнение частоты поражений бассейнов при АТ и КЭ типах ишемического инсульта (n=105)

Бассейн	АТ (N=70)		КЭ (N=35)		p [*]	Sp1-p2	Границы доверительного интервала	
	Абс.	%	Абс.	%			Нижняя	Верхняя
Средняя мозговая артерия	56	80	30	85	0,82	0,08	-0,21	0,1
Передняя мозговая артерия	5	7	3	9	0,08	0,05	-0,12	0,09
Задняя мозговая артерия	3	4	1	3	0,04	0,04	-0,06	0,09
Основная артерия	6	9	1	3	0,07	0,05	-0,04	0,16

* выборочное среднее; ** стандартная ошибка разности.

Анализ полученных данных достоверно показал, что различия частоты поражений бассейнов при АТ и КЭ типах ишемического инсульта статистически не значимы, так как доверительные интервалы всех бассейнов поражения содержат 0.

Выводы

У большинства больных в нашем исследовании имел место средний уровень неврологического дефицита (NIHSS). Наиболее распространенной сопутствующей патологией были: артериальная гипертензия, ИБС и сахарный диабет. Количество больных с АТ типом инсульта в два раза превыша-

ло количество больных с КЭ типом. Самым частым МСКТ признаком ишемического инсульта в первые 24 часа был очаг пониженной плотности. Среди ранних МСКТ признаков ишемии преобладали снижение дифференцировки границ между корой и белым веществом головного мозга и ухудшение дифференцировки щелей субарахноидального пространства. Статистически значимых различий в частоте встречаемости ранних МСКТ признаков при АТ и КЭ типах ишемических инсультов не обнаружено. Малые очаги поражения достоверно чаще встречались при АТ типе ишемического инсульта.

Библиографический список

1. Ананьева Н.И., Трофимова Т.Н. КТ- и МРТ - диагностика острых ишемических инсультов. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2005. С. 63-66.
2. Гусев Е.И., Скворцова В.И., Крылов В.В. Снижение смертности и инвалидности от сосудистых заболеваний мозга в Российской Федерации. Неврологический вестник 2007; XXXIX, вып. 1: 128-133.
3. Евзельман М.А., Жучкова Е.В. Синдром полиорганной недостаточности при инсульте. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки» 2012; 6: С. 249-253.
4. Китаев В.М., Бардаков В.Г., Китаев В.С., Круглина Р.В. Лучевая диагностика патологии головного мозга. М.: РАЕН, 2008. С. 27-37.

5. *Норберт Хостен, Томас Либиг.* Компьютерная томография головы и позвоночника; пер. с нем.; под общ. ред. Шотомера Ш.Ш. – М.: МЕДпресс-информ, 2011. С. 90-98.
6. *Скворцова В.И., Волынский Ю.Д., Шамалов, Н.А. и др.* Организационные аспекты проведения внутриартериального тромболитика при ишемическом инсульте. *Новости медицины и фармации* 2010; 328: Неврология.
7. *Шевченко Ю.Л., Одинак М.М., Кузнецов А.Н., Ерофеев А.А.* Кардиогенный и ангиогенный церебральный эмболический инсульт (физиологические механизмы и клинические проявления). // «ГОЭТАР-Медиа» 2006 272 с.
8. *Somford D.M., Nederkoorn P.J., Rutgers D.R. et al.* Proximal and Distal Hyperattenuating Middle Cerebral Artery Signs at CT: Different Prognostic Implications1. // *Neuroradiology.*- 2002-Volume 223. N. 3 P. 667- 671
9. *Wardlaw J.M., Mielke O.* Early Signs of Brain Infarction at CT: Observer Reliability and Outcome after Thrombolytic Treatment–Systematic Review. // *Radiology* – 2005. P. 235.
10. *Warwick P.J.H., Barber P.A., Hill M.D. et al.* Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for Assessing CT Scans in Patients with Acute Stroke // *American Journal of Neuroradiology.* 2001. P. 9 - 22.
11. <http://www.eso-stroke.org/>

References

1. *Anan'eva N.I., Trofimova T.N.* CT- and MRI - diagnostics of acute ischemic strokes. – SPb: Publishing house SPbMAPO, 2005. P. 63-66.
 2. *Eyzelman M. A. Zhuchkova E.V.* Syndrome of a multiorgan failure at a stroke. Scientific notes of the Oryol state university. “Natural, technical and medical science” series 2012; 6: 249-253.
 3. *Gusev E.I., Skvortsova V.I., Krylov V.V.* Mortality and disability depression from vascular diseases of a brain in the Russian Federation. *Neurologic messenger* 2007; XXXIX, NO.1: 128-133.
 4. *Kitaev V.M., Bardakov V.G., Kitaev V.S., Kruglina R.V.* Radial diagnostics of pathology of a brain. – M: Russian Academy of Natural Sciences, 2008. P. 27-37.
 5. *Norbert Hosten, Thomas Libig.* Computer tomography of the head and backbone; the lane about a germ. ; under a general edition of Shotomer Sh.Sh. – M: Medical press inform, 2011. P. 90-98.
 6. *Shevchenko Yu.L., Oadinak M.M., Kuznetsov A.N., Erofeev A.A.* Cardiogenic and angiogenic cerebral embolic stroke (physiological mechanisms and clinical implications). // “GOETAR-media” 2006. P - 272.
 7. *Skvortsova V.I., Volynsky Yu.D., Shamalov N.A. et al.* Organizational aspects of carrying out an intra arterial thrombolysis at an ischemic stroke. *News of medicine and pharmaceutics* 2010; 328: Neurology.
 8. *Somford D.M., Nederkoorn P.J., Rutgers D.R. et al.* Proximal and Distal Hyperattenuating Middle Cerebral Artery Signs at CT: Different Prognostic Implications1. // *Neuroradiology.*- 2002-Volume 223 – N. 3 - P. 667- 671
 9. *Wardlaw J.M., Mielke O.* Early Signs of Brain Infarction at CT: Observer Reliability and Outcome after Thrombolytic Treatment–Systematic Review. // *Radiology* – 2005. P. 235.
 10. *Warwick P.J.H., Barber P.A., Hill M.D. et al.* Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for Assessing CT Scans in Patients with Acute Stroke // *American Journal of Neuroradiology* – 2001. P. 9 - 22.
 11. <http://www.eso-stroke.org/>
-

УДК 618.19-006.6

UDC 618.19-006.6

О.С. САУРИНА

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой
общественного здоровья, здравоохранения и гигиены
Орловского государственного университета
E-mail: saurina051@mail.ru

А.А. ВАСИЛЬЕВ

заместитель начальника отдела социально-
гигиенического мониторинга Управления Федераль-
ной службы по надзору в сфере защиты прав по-
требителей и благополучия человека по Орловской
области, аспирант кафедры ОЗСиГ Орловского госу-
дарственного университета
E-mail: aavorel@yandex.ru

O.C.SAURINA

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Head of the Department of Public Health, Health Care and
Hygiene of
the Medical Institute, Orel state University

A.A. VASILIEV

Deputy Head of the Department of socio-hygienic
monitoring Department of the Federal service on
supervision in the sphere of the protection of consumer
rights and human welfare in Orel region, post-graduate
student of the Department of Public Health, Health Care
and Hygiene of the Medical Institute, Orel state University

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ
НОВООБРАЗОВАНИЯМИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И СМЕРТНОСТИ ОТ НИХ В РОССИИ
И НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**REGIONAL FEATURES OF MORBIDITY MALIGNANT NEOPLASMS OF MAMMARY GLAND
ON THE TERRITORY OF THE ORYOL REGION**

В статье приведены результаты исследования по изучению заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы на территории Орловской области. Представлена динамика развития заболеваемости и сравнение с ситуацией в России в целом. Приведено сопоставление уровней заболеваемости и смертности в Орловской области и в России. Полученные данные являются основой для разработки системы профилактических мероприятий по снижению заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы и усиления диспансеризации.

Ключевые слова: онкологическая заболеваемость, смертность, злокачественные новообразования молочной железы, Орловская область

The article presents the results of a study on the incidence of malignant neoplasms of mammary gland on the territory of the Orel region. Dynamics of development of the disease and the comparison with the situation in Russia in General. The comparison between the levels of sickness in the territorial area. The obtained data are the basis for the development of system of prophylactic measures on reduction of morbidity malignant neoplasms of mammary gland and the strengthening of prophylactic medical examination.

Keywords: cancer incidence, mortality, malignant neoplasms of mammary gland, Orel region.

В последние годы достигнуты большие успехи в диагностике и лечении злокачественных новообразований. Тем не менее, онкологические заболевания остаются одной из самых актуальных проблем здравоохранения во всем мире. В Докладе ВОЗ за 2012 год отмечено, что причиной 20% всех смертей в странах Европы является рак, а ведущими факторами риска названы употребление табака и алкоголя [18].

Целью данного исследования было выявление региональных особенностей заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы на территории Орловской области. Для этого проведен динамический анализ статистических показателей, характеризующих заболеваемость раком молочной железы (РМЖ) на территории Орловской области в сравнении с аналогичными показателями по Российской Федерации и анализ анкетных данных

пациентов с выявлением медико-социальных факторов, возможно влияющих на уровень заболеваемости РМЖ.

Материалами для исследования явились статистические отчетные формы № 35 «Сведения о больных со злокачественными новообразованиями», № 7 «Сведения о заболеваниях злокачественными новообразованиями» и опросные листы (анкеты) пациентов, находившихся на лечении БУЗ Орловской области «Орловский онкологический диспансер». Данные обрабатывались с использованием программы Statistica 6.0.

Актуальность проведения исследования обусловлена значительным ростом заболеваемости раком молочной железы (РМЖ) (средний темп прироста 3% в год) среди женского населения Орловской области в 2001-2011 годах.

В структуре онкологической заболеваемости в Орловской области злокачественные новообразования молочной железы занимают третье ранговое место (8,1-10,5% случаев), уступая новообразованиям кожи, трахеи, бронхов и легкого. Заболеваемость РМЖ у женщин находится на первом ранговом месте среди всех ежегодно регистрируемых случаев онкологических заболеваний, составляя от 16,5 до 20,6%.

За период 2001-2011 годов на территории Орловской области прирост заболеваемости РМЖ составил 38,5%: с 54,3 случаев на 100 тыс. населения в 2001 году до 75,2 случаев в 2011 году (рис.1).

Заболеваемость на территории Орловской области за анализируемый период сопоставима с заболеваемостью по РФ. Для исключения влияния возраста при выявлении ситуаций с РМЖ мы использовали стандартизованные показатели. В 2011 году стандартизованный показатель заболеваемости РМЖ в Орловской области составил 44,2 на 100 тыс. населения и также практически не отличался от уровня заболеваемости по РФ (45,2 на 100 тыс. населения) [7].

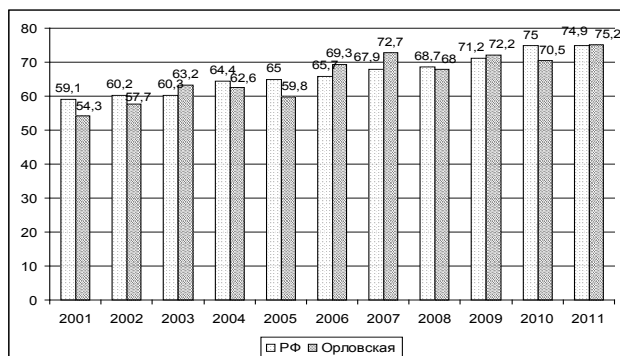


Рис.1. Динамика заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы (на 100 тыс. населения) в Орловской области и РФ в 2001-2011 годах.

Количество впервые выявленных заболевших РМЖ в Орловской области увеличилось с 252 случаев в 2001 году до 312 случаев в 2011 году. Прирост заболеваемости, возможно, связан с постарением населения – доля женщин в возрасте старше 50 лет увеличилась с 37,4% в 2001 году до 44% в 2011 году. Кроме того, данный показатель может свидетельствовать об улучшении диагностики онкологических заболеваний.

Число больных, стоящих на учете в БУЗ Орловской области «Орловский онкологический диспансер», на конец отчетного года увеличилось в 2011 году по сравнению с 2001 годом на 34,1% (с 2078 до 3149 человек соответственно). Показатель заболеваемости вырос в 2,1 раза (с 237,0 до 501,5 на 100 тыс. населения соответственно). В 2011 году на учете 5 и более лет состояли 1913 больных (60,7% всех состоящих на учете); данный показатель выше уровня 2001 года на 51,8%, что может свидетельствовать о качестве и эффективности проводимого лечения. Вывод подтверждается снижением показателя летальности среди лиц, стоящих на учете менее одного года, с 27,6% в 2001 году до 22,2% в 2011 году.

Индекс накопления контингентов (соотношение состоящих на учете на конец отчетного года к числу взятых на учет в отчетном году) в 2011г. составил 10,0 (2001г. – 8,2). Увеличение контингентов обусловлено как ростом заболеваемости, так и увеличением выживаемости онкологических больных. Индекс накопления контингентов на территории Орловской области в 2011 году на 5,2% выше, чем по Российской Федерации (9,5).

В 2011 году на 1 и 2 стадии выявлено 59,8% случаев РМЖ, что ниже, чем по РФ (65,0%). На 3 стадии выявлено 27,6% случаев (РФ – 24,8%), на 4 стадии – 11,6% (РФ – 9,1%). Доля больных, выявленных активно и взятых на учет, снизилась с 42,8% в 2001 году до 24,3% в 2011 году.

Низкий уровень выявляемости РМЖ на ранних стадиях является следствием недостаточной диагностики (маммографический скрининг) и отсутствием детальной дифференциальной диагностики с помощью томографии.

Заболеваемость злокачественными новообразованиями молочной железы в 2011 году в Орловской области ниже, чем средний уровень заболеваемости РМЖ на территории Центрального федерального округа, но превышает аналогичные показатели Брянской и Воронежской областей [7] (Рис.2).

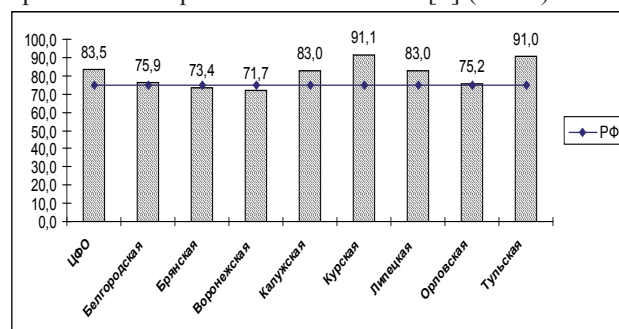


Рис.2. Уровень первичной заболеваемости РМЖ (на 100 тыс. населения) в ЦФО в 2011 году.

Превышение среднеобластного уровня заболеваемости в 2011 году зарегистрированы на территориях областного центра и 4 районов (Болховского, Верховского, Сосковского и Шаблыкинского).

В 2011 году заболеваемость злокачественными новообразованиями молочной железы регистрировалась у женщин в возрасте старше 25 лет. Максимальный уровень первичной заболеваемости (193 случая на 100 тыс. женщин) регистрировался в возрастной группе 60-64 года.

В 2011 году по сравнению с 2001 годом заболеваемость злокачественными новообразованиями молочной железы у женщин выросла: в 2,0 раза в возрастной группе 80-84 года; в 1,6 раза в возрастной группе 65-69 лет; на 42% в возрастной группе 35-39 лет; на 15 % в возрастной группе 70-74 года. За анализируемый период отмечено снижение заболеваемости РМЖ у женщин в возрасте 30-34 года, 45-49 лет, 50-54 года, 55-59 лет.

Кроме того заболеваемость РМЖ на территории

Орловской области, выше, чем на территории РФ в возрастных интервалах 35-39 лет и 40-44 года на 40%, 45-49 лет на 13,2%, 80-84 года на 10,2%, 60-64 года на 5,7%. В остальных возрастных интервалах заболеваемость на территории ниже показателя заболеваемости на территории РФ.

Ежегодно от рака молочной железы на территории Орловской области умирают от 124 до 132 женщин. Показатель заболеваемости за период наблюдения вырос на 12,9%: соответственно в 2001 и 2011 годах с 26,3 до 29,7 случаев на 100 тыс. женского населения. В целом по области в структуре причин смертности от злокачественных новообразований рак молочной железы занимает 3 ранговое место, составляя от 6,9 до 7,7% всех случаев. 2001-2011 годы отмечены его выраженным ростом, средний темп прироста составил 6,9% в год. В структуре смертности женщин от онкологических заболеваний РМЖ составлял до 17,0% всех причин и стабильно находится на 1 ранговом месте.

Смертность от РМЖ на территории Орловской области (29,7 на 100 тыс. женского населения) соответствует показателю по РФ (30,3) и ниже уровня смертности по ЦФО (33,8). Стандартизованный показатель – 14,5 случаев на 100 тыс. женского населения – ниже смертности по РФ (16,5) и ЦФО (16,3) [7].

Средний возраст умерших от рака молочной железы составляет 63 года, что соответствует данным РФ.

В Орловской области первые случаи смерти от РМЖ регистрируются в возрастном интервале 35-39 лет. Максимальные показатели смертности в возрастных группах 60-64 года и 85 лет и старше (93,9 и 127,0 случаев на 100 тыс. населения соответственно).

В 2011 году на территории Орловской области показатели смертности выше, чем на территории РФ в возрастных интервалах 45-49 лет, 55-59 лет, 60-64 года, 85 лет и старше (рис.3).

Соотношение первичной заболеваемости и смертности в Орловской области составляет 2,5, а в России – 2,8. Однако это соотношение практически не изменялось на протяжении 10 лет (2001-2011 гг.), что свидетельствует о низком уровне выявляемости и, как следствие, недостаточной диагностике и терапевтической активности в отношении РМЖ (рис.4).

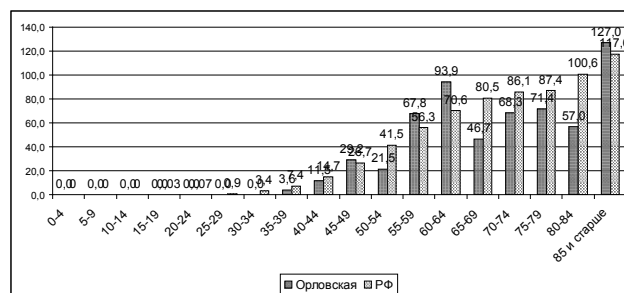


Рис.3. Возрастная динамика показателя смертности от рака молочной железы на территории Орловской области и РФ в 2011 году.



Рис.4. Динамика заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований молочной железы на территории Орловской области 2001- 2011 годы (показатель на 100 тыс. населения).

Значительный подъем заболеваемости РМЖ регистрируется в возрастной группе 35-39 лет, в последующих возрастных группах тенденция нарастает, достигая максимума к 60-64 годам (табл. 1). Соотношение первичной заболеваемости и смертности по возрастным группам от РМЖ невелико, максимальный уровень смертности приходится на 60-64 года, что свидетельствует о низкой продолжительности жизни женщин в состоянии болезни.

Заболеваемость раком молочной железы во всех возрастных группах и уровни смертности от него представлены на рис. 5.

Для изучения региональных особенностей риска возникновения РМЖ проведено анкетирование больных, страдающих раком молочной железы и находящихся на лечении в отделении химиотерапии БУЗ Орловской области «Орловский онкологический диспансер». Специально разработанная анкета включала 60 вопросов, характеризующих социальный и профессиональный статус, вредные привычки, пи-

Таблица 1.

Уровни первичной заболеваемости РМЖ и смертности по возрастным группам в Орловской области в 2011 г.

Возрастные интервалы	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85 и ст.
заболеваемость													
Показатель на 100 тыс.нас	3,5	14,1	46,9	91,6	110,3	88,8	132,6	198,3	180	151	107,1	145,7	38,1
Число случаев	1	4	13	24	34	33	45	57	27	42	18	23	3
смертность													
Показатель на 100 тыс.нас	0	0	3,6	11,5	29,2	21,5	67,8	93,9	46,7	68,3	71,4	57	127
Число случаев	-	-	1	3	9	8	23	27	7	19	12	9	10
Соотношение уровня заболеваемости к уровню смертности	-	-	13,0	8,0	3,8	4,1	2,0	2,1	3,9	2,2	1,5	2,6	0,3

щевые пристрастия. Заполнение анкеты проводилось анонимно, на добровольной основе.

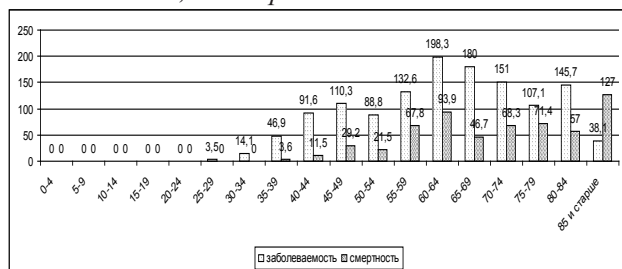


Рис. 5. Повозрастной уровень заболеваемости и смертности в Орловской области в 2011 году (показатель на 100 тыс. населения).

В анкетировании приняли участие 132 женщины с диагнозом рак молочной железы, постоянно проживающие на территории Орловской области, в возрасте 24 – 77 лет. Средний возраст лиц, принявших участие в анкетировании, – 51,5 года. Статистическая обработка анкетных данных проведена с использованием программы Statistica 6.0.

Одним из основных факторов риска развития РМЖ являются показатели, характеризующие функционирование репродуктивной системы женского организма [6, 14, 15]. В нашем исследовании 6,7% больных не имели беременностей; одна беременность отмечена у 21,8%. У 58,6% респондентов количество беременностей превышало количество родов.

На низкий социальный статус (уровень дохода менее 10 тыс. рублей на 1 члена семьи в месяц) указали 65,9% больных; на хроническое стрессовое воздействие – 67,7% респондентов.

Исследованиями Международного агентства по изучению рака (МАИР) было показано, что бедность и стресс, ведущие к тяжелой депрессии, – два важнейших психоэмоциональных фактора риска, могущих повлиять на уровень онкологической заболеваемости населения [17].

Наличие онкологических заболеваний близких родственников отметили 41,6% больных (до 20% всех случаев РМЖ являются результатом наследственной предрасположенности) [4, 14]. У большинства лиц, указавших отягощенную наследственность, выявлены: отсутствие беременностей или единственная беременность, кормление грудью до 1 месяца, аборт.

Ведущей сопутствующей патологией у 25,5% опрошенных женщин являются эндокринные заболевания: на заболевание щитовидной железы указали 14,3%, сахарный диабет – 8,2%, нарушения менструального цикла – 3,0% респондентов. Данные нашего исследования согласуются с данными литературы [1,2,3,4,5,6,14,15]

Показана роль инфекционных агентов в развитии некоторых онкологических заболеваний. МАИР классифицировало их как канцерогенные (доказано канцерогенные) для человека вирусы гепатита В и С, вирус папилломы человека, вирус Эпштейна-Барра, вирус иммунодефицита человека, бактерии *Helicobacter pylori* и ряд других [14, 16]. В наших исследованиях наличие заболеваний вирусной приро-

ды в анамнезе указали 38,6% женщин, в том числе папилломатоз – 28,0%, герпетическая инфекция – 11,3% больных. Инфицирование двумя и более возбудителями отметили 4,5% респондентов. Следует отметить, что в данной группе фактор, характеризующий репродуктивные функции организма (отсутствие беременностей или единственная беременность, аборт), достигает 92,4% случаев.

Связь между потреблением животных жиров и риском РМЖ была показана многими российскими и зарубежными авторами в аналитических эпидемиологических исследованиях [1, 4, 14, 18]. Хотя животные жиры были отнесены к группе компонентов питания, увеличивающих риск РМЖ, следует отметить, что с появлением более точных методов оценки потребления жиров, с использованием усовершенствованных методов статистического анализа существование причинной связи между потреблением жиров вообще и насыщенных жиров в частности и риском развития РМЖ подвергается сомнению. [5, 6]

По результатам нашего исследования, 88,6% больных отметили, что редко употребляют или не употребляют животные жиры. Учитывая, что две трети из них имеет низкий уровень среднедушевого дохода, можно предположить хронический недостаток в их рационе жиров животного происхождения. Корреляционный анализ, проведенный между заболеваемостью РМЖ и потреблением жиров населением Орловской области, выявил обратную зависимость ($t=-0,5$).

Следует заметить, что 76,2% респондентов заявили, что не принимают витаминные препараты и микроэлементные комплексы антиоксидантного действия (витамин С, Е, препараты селена).

Таким образом, контингент риска развития рака молочной железы – это женщины в возрасте старше 40 лет, с низким уровнем дохода, подверженные стрессовому воздействию, с отягощенным преморбидным фоном (гормональные нарушения, инфекционная патология с доказанной канцерогенностью), незначительным потреблением животных жиров, не использующих поливитамины.

Аналитические данные, полученные при статистическом исследовании и анкетировании, позволяют рекомендовать при диспансерных и профилактических осмотрах проводить сплошной маммографический скрининг, биохимическое исследование на онкомаркеры РМЖ женщинам в возрасте старше 40 лет. Кроме того, необходима просветительская работа, ориентирование женщин старших возрастных групп на прохождение ежегодно медицинских осмотров, обучение приемам самообследования молочных желез. В профилактической работе с женщинами фертильного возраста необходимо мотивировать их к рождению 2 и более детей, пропагандировать кормление грудью, оптимальную длительность грудного вскармливания, информировать о вреде абортов, в том числе медикаментозных прерываний беременности.

Библиографический список

1. Берштейн Л.М. Онкоэндокринология. Традиции, современность и перспективы. СПб.: Наука, 2004. 343 С.
2. Берштейн Л.М. Частота семейного диабета у страдающих диабетом онкологических больных /Берштейн Л.М., Бояркина М.П., Тесленко С.Ю., Васильев Д.А. // Вопр. онкологии. 2011. Т.57, №4. С.443–447.
3. Берштейн Л.М., Мерабишвили В.М., Ковалевский А.Ю., Васильев Д.А., Котов А.В., Карпова И.А., Семенова Н.В., Пожарисский К.М., Семиглазов В.Ф. Эпидемия сахарного диабета и ожирения: проекция на онкологическую заболеваемость /Берштейн Л.М., Мерабишвили В.М., Ковалевский А.Ю., Васильев Д.А., Котов А.В., Карпова И.А., Семенова Н.В., Пожарисский К.М., Семиглазов В.Ф. // Вестник РАМН. 2009. №9. С.13-20.
4. Бохман Я.В. Руководство по онкогинекологии. Л.: Медицина, 1989. 463 С. 5.
5. Габуня М. С. Факторы риска развития доброкачественных заболеваний молочной железы на фоне гинекологических заболеваний /Габуня М. С., Братик А. В., Олимпиева С. П. // Маммология. 1998. № 2. С. 21–26.
6. Заридзе Д.Г. Эпидемиология и этиология злокачественных новообразований/ В кн. «Канцерогенез»/ Под ред.Д.Г. Заридзе. М.: Медицина, 2004. С.29–85.
7. Злокачественные новообразования в России в 2011 году (заболеваемость и смертность) Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой.- М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздравсоцразвития России, 2012, 260 с
8. Состояние онкологической помощи населению России в 2011 году Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздравсоцразвития России, 2012, 188 с.
9. Особенности заболеваемости злокачественными новообразованиями молочной железы на территории Орловской области / О.С. Саурина, А.А. Васильев //материалы XII международной научно-практической конференции «Инновации в науке». – Новосибирск, 2012. С.86-92.
10. Саурина О.С. Оценка состояния здоровья населения Орловской области с использованием гис-технологий / О.С. Саурина, О.М. Пригоряну // Ученые записки Орловского государственного университета. Орел, 2010. №4 (38). С.241 – 251.
11. Саурина О.С. Гендерные особенности заболеваемости злокачественными новообразованиями в Орловской области / О.С. Саурина, А.А. Васильев // Материалы 5 международной научно-практической конференции «Восточное партнерство – 2012». Przemysl, 2012. С.22-26.
12. Саурина О.С. Современное состояние проблемы заболеваемости злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов и легкого на территории Орловской области / О.С. Саурина, Г.Л. Захарченко, А.В. Удодов, А.А. Васильев // Ученые записки Орловского государственного университета. Орел, 2012. №6 (50). С.317 – 321.
13. Саурина О.С. Структура заболеваемости злокачественными новообразованиями на территории Орловской области/ О.С.Саурина, А.А.Васильев// Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции Общественное здоровье и здравоохранение XXI века: проблемы, пути решения, подготовка кадров. М. 2012.С. 432-436.
14. Иванов В.Г. Эпидемиологические факторы риска, ранняя диагностика рака молочной железы //Практическая онкология 2002г № 9 с. 1-5
15. Barron A., Bermejo L., Castro I. Estrogen receptors and the mammary gland // Rev. Invest. Clin. 1997. Vol. 49, N 6. P. 515–528.
16. Guo M., Sneige N., Silva E.G., et al. Distribution and viral load of eight oncogenic types of human papillomavirus (HPV) and HPV 16 integration status in cervical intraepithelial neoplasia and carcinoma. *Mod Pathol.*, 2007, Feb. 20(2). P. 256-66.
17. Social Inequalities and Cancer. – Lion : IARC, 1997
18. Доклад о состоянии здравоохранения в Европе 2012 г.[электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа:
19. <http://www.euro.who.int/ru/what-we-do/data-and-evidence/european-health-report-2012>, свободный. – заглавие с экрана.

References

1. Bershtein L.M. Oncoendocrinology. Tradition, modernity and perspectives. - SPb.: Nauka, 2004. -343.
2. Bershtein L. Frequency of the family diabetes in cancer patients suffering from diabetes /Bershtein L.M., Boyarkina M.P., Teslenko S.YU., Vasiliev DMITRY. // Questions of Oncology. - 2011. - Vol.57, №4. - Pp.443-447.
3. Bershtein L.M., Merabishvili V.M., Kovalevsky A.YU., Vasiliev D.A., Kotov, A.V., Karpov I.A., Semionov N.V., Pogarski K.M., Semiglazov V.F. The epidemic of diabetes and obesity: projection on the incidences of cancer /Bershtein L.M., Merabishvili V.M., Kovalevsky A.Yu., Vasiliev D.A., Kotov, A.V., Karpov I.A., Semionov N.V., Pojarisski K.M., Semiglazov V.F. // Bulletin of the Russian Academy of medical Sciences. - 2009. - №9. - Pp.13-20.
4. Bochman YA. Guide oncogynecology. - L.: Medicine, 1989. - 463. 5.
5. Gabyniya M. S. Risk factors for the development of benign diseases of the mammary gland on the background of gynecological diseases / Gabyniya M.S., Bratik A.V. Oimpiyeva S. P. // Mammalogy. - 1998. -№ 2. -Pp. 21-26.
6. Zaridze D.G. Epidemiology and etiology of malignant neoplasms of the/ In the book. «Carcinogenesis»/ Under ed.

D.G.Zaridze. - M.: Medicine, 2004. - Pp.29-85.

7. Malignant neoplasms in Russia in 2011 (morbidity and mortality), ed. V.I. Chissova, V.V. Starinski, G.V. Petrova.- M.: FSU «MNIIOI named after P.A.. Herzen», Ministry of Health of Russia, 2012, p. 260.

8. The state of the oncological help to the population of Russia in 2011 Under ed. V.I. Chissova, V.V. Starinski, G.V. Petrova.- M.: FSU «MNIIOI named after P.A.. Herzen», Ministry of Health of Russia, 2012, p. 188.

9. *Saurina O.S.* The structure of morbidity malignant neoplasms of the territory of Orel region/ O.S. Saurina, Vasilyev, A. A.// Materials of all-Russian scientific-practical conference on public health and health care of the XXI century: problems, solutions, training. - M. 2012.Pp. 432-436.

10. *Saurina O.S.* Assessment of the health condition of the population of the Oryol oblast with the use of GIS-technologies / O.S. Saurina, O.M.Prigorianu // Scientific notes of Orel state University. - Orel, 2010. - №4 (38). - Pp.241 - 251.

11. *Saurina O.S.* Gender peculiarities of morbidity malignant neoplasms in Orel region / O.S. Saurina, A.A. Vasiliev // Materials of the 5-th international scientific-practical conference «Eastern partnership - 2012». - Przemysl, 2012. - Pp.22-26.

12. *Saurina O.S.* Modern state of the problem of morbidity malignant neoplasms of trachea, bronchus, and lung on the territory of the Orel region / O.S. Saurina, G.L. Zakharchenko A.V. Udodov, A.A. Vasiliev // Scientific notes of Orel state University. - Orel, 2012. - №6 (50). - Pp.317 - 321.

13. *Saurina O.S.* The structure of morbidity malignant neoplasms on the territory of Orel region/ O.S. Saurina, A. A.Vasilyev // Materials of all-Russian scientific-practical conference on Public health and health care of the XXI century: problems, solutions, training. - M. 2012. Pp. 432-436.

14. *Ivanov V.G.* The epidemiological risk factors, early diagnostics of a cancer of a mammary gland // Experimental Oncology 2002 № 9. Pp.1-5

15. *Barron A., Bermejo L., Castro I.* Estrogen receptors and the mammary gland // Rev. Invest. Clin. — 1997. — Vol. 49, N 6. — Pp. 515—528.

16. *Guo M., Sneige N., Silva E.G., et al.* Distribution and viral load of eight oncogenic types of human papillomavirus (HPV) and HPV 16 integration status in cervical intraepithelial neoplasia and carcinoma. Mod Pathol., 2007, Feb. 20(2). Pp. 256-66.

17. Social Inequalities and Cancer. – Lion: IARC, 1997

18. Report on the state of health in Europe of 2012.[electronic resource]: [web site]. Mode of access: <http://www.euro.who.int/ru/what-we-do/data-and-evidence/european-health-report-2012>, the free. - title from the screen.

УДК 616.37-002:616-089.168.1

UDC 616.37-002:616-089.168.1

О.В. СОКОЛОВА

кандидат медицинских наук, врач-гастроэнтеролог,
Национального медико-хирургического центра
им. Н.И. Пирогова, г. Москва
E-mail: brilliant.sov@yandex.ru

O.V. SOKOLOVA

candidate of medical sciences, gastroenterologist, Pirogov
National Medical & Surgical Center, Moscow
E-mail: brilliant.sov@yandex.ru

ПОВРЕЖДАЮЩАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

DAMAGE RISK FACTORS FOR ACUTE PANCREATITIS IN EARLY POSTOPERATIVE PERIOD

С целью выявления причин развития острого панкреатита (ОП) в раннем послеоперационном периоде проведен ретроспективный анализ историй болезни 680 больных, оперированных в условиях искусственного кровообращения (ИК) по поводу патологии сердца. ОП развился у 4,4% больных. Среди риск-факторов, оказывающих наибольшее влияние на развитие ОП, существенное значение имели наличие в анамнезе приступов ОП, длительное ИК, длительная искусственная вентиляция легких, острая сердечная недостаточность, ДВС-синдром, сепсис. Наибольшее повреждающее действие для развития ОП оказывали сепсис, ДВС-синдром и длительное ИК.

Ключевые слова: острый панкреатит, осложнения в раннем послеоперационном периоде, риск-факторы развития острого панкреатита, повреждающая значимость факторов риска.

The aim of this study is to identify reasons of acute pancreatitis in early postoperative period. Retrospective analysis of 680 patients after CABG was performed. Acute pancreatitis was diagnosed in 4,4%. Among risk factors were acute pancreatitis in patient history, long extracorporeal circulation, acute heart failure, septicemia, disseminated intravascular coagulation. Most damaging factors were septicemia, disseminated intravascular coagulation, long extracorporeal circulation.

Keywords: acute pancreatitis, complications in early postoperative period, acute pancreatitis risk factors.

На долю острого панкреатита (ОП) приходится 11-35% от абдоминальных осложнений раннего послеоперационного периода [1, 3, 4, 7, 13]. Летальность при деструктивных формах достигает 35-85%. В литературе среди наиболее частых причин развития ОП выделяют несколько тесно взаимосвязанных повреждающих факторов: 1) Механические, как следствие нарушения эвакуации панкреатического секрета по протоковой системе поджелудочной железы, приводящие к внутрипротоковой гипертензии и формированию билиарного панкреатита. Нарушения вызываются, главным образом, поражением внепеченочных желчных протоков, желчного пузыря и различными заболеваниями БДС, приводящими к повышению внутриполостного давления и дискинезии сфинктерного аппарата. 2) Нейрогуморальные, ведущие к нарушению иннервации и метаболических функций поджелудочной железы, печени различной этиологии. Они появляются у больных с гиперлипидемией, сахарным диабетом, вирусным гепатитом, васкулитами различной этиологии, заболеваниями печени, паразитарными болезнями, при кардиогенном и септическом видах шока. 3) Токсические, вызванные присутствием экзо- и эндогенных токсических метаболитов различной природы. Среди широкого спектра химических соединений, являющихся этиологически-

ми факторами острого панкреатита, необходимо отметить лекарственные препараты, широко используемые в клинической практике: омепразол, фуросемид, нестероидные противовоспалительные средства (индометацин, вольтарен и т.д.), ранитидин, эритромицин, метронидазол, тетрациклин, цитостатики (азатиоприн, метотрексат), кортикостероиды [2, 8, 9, 11]. 4) Ишемическое повреждение клеток поджелудочной железы как следствие острого нарушения микроциркуляции вследствие гипоперфузии органов брюшной полости, обусловленное экстракорпоральным кровообращением. Нарушение микроциркуляции в поджелудочной железе ведет к вазоконстрикции, внутрикапиллярному свертыванию, венозному застою и артериовенозному шунтированию [5, 10].

Таким образом, патогенетические моменты развития ОП в раннем послеоперационном периоде разнообразны. У оперированных больных изменения значительно утяжеляют течение послеоперационного периода и нередко приводят к развитию необратимых фатальных изменений гомеостаза в организме, о чем убедительно свидетельствует крайне высокий уровень летальности даже в специализированных многопрофильных хирургических центрах. Высокий уровень летальности во многом определяет актуальность проблемы и диктует необходимость дальней-

шего продолжения исследований, раскрывающих этиопатогенез, диагностическую и лечебную тактику этого тяжелого осложнения.

Цель работы: изучить факторы риска развития ОП в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических больных и определить их повреждающую значимость.

Материал и метод. Проведен ретроспективный анализ историй болезни 680 больных, оперированных в НМХЦ им. Н.И. Пирогова в 2008-2011 годах по поводу хронической ишемической болезни и другой патологии сердца. Все больные оперированы в условиях ИК с антеградной фармако-холодовой или тепловой кровяной кардиopleгией. Операции по реваскуляризации миокарда (аортокоронарное и маммарокоронарное шунтирование) проведены 405 (59,5%) больным. Остальным 275 больным (40,5%) были выполнены комбинированные операции в различных сочетаниях: протезирование клапанов сердца, сочетание протезирования клапанов сердца и реваскуляризации миокарда, коррекция врожденных дефектов, санация камер сердца, пластика аневризм, тромбэктомия, удаление опухоли и устранение других нарушений. В 65% комбинированные операции сочетались с реваскуляризацией миокарда.

Изучение историй болезни позволило выделить основную (первую) группу больных в количестве 30 человек, у которых ранний послеоперационный период осложнился ОП. Из них 20 (66,7%) были выполнены операции по реваскуляризации миокарда и 10 (33,4%) – различные операции на сердце: на клапанах, стенке желудочков, комбинированные операции, включающие коррекцию порока и реваскуляризацию миокарда. Вторую, контрольную группу, составили остальные 650 больных, у которых послеоперационный период не осложнился ОП. Этим больным были выполнены операции по реваскуляризации миокарда (57,2%), а также различные операции на клапанах сердца, комбинированные операции, удаление опухоли сердца (42,8%). Возраст больных первой группы составлял от 47 до 69 лет (средний 59 лет). Возраст больных второй группы – от 42 до 72 лет (средний 55 лет). При анализе историй болезни сформированных групп изучали анамнез, сопутствующую патологию, осложнения основного заболевания, особенности операции, время операции, ИК и пережатия аорты, течение и ведение послеоперационного периода, сроки возникновения осложнений, данные лабораторных и инструментальных исследований до и после операции, прослеженные в динамике, особенности лечения.

Из особенностей оперативного лечения и раннего послеоперационного периода учитывали длительную (>270 минут) вентиляцию легких, длительное (>100 минут) ИК, острую сердечную недостаточность, развитие ДВС-синдрома, гипотензию, длительную назогастральную интубацию (>2 суток), длительное энтеральное питание (>5 суток), лечение глюкокортикоидами, развитие сепсиса, печеночной

и почечной недостаточности. Полученные сведения сопоставляли между двумя группами больных, с учетом их репрезентативности. Для оценки достоверности разности относительных показателей (Р) в основной и контрольной группе использовали t-критерий. При $t \geq 2$ различие показателей считали достоверным. Степень вероятности безошибочного прогноза составляла 95%. Оценку причинной связи факторов риска с возникновением ОП (повреждающей значимости фактора) в основной группе проводили сравнением долей случаев (АР%), вызванных изучаемым воздействием:

$$AP\% = (p1 - p0) / p1$$

АР% – доля случаев в экспонированной группе – абсолютный риск, выраженный в %.

p1 – показатель количества осложнений, подверженных изучаемому фактору.

p0 – показатель количества осложнений, не подверженных изучаемому фактору.

Доля случаев равная 100 соответствовала 100% абсолютному риску от изучаемого фактора.

Полученные результаты и их обсуждение. Анализ состава изучаемых нами групп больных свидетельствует об их идентичности. Так, средний возраст больных в основной и контрольной группах существенно не отличался – 59 и 55, соответственно ($t < 2$). Основные диагнозы и виды хирургического лечения в обеих группах также не имели статистически значимых различий. В первой группе операции по реваскуляризации миокарда были выполнены 66,7% больным, на клапанах сердца и другие виды хирургического лечения – 33,4%. Во второй группе – 57,2% и 42,8% соответственно ($t < 2$). Оценивая сократительную способность миокарда по фракции выброса, мы также получили приблизительно одинаковые результаты. Снижение этого показателя менее 55% наблюдалось в первой группе у 24% больных, во второй – у 21%.

ОП в раннем послеоперационном периоде развилось у 30 больных (4,4%). Из них деструктивная форма установлена у 7, отечная – у 23. Анализ факторов риска, их влияния на развитие заболевания включал выявление в анамнезе заболеваний, которые могли бы провоцировать ОП, а также изучение особенностей оперативного лечения и раннего послеоперационного периода. Аналогичные анамнестические данные, особенности оперативного лечения и раннего послеоперационного периода изучали у пациентов контрольной группы. Результаты представлены в таблице 1.

Анализируя таблицу, можно заключить, что из анамнестических данных наибольшее значение для развития осложнения в послеоперационном периоде имело наличие в анамнезе перенесенных приступов ОП. По этому признаку получена достоверная разница между основной и контрольной группами ($t > 2$). Наличие в анамнезе у больных желчнокаменной болезни, хронического холецистита не показали достоверного различия, хотя можно отметить превалирование этих заболеваний у больных основной

группы ($t = 1,9$). Еще меньшую причинную связь показало наличие в анамнезе холецистэктомии и хронического панкреатита ($t = 1,3$ и $1,0$). Возраст больных (от 65 до 75 лет) также не имел существенного влияния на развитие осложнения. Среди факторов раннего послеоперационного периода и особенностей оперативного лечения достоверная разница получена среди больных, перенесших длительное ИК ($t = 3,5$), длительную искусственную вентиляцию легких, острую сердечную недостаточность, ДВС-синдром, сепсис ($t > 2$). Гипотензия, почечная недостаточность, печеночная недостаточность, возникающие в раннем послеоперационном периоде, не подтвердили достоверное различие с группой контроля.

Таблица 1.

Факторы риска развития острого панкреатита и их частота

Факторы риска	Частота в группах*		t
	Основная n=30 (P1)	Контрольная n=650 (P2)	
Анамнестические факторы			
Приступы остро- го панкреатита	1 (3,4)	5 (0,8)	3,5
Желчнокаменная болезнь	7 (23,3)	55 (8,5)	1,9
Хронический холецистит	8 (26,6)	73 (11,2)	1,9
Острый холецистит, холецистэктомия	5 (16,6)	47 (7,3)	1,3
Хронический панкреатит	5 (16,6)	61 (9,4)	1,0
Возраст >	3 (10,0)	33 (5,0)	0,9
Факторы операции и раннего послеоперационного периода			
Длительное ИК	12 (40,0)	54 (8,3)	3,5
Длительная искусствен- ная вентиляция легких	9 (30,0)	68 (10,5)	2,3
Острая сердечная недостаточность	7 (23,3)	35 (5,4)	2,3
ДВС-синдром	4 (13,4)	11 (1,7)	2,3
Сепсис	5 (16,6)	16 (2,4)	2,1
Гипотензия	6 (20,0)	43 (6,6)	1,8
Почечная недостаточность	4 (13,4)	16 (2,4)	1,8
Печеночная недостаточность	2 (6,6)	20 (3,0)	0,8

Результаты изучения повреждающей значимости факторов риска для вероятности развития ОП представлены в таблице 2.

Представленные в таблице значения АР% свидетельствуют, что перечисленные в таблице факторы риска в большей или меньшей степени оказывали повреждающее действие, поскольку абсолютное большинство значений показателя АР% превышало 50%. Среди особенностей оперативного лечения наибольшее повреждающее значение имело длительное ИК. Отношение рисков (RR) у этих больных составило 4,8. Еще большее повреждающее значение показали такие факторы, как развитие ДВС синдрома ($RR=7,9$), сепсиса ($RR=6,9$) в раннем послеоперационном периоде. Углубленное изучение временных факторов операций в основной и контрольной группах показало, что средняя длительность операций в основной группе составила 4 ч. 44', в контроль-

ной группе – 3 ч. 36' ($t<2$). Среднее время ИК – 95' и 82' соответственно ($t<2$). Анализ распределения этих показателей внутри основной группы выявил, что наибольшее повышение средних показателей приводило к появлению деструктивных форм ОП. Среднее время операций у больных деструктивной формой панкреатита составило 5 ч. 01', в то время как у больных с отечной формой – 3 ч. 43'. Среднее время ИК у больных деструктивной формой составило 97', отечной – 87'. Этот факт соответствует установившемуся мнению [11], что во время ИК существенно снижается системное АД; гипотензия, в свою очередь, уменьшает кровоснабжение ПЖ, ведет к расстройству микроциркуляции, что наряду с повышением активности эктопического трипсинагена индуцирует морфологические изменения в поджелудочной железе. Следовательно, благодаря хорошо известной чувствительности поджелудочной железы к гипоперфузии, ее ишемии следует рассматривать в качестве основного механизма развития ОП после ИК. Этот факт подтверждают и другие полученные нами данные, а именно связь между частотой развития сепсиса, ДВС-синдрома и развитием ОП. Сепсис приводит к эндотоксемии, высвобождению цитокинов и активации каскада воспаления, что в конечном итоге ведет к системной гипоперфузии и вследствие этого к полиорганной недостаточности.

Таблица 2.

Оценка повреждающей значимости факторов риска

Факторы риска	Оценка риска		
	p1 %	p0 %	AP%
Анамнестические факторы			
Возраст >	10,0	5,0	50
Хронический панкреатит	16,7	9,4	43
Приступы острого панкреатита	3,4	0,8	76
Желчнокаменная болезнь	23,3	8,5	63
Хронический холецистит	26,6	11,2	58
Острый холецистит, холецистэктомия	16,7	7,3	56
Факторы операции и раннего послеоперационного периода			
Длительное ИК	40,0	8,3	84
Длительная искусственная вентиляция легких	30,0	10,5	65
Острая сердечная недостаточность	23,3	5,4	77
ДВС-синдром	13,4	1,7	87
Гипотензия	20,0	6,6	67
Сепсис	16,6	2,4	85
Почечная недостаточность	13,4	2,4	82
Печеночная недостаточность	6,6	3,0	54

Выводы

1. В раннем послеоперационном периоде у больных после операций на сердце с использованием ИК ОП развился у 30 больных (4,4%). Из них деструктив-

ная форма установлена у 7 (1%), отечная – у 23 (3,4%).

2. Среди риск-факторов, оказывающих наибольшее влияние на развитие ОП, следует отметить наличие в анамнезе приступов ОП, длительное ИК, длительную искусственную вентиляцию легких, острую

сердечную недостаточность, ДВС-синдром, сепсис.

3. Наибольшее повреждающее действие для развития ОП оказывает сепсис, ДВС-синдром и длительное ИК.

Библиографический список

1. Бокерия Л.А. Итоги кардио- и ангиохирургии в Российской Федерации за 2003 г. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. 2004; 5, 11: С. 5.
2. Малиновский Н.Н., Агафонов Н.П., Решетников Е.А. и др. Лечение острого деструктивного алиментарного панкреатита. Хирургия. 2000; 1: С. 4-7.
3. Саурина О.С., Мамошина И.В., Мамошин А.В. Анализ заболеваемости острым панкреатитом на территории Орловской области. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки» 2012; 6(50): С. 322-326.
4. Шевченко Ю.Л., Попов Л.В., Зайнитдинов Ф.А. и др. Профилактика и лечение деструктивного панкреатита у больных, перенесших оперативное лечение на сердце в условиях ИК. Тез. докл. 14-го Всероссийского съезда сердечно-сосудистых хирургов. М., 9-12 ноября 2008; 233 с.
5. Шумаков В.И., Толтекин В.Е., Шумаков Д.В. Искусственное сердце и вспомогательное кровообращение. М.: Янус-К. 2003.
6. Andersson B., Nilsson J., Brand J. et al. Gastrointestinal complications after cardiac surgery. Br. J. Surg. 2005; 92, 3: 326-333.
7. D'Ancona G., Baillet R., Poirier B. et al. Determinants of gastrointestinal complications in cardiac surgery. Tex. Heart Inst. J. 2003; 30, 4: P. 280-285.
8. Lonardo A., Grisenti A., Bonilauri S. et al. Ischemic necrotising pancreatitis after cardiac surgery A case report and review of the literature. Ital. Gastroenterol. Hepatol. 1999; 31, 9: С. 872-875.
9. Obermaier R., Benz S., Kortmann B. et al. Ischemia\ reperfusion-induced pancreatitis in rats a new model of complete normothermic in situ ischemia of a pancreatic-segment. Clin Exp Med. 2001; 1, 1: P. 51-59.
10. Sakorafas GH, Tsiotos GG, Sarr MG. Ischemia Reperfusion-Induced pancreatitis. Dig Surg. 2000; 17, 1: P. 3-14.
11. Stefaniak ST, Glowacki J, Dymecki D et al. Pancreatitis following heart transplantation. Surg. Today. 2003; 33, 9: 693-697.
12. Svensson LG, Decker G, Kinsley RB. A prospective study of hyperamylaseia and pancreatitis after cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 1985; 39: 409-411.
13. Zacharias A., Schwann T.A., Paranteau G.L. Predictors of gastrointestinal complications in cardiac surgery. Tex. Heart Inst. J. 2000; 27, 2: 93-99.

References

1. Bokeriya L.A. Results cardio- and angiosurgery in the Russian Federation for 2003. The bulletin NCCVS of A.N. Bakulev of the Russian Academy of Medical Science. 2004; 5, 11: 5.
2. Malinovsky N. N., Agafonov N. P., Reshetnikov E.A. et al. Treatment of acute destructive alimentary pancreatitis. Surgery. 2000; 1: 4-7.
3. Saurina O. S., Mamoshina I.V., Mamoshin A.V. The analysis of incidence of acute pancreatitis in the territory of the Oryol region. Scientific notes of the Oryol state university. "Natural, Technical and Medical Science" series 2012; 6(50): 322-326.
4. Shevchenko YU.L., Popov L.V. Zaynitdinov F.A. et al. Prevention and treatment of destructive pancreatitis at the patients after cardiac surgery treatment using extracorporeal circulation. Тез. докл. 14th All-Russian congress of cardiovascular surgeons. М, on November 9-12, 2008; 233
5. Shumakov V. I. Tolpekin V. E. Shumakov D. V. Artificial heart and auxiliary blood circulation. М: Janus-K. 2003.
6. Andersson B., Nilsson J., Brand J. et al. Gastrointestinal complications after cardiac surgery. Br. J. Surg. 2005; 92, 3: 326-333.
7. D'Ancona G., Baillet R., Poirier B. et al. Determinants of gastrointestinal complications in cardiac surgery. Tex. Heart Inst. J. 2003; 30, 4: 280-285.
8. Lonardo A., Grisenti A., Bonilauri S. et al. Ischemic necrotising pancreatitis after cardiac surgery A case report and review of the literature. Ital. Gastroenterol. Hepatol. 1999; 31, 9: 872-875.
9. Obermaier R., Benz S., Kortmann B. et al. Ischemia\ reperfusion-induced pancreatitis in rats a new model of complete normothermic in situ ischemia of a pancreatic-segment. Clin Exp Med. 2001; 1, 1: 51-59.
10. Sakorafas GH, Tsiotos GG, Sarr MG. Ischemia Reperfusion-Induced pancreatitis. Dig Surg. 2000; 17, 1: 3-14.
11. Stefaniak ST, Glowacki J, Dymecki D et al. Pancreatitis following heart transplantation. Surg. Today. 2003; 33, 9: 693-697.
12. Svensson LG, Decker G, Kinsley RB. A prospective study of hyperamylaseia and pancreatitis after cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 1985; 39: 409-411.
13. Zacharias A., Schwann T.A., Paranteau G.L. Predictors of gastrointestinal complications in cardiac surgery. Tex. Heart Inst. J. 2000; 27, 2: 93-99.

УДК 616.24-002-073.916

UDC 616.24-002-073.916

А.А. СТАРОСЕЛЬЦЕВ

врач-рентгенолог, аспирант кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета

И.Б. БЕЛОВА

доктор медицинских наук, профессор кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета
E-mail: ib-belova.belowa2012@yandex.ru

Е.С. БЫЧКОВА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета

А.С. ГУСЕВ

врач-рентгенолог Орловской областной клинической больницы

A.A. STAROSEL'TSEV

post-graduate student of medical institute of Orel State University

I.B. BELOVA

radiologist, professor, doctor of medical sciences, head of the Radiologic course of Medical institute of Orel State University

E-mail: ib-belova.belowa2012@yandex.ru

E.S. BYCHKOVA

radiologist, associate professor, candidate of medical sciences, Radiologic course of Medical institute of Orel State University

A.S. GUSEV

radiologist of the Radiologic Department of Orel regional hospital

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ПНЕВМОНИИ В УСЛОВИЯХ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ БОЛЬНИЦЫ

RADIOLOGIC DIAGNOSIS OF PNEUMONIA IN THE MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL

В статье приведены результаты исследования 85 больных пневмонией с использованием высокоразрешающей мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ). Представлено сравнение МСКТ признаков пневмоний, вызванных различными микроорганизмами и/или их сочетаниями. Полученные результаты могут иметь значение для дифференциальной диагностики внебольничных пневмоний.

Ключевые слова: диагностика, внебольничная пневмония, рентгенография, мультиспиральная компьютерная томография с высоким разрешением.

In the article investigations of 85 patients with community-acquired pneumonia by using high resolution spiral multislice computed tomography (MSCT) was evaluated. The frequency of each MSCT finding among the different pneumonia caused by various microorganisms and/or their combinations was compared. The received results can be used for differential diagnosis community-acquired pneumonia.

Keywords: diagnosis community-acquired pneumonia, high resolution spiral multislice computed tomography.

Проблема диагностики и лечения пневмоний сохраняет свое значение. В настоящее время нет тенденции к снижению уровня заболеваемости пневмонией – наиболее распространенного заболевания во всех странах мира. Заболеваемость внебольничной пневмонией остается высокой и продолжает расти повсеместно. Так, в США ежегодно регистрируют 5-6 млн случаев внебольничной пневмонии (Визель Л.Л., 2011). В Великобритании аналогичный показатель увеличился за период с 1994 года по 2002 год с 31,8‰ до 50‰. (Христолюбова Е.И., 2002). С конца XX века по 2007 год в странах Европы и США заболеваемость внебольничной пневмонией увеличилась вдвое – с 8‰ до 15‰. Частота госпитализации по данным разных авторов составляет в зависимости от типа системы здравоохранения от 15 до 42% (Иванчик Н.В. и соавт., 2008; Макаревич А.Э., 2005).

Внебольничная пневмония – это самая частая причина смерти от инфекционных заболеваний в США (Ewig S., 2011). В старшей возрастной груп-

пе ей обусловлено до 50% летальных исходов среди инфекционной патологии и 90% смертей среди болезней органов дыхания (Niederman M.S. et al., 2001; Mandell L.A. et al., 2000).

Отмечается рост заболеваемости пневмонией и в Восточное Европе. Например, в 2007-2011 годах в Молдове данный показатель увеличился с 45,1 до 59,1 на 10.000 человек. В то же время имеет место некоторое снижение смертности от внебольничной пневмонии – с 30 до 21,3 на 100.000 населения (Московчук А.Ф. и соавт., 2012).

В России в последнее десятилетие прослеживается тенденция к увеличению числа зарегистрированных случаев болезней органов дыхания в целом. Так, за период 2005-2010 гг. данный показатель в РФ вырос с 295,3 до 323,8 на 1.000, при этом в Центральном Федеральном округе – с 312,2 до 325,6 на 1.000 населения. Наибольшее количество случаев зарегистрировано в Северо-восточном регионе (Владимирская, Ивановская, Костромская и Ярославская области),

наименьшее – в южных областях (Белгородская, Воронежская, Курская). Самый высокий показатель роста заболеваемости органов дыхания зарегистрирован в Ивановской, Костромской, Орловской и Рязанской областях. Напротив, снижение заболеваемости отмечено за пять лет в Липецкой области и г. Москва. За исключением Северо-Кавказского Федерального округа, на территории всей страны отмечается рост заболеваемости органов дыхания (Российский статистический ежегодник, 2011).

Заболеваемость внебольничной пневмонией в России существенно увеличилась в 1970-1980 годы и в последующем почти не снижалась. Пик заболеваемости пришелся на 2009 год. В начале нового тысячелетия заболеваемость внебольничной пневмонией в РФ в различных регионах составляла от 3-5 до 10-14% (Иванчик Н.В. и соавт., 2008; Макаревич А.Э., 2005). Ежегодно в нашей стране регистрируется около полумиллиона больных внебольничной пневмонией, однако, эти данные не точны – реальная заболеваемость превышает эту цифру втрое (Чучалин А.Г., 2010; Шпрыков А.С., 2011). Наибольшее число зарегистрированных случаев внебольничной пневмонии также наблюдается среди детей и у пожилых людей старше 60 лет – до 18%. (Синопальников А.И., 2003). Смертность от пневмонии достигает в РФ 33% (Российский статистический ежегодник, 2007).

Этиологическая картина внебольничной пневмонии является крайне вариабельной. Частота встречаемости возбудителей зависит от региона исследования, групп пациентов и других условий. Среди пожилых больных преобладает поражение *Streptococcus pneumoniae* (9-50%), *Enterobacteriaceae* (6-37%), *Haemophilus influenzae* (3-25%), *Staphylococcus aureus* (4-14%) и смешанной микрофлорой (5-22%); при этом на долю *Legionella*, *Pseudomonas*, *Mycoplasma* и анаэробов приходится до 9,5%. (Синопальников А.И., 2011)

Полиэтиологичность внебольничной пневмонии влияет на разнообразность её течения: от тяжёлой, злокачественной формы до abortивной. На увеличение встречаемости последней с протеканием болезни в скрытом виде или со смазанной клиникой влияет широкая доступность медикаментов. Отсутствие активного этиологического и патогенетического лечения приводит к возрастанию встречаемости тяжелой и осложнённой пневмонии (Barlett G., 2000; Lange S., 2007). По всей видимости, этим же обусловлен и рост выявляемости условно-патогенной микрофлоры у таких пациентов.

Массовое распространение лекарственной устойчивости среди ранее неvirulentных в нормальных условиях штаммов бактерий и грибов стало важной медицинской проблемой (Чернуха Ю.М. и соавт., 2005; Rolston K.V.I., 2005). Существует мнение, что одним из важнейших признаков микробной патологии в будущем станет появление полирезистентных возбудителей (Абдалкин М.Е., 2011; Благоданова

А.С., 2012; Сапичева Ю.Ю., 2010; Трубникова Г.В., 2009).

Классический для пневмонии симптомокомплекс, включающий лихорадку, боли в грудной клетке, кашель, отделение мокроты, общую слабость и ряд характерных лабораторных признаков: лейкоцитоз, нейтрофиллез, палочкоядерный сдвиг влево, увеличение СОЭ, встречается в наше время не всегда.

Ряд подобных друг другу процессов имеет неспецифические не только клинические, но и рентгенологические проявления. Рентгенография органов грудной клетки обладает низкой специфичностью (например, всего 40-50% в диагностике грибковой пневмонии). Её данные сводятся лишь к констатации наличия изменённых корней лёгких и усиленного легочного рисунка (Тюрин И.Е., 2003; Чучалин А.Г. и др., 2002).

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) обладает намного более высокими чувствительностью, специфичностью и информативностью в дифференцировании патологии лёгких, но в силу ряда причин при пневмонии выполняется нечасто. По данным различных литературных источников и в зависимости от характера поражения лёгких, чувствительность МСКТ достигает 95% (Виноградова Д.Н. и соавт., 2003; Морозов С.П., и соавт., 2009; Тюрин И.Е., 2003; Шмелёв Е.И., 2004; Flaherty K.R. et al., 2001; Grenier P. et al., 2002; Hansell D.M. et al., 2001; Verschakelen J.A. et al., 2007; Wallace T. M. Jr., 2006).

МСКТ диагностика многообразных пневмоний основана на выявлении определенных сканирологических паттернов (Brauner M.W. et al., 1998; Grenier P. et al., 2002). Такой подход к систематизации лучевой диагностики патологических процессов в лёгких существенно облегчает «ориентирование» врача-рентгенолога в изучаемой картине. Необходимо учитывать возможность принадлежности любого паттерна к десяткам различных заболеваний. Например, альвеолярная консолидация характеризует: криптогенную организующую пневмонию, эозинофильную пневмонию, бронхиолоальвеолярный рак, альвеолярный протеиноз, ряд васкулитов и лимфом, обнаруживается при лёгочном кровотечении и интерстициальном отёке лёгких (Peros-Golubicic T., 2006; Schwarz M.I. et al., 2003).

Кроме того, МСКТ исследование при пневмониях в силу ряда причин проводится далеко не всем больным. Однако, в зарубежной литературе и отдельных отечественных источниках имеются сведения об особенностях МСКТ симптомов пневмоний, вызванных различными этиологическими причинами. На наш взгляд, данный вопрос изучен недостаточно. Авторы указывают на малое количество обследованных больных, использование нескольких аппаратов в разных учреждениях, отсутствие гистологической верификации и другие моменты, не позволяющие достаточно надежно проследить зависимость рентгенологических симптомов от типа

возбудителя. В этой связи нам представляется интересным уточнить МСКТ семиотику пневмоний, вызванных *Streptococcus pneumoniae* и другими микроорганизмами.

Цель настоящего исследования – улучшить диагностику внебольничных пневмоний с использованием мультиспиральной компьютерной томографии с высоким разрешением.

Для достижения поставленной цели нами были определены следующие задачи: уточнить частоту встречаемости МСКТ признаков внебольничной пневмонии, вызванной *Streptococcus pneumoniae*; изучить особенности МСКТ семиотики внебольничных пневмоний, вызванных различными микроорганизмами; провести сравнение по разнородным показателям данных, полученных при МСКТ исследованиях больных внебольничными пневмониями.

Материалы и методы. В 2012 г. в БУЗ Орловской области «Орловская областная клиническая больница» всего получили лечение по поводу пневмонии 248 больных. Из них: количество поступивших больных в отделения терапевтического профиля – 224, хирургического профиля – 24 человека. Доля внебольничных пневмоний при этом составила 242(90,32%) случаев, госпитальных пневмоний – 6(2,42%). Средняя степень тяжести течения заболевания установлена у 117(55,2%), тяжелое течение – у 95(44,8%) больных.

При поступлении в стационар больным выполнялось клиническое, лабораторное, микробиологическое и традиционное рентгенологическое исследования. В сложных диагностических случаях 85 больным была выполнена компьютерная томография. Данные больные и составили основную группу исследования. Таким образом, всего ретроспективно изучены медицинская документация, данные микробиологических исследований и изображения, полученные тонкими срезами с использованием мультиспиральной компьютерной томографии, 85 больных пневмонией.

На каждого больного, включенного в исследование, заполняли специально разработанные индивидуальные карты регистрационного учета двух типов.

Карта (форма1) включала сведения о поле и возрасте пациента, наличии фоновых состояний и сопутствующих заболеваний, данные об исходе пневмонии, а также результаты микробиологических исследований. Среди сопутствующих заболеваний мы обозначили: алкогольную и никотиновую зависимость, заболевания сердца, мочевыделительной системы, желудочно-кишечного тракта, сахарный диабет, злокачественные опухоли, иммунодефициты, травма и другие. Исходы пневмонии представлены как полное выздоровление, выздоровление с остаточными рентгенологическими изменениями и летальный исход.

Карта (форма2) содержала информацию о локализации патологического процесса в легких и результаты ретроспективного просмотра МСКТ изо-

бражений с целью выявления рентгенологических симптомов поражения легких, таких как: симптом матового стекла (ground-glass opacity), консолидация (consolidation), внутридольковые ретикулярные затемнения (untralobular reticular opacity), утолщения междольковых перегородок (interlobular septal thickening), уплотнения по ходу сосудов и бронхов (bronchovascular bundle thickening), утолщение бронхиальной стенки (bronchial wall thickening), очаги (centrilobular и peribronchovascular nodules), расширение бронхов (airway dilatation), узлы (nodules), полости деструкции (cavity), плевральный выпот (pleural effusion), увеличенные лимфатические узлы (lymph node enlargement), эмфизема (pulmonary emphysema)

Рабочее МСКТ обследование больных проводили на аппарате GE Healthcare LightSpeed™ VCT 64. Подготовка к исследованию и методика выполнения самой процедуры являлись стандартными, выполнялись согласно протоколу исследования органов грудной полости. Контрастное усиление проводили в единичных случаях и в настоящем исследовании не оценивали.

Интерпретация изображений (в среднем от 360 до 450 для каждого больного) была выполнена методом экспертной оценки тремя врачами-рентгенологами, специализирующимися в области легочной патологии, со стажем работы два, пять и 10 лет. Оценка изображений эксперты выполняли на профессиональном мониторе, конфиденциально, независимо друг от друга, без предварительного знакомства с историей болезни и диагнозом. В последующем имевшиеся отдельные разногласия в интерпретации изображений были устранены при обсуждении.

Достоверность полученных данных была оценена при помощи компьютерных программ (Microsoft office 2010, приложение Excel; Медстат) и математически путём оценки показателя χ^2 . Разница полученных данных стандартно считалась достоверной при $p < 0,05$.

Полученные результаты и их обсуждение

Ретроспективное изучение медицинской документации 85 больных, включенных в исследование, показало, что среди обследованных преобладали мужчины 60(70,59%). Женщины составили чуть более трети от всех больных изучаемой группы – 25(29,41%). Распределение больных по полу и возрасту представлено в таблице 1. Большая часть больных имела возраст старше 40 лет – 78(92%), из них: почти четверть от общего количества исследуемых составила группа старше 70 лет – 22(25,9%).

Таблица 1.

Распределение больных пневмонией, включенных в исследование, по полу и возрасту, n=85

	Возраст, количество полных лет						Всего
	18-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70 и >	
Мужчины	7	7	13	16	5	12	60 (70,59%)
Женщины	2	1	1	4	7	10	25 (29,41%)
Всего	9	8	14	20	12	22	85

У больных исследуемой группы преобладала внебольничная пневмония – 79(93%), госпитальная пневмония установлена – у 6(7%) больных (таблица 2). Среди сопутствующей патологии лидирующее место занимали заболевания сердца и сосудов – 34(40%) и злокачественные новообразования – 13(15%). Несколько меньшую долю составили заболевания мочевыделительной системы – 8(9,4%), заболевания желудка и гепатопанкреатодуоденальной зоны – 9(10%) больных соответственно.

Исходы пневмонии также представлены в таблице 2. Пневмония закончилась выздоровлением у 62(73%) больных в том числе с остаточными рентгенологическими изменениями – у 33(39%). Летальный исход имел место у 17(20%) больных и был связан не только с пневмонией. У 11(13%) больных причиной смерти стало прогрессирование основного заболевания или последствия травмы.

Вовлечение в процесс долей легких, а также распределение патологических изменений в паренхиме представлено в таблице 3. Преобладало поражение правого легкого – 69(81,2%), нижних долей: правого легкого – 44(52%) и левого легкого – 35(41%). Почти две трети случаев составило центральное распределение патологических изменений в паренхиме – 58(68%), двустороннее полисегментарное поражение легких имело место – у 28(33%) больных.

Обобщенные результаты работы экспертов по изучению МСКТ симптомов у больных пневмонией представлены в таблице 4.

Таблица 2.

Характеристика, сопутствующие заболевания и исходы у больных пневмонией, n=85

	Характеристика пневмоний, фоновые заболевания, исходы	Абс.	%
1	Внебольничная пневмония	79	93
2	Нозокомиальная пневмония	6	7
	Фоновых заболеваний и состояний нет	10	11,8
1	Алкогольная зависимость	3	3,5
2	Заболевания сердца и сосудов	34	40
3	Сахарный диабет	6	7
4	Заболевания мочевыделительной системы	8	9,4
5	Заболевания желудка и гепатопанкреатодуоденальной зоны	9	10
6	Злокачественные опухоли	13	15
7	Иммунодефициты	5	6
8	Травма	7	8
9	Другие	8	9,4
	Исход заболевания		
1	Выздоровление	29	34%
2	Выздоровл с остат. рентген изменениями	33	39
3	Летальный исход	17	20
4	Перевод в другие лечебные учреждения	6	7

Таблица 3.

Локализация патологических изменений в легких у больных пневмонией, n=85

Локализация	Абс.	%
Правое легкое	69	81
Верхняя	21	25
Средняя	22	26
Нижняя	44	52
Левое легкое	45	53
Верхняя	12	14
Нижняя	35	41
Центральное распределение внутри доли	58	68
Периферическое распределение внутри доли	40	47
Одностороннее поражение больше одной доли	18	21
Двустороннее полисегментарное поражение	28	33

Таблица 4.

Частота встречаемости МСКТ симптомов у больных пневмонией, n=85

		Абс.	%
1	Симптом матового стекла (ground-glass opacity)	29	34
2	Консолидация (consolidation)	69	81
3	Внутридолевая ретикул затемн (untralobular reticular opacity)	7	8
4	Утолщ междолек перегородок (interlobular septal thickening)	12	14
5	Уплотн по ходу сосуда и бронхов (bronchovascular bundle thickening)	17	20
6	Утолщ бронхиальной стенки (bronchial wall thickening)	3	3,5
7	Центрилобулярные очаги (centrilobular nodules)	4	47
8	Перибронховаскулярные очаги (peribronchovascular nodules)	7	8
9	Расширение бронхов (airway dilatation)	37	43,5
10	Узлы (более 1,5 см в диаметре) (nodules)	2	2
11	Полости (деструкции) (cavity)	37	43,5
12	Плевральный выпот (pleural effusion)	52	61
13	Увеличенные лимфатические узлы (lymph node enlargement)	34	40

Самым частым МСКТ симптомом в нашем исследовании эксперты обнаружили симптом консолидации – 69(81%) случаев. Симптом матового стекла у 16(19%) больных встречался как самостоятельный симптом и у 13(15%) – сопровождал симптом консолидации. Среди других симптомов часто обнаруживали симптом расширения бронхов – у 37(43,5%), полости деструкции – у 37(43,5%), плевральный выпот – у 52(61%) и увеличение лимфатических узлов – у 34(40%) случаев.

Из общего количества 248 больных с диагнозом пневмония, зарегистрированных в ООКБ в 2012 году этиологический диагноз заболевания с указанием конкретного возбудителя был установлен в 130 случаях, из них отчетливо преобладал *Streptococcus pneumoniae* – у 94(72,3%) больных. Однако, по разным причинам далеко не всем этим больным была выполнена компьютерная томография.

Среди 85 больных, включенных в настоящее исследование и обследованных на компьютерном томографе, исследование микрофлоры не проводилось или не было информации – у 16(19%), рост микрофлоры не выявлен у 8(9,4%), *Streptococcus pneumoniae* как единственный источник заболевания обнаружен – у 7(8,2%), другие разновидности и их сочетания *Streptococcus spp.* – у 43(50,6%), *Klebsiella oxytoca/pneumoniae* – у 10(11,8%), *Staphylococcus aureus MRSA* – у 10(11,8%). Далее в соответствии с изменениями, выявленными при исследовании микрофлоры, мы провели сравнение МСКТ симптомов у больных пневмонией, вызванной *Streptococcus pneumoniae* (группа 1), и у больных пневмониями, вызванными *Streptococcus spp.* (группа 2), *Klebsiella oxytoca/pneumoniae* (группа 3) и *Staphylococcus aureus MRSA* (группа 4). Результаты полученных данных представлены в таблице 5.

Изолированный симптом матового стекла (рис 1) – область снижения воздушности легочной ткани, не перекрывающая изображение сосудистых структур, обусловленная отеком и инфильтрацией паренхимы – в нашем исследовании наиболее часто мы обнаруживали в группе 2 (*Streptococcus spp.*) – у 20(47%) больных. В других группах данный симптом как самостоятельное проявление патологических изменений был выявлен в единичных случаях, однако, сопровождал консолидацию почти у всех больных (в таблице не показан).

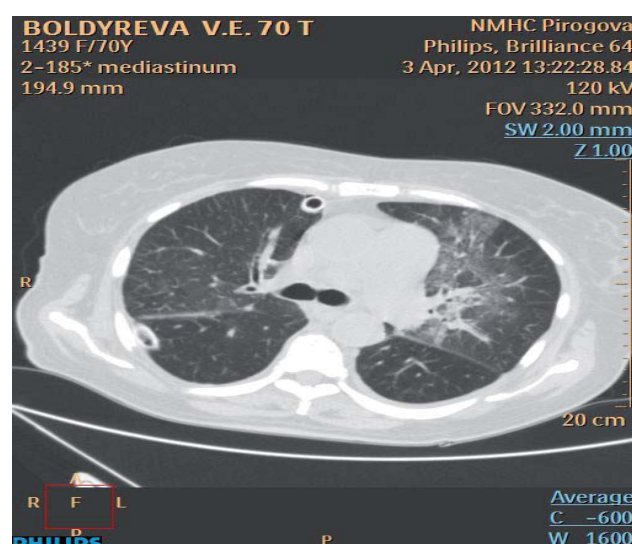


Рис 1. Пневмония, вызванная *Streptococcus spp.* Симптом матового стекла в языковых сегментах верхней доли левого легкого – снижение воздушности легочной ткани в результате отека и инфильтрации, на фоне которого хорошо видны сосудистые структуры.

Таблица 5.

Сравнение МСКТ симптомов у больных пневмонией, вызванной *Streptococcus pneumoniae*, и у больных пневмонией, вызванной другими микроорганизмами или их сочетанием, n=60

МСКТ симптомы	Группы больных в соответствии с выявленным возбудителем, n=60							
	Streptococcus pneumoniae, n=7		Streptococcus spp., n=43		Klebsiella oxytoca/pneumoniae n=10		Staphylococcus aureus MRSA, n=9	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Симптом матового стекла (ground-glass opacity) – изолированный	1	14	20	47	1	10	0	0
Консолидация (consolidation)	6	86	23	53	9	90	9	100
Внутридолев ретикул затемн (untralobular reticular opacity)	2	28	5	12	8	80	7	78
Утолщ междолек перегородок (interlobular septal thickening)	3	43	8	19	1	10	3	33
Уплотн по ходу сосудов и бронхов (bronchovascular bundle thickening)	3	43	14	33	2	20	8	89
Центрилобулярные очаги (centrilobular nodules)	2	28	9	21	1	10	6	67
Расширение бронхов (airway dilatation)	1	14	9	21	1	10	3	33
Полости (деструкции) (cavity)	0	0	0	0	1	10	2	22
Плевральный выпот (pleural effusion)	2	28	11	26	4	40	9	100
Увеличенные лимфатические узлы (lymph node enlargement)	3	43	8	19	1	10	1	11

Симптом консолидации (рис. 2) – область повышенного затемнения, перекрывающая изображение сосудов, обусловленная более выраженной инфильтрацией паренхимы – мы обнаружили у подавляющего большинства больных в группе 1 (*Streptococcus pneumoniae*) – у 6(86%), в группе 3 (*Klebsiella oxytoca/pneumoniae*) – у 9(90%) и в группе 4 (*Staphylococcus aureus MRSA*) – у 9(100%) больных.

Уплотнения по ходу сосудов и бронхов (bronchovascular bundle thickening) (рис. 3) и утолщение междольковых перегородок (interlobular septal thickening) – в похожих соотношениях преобладали в группах 1, 3 и 4. Но особенно выделялась группа 4 (*Staphylococcus aureus MRSA*), где данный симптом был обнаружен у 8(89%) больных.

Центрилобулярные очаги (рис 3), расположенные вокруг периферических ветвей легочных артерий или расположенные в 3-5 мм от плевры, междольковых перегородок или легочных вен, более часто мы обнаруживали в группе 1– 2(28%) и особенно часто в группе 4– 6(67%).

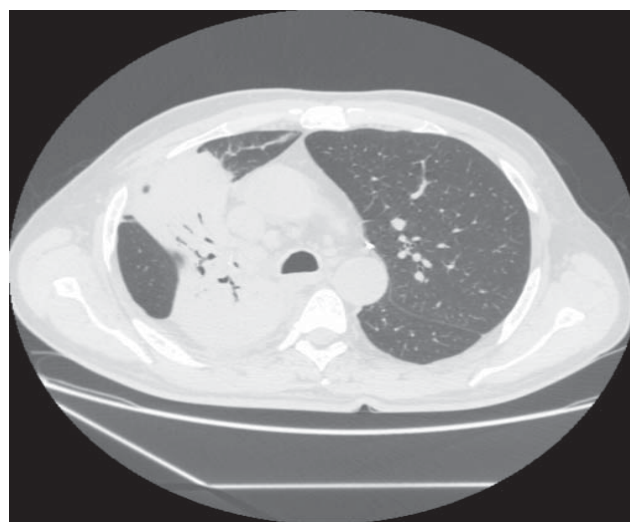


Рис 2. Пневмония, вызванная *Streptococcus pneumoniae*. Симптом консолидации. Массивная инфильтрация занимает значительную часть верхней доли правого легкого, сопровождается объемным уменьшением пораженных отделов. На фоне уплотнения паренхимы отчетливо виден симптом «воздушной бронхограммы».

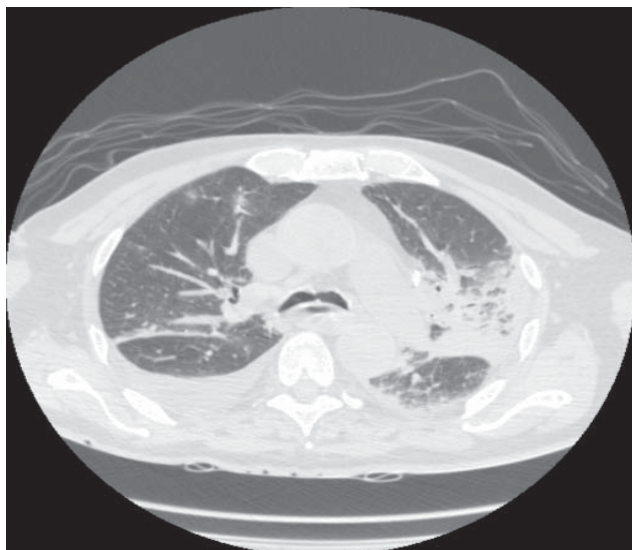


Рис 3. Пневмония, вызванная *Staphylococcus aureus* MRSA. В нижней доли левого легкого определяется неоднородная инфильтрация легочной ткани (симптом консолидации), по периферии менее интенсивное затемнение представлено зонами матового стекла. Видно также множество сливных внутридолевых очагов и выпот справа.

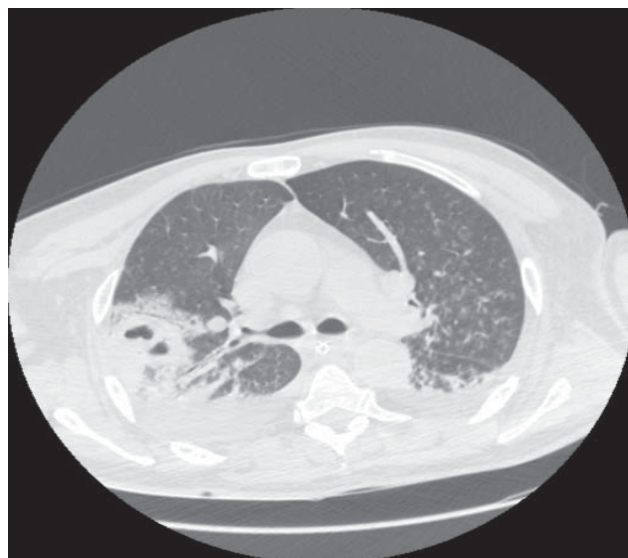


Рис 4. Пневмония, вызванная *Klebsiella pneumoniae*. В верхней доле правого легкого на фоне массивного уплотнения легочной ткани (симптом консолидации) отчетливо видны формирующиеся полости деструкции. Хорошо видны также утолщения по ходу сосудов и бронхов и двусторонний плеврит.

Полости деструкции в группах 1 и 2 не были обнаружены, но в группах 3(*Klebsiella oxytoca/pneumoniae*) и 4(*Staphylococcus aureus* MRSA) выявлены у 1(10) и 2 (22%) соответственно (рис 4).

Выпот в плевральной полости (рис 3 и 4) с наибольшей частотой мы обнаружили в группе 4(*Staphylococcus aureus* MRSA) – у 9(100%) больных. Увеличение лимфатических узлов корня и средостения считали имеющим место, если диаметр короткой оси узла был более 1 см. Преобладала частота встречаемости признака в группе 1 (*Streptococcus pneumoniae*) –3(43%) больных.

Закключение. Многие из больных исследуемой группы имели тяжелые фоновые или сопутствующие заболевания: сердца и сосудов, политравмы, злокачественные опухоли, что отразилось на тяжести течения и МСКТ симптомах. Преобладало поражение правого легкого, нижних долей, центральное

распределение патологических изменений в паренхиме и двустороннее полисегментарное поражение легких. Самым частым МСКТ симптомом была консолидация, которую сопровождался симптом матового стекла. Среди других симптомов чаще других встречались симптом расширения бронхов, полости деструкции, плевральный выпот и увеличение лимфатических узлов.

Изолированный симптом матового стекла наиболее часто встречался при пневмонии, вызванной *Streptococcus spp.* Пневмонии, вызванные *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca/pneumoniae* и *Staphylococcus aureus* MRSA, характеризовались консолидацией, расширением бронхов и уплотнениями по ходу сосудов и бронхов. Пневмония, вызванная *Klebsiella pneumoniae* или *Staphylococcus aureus* MRSA, чаще осложнялась деструкцией и плевритом.

Библиографический список

1. Абдалкин М.Е. Условно-патогенные микробы: системный подход к проблемам лекарственной устойчивости и роли при воспалительных процессах. Автореф. дис. ...д-ра мед. наук. Уфа, 2011.
2. Васина Т.Н., Зубцова Т.И., Ровенская Н.А. и др. Особенности догоспитальной диагностики внебольничной пневмонии у детей. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки» 2012; 6(50): С.224-226.
3. Визель Л.Л. Внебольничная пневмония в практике амбулаторного врача: роль патогенетической терапии Пульмонология и аллергология 4, 2011, 19-23
4. Иванчик Н.В., Козлов С.Н., Рачина С.А. и соавт. Этиология фатальных внебольничных пневмоний у взрослых. Пульмонология 2008; 6: С.53-58
5. 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. – М.: МЕДпресс-информ, 2011.
6. Рачина С.А., Козлов Р.С., Шаль Е.П. и др. Структура бактериальных возбудителей внебольничной пневмонии в многопрофильных стационарах г. Смоленска. Пульмонология 2011; 1: С. 5-18.
7. Струтынский А.В., Юдин А.Л., Семёнов Д.В. и др. Опыт применения компьютерной томографии высокого

разрешения лёгких в диагностике и оценке результатов лечения внебольничной пневмонии. Пульмонология 2011; 4: С. 68-70.

8. Суринов А.Е. «Российский статистический ежегодник». 2011: Стат.сб./Росстат.-М., 2011; 795с.
9. Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Козлов Р.С. и др. Внебольничная пневмония у взрослых. Практические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике. Пособие для врачей. Российское респираторное общество. Межрегиональная ассоциация по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (МАКМАХ). М.: 2010.
10. Okada F, Ando Y, Honda K, et al. Clinical and pulmonary thin-section CT findings in acute Klebsiella pneumoniae pneumonia. Eur Radiol. 2009; 19(4): C.809-15.
11. Okada F, Ando Y, Matsushita S et al. Thin-section CT findings of patients with acute Streptococcus pneumoniae pneumonia with and without concurrent infection. Br J Radiol. 2012; 85(1016): e357-64.
12. Nambu A, Saito A, Araki T, et al. Chlamydia pneumoniae: comparison with findings of Mycoplasma pneumoniae and Streptococcus pneumoniae at thin-section CT. Radiology. 2006; 238(1):330-8.
13. http://www.pulmonology.ru/download/tezisi_2012_1.pdf 404-406
14. http://www.gks.ru/bgd/regl/b11_13/IssWWW.exe/Stg/d2/08-17.htm

References

1. Abdalkin M. E. Opportunistic pathogens: the systematic approach to problems of drug-resistance and their role in inflammatory processes. Abstract of the thesis of the Dr. of medical sciences. Ufa, 2011.
 2. Vasina T.N., Zubtsova T.I., Rovenskaya N.A. et al. Feature of pre-hospital diagnosis community-acquired pneumonia in children. Scientific notes of Orel state university. A series «Natural, technical and medical sciences» 2012; 6(50): 224-226
 3. Vigel L.L. Community-acquired pneumonia in practice of the out-patient doctor: a role of pathogenetic therapy. Pulmonology& allergology 4, 2011, 19-23
 4. Ivanchik N.V., Kozlov S.N., Rachina S.A. et al. An aetiology fatal community-acquired pneumonia in adults. Pulmonology 2008; 6: 53-58
 5. 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. Shotemur. – 3th ed. – М.: MEDpress-inform, 2011.
 6. Rachina S.A., Kozlov R.C., Shal E.P. et al. A spectrum of causative bacterial pathogens in community-acquired pneumonia in multidisciplinary hospitals of Smolensk. Pulmonology 2011; 1: 5-18.
 7. Strutynsky A.V., Judin A.L., Semenov D.V. et al. Experience of high-resolution computed tomography of the lungs in diagnosis and assessment of treatment of community-acquired pneumonia. Pulmonology 2011; 4: 68-70.
 8. Surinov A.E. The Russian statistical year-book. 2011: Stat.sb./Rosstat. - М.: 2011; 795.
 9. Chuchalin A.G., Sinopalnikov A.I., Kozlov R.C. et al. Community-acquired pneumonia in adults. Practical guidelines for diagnosis, treatment and prevention. The manual of doctors. The Russian respiratory society. Inter-regional association on clinical microbiology and antimicrobial chemotherapy. М: 2010.
 10. Okada F, Ando Y, Honda K, et al. Clinical and pulmonary thin-section CT findings in acute Klebsiella pneumoniae pneumonia. Eur Radiol. 2009; 19(4):809-15.
 11. Okada F, Ando Y, Matsushita S et al. Thin-section CT findings of patients with acute Streptococcus pneumoniae pneumonia with and without concurrent infection. Br J Radiol. 2012; 85(1016):e357-64.
 12. Nambu A, Saito A, Araki T, et al. Chlamydia pneumoniae: comparison with findings of Mycoplasma pneumoniae and Streptococcus pneumoniae at thin-section CT. Radiology. 2006; 238(1):330-8.
 13. http://www.pulmonology.ru/download/tezisi_2012_1.pdf 404-406
 14. http://www.gks.ru/bgd/regl/b11_13/IssWWW.exe/Stg/d2/08-17.htm
-
-

УДК 618.3 – 003.826 – 009.24

UDC 618.3 – 003.826 – 009.24

Р.Н. СТЕПАНОВА

доктор медицинских наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета.

E-mail: rimmans2006@rambler.ru

Н.Н. СМОЛЕЧКОВА

аспирант кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета.

E-mail: nataliya85@yandex.ru

А. С. КОСОВА

аспирант кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета.

E-mail: annasergi@rambler.ru

R.N. STEPANOVA

Doctor of Medical Sciences, Professor of Obstetrics and Gynecology department of Medical Institute, Orel State University

E-mail: rimmans2006@rambler.ru

N.N. SMOLECHKOVA

Post-graduate student of Obstetrics and Gynecology department of Medical Institute, Orel State University

E-mail: Nataliya85@yandex.ru

A.S. KOSOVA

Post-graduate student of Obstetrics and Gynecology department of Medical Institute, Orel State University

E-mail: annasergi@rambler.ru

**ОЖИРЕНИЕ – ФАКТОР, АССОЦИИРОВАННЫЙ С ВЫСОКИМ РИСКОМ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРЕЭКЛАМПСИИ, АКУШЕРСКИХ И ПЕРИ-НЕОНАТАЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ БЕРЕМЕННОСТИ
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

**OBESITY – FACTORS ASSOCIATE WITH HIGH RISK IMPLEMENTATION
PREECLAMPSIA, OBSTETRIC AND PERI-NEONATAL COMPLICATION OF PREGNANCY (REVIEW)**

Обзор научной литературы, которая рассценивает ожирение у беременной женщины как фактор высокого риска формирования серьезных акушерских и перинатальных осложнений, способствующих в 28% случаев материнской смертности, а также неблагоприятным перинатальным исходам.

Ключевые слова: ожирение, преэклампсия, акушерские осложнения, перинатальные исходы.

The review of the scientific literature, which considers obesity in pregnant women as a factor in the formation of the high-risk obstetric and perinatal complications, which may contribute to 28% of maternal deaths, and adverse perinatal outcomes, is presented in the article.

Keywords: obesity, preeclampsia, obstetric complications, perinatal outcomes.

Ожирение – своеобразная плата человечества за урбанизацию и прогресс. Неблагоприятное влияние избыточной массы тела на здоровье человека известно со времен Гиппократов, это ему приписывают изречение: «Внезапная смерть более характерна для тучных, чем для худых». При ожирении имеет место избыточное накопление адипозной ткани, вместе с тем, ожирение – не просто избыток жира в организме, это сложная патология, которую рассценивают как хроническое рецидивирующее заболевание, способствующее проявлению и развитию многих сопутствующих болезней, сокращающих продолжительность жизни и ухудшающих её качество.

Степень ожирения определяется индексом массы тела Кетле (ИМТ) $\geq 30 \text{ кг/м}^2$. Ожирение считают триггером множества метаболических нарушений, включая резистентность к инсулину, гипертензию, гипергликемию, гипертриглицеридемию; редуцирование уровня холестерина ЛПВП; при ожирении существенно нарушается качество жизни [8]. В настоящее время адипозную ткань рассматривают как эндокринный орган, продуцирующий гормоны, лептин в частности. Лептин влияет на образование

половых стероидов, стимулирует освобождение гонадолиберина, ЛГ и ФСГ, проявляет пирогенный эффект [6]. При ожирении повышается риск венозных тромбозов и ТЭЛА. Кроме того, ожирение тесно ассоциируется с инсулиновой резистентностью, дислипидемией; при ожирении имеет место повышение уровня оксидантного стресса [16,32].

За последние 25 лет ожирение приобрело черты пандемии – более 30% взрослых и 10% детей населения Земли имеют избыточный вес. В 2008 году ожирением страдали 200 млн. мужчин и 300 млн. женщин, а к 2015г. около 700 млн. взрослых будут тучными людьми [25]. Согласно эпидемиологическим прогнозам, при сохранении темпов прироста избыточной массы тела к 2025 году ожирением будут страдать около 40% мужчин и 59% женщин.

Ожирение является серьезной медицинской и социальной проблемой экономически развитых стран. Распространенность избыточной массы тела и ожирения в США нарастает с драматической скоростью, при этом частота ожирения среди взрослых составляет 15 – 32%, среди подростков – 5–17% [17]. В Англии в 2007 году в возрасте от 16 до 64 лет были

учтены как тучные 23,6% мужчин и 24,4% женщин [30]. За 10-летний период в Дании, Англии, других странах Европы с 3,1 до 7,8% увеличилось число случаев морбидного ожирения ($ИМТ \geq 50 \text{ кг/м}^2$) среди 30-летних женщин [10]. Особенно серьезным является факт, что уровень тучности существенно нарастает и в популяции беременных. В докладе ВОЗ о состоянии здравоохранения в мире «Не оставим без внимания каждую мать, каждого ребенка» подчеркивается, что все более актуальной становится проблема ожирения беременных женщин из-за повышения степени риска возникновения серьезных материнских, фетальных и неонатальных осложнений.

Ожирение производит повреждающий эффект на каждый аспект репродуктивного здоровья, в том числе на беременность, роды, послеродовой период. Материнское ожирение – широко распространенный фактор риска неблагоприятных материнских и перинатальных исходов. E.Jarvi et al. (2010) установили, что у 1-й из 5 женщин репродуктивного возраста ожирение имеет высокую социо-экономическую стоимость из-за повышенного риска материнских и неонатальных осложнений.

Проблема ожирения актуальна и в педиатрии, т.к. почти у 60% взрослых заболевание начинается в детском возрасте [1].

ВОЗ прогнозирует, что к 2015 году число страдающих ожирением беременных женщин составит 18,5 – 38,3%. У этих беременных повышается риск серьезных материнских и фетальных осложнений: в 2,5 – 3,2 раза возрастает частота гестационной гипертензии и в 1,6 – 3,3 раза – преэклампсии (ПЭ). У беременных женщин с суперожирением ($ИМТ \geq 50 \text{ кг/м}^2$) достоверно чаще, чем у женщин с ожирением, развивалась ПЭ, при этом относительный риск (ОР) составил 1,7; 95% CI 1,4 – 2,7.

Доказано существование тесной связи между высоким ИМТ накануне беременности и развитием ПЭ, при этом в 1,7 раза повышается риск оперативных вагинальных родов и в 2 – 3 раза – кесарева сечения; возможны такие тяжелые осложнения как неонатальная заболеваемость и смертность.

Новорожденные тучных матерей нередко нуждаются в интенсивной неонатальной помощи, рождаются с макросомией, низкой оценкой по шкале Апгар. Риск мертворождения и неонатальной смертности на 1-м месяце жизни на 50 – 100% выше, чем у детей, рожденных матерями с нормальным весом [14,26,29,32]. Кроме того, ожирение у беременных повышает риск таких серьезных осложнений, как тромбоэмболизм, выкидыш, гестационный диабет, гипотоническое кровотечение, послеродовая инфекция, мертворождение, нарушения лактации, неонатальная заболеваемость и смертность; имеются данные, подтверждающие повышение риска материнской смертности. Среди матерей с ожирением материнская смертность составила 28% [27].

Таким образом, уровень ожирения в современной популяции беременных нарастает, производя

при этом повреждающий эффект на каждый аспект репродуктивного здоровья. Наряду с выкидышем, врожденными пороками развития, перенашиванием, гипотоническим кровотечением, инфекцией, венозными тромбозами, учащаются случаи ПЭ.

В России частота беременных женщин с алиментарным ожирением составляет 14,3%. Разные степени ожирения отмечаются преимущественно у первородящих. У каждой второй пациентки с ожирением III степени развивается ПЭ, у 48% ожирению сопутствуют другие экстрагенитальные заболевания, а у 68% отмечены также гинекологические заболевания. Отечественные исследователи выявили у 52% беременных женщин с ожирением ультразвуковые признаки жировой дистрофии печени [5].

Беременность у тучных женщин, как уже упоминалось, нередко осложняется ПЭ и другой акушерской патологией. Всего 86,5% пациенток с ожирением находились в оптимальном репродуктивном возрасте, что, к сожалению, свидетельствует о низком уровне здоровья этой группы беременных, 25% из них страдали ожирением с детства. Авторы заключают, что ожирение служит негативным преморбидным фоном для вынашивания беременности [2,4].

Еще в 1990 году R.L.Naeye обнаружил тесную взаимосвязь между весом тела матери, осложнениями и неблагоприятными исходами беременности. Во время беременности это – гестационный диабет, гипертензия, тромбоэмболия; в родах – кефало-тазовая диспропорция, учащение КС и периоперативной заболеваемости. Фето-неонатальные осложнения включали макросомию, дистоцию плечиков, внутриутробную задержку роста, мертвый плод, врожденные пороки развития, особенно нервной трубки (анэнцефалия, менингоцеле, гидроцефалия). Как установили A.Kovanagi et al.(2013), изучавшие распространенность макросомии плода в 23 развивающихся странах, одним из факторов риска манифестации макросомии является ожирение и большая гестационная прибавка веса.

Уже отмечалось, что тучные женщины ($ИМТ > 29 \text{ кг/м}^2$) имеют высокий риск развития гестационной гипертензии (ОР - 3,4; 95%CI 2,0 – 5,7), он строго коррелирует с манифестацией ПЭ [10]. Значительная гестационная прибавка веса тесно связана с повышением риска гестационной гипертензии и умеренно – с развитием ПЭ, более того, величина прибавки веса за период беременности может служить предиктором исхода беременности [36,37]. Наряду с этим, избыточная масса тела накануне зачатия – наиболее значимый фактор высокого риска акушерских осложнений. Прегравидное ожирение как фактор риска неблагоприятных исходов беременности в 2 – 3 раза повышает риск гипертензивных расстройств у беременных [41].

Большинство исследователей согласны, что прегравидный избыток массы тела повышает уровни материнской и фетальной заболеваемости. Даже уме-

ренный избыток массы тела служит фактором высокого риска формирования гестационного диабета и гестационной гипертензии, значительно выше риск осложнений у субъектов с морбидным ожирением.

Ожирение у беременной ассоциируется также с повышением уровня инфицированности, которая способна повредить мать и плод. S.Sen et al.(2013) исследовали величину негативного воздействия ожирения на иммунные функции материнской крови. Оказалось, что при ожирении существенно снижена пропорция CD8⁺ и NK-клеток и повышено количество В-клеток, также снижается продукция цитокинов. Авторы резюмируют, что ожирение у беременных женщин ассоциируется с повреждением клеточного иммунитета, вследствие чего перинатальная инфекция может спровоцировать серьезные последствия для матери и плода в виде акушерского и неонатального сепсиса.

Избыточный вес ассоциируется с учащением случаев кесарева сечения, анестезиологических и послеоперационных осложнений при родоразрешении этих женщин. У тучных рожениц достоверно чаще, чем у женщин с нормальным весом, роды осложняются слабостью родовых сил и удлиняются [13]. Низкие оценки по шкале Апгар, макросомия, дефекты нервной трубки более часты у детей, рожденных тучными матерями, по сравнению с детьми матерей с нормальным весом. Кроме этого, дети, рожденные матерями с ожирением, требуют интенсивной неонатальной помощи чаще, чем новорожденные матерей с нормальным весом [18,23].

В большом проспективном исследовании установили, что при ИМТ>25,8 кг/м² накануне беременности риск развития ПЭ в 2,7 раза выше, чем при ИМТ=18,9-25,8 кг/м²; а для женщин с ИМТ<18,9кг/м² ОР был равен всего 0,45 [44], Р.Н.Степанова и сотр. (2011) оценили связь величины ИМТ накануне зачатия с исходами беременности у городских русских женщин. Оказалось, что 22,4% беременных имели дефицит массы тела, 49,2% – избыток массы тела, 27,1% – ожирение; морбидным ожирением страдали 2 женщины из 177. Ожирение ассоциировалось с учащением случаев гестационной гипертензии, гестационного сахарного диабета, ПЭ так же, как с учащением рождения детей с макросомией; уровень кесарева сечения составил 43,8% в группе тучных женщин по сравнению с 27,5% женщин с нормальным весом. T.J.Rosenberg et al.(2003) также подтвердили наличие тесной связи избыточного веса матери накануне беременности с плохими материнскими и перинатальными исходами, выполнив анализ 213208 историй родов родовспомогательных учреждений г. Нью-Йорка за период с 1968 по 1998 годы.

Проблема ожирения беременных подростков представляется в настоящее время весьма актуальной для исследований. Известно, беременные подростки (10 – 18 лет) и женщины в возрасте 35 – 50 лет имеют самый высокий риск плохих исходов гестации. Беременность и роды у юных женщин протекают с

большим количеством осложнений и представляют огромный риск для роженицы-подростка, плода, новорожденного. Подростки более предрасположены к недонашиванию беременности, чем женщины старшего возраста [3,22]. Недавно ретроспективно исследовали 38158 случаев родов у 34% черных и 66% белых тинейджеров. В исследовании устанавливали частоту случаев повышенного накануне гестации ИМТ, связь его с материнскими, перинатальными исходами и расой. Оказалось, что страдали ожирением чаще белые подростки, а степень специфических рисков субоптимальных материнских и перинатальных исходов при избыточной массе тела и ожирении варьировала в зависимости от расы [19].

Другие исследователи общий эффект юного возраста матери и ожирения на степень риска развития ПЭ и эклампсии оценили в большой когорте женщин с одноплодной беременностью; оказалось, риск ПЭ и эклампсии существенно повышался с возрастом и ИМТ. Ожирение увеличивало риск ПЭ и эклампсии среди всех изученных случаев беременности, но у тинейджеров риск был особенно высоким, по-видимому, из-за комбинации эффектов юного возраста и ожирения [9].

С целью детерминировать и сравнить эффекты материнского супероожирения (ИМТ≥50кг/м²) на перинатальные исходы у беременных с морбидным ожирением (ИМТ 40–49кг/м²) подвергли анализу исходы 64272 родов, супероожирение отмечено у 1,8% женщин. У беременных с супероожирением достоверно чаще манифестировала ПЭ (ОР – 1,7 при 95% CI 1,4 – 2,1), а также существенно повышался риск пери-неонатальных осложнений по сравнению с матерями с более низким ИМТ [26].

Аналогичные результаты получили исследователи из Швеции. Всего в исследование включили 32991 беременных женщин с ожирением I степени, 10068 – II степени и 3563 – III степени. При оценке исходов ориентировались на гестационную прибавку веса, рекомендуемую новыми Инструкциями Института Медицины Швеции для женщин с ожирением. Женщины с низкой прибавкой (0 – 4,9кг) сравнивались с женщинами, у которых гестационная прибавка составляла 5-9кг (согласно рекомендациям). В результате оказалось: беременные с ожирением II и III степени, не прибавившие за беременность в весе, имели самый низкий риск развития ПЭ и других материнских и фетальных осложнений [11].

Интересно, что избыточная масса тела матери накануне гестации, экстремальная прибавка веса за беременность повышают риск ожирения у дочерей-потомков в подростковом возрасте и у взрослых дочерей-потомков [40]. В эксперименте на мышах с ожирением и смоделированной ПЭ установили, что у потомков в последующей жизни изменились артериальное давление, метаболический, атеросклеротический, воспалительный профили, т.е. возник метаболический синдром [12].

Исследователи из Словении и Израиля оцени-

ли вклад прегравидного ожирения в материнские и фетальные исходы. Всего изучили исходы 173 тыс. родов и подтвердили наличие тесной связи ожирения накануне беременности с повышением риска манифестации ПЭ, а также гестационного диабета и преждевременных родов <34 недель. Гестационная гипертензия и ПЭ в 3,2 раза и 3,3 раза соответственно чаще осложняли гестацию, чем у женщин без ожирения; также существенно возросла частота гестационного диабета. Уровень фетальной макросомии у тучных женщин оказался в 2 раза выше, чем у матерей без ожирения; двукратно возрос риск мертворождения; в 3 раза чаще рождались дети с структурными аномалиями развития – дефекты нервной трубки, омфалоцеле, порок сердца [25,28,33].

Женщины с ИМТ >25 кг/м² в начале беременности предрасположены к гестационной гипертензии. В противоположность этому, женщины с низким ИМТ имеют невысокий риск развития гестационной гипертензии [31]. Из перинатальных компьютеризованных данных « Медицинского центра Гора Синай» J.L.Stone и Ch.Lockwood (1994) отобрали 100 случаев клинически тяжелой ПЭ и 18964 случая без гипертензивных расстройств. Факторами риска развития клинически тяжелой ПЭ оказались: ожирение (ОР – 3,5; 95%CI 1,68 – 7,46; p<0,05) и акушерский анамнез, отягощенный преэклампсией в прошлом (ОР – 7,2; 95% CI 2,74 – 18,74; p<0,05), тем самым была подтверждена концепция связи высокого ИМТ с развитием ПЭ.

S.W.Walsh (2007) сетует, что ожирение становится всемирной эпидемией и имеет особое значение для женщин репродуктивного возраста, так как существенно повышает риск гипертензивных расстройств беременности и тем самым становится причиной материнской и фетальной заболеваемости и смертности. Однако остается неизвестным, как и почему ожирение повышает риск развития ПЭ. Уже в раннюю беременность при ожирении имеет место гиперлипидемия, способствующая продукции перекисей липидов с нарушением баланса вазоактивных компонентов с провоцированием дисфункции эндотелия и вазоконстрикции, которые, как известно, являются звеньями патогенеза ПЭ [42]. Установлено, что при ПЭ, атеросклерозе и сахарном диабете имеет место дизлипидемия. Повышение уровня триглицеридов, снижение ЛПВП и повышение концентрации ЛПНП – самые характерные признаки этих заболеваний. Эти находки подтверждают общность факторов риска, ассоциированных с ПЭ, с атеросклерозом [34].

Цитокины и свободные жирные кислоты, секретируемые адипоцитами, играют ключевую роль в возникновении метаболического синдрома. Связь ожирения с инсулинрезистентностью медируется молекулами, освобождаемыми адипоцитами – TNF- α , IL-6, резистин, адипонектин. Адипозная ткань продуцирует провоспалительные цитокины, поддерживая тем самым состояние воспаления, последнее подтверждается повышением concentra-

ции С-реактивного белка (СРБ). Провоспалительные стимулы адипоцитов активируют сосудистый эндотелий и системную эндотелиальную дисфункцию. У тучных беременных повышаются уровни СРБ, являющегося маркером воспаления, в итоге у них развивается ПЭ. При ожирении повышены также уровни тромбогенных факторов плазмы (фибриноген, фактор VII, PAI-1), которые способствуют повышению кардиоваскулярного риска [20,15].

В настоящее время признается, что системное воспаление вносит вклад в патогенез ПЭ. M.Wolf et al.(2001) подтвердили, что у женщин с ПЭ повышен уровень системного воспаления, поэтому воспаление может рассматриваться как каузальный путь, которым ожирение предрасполагает к развитию ПЭ. Возможно, патогенетический механизм влияния ожирения на повышение риска развития тяжело протекающего гестоза состоит в следующем. Ожирение характеризуется значительным объемом крови и большим объемом сердечного выброса. Избыточный вес пациенток приводит к повышенной потребности в кислороде. Повышенные ударный объем и сердечный выброс приводят к значительным метаболическим потребностям. В конечном результате возникает гипертензия, т.к. системная васкулярная сопротивляемость падает, сердечный выброс повышается, при этом возникает компенсаторная вазодилатация. Дилатированные терминальные и восходящие почечные артериолы способствуют системному прессорному воздействию на капиллярное ложе, усилению кровотока и повреждению эндотелия, что считается одним из патогенетических звеньев гестоза. Тем не менее, неизвестно, возникают ли изменения в спиральных сосудах, сходные с найденными у пораженных ПЭ женщин, например, такие как острый атероз. У тучных пациенток васкулярные повреждения и гемодинамические изменения могут развиваться очень рано, повышая тем самым риск развития ПЭ в позднюю беременность.

Возможным объяснением связи ожирения и тяжелой ПЭ являются отклонения в метаболизме липидов. У пациенток с ПЭ повышен в крови уровень триглицеридов. Сыворотка крови пораженных гестозом женщин проявляет повышенную липолитическую активность по сравнению с беременными в контроле. В культуре эндотелиальных клеток сыворотка преэкламптических больных индуцирует аккумуляцию триглицеридов и редуцирует освобождение простагличина. Гиперлипидемическая сыворотка, как известно, повышает продукцию эндотелием перекисей липидов, которые являются промоторами вазоконстрикции и агрегации тромбоцитов. В плазме крови при ПЭ уровень перекисных липидов достоверно повышен. Таким образом, при ожирении гиперлипидемия прямо или косвенно через действие перекисей повреждает материнские эндотелиальные клетки, утяжеляя ПЭ и подтверждая наличие связи между ожирением и тяжелым клиническим течением ПЭ [39].

В заключение следует отметить, что ожирение является хроническим экстрагенитальным заболеванием, которое за последние годы поразило значительную часть женщин репродуктивного возраста. Ожирение – наиболее часто встречающийся фактор повышенного риска неблагоприятного акушерского и пери-неонатального исхода беременности и родов. Осложнения беременности и родов у тучных женщин включают: ПЭ, неразвивающуюся беременность, перенашивание, аномалии родовой деятельности и затяжные роды, гипотоническое

кровотечение, тромбоэмболию, дистоцию плечиков; учащение оперативного родоразрешения, послеродовые инфекционно-воспалительные заболевания, продолжительную госпитализацию; возрастает степень риска развития гестационного диабета. Таким образом, материнское ожирение строго ассоциируется с повышением риска формирования многочисленных осложнений гестации и пери- неонатального периода, а акушерская тактика для оптимизации материнских и фетальных исходов требует мультидисциплинарного подхода.

Библиографический список

1. *Вербовой А.Ф.* Пубертатно-юношеский диспитуитаризм. Мед. Вестник 2011. С. 12 - 13.
2. *Голикова Т.П., Дурандин Ю.М., Ермолова Н.П., Кузнецова О.А.* Осложнения беременности и родов у женщин с ожирением. Вестник РААГ 1999; 2: С. 23 - 26.
3. *Ларюшева Т.М., Лебедева Т.Б., Баранов А.Н.* Особенности течения беременности и родов у юных женщин. Журн. акуш. женск. болезней 2012; 61(1): С. 106 - 112.
4. *Макаров И.О., Боровкова Е.И., Байрамова М.Ю.* Течение беременности и родов у пациенток с ожирением. Акуш. гинек. репрод. 2011; 1. С. 22 - 28.
5. *Макаров И.О., Боровикова Е.И., Казаков Р.Д.* Распространенность неалкогольной жировой болезни печени у беременных с ожирением. Акуш. гинек. репрод. 2012; 4. С. 18 - 21.
6. *Плохая А.А.* Метаболический синдром. Медицинский вестник 2007; 18. С. 7 - 8.
7. *Степанова Р.Н., Корнеева Н.Н., Тарасова Л.П.* Взаимосвязь субоптимальных материнских и перинатальных исходов с индексом массы тела (ИМТ) матери накануне беременности. Материалы XII Росс. науч. форума «Мать и дитя» 2011, Москва, 201с.
8. *Цаллагова Е.В., Прилепская В.Н.* Качество жизни женщин с ожирением и нарушениями репродуктивной функции. Акуш. гинек. 2009; 6: С. 60 - 64.
9. *Alivu M.N., Luke S, Kristensen S. et al.* Joint effect of obesity and teenage pregnancy on the risk preeclampsia. J. Adolescent Health 2010; - Vol.46, -N1. - P.77 - 82.
10. *Andreasen K.R., Andersen M.L., Schantz A.L.* Obesity and pregnancy. Acta Obstetr. Gynecol. Scand. 2004; - Vol.83, - N11. - P.1022 - 1029.
11. *Blomberg M.* Maternal and neonatal outcomes among obese women with weight gain below the New Institute of Medicine Recommendations. Obstet. Gynecol. 2011; - Vol.117, - N5. - P.1065 - 1070.
12. *Bytautiene E., Tamayo E., Kechichian T. et al.* Prepregnancy obesity and sFlt1-induced preeclampsia in mice: developmental programming model of metabolic syndrome. Am. J. Obstet. Gynecol. 2011; - Vol.204, - N5.-P.398e1 - 398e8.
13. *Chin J.R.* Maternal obesity and contraction strength in the first stage of labor. Am. J. Obstet. Gynecol. 2012; - Vol.207, - N2. - P.129e1 - 129e6.
14. *Cresswell J., Campbell O., De Silva M.J., Filippi V.* Effect of maternal obesity on neonatal death in sub-Saharan Africa. Lancet 2012; - Vol.380, -N9850. - P.1325 - 1330.
15. *Cunningham F.G., Leveno K.J., Bloom S.L. et al.* Williams Obstetrics, 22th ed. NY-Toronto, MC GRAW-Hill, 2005.
16. *Dekker G., Sibai B.* Primary, secondary and tertiary prevention of pre-eclampsia. Lancet 2001; - Vol.357. - P. 209 - 215.
17. *Demont – Heinrich C., Hansen M., MacCulloch A., Archer L.* The association of prepregnancy body mass index and adverse maternal and perinatal outcomes. Health Watch 2009; - Vol.69, - P.1 - 6.
18. *Galtier-Dereure F., Boegner C., Bringer J.* Obesity and pregnancy: complications and cost. Am. J. Clinic Nutr. 2000; - Vol.71, - N5. - P.1242 - 1248.
19. *Halloran D.R., Marshall N.E., Kunovich R.M. et al.* Obesity trend and perynatal outcomes in black and white teenagers. Am. J. Obstet. Gynecol. 2012; - Vol.207, - N6. - P.492 - 497.
20. *Hu F.B.* Obesity epidemiology. Oxford University Press 2008; - P.513.
21. *Jarvie E., Sylvie Hauguel-de-Mouzon, Scott M. Nelson et al.* Lipotoxicity in obese pregnancy outcome and obesity in the offspring. Clin. Sci. (Lond). 2010; - Vol.119, - P.123 - 129.
22. *Jolly M.C., Sebire N., Harris J. et al.* Obstetric risks of pregnancy in women less than 18 years old. Obstet. Gynecol. 2000; - Vol.96, - N6. - P.962 - 966.
23. *Keller K. ed.* Encyclopedia of obesity. 2008; - P.925.
24. *Kovanagi A., Zhang J., Dagvadori A. et al.* Macrosomia in 23 developing countries: an analysis of a multicountry, facility-based, cross-sectional survey. Lancet 2013; - Vol.381, - N9865. - P.476 - 483.
25. *Lucovnic M., Tul N., Blickstein I.* Obesity and pregnancy; implications for maternal and fetal outcomes. Expert Rev. Obstet. Gynecol. 2012; - Vol.7, - N5. - P.399 - 401.

26. Marshall N., Guild C., Cheng Y. et al. Maternal superobesity and perinatal outcomes. Am. J. Obstet. Gynecol. 2012; - Vol.206, - N5. - P.417.e1 - 417.e6.
27. Modder J., Fitzsimons K.J. Management of women with obesity in pregnancy. CMACE/ RCOG Joint Guideline. Royal College of Obstetricians and Gynaecologists 2010; - P.1 - 29.
28. Morin K. perinatal outcomes of obese women: a review of the literature. J. Obstet. Gynecol. Neonat. Nursing 1998; - Vol.27, - N4. - P.431 - 440.
29. Nohr E.A. Maternal obesity and neonatal mortality in an African setting. Lancet 2012; Vol.380, N9850. P.1292 - 93.
30. Oddy D.J., Atkins P.J., Amilien V. The rise of obesity in Europe, Ashate, England 2009; - P.263.
31. Pipkin F.B. Risk factors for preeclampsia. N. Engl. J. Med. 2001; - Vol.344, - P.925 - 926.
32. Ramsay J.E. Obstetric management of obesity in pregnancy. Semin. Fetal Neonatal Med. 2009; Vol.15, N2. P. 83 - 88.
33. Rasmussen S., Chu S., Kim S. et al. Maternal obesity and risk of neural tube defects: a metaanalysis. Am. J. Obstet. Gynecol. 2008; - Vol.198, - N6. - P.611 - 619.
34. Roberts M., Cooper D. Pathogenesis and genetics of pre-eclampsia. Lancet 2001; - Vol.357. - P.53 - 56.
35. Rosenberg T.J., Garbers S., Chavkin W. et al. Prepregnancy weight and adverse perinatal outcomes in an ethnically diverse population. Obstet. Gynecol. 2003; - Vol.102, - N5. - Part1. - P.1022 - 1027.
36. Saftlas A., Wang W., Risch H. et al. Prepregnancy body mass index and gestational weight gain as risk factors for preeclampsia and transient hypertension. Ann. Epidemiol. 2000; - Vol.10, - N7. - P.475.
37. Savitz D.A., Stein C.R., Siega-Riz A.M. et al. Gestational weight gain and birth outcome in relation to prepregnancy body mass index and ethnicity. Ann. Epidemiol. 2011; - Vol.21, - N2. - P.75 - 85.
38. Sen S., Iver C., Histed A. et al. Obesity impairs cell-mediated immunity duaring the second trimester of pregnancy. Am. J. Obstet. Gynecol. 2013; -Vol.208, - N2. - P.139e1 - 139e8.
39. Stone J.L., Lockwood C.J. Risk factors for severe preeclampsia. Obstet. Gynecol. 1994; - Vol.83, - P.357-361.
40. Stuebe A.M., Forman M.R., Michels K.B. Maternal-recalled gestational weight gain, pre-pregnancy body mass index, and obesity in the daughter. Int. J. Obes. (Lond). 2009; - Vol.33, - N7. - P.743 - 752.
41. Stuebe A., Landon M., Yinglei Lai et al. Maternal BMI, glucose tolerance and adverse pregnancy outcomes. Am. J. Obstet. Gynecol. 2012; - Vol.207, -N1. - P.62e1 - 62e7.
42. Thadhani R., Stampfer M.J., Hunter D. et al. High body mass index and hypercholesterolemia: risk of hypertensive disorders of pregnancy. Obstet. Gynecol. 1999; - Vol.94, - N4. - P.543 - 550.
43. Walsh S.W. Obesity: a risk factor for preeclampsia. Trends Endocrinol. Metab. 2007; - Vol.18, - P.365 - 370.
44. Wolf M., Kettle E., Sandler L. et al. Obesity and preeclampsia: potential role of inflammation. Obstet. Gynecol. 2001; - Vol.98, - P.757 - 762.
45. Zhang J., Zeisler J., Hatch M. et al. Epidemiology of pregnancy-induced hypertension. Epidemiol. Rev. 1997; - Vol.19, - N2. - P.218 - 232.

References

1. Verbovoi A.F. Puberty and youth dispituitarizm. Medical Bulletin. 2011; pp.12 – 13
2. Golikova T.P., Durandin Y.M., Ermolova O.A., Kuznetsova O.A. Complications of pregnancy and childbirth in women with obesity. Bulletin RAAG 1999; 2: 23 – 26p.
3. Larusheva T.M., Lebedeva T.B., Baranov A.N. The course of pregnancy and childbirth in young women. Journal: Obstetrics, Women Diseases, 2012; 61(1): 106 – 112p.
4. Makarov I.O., Borovkova E.I., Bairamova M.Y. The course of pregnancy and delivery in patients with obesity. Obstetrics, Genecology Reproduction, 2011; 1: 22 - 28p.
5. Makarov I.O., Borovikova E.I., Kazakov R.D. Prevalence of nonalcoholic fatty liver disease in pregnant women with obesity. Obstetrics, Genecology Reproduction, 2012; 4: 18 – 21p.
6. Ploxaya A.A. Metabolic syndrome. Med. Vestnik 2007; 18: 7 – 8p.
7. Stepanova R.N., Korneeva N.N., Tarasova L.P. Relationship suboptimal maternal and perinatal outcomes with body mass index (BMI) of the mother before the pregnancy. Materials of the XII-th Russian Scientific Forum «Mat I Ditiya» 2011, Moscow, 201p.
8. Tzallagova E.V., Prilepskaya V.N. The quality of life of obese women with reproductive disorders. Obstetrics, Genecology. 2009; 6: 60 – 64p.
9. Alivu M.N., Luke S, Kristensen S. et al. Joint effect of obesity and teenage pregnancy on the risk preeclampsia. J. Adolescent Health 2010; - Vol.46, -N1. - P.77 - 82.
10. Andreasen K.R., Andersen M.L., Schantz A.L. Obesity and pregnancy. Acta Obstetr. Gynecol. Scand. 2004; - Vol.83, - N11. - P.1022 - 1029.
11. Blomberg M. Maternal and neonatal outcomes among obese women with weight gain below the New Institute of Medicine Recommendations. Obstet. Gynecol. 2011; - Vol.117, - N5. - P.1065 - 1070.
12. Bytautiene E., Tamayo E., Kechichian T. et al. Prepregnancy obesity and sFlt1-induced preeclampsia in mice: developmental programming model of metabolic syndrome. Am. J. Obstet. Gynecol. 2011; - Vol.204, - N5.-P.398e1 - 398e8.
13. Chin J.R. Maternal obesity and contraction strength in the first stage of labor. Am. J. Obstet. Gynecol. 2012; -

Vol.207, - N2. - P.129e1 - 129e6.

14. *Cresswell J., Campbell O., De Silva M.J., Filippi V.* Effect of maternal obesity on neonatal death in sub-Saharan Africa. *Lancet* 2012; - Vol.380, -N9850. - P.1325 - 1330.
15. *Cunningham F.G., Leveno K.J., Bloom S.L. et al.* Williams Obstetrics, 22th ed. NY-Toronto, MC GRAW-Hill, 2005.
16. *Dekker G., Sibai B.* Primary, secondary and tertiary prevention of pre-eclampsia. *Lancet* 2001; - Vol.357. - P. 209 - 215.
17. *Demont – Heinrich C., Hansen M., MacCulloch A., Archer L.* The association of prepregnancy body mass index and adverse maternal and perinatal outcomes. *Health Watch* 2009; - Vol.69, - P.1 - 6.
18. *Galtier-Dereure F., Boegner C., Bringer J.* Obesity and pregnancy: complications and cost. *Am. J. Clinic Nutr.* 2000; - Vol.71, - N5. - P.1242 - 1248.
19. *Halloran D.R., Marshall N.E., Kunovich R.M. et al.* Obesity trend and perynatal outcomes in black and white teenagers. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2012; - Vol.207, - N6. - P.492 - 497.
20. *Hu F.B.* Obesity epidemiology. Oxford University Press 2008; - P.513.
21. *Jarvie E., Sylvie Hauguel-de-Mouzon, Scott M. Nelson et al.* Lipotoxicity in obese pregnancy outcome and obesity in the offspring. *Clin. Sci. (Lond).* 2010; - Vol.119, - P123 - 129.
22. *Jolly M.C., Sebire N., Harris J. et al.* Obstetric risks of pregnancy in women less than 18 years old. *Obstet. Gynecol.* 2000; - Vol.96, - N6. - P.962 - 966.
23. *Keller K. ed.* Encyclopedia of obesity. 2008; - P.925.
24. *Kovanagi A., Zhang J., Dagvadori A. et al.* Macrosomia in 23 developing countries: an analysis of a multicountry, facility-based, cross-sectional survey. *Lancet* 2013; - Vol.381, - N9865. - P.476 - 483.
25. *Lucovnic M., Tul N., Blickstein I.* Obesity and pregnancy; implications for maternal and fetal outcomes. *Expert Rev. Obstet. Gynecol.* 2012; - Vol.7, - N5. - P.399 - 401.
26. *Marshall N., Guild C., Cheng Y. et al.* Maternal superobesity and perinatal outcomes. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2012; - Vol.206, - N5. - P.417.e1 - 417.e6.
27. *Modder J., Fitzsimons K.J.* Management of women with obesity in pregnancy. CMACE/ RCOG Joint Guideline. Royal College of Obstetricians and Gynaecologists 2010; - P.1 - 29.
28. *Morin K.* perinatal outcomes of obese women: a review of the literature. *J. Obstet. Gynecol. Neonat. Nursing* 1998; - Vol.27, - N4. - P.431 - 440.
29. *Nohr E.A.* Maternal obesity and neonatal mortality in an African setting. *Lancet* 2012; - Vol.380, - N9850. - P.1292 - 93.
30. *Oddy D.J., Atkins P.J., Amilien V.* The rise of obesity in Europe, Ashate, England 2009; - P.263.
31. *Pipkin F.B.* Risk factors for preeclampsia. *N. Engl. J. Med.* 2001; - Vol.344, - P.925 - 926.
32. *Ramsay J.E.* Obstetric management of obesity in pregnancy. *Semin. Fetal Neonatal Med.* 2009; - Vol.15, - N2. -P. 83 - 88.
33. *Rasmussen S., Chu S., Kim S. et al.* Maternal obesity and risk of neural tube defects: a metaanalysis. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2008; - Vol.198, - N6. - P.611 - 619.
34. *Roberts M., Cooper D.* Pathogenesis and genetics of pre-eclampsia. *Lancet* 2001; - Vol.357. - P.53 - 56.
35. *Rosenberg T.J., Garbers S., Chavkin W. et al.* Prepregnancy weight and adverse perinatal outcomes in an ethnically diverse population. *Obstet. Gynecol.* 2003; - Vol.102, - N5. - Part1. - P.1022 - 1027.
36. *Saftlas A., Wang W., Risch H. et al.* Prepregnancy body mass index and gestational weight gain as risk factors for preeclampsia and transient hypertension. *Ann. Epidemiol.* 2000; - Vol.10, - N7. - P.475.
37. *Savitz D.A., Stein C.R., Siega-Riz A.M. et al.* Gestational weight gain and birth outcome in relation to prepregnancy body mass index and ethnicity. *Ann. Epidemiol.* 2011; - Vol.21, - N2. - P.75 - 85.
38. *Sen S., Iver C., Histed A. et al.* Obesity impairs cell-mediated immunity duaring the second trimester of pregnancy. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2013; -Vol.208, - N2. - P.139e1 - 139e8.
39. *Stone J.L., Lockwood C.J.* Risk factors for severe preeclampsia. *Obstet. Gynecol.* 1994; - Vol.83, - P.357-361.
40. *Stuebe A.M., Forman M.R., Michels K.B.* Maternal-recalled gestational weight gain, pre-pregnancy body mass index, and obesity in the daughter. *Int. J. Obes. (Lond).* 2009; - Vol.33, - N7. - P.743 - 752.
41. *Stuebe A., Landon M., Yinglei Lai et al.* Maternal BMI, glucose tolerance and adverse pregnancy outcomes. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2012; - Vol.207, -N1. - P.62e1 - 62e7.
42. *Thadhani R., Stampfer M.J., Hunter D. et al.* High body mass index and hypercholesterolemia: risk of hypertensive disorders of pregnancy. *Obstet. Gynecol.* 1999; - Vol.94, - N4. - P.543 - 550.
43. *Walsh S.W.* Obesity: a risk factor for preeclampsia. *Trends Endocrinol. Metab.* 2007; - Vol.18, - P.365 - 370.
44. *Wolf M., Kettyle E., Sandler L. et al.* Obesity and preeclampsia: potential role of inflammation. *Obstet. Gynecol.* 2001; - Vol.98, - P.757 - 762.
45. *Zhang J., Zeisler J., Hatch M. et al.* Epidemiology of pregnancy-induced hypertension. *Epidemiol. Rev.* 1997; - Vol.19, - N2. - P.218 - 232.

УДК 616.8-053.2-071:614.47

UDC 616.8-053.2-071:614.47

В.Г. ФЕДОРОВ

врач-нейрохирург Смоленской областной клинической больницы
E-mail: dok_78fv@mail.ru

V.G. FEDOROV

neurosurgeon, Smolensk Regional Hospital
E-mail: dok_78fv@mail.ru

КЛИНИКО-НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ДЕТЕЙ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПЕРИНАТАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

CLINICAL, NEUROLOGICAL AND IMMUNOLOGICAL CHANGES IN CHILDREN WITH PERINATAL CONSEQUENCES OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

Изучая клинико-иммунологические изменения у детей, имевших последствия перинатального поражения центральной нервной системы (ППП ЦНС), установлено, что независимо от основного ведущего клинического синдрома у детей с ППП ЦНС наряду с признаками поражения центральной системы имелись количественные и функциональные отклонения в состоянии клеточного иммунитета. Кроме того, у детей отмечалось высокое содержание в сыворотки крови провоспалительных цитокинов ФНО- α и ИЛ-1 β . Таким образом, у детей с ППП ЦНС имеются мультивалентные нарушения в системе регуляции нейроиммунного гомеостаза.

Ключевые слова: перинатальные поражения центральной нервной системы, иммунная система, перинатальная энцефалопатия, интерликины, клеточный иммунитет.

The study examined the clinical and immunological changes in children who had perinatal consequences of damage to the central nervous system. It was found that, regardless of the main leading clinical syndrome in children with the RFP, along with signs of central nervous system lesions of the central system to have quantitative and functional abnormalities in the condition of cellular immunity. It was also noted high levels in serum proinflammatory cytokines TNF- α and IL-1 β . Thus, in children with perinatal consequences of damage to the central nervous system are multivalent disorders in the regulation of neuroimmune homeostasis.

Keywords: perinatal damage to the central nervous system, the immune system, perinatal encephalopathy, interlikiny, cellular immunity.

В Российской Федерации рождается лишь 15% здоровых детей [1]. У новорожденных и детей первого года жизни частота ПП ЦНС составляет 60%-80% [3], а младенческая смертность в 30% случаев обусловлена неврологическими нарушениями [1,6]. В последние годы наблюдается неуклонный рост показателей общей детской инвалидности за счет увеличения до 60%-80% количества больных с ПП ЦНС [3]. В будущем 40%-60% всей неврологической патологии развивается у пациентов, перенесших пренатальные или перинатальные поражения ЦНС.

ПП ЦНС регистрируются в первые дни и недели жизни детей только в 15-20% случаев [7]. Остальные дети относятся к группе «неврологически здоровые», однако при изменении их социального статуса (переход в организованные коллективы, дошкольные группы обучения, начало занятий в первом классе) начинают проявляться недиагностированные последствия ПП ЦНС (ППП ЦНС), затрудняющие социальную адаптацию и обучение детей [2].

Позднее проявление клинических признаков ППП ЦНС, волнообразность течения процесса объясняются не только мозаичностью созревания отдельных структур мозга и задержкой нейротрофических

процессов на всех уровнях [5], но и стадийным становлением иммунной системы [8], оказывающей существенное влияние на формирование ЦНС [9].

К сожалению, оценке изменений иммунологических показателей при ППП ЦНС отводится мало внимания. Остается практически не изученным вопрос о роли цитокинов в развитии ПП ЦНС.

Целью исследования явилось изучение взаимосвязи ППП ЦНС с нарушениями в иммунной системе детей 1-6 лет для разработки дополнительных критериев ранней верификации диагноза.

Материалы и методы

Набор клинического материала проводили на базе МЛПУ ДКБ, детских городских поликлиник № 1, № 2, № 3 и № 4, Смоленской областной детской поликлиники. Дети, участвующие в исследовании, наблюдались и обследовались амбулаторно в одно и то же время суток (с 9.00 до 9.30), натошак, до назначения терапии. Дети с ППП ЦНС легкой степени обследовались при обострении клинических синдромов для выявления и оценки общемозговых и очаговых симптомов, регистрации вегетативных, психологических, нейроэндокринных и иммунных

изменений. Им проводили РЭГ, ЭЭГ, по показаниям УЗИ, КТ или МРТ головного мозга. Для проведения исследований у детей родителями подписывалось добровольное информированное согласие, утвержденное этическим комитетом СГМА 24.03.1999г.

Всем детям проводили оценку функциональной активности нейтрофилов методом хемилюминесценции на аппарате АО «Мир-Диалог» с программой CL 3603. Определение общего количества моноцитов проводили методом непрямой иммунофлуоресценции с помощью панели моноклональных антител к маркерам CD14 производства ТОО «Сорбент» г.Москва. Оценку Т- и В-клеточного звена иммунитета проводили путем подсчета: общего числа лимфоцитов периферической крови, их абсолютного и относительного содержания; общего количества Т-лимфоцитов и их субпопуляций по маркерам CD3, CD4, CD8, CD71, CD95; общего числа В-клеток по маркерам CD19, CD20 и CD23 с помощью панели моноклональных антител производства ТОО «Сорбент» г.Москва. Активированные лимфоциты выявляли по маркерам CD71 и CD-DR. Определение уровней ИФН γ , ИЛ-1 β , ИЛ-4, ИЛ-10 и ФНО α в сыворотке крови осуществляли методом иммуноферментного анализа с использованием наборов фирмы «Вектор-Бест»_Европа (РФ). Определение сывороточной концентрации иммуноглобулинов классов А, М, G проводили методом радиальной иммунодиффузии по Манчини.

Статистическую обработку полученных результатов проводили при помощи параметрических и непараметрических критериев Стьюдента, Фишера, Уитни-Манна. Доверительные интервалы для средних величин вычисляли с заданным уровнем достоверности 0,95.

Клиническая характеристика больных

Мы провели анализ 845 карт физического развития ребенка (форма № 112) в соответствующие критические возрастные периоды (1,5–3 года – период появления осознанной фазовой речи; 3–6 лет – дошкольный период). Данные анамнеза детей заносили в специально разработанные индивидуальные карты. 178 детей имели запись «перинатальная энцефалопатия» в графе «уточненный диагноз». Родители согласились на дополнительное обследование 55 девочек и 75 мальчиков. Контрольную группу (КГ) составили 20 здоровых детей соответствующего возраста, имевших 1 или 2 группу здоровья. Соотношение по полу (девочки: мальчики) в «основной» и контрольной группах составляло 1:1,4.

В зависимости от ведущего клинического синдрома основная группа была разделена на детей с синдромом вегетативной дисрегуляции неуточненным (СВДН) – 24 ребенка (18,5%, 8 девочек и 16 мальчиков), синдромом гидроцефалии неуточненным (СГН) – 11 детей (8,5%, 5 девочек и 6 мальчиков), синдромом гиперактивности (СГА) – 40 детей (30,7%, 15 девочек и 25 мальчиков) и 55 детей с

гипертензионно-гидроцефальным синдромом (ГГС) (42,3%, 27 девочек и 28 мальчиков).

Результаты исследований и обсуждение

При анализе 845 форм №112 у 130 детей в возрасте 1–6 лет установлено, что в раннем постнатальном периоде или на первом году жизни им выставлялся диагноз ПЭП с превалированием комбинированной симптоматики: мышечный гипотонус (76,3%) или гипертонус (57,5%), тремор языка, подбородка, конечностей (34%), беспокойное состояние (30%), выраженные шейно-тонические рефлексy (22,5%). 68 детей (52%) среди детей с ПЭП, получали лечение ноотропными или успокоительными средствами растительного происхождения на протяжении первых нескольких месяцев жизни и были сняты с учета или не получали регулярную терапию. 50 (38%) детей лечения не получали вообще. У всех детей был отягощен перинатальный период развития, прямо или косвенно способствующий развитию хронической или острой гипоксии мозга плода: анемия матери (67%), токсикозы (61%), угроза невынашивания (56%), хроническая внутриутробная гипоксия (51%), осложнения в родах (43%), обвив пуповиной (39%). Причем часто (74%) на детей действовало несколько неблагоприятных факторов.

У детей контрольной группы неблагоприятные факторы перинатального периода имели другую структуру: гестозы, анемия беременных и угроза невынашивания плода встречались с одинаковой частотой (25%), осложнения в родах и обвив пуповиной соответственно в 15% и 10% случаев. Комбинированное действие нескольких факторов не встречалось вообще.

Дети с ППП ЦНС легкой степени предъявляли различного рода жалобы, чаще смешанного характера (58%) или на головную боль (15%), диффузного (75%) локализованного (4%) характера. При СНГ головная боль отмечалась в утренние или ночные часы, а при СВД после физического или психического напряжения. Метеозависимость головной боли чаще встречалась при СВД и СНГ независимо от пола и возраста детей. Головная боль у детей старше 4 лет в 24% случаев сопровождалась головокружением.

Рефлексы орального автоматизма встречались у 12 детей (9%), общая гипорефлексия в 12% случаев. Нистагм наблюдался только у 6 детей с СНГ. У детей с СВД и СНГ в 16% случаев встречался спастический тип РЭГ. В 17 (13%) случаях выявлялись положительные функциональные пробы с поворотами головы. При СГА с одинаковой частотой встречался как спастический, так и венозный тип РЭГ.

При офтальмоскопии у 16 детей с ППП ЦНС встречались изменения. При СВД у 10 детей (8%) выявлялись спастические явления, а при СНГ у 6 детей (5%) встречалась картина венозного застоя.

У детей с СВД на ЭЭГ в большинстве случаев (13%) отмечались умеренные общемозговые нарушения регуляторного характера (ближе к легким) с

заинтересованностью срединных структур, тогда как у детей с СНГ имелись умеренные общемозговые нарушения, отражающие органическую дисфункцию с раздражением оральных отделов ствола, дисфункцией мезо-диэнцефальных структур или диффузное усиление медленноволновой активности (у 3 детей). В единственном случае был зарегистрирован патологический тип ЭЭГ с эпилептиформными графоэлементами при выполнении функциональных проб. Данный случай расценен как диагностическая находка. При СГА на ЭЭГ патологии не выявлялось.

У 27 детей (21%) КТ и МРТ головного мозга выявились признаки парциальной (n=5), наружной (n=4), внутренней (n=16) или смешанной гидроцефалии (n=2).

Особый интерес в нашем исследовании представляли дети (42,3%) с ГГС.

У всех детей был отягощен перинатальный период развития с действием нескольких неблагоприятных факторов (анемия у матерей, угроза выкидыша, токсикозы беременности, угроза невынашивания, обвив пуповиной, осложнения в родах, хроническая или острая гипоксия плода).

При исследовании неврологического статуса у детей выявлялся целый ряд симптомов, указывающих на рассеянное органическое поражение ЦНС.

Таблица 1.

Неврологические симптомы у детей с ГГС

НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ СИМПТОМЫ	Количество наблюдений n = 55	
	абс.	%
Окружность головы, превышающая возрастную норму	15	27
Рефлексы орального автоматизма	4	7
Угнетение кожных брюшных рефлексов	11	20
Общая гиперрефлексия	37	67
Общая гипорефлексия	2	3
Нистагм	6	11

У большинства детей с ГГС имелся спастический тип РЭГ, в незначительном проценте случаев – венозный тип.

При офтальмоскопии у 11 детей с ГГС встречались спастические изменения, у 8 детей (14%) встречалась картина венозного застоя.

У 14 детей (25%) КТ и МРТ головного мозга выявили признаки парциальной (n=3), наружной (n=4), внутренней (n=7) или смешанной гидроцефалии (n=3).

Оценка состояния иммунной системы у детей с ППП ЦНС

Функциональную активность фагоцитирующих клеток периферической крови определяли у 48 детей с ППП ЦНС и 25 здоровых детей в возрасте 1-6 лет методом спонтанной и стимулированной (опсонизированным зимозаном *in vitro*) хемилюминесценции (ХЛ). Рассчитывали также коэффициент активации – «К», который представляет собой отношение макси-

мальной интенсивности активированного свечения клеток к интенсивности спонтанного свечения ($K = \text{ХЛакт.}/\text{ХЛспонт.}$). Это позволяло исключить зависимость полученных результатов от типа хемилюминометра, ингредиентов и т.д.

Уровни спонтанной и стимулированной ХЛ у детей основной группы были достоверно ($p < 0,05$) в 2,5 раза снижены по сравнению с показателями контрольной группы (соответственно $1389,76 \pm 59,48$ и $2406,8 \pm 160,3$, $2182,5 \pm 84,41$ и $3967,5 \pm 56,7$ импульсов), тогда как «К» такого отличия не имели (соответственно $1,63 \pm 0,42$ и $1,79 \pm 0,28$, $p > 0,05$).

У детей основной группы кривая кинетики ХЛ фагоцитирующих клеток была изменена, пик интенсивности появлялся на 18-20 минутах, был резко сдвинут вправо. В контрольной группе пик регистрировался на 6-8 минуте. Максимальный выброс квантов энергии у детей основной группы был растянут во времени (10-15 минут) по сравнению с контрольной группой (1-2 минуты).

Данная картина ХЛ характерна для активированных моноцитов/макрофагов [10]. Следовательно, у детей 1-6 лет с ППП ЦНС имеет место замедленная активация фагоцитов и, как следствие, снижение их функциональных резервов.

Количественные изменения в составе лимфоцитов периферической крови определяли по степени экспрессии CD молекул лимфоцитов, являющихся неотъемлемой составляющей их мембраны и участвующих в распознавании чужеродных антигенных эпитопов [4,5].

Определение субпопуляционного состава лимфоцитов с использованием

моноклональных антител провели у 48 детей с ППП ЦНС в возрасте от 1 года до 6 лет и 25 контрольных детей того же возраста.

Количество клеток, несущих CD14 молекулы (маркер, определяющий антибактериальную активность макрофагов и рецепцию липополисахаридных молекул бактериальных клеток) было почти в 2 раза выше у детей основной группы по сравнению с контрольной.

Следует отметить значительное повышение экспрессии маркеров ранней активации лимфоцитов (CD71), маркеров CD95, ответственных за развитие апоптоза лимфоцитов и начальную фазу их активации, а также молекул CDDR, являющихся показателем вступления лимфоцитов во вторую фазу активации, у детей основной группы по отношению к контрольной (табл. 2, $p < 0,05$).

Таблица 2.

Содержание активированных лимфоцитов у детей с последствиями перинатального поражения центральной нервной системы

Маркеры лимфоцитов	CD71	CD95	CDDR
Обследованные дети			
ППП ЦНС, n= 48	2,78±0,39*	62,46±1,44*	24,06±1,13*
Здоровые дети, n=25	1,40±0,27	46,20±1,14	17,20±1,20

Примечание: * различия в группах достоверны при $p < 0,05$.

Следовательно, у детей с ППП ЦНС нарушен количественный состав периферических лимфоцитов и повышена их функциональная активность.

Уровень сывороточных иммуноглобулинов IgA и IgM у 48 детей основной группы не изменялся, тогда как уровень IgG был достоверно ниже контрольных значений (табл. 3, $p < 0,05$).

Таблица 3.

Содержание иммуноглобулинов основных классов у детей с последствиями перинатального поражения центральной нервной системы

Иммуноглобулины, г/л	IgA	IgM	IgG
Обследованные дети			
ППП ЦНС, n= 48	1,06±0,25	1,56±0,23	6,77±0,65*
Здоровые дети, n=25	1,23±0,24	1,26±0,24	9,24±0,95

Примечание: * различия в группах сравнения достоверны при $p < 0,05$.

Таким образом, у детей раннего возраста с ППП ЦНС имеются характерные изменения со стороны иммунной системы: нарушена функциональная ак-

тивность системы фагоцитирующих мононуклеаров периферической крови; изменен субпопуляционный состав лимфоцитов периферической крови и повышено значение ИРИ; снижено содержание сывороточного IgG. Все, что может служить дополнительными диагностическими критериями для раннего подтверждения диагноза.

Содержание интерлейкинов было определено нами у 35 детей с ППП

ЦНС в возрасте от 1 года до 6 лет и у 10 здоровых (контрольных) детей.

Для детей с ППП ЦНС установлено значительное повышение содержания ИФН γ и провоспалительных цитокинов ФНО- α и ИЛ-1 β при снижении содержания ИЛ-4 и неизменном уровне ИЛ-10 (табл.4, $p < 0,05$).

Заключение

Изменения количественного и субпопуляционного составов лимфоцитов периферической крови у детей с ППП ЦНС, а также содержания цитокинов в сыворотке крови (высокие показатели (ИЛ-1 β , ФНО- α) указывают на наличие системного воспалительного процесса, ведущую роль в котором, по-видимому, играют Th $_1$. Это подтверждается высоким уровнем ИФН γ и ФНО- α при соответствующем снижении ИЛ-4. Данный процесс, по-видимому, развивается в раннем постнатальном периоде развития ЦНС и существенно влияет на ее функционирование.

Следовательно, дети с ППП ЦНС имеют мультивалентные нарушения в системе регуляции нейроиммунного гомеостаза.

Таблица 4.

Содержание интерлейкинов в сыворотке крови у детей с последствиями перинатального поражения центральной нервной системы

Интерлейкины	ИФН- γ мг/л	ИЛ - 1 β (пг/мл)	ФНО- α мг/л	ИЛ - 4 мг/л	ИЛ - 10 мг/л
Обследованные дети					
С ППП ЦНС	220,81±66,27* n=35	58,62 ± 4,51* n=31	41,87±8,37* n=35	11,07±1,25 n=35	34,84±5,78 n=35
Здоровые	54,83±10,6 n=10	5,86±0,61 n=12	2,91±0,4 n=10	16,38±2,36* n=10	36,61±2,17 n=10

Примечание: * различия в группах достоверны, $p < 0,05$.

Библиографический список

1. Барашнев Ю.И. Перинатальная неврология. М.: Триада-Х. 2001. 640 с.
2. Беляева О.В. Особенности течения и реабилитации детей с перинатальными поражениями центральной нервной системы в зависимости от риска реализаций аномалий конституции в условиях детского поликлинического отделения: Дис. ... канд. мед.наук. Самара, 2000. 166с.
3. Володин Н.Н, Петрухин А.С. Классификация перинатальных поражений нервной системы у новорожденных // 1999. С.34.
4. Ковальчук Л.В. Антигенные маркеры клеток иммунной системы человека CD (Cluster differentiation) система // Учебно-методическое пособие. М.: РГМУ. 2005. 82с.
5. Окунева М.А. Нейроиммунные особенности в клинике последствий перинатальных поражений центральной нервной системы легкой степени у детей: Дисс. канд.мед.наук.-Санкт-Петербург, 2008. 107с.
6. Полунина Н.В. Состояние здоровья детей и факторы, его определяющие на современном этапе. // Лекции по актуальным проблемам педиатрии. М.: РГМУ, 2000. С. 7-14.
7. Пронина И.И. Диагностика, прогноз и коррекция гипертензионно-гидроцефального синдрома у новорож-

денных и детей первого года жизни, перенесших перинатальную гипоксию: Дис. ... канд. мед. наук.-Иваново, 1999. 183с.

8. Стефани Д.В., Вельтищев Ю.Е. Клиническая иммунология и иммунопатология детского возраста. М.: Медицина, 1996. 384 с.
9. Хаитов Р.М., Игнатьева Г.А., Сидорович И.Г. Иммунология // М.: Медицина. 2000. 430с.
10. Ярилин А.А. Основы иммунологии. М.: Медицина, 1999. 632с.

References

1. Barashnev Y.I. Perinatal neurology. - Moscow: Triad-X. - 2001. – p. 640.
 2. Belyaeva O.V. The course and rehabilitation of children with perinatal lesions of the central nervous system, depending on the risks of implementing constitutional anomalies in children's out-patient clinic: Dissertation. Candidate of medical science. - Samara, 2000.-p. 166.
 3. Volodin N.N., Petrukhin A.S. Classification of perinatal lesions of the nervous system in infants // 1999. - P.34.
 4. Kovalchuk L.V. Antigenic markers of immune system of the human CD (Cluster differentiation) system // Training Manual. - M: SMU. - 2005. – P. 82.
 5. Okuneva M.A. Neuroimmunespecialities in the clinic effects of perinatal lesions of the central nervous system mild in children: Dissertation. Candidate of medical science to St. Petersburg, 2008.-107 p.
 6. Polunina N.V. Children's health and the factors that determine it at this stage. // Lectures on topical issues of pediatrics.-M.: SMU, 2000.-P. 7-14.
 7. Pronina I.I. Diagnosis, prognosis and correction of hypertension-hydrocephalic syndrome in neonates and infants with perinatal hypoxia: Dissertation. Candidate of medical science.-Ivanovo, 1999.-183 p.
 8. Stefani D.V., Veltishev Y.E. Clinical immunology and immunopathology in children. - M.: Medicine, 1996. - 384 p.
 9. Khaitov R.M., Ignatieva G.A., Sidorovich I.G. Immunology // M.: Medicine. - 2000. – 430 p.
 10. Yarilin A.A. Fundamentals of Immunology. - M.: Medicine, 1999. – 632 p.
-

УДК 372.879.6-37.04

UDC 372.879.6-37.04

Н.И. ФЕДОРОВА

кандидат педагогических наук, доцент кафедры
спортивной медицины и адаптивной физической
культуры Смоленской государственной академии
физической культуры, спорта и туризма
E-mail: doc_fni777@mail.ru

N.I. FEDOROVA

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate professor
of the chair "Sports medicine and adaptive physical
education", Smolensk State Academy of Physical Culture,
Sports and Tourism
E-mail: doc_fni777@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОБРАЗОВАННОСТИ СТУДЕНТОВ В ВОПРОСАХ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ

INCREASE OF STUDENTS' KNOWLEDGE LEVEL IN HEALTHY LIFESTYLE QUESTIONS

Для совершенствования процесса физического воспитания в высших учебных заведениях необходимо изучение отношения к ценностям здорового образа жизни и мотивации к физической культуре и спорту современных студентов. Физкультурно-оздоровительная программа для студентов дает возможность не только повысить эффективность физического воспитания, но и приводит к увеличению показателей физической подготовленности, улучшению состояния здоровья, а также повышению активности к регулярным занятиям физической культурой как в учебное, так и во внеучебное время.

Ключевые слова: индивидуально-ориентированные занятия, здоровый образ жизни, физическое воспитание, физическая подготовленность, физкультурно-оздоровительная программа, беседы.

Improvement of process of physical training at higher educational institutions requires studying of the attitude of modern students to healthy lifestyle and motivation to physical education and sport. Fitness and wellness program for students makes it possible not only to improve the efficiency of physical education, but also increases indicators of physical fitness, improves health, and increases activity in regular physical activity, both in the classroom and outside the classroom.

Keywords: individually oriented activities, healthy lifestyle, physical education, physical fitness, fitness and wellness program, conversations (interviews).

Важнейшая роль в профессиональном образовании студентов вузов принадлежит физической культуре, которая способна формировать и преобразовывать личность, ее двигательный потенциал, приумножать здоровье человека, повышать работоспособность, продлить творческое долголетие и обеспечить организацию здорового образа жизни студентов[2].

Именно поэтому физическая культура и спорт являются неотъемлемой частью самосовершенствования и самовоспитания человека, его самовыражения и развития.

Для совершенствования процесса физического воспитания в высших учебных заведениях необходимо изучение отношения к ценностям здорового образа жизни и мотивации к физической культуре и спорту современных студентов.

Цель исследования – обосновать эффективность использования в процессе физического воспитания физкультурно-оздоровительную программу, включающую проведение бесед, индивидуально-ориентированные занятия, спортивно-массовые мероприятия.

Организация исследования

На первом этапе исследования нами было проведено социологическое исследование студентов 1

курса Смоленского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ. При проведении исследования использовалась анкета, включающая вопросы, касающиеся выяснения отношения студентов к ценностям здорового образа жизни, мотивации к занятиям физической культурой и спортом в свободное от учебы время.

На втором этапе исследования в процессе физического воспитания использовалась физкультурно-оздоровительная программа: индивидуально-ориентированные занятия проводились 2 раза в неделю, на каждом занятии по физическому воспитанию были проведены беседы по 14 темам, касающиеся здорового образа жизни и регулярных занятий физическими упражнениями, один раз в месяц проводились различные спортивно-массовые мероприятия.

Результаты исследования

Здоровый образ жизни во многом зависит от ценностных ориентаций студента, его мировоззрения, социального и нравственного опыта. Ценностные ориентации предполагают свободный выбор общественных ценностей, на которые личность ориентируется и которыми руководствуется в своей деятельности. При этом личностно значимые для

студента ценности здорового образа жизни не всегда совпадают с ценностями, выработанными общественным сознанием [1,3].

Анализ результатов опроса по оценке факторов, влияющих на здоровый образ жизни, показал, что большинство студентов оценивают здоровый образ жизни как многофакторный показатель.

При этом все опрошенные респонденты(100%) полагают, что на здоровый образ жизни влияют: отказ от вредных привычек, личная гигиена, оптимальный двигательный режим, рациональное питание, закаливание, положительные эмоции, занятия физической культурой и спортом, владение навыками безопасного поведения.

В жизни современного общества особо остро встали проблемы, связанные с табакокурением, наркоманией и алкоголем. Особенно большое распространение эти вредные привычки получили в среде молодёжи. Вредные привычки оказывают негативное влияние на жизнь общества в целом, а также на жизнь и деятельность личности в отдельности.

Огромный социальный потенциал физической культуры и спорта необходимо в полной мере использовать в профилактике вредных привычек, поскольку это наименее затратный и наиболее результативный рычаг морального и физического оздоровления подрастающего поколения.

Так среди опрошенных студенток 1 курса курят 21%, выпивают один, два раза в месяц – 51%. Однако 100% опрошенных студенток знают о пагубном влиянии алкоголя и табакокурения на организм. Среди юношей – курят 33% опрошенных, выпивают – 48% студентов.

С проблемой наркомании знакомы в полной мере 45% опрошенных девушек и 52% юношей.

Употребляли таблетки или химические вещества одурманивающего действия 15% девушек и 7% юношей.

Занятия физической культурой и спортом являются неотъемлемой частью здорового образа жизни.

Активно занимаются физической культурой и спортом 28% студенток и 45% студентов; от случая к случаю 71% девушек и 55% юношей.

Наиболее доминирующие мотивы, побуждающие студентов заниматься физкультурно-спортивной деятельностью, представлены в таблице 1.

Причины, препятствующие занятиям физическими упражнениями, у каждого студента были разными. Обобщенная оценка значимости наиболее важных из них представлена в таблице 2.

Программа учебных занятий по физическому воспитанию студентов включала индивидуально-ориентированный подход.

Основные положения индивидуально-ориентированных занятий физическими упражнениями сводятся к следующему:

- освоение студентами ценностей физической культуры;
- формирование у студентов принципов и навыков здорового образа жизни;
- использование в учебном процессе различных вариантов индивидуально-ориентированных методик в зависимости от мотиваций студентов;
- приобретение студентами знаний, умений и навыков, необходимых для организации и проведения самостоятельных занятий физическими упражнениями.

Таким образом, индивидуально-ориентированные занятия физическими упражнениями студентов включают в себя нравственное, духовное и интеллектуальное воспитание; физическую подготовку, ориентацию на сознательное укрепление здоровья путем регулярных занятий физическими упражнениями и обязательность выполнения требований здорового образа жизни.

Таблица 1.

Доминирующая мотивация в занятиях физической культурой

№ П.п.	Мотивация	% опрошенных девушек	% опрошенных юношей
1	Желание улучшить фигуру, осанку, похудеть, нарастить мышечную массу	100	52
2	Желание укрепить здоровье	40	59
3	Стремление к эмоциональной разгрузке, получению положительных эмоций, общению, поддержание хорошего настроения, азарт	12	
4	Желание развивать физические качества, осваивать различные двигательные умения и навыки		26
5	Самоутверждение, развитие морально-волевых качеств		18

Таблица 2.

Факторы, препятствующие систематическим занятиям физической культурой

№ П.п.	Факторы	% опрошенных девушек	% опрошенных юношей
1	Нехватка времени	45	55
2	Лень, нежелание заниматься	43	37
3	Отсутствие навыков и привычки к занятиям	6	0

В теоретической подготовке студентов мы руководствовались требованиями программы по физическому воспитанию для вузов. Однако программа бесед предусматривала более углубленное изучение всех разделов теории, естественнонаучных и социально-сущностных основ физической культуры, а также методики физического воспитания.

Степень адаптации первокурсников к вузовским условиям в значительной мере зависит от начального уровня физической подготовленности студентов и состояния их здоровья. Наши данные подтверждают выводы исследователей о том, что физическая подготовленность и физическое развитие студентов находятся на низком уровне и не соответствуют требованиям, предусмотренным высшей школой [4].

По итогам проведенного эксперимента с использованием предлагаемой нами методики проведения занятий было выявлено, что улучшалась физическая подготовленность, физическое развитие студентов, сформировался устойчивый интерес и потребность в здоровом образе жизни.

В частности, у юношей результат улучшился в прыжке в длину с места – на 5,5% ($p < 0,05$); в сгибании и разгибании рук в упоре лежа – на 18,8% ($p < 0,05$); в приседании – на 8,3% ($p < 0,05$).

Аналогичная картина была отмечена и у девушек: в прыжках в длину с места – на 6,2% ($p < 0,05$); в сгибании и разгибании рук в упоре лежа – на 77,0% ($p < 0,05$); в количестве приседаний за 1 мин – на 17,2% ($p < 0,05$).

Все эти мероприятия благоприятно отразились на желании студентов заниматься физической куль-

турой и спортом как в учебное, так и во внеучебное время. Об этом свидетельствует тот факт, что 63% студентов были записаны на факультатив по физической культуре, который включает занятия волейболом, шейпингом, настольным теннисом, мини-футболом.

Выводы

1. Из проведенного социологического исследования видно, что необходима целенаправленная работа по пропаганде физической культуры и спорта как одного из самых эффективных средств по укреплению и сохранению здоровья. Это возможно, например, при проведении бесед на темы, касающиеся здорового образа жизни и регулярных занятий физическими упражнениями.

2. Формирование мотивации к занятиям физической культурой и спортом возможно только за счет повышения образованности студентов в практических вопросах применения различных средств и методов поддержания здоровья, достижения понимания, что физическая культура является составной частью общей культуры современного специалиста.

3. Разработанная физкультурно-оздоровительная программа для студентов дает возможность не только повысить эффективность физического воспитания, но и приводит к увеличению показателей физической подготовленности, улучшению состояния здоровья, а также активному стремлению к регулярным занятиям физической культурой как в учебное, так и во внеучебное время.

Библиографический список

1. Лубышева Л.И. К концепции физкультурного воспитания студентов // Теория и практика физической культуры 1993. №5-6. С. 24-25, С.32-36.
2. Пашин А.А. Роль физической культуры и спорта в формировании культуры здоровья студентов. Университетское образование: сборник статей XIV Международной научно-метод. конференции. Пенза: Приволж. Дом знаний, 2010. С. 429-430.
3. Соколовская Н.И. Самовоспитание как фактор повышения физической подготовленности студентов медицинского вуза / Н.И. Соколовская, Ю.В. Миронов // Здоровье. Физическая культура. Спорт: Сб. науч. тр. Смоленск: СГИФК, 2002. 185с.
4. Morgan W P. Physical activity and mental health // In the Academy Papers Champaign, H. K. P., 1994. P. 132 -145.
5. Weyerer S., Kupfer B. Physical Exercise and Psychological Health // Sports Med. 1994. V. 17. № 2. P. 108-116.

References

1. Lubyshcheva L.I. By the concept of physical fitness training of students // Theory and Practice of Physical Culture. 1993. № 5-6. P. 24-25, P.32-36/
2. Pashin A.A. The role of physical culture and sports in the development of a culture of health of students. University Education: a collection of articles XIV International scientific methodical conference. Penza: Volga. House of Knowledge, 2010. P. 429-430.
3. Sokolovskaya N.I. Self-education as a factor in the increasing the physical fitness of students of the medical school / N.I. Sokolovskaya, Y.V. Mironov // Health. Physical Culture. Sports - Smolensk SGIFK, 2002.-P 185.
4. Morgan W P. Physical activity and mental health // In the Academy Papers Champaign, H. K. P., 1994. P. 132 - 145.
5. Weyerer S., Kupfer B. Physical Exercise and Psychological Health // Sports Med. 1994. V. 17. № 2. P. 108-116.

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 кафедры фармакологии, клинической фармакологии и фармациии Орловского государственного университета
E-mail: IAFilina@yandex.ru

I.A. FILINA

Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Department of Pharmacology, Clinical Pharmacology and Pharmacy, Medical Institute of Orel State University

СТРУКТУРА ФОРМИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ ТРУДА АПТЕЧНЫХ РАБОТНИКОВ И СПОСОБЫ ЕЁ ПОВЫШЕНИЯ

THE STRUCTURE OF FORMATION WORKING MOTIVATION CHEMIST'S SHOP WORKMAN AND ITS INCREASE METHODS

Готовность и желание человека выполнять свою работу являются одними из ключевых факторов успеха функционирования организации. Путь к эффективному управлению человеком лежит через понимание его мотивации. Разработана система мотивации труда фармацевтических специалистов на основе процессного подхода с использованием оценочных показателей трудовой деятельности работников.

Ключевые слова: система мотивации труда, сравнительный анализ, процессный подход, оценочные показатели трудовой деятельности, бонусная форма оплаты труда.

One of the most principal factors for successful organization functioning are readiness and wish for execution own work. The way to effective men manage arrive at conception his motivation. The working motivation system chemist's shop workman based on process approach with using estimating parameters workers activities has been designed.

Keywords: the working motivation system, comparative analysis, process approach, estimating parameters workers activities, bonus form for working payment.

Мотивация – это совокупность внутренних и внешних движущих сил, которые побуждают человека к деятельности, задают границы и формы деятельности и придают этой деятельности направленность, ориентированную на достижение определенных целей. Мотивирование – это процесс воздействия на человека с целью побуждения его к определенным действиям путем пробуждения в нем определенных

мотивов. Мотивирование составляет основу управления человеком. Цели управления мотивацией: достижение эффективности и конкурентоспособности организации; рост производительности труда; снижение текучести персонала; формирование приверженности компании; развитие персонала; улучшение управляемости персонала; повышение качества трудовой жизни [2,6].

Таблица 1.

Сравнительный анализ теорий мотиваций

№ п/п	Теория мотивации	Авторы
1	Теория доминирующей мотивации	А.А.Ухтомский, 1911
2	Теория поля	К. Левин, 1926
3	Теория параллельных уровней развития	Л.С.Выготский, 1931
4	Теория усиления мотивации	Б.Скиннер, 1938
5	Концепция иерархии потребностей	А.Маслоу, 1954
6	Теория Х и Y	Д. МакГрегори, 1960
7	Теория приобретённых потребностей	Д. Мак Келланд, 1961
8	Теория ожиданий	В. Врум, 1964
9	Теория справедливости	С. Адамс, 1964
10	Двухфакторная модель потребностей	Ф. Герцберг, 1966
11	Модель сочетания элементов теории ожиданий и теории справедливости	Л.Портер, Э.Лоулер, 1967г.
12	Концепция организационного роста	Д.Литвин, Р. Стрингер, 1968
13	Теория постановки целей	Э.Лок, 1976
14	Теория социального пространства	П. Бурдьё, 1977
15	Теория Z	У. Оучи, 1978
16	Теория отражённых потребностей	К.К.Платонов, 1986
17	Регуляторная теория мотивации	Н.Л.Захаров, 2004

В управленческой науке можно выделить два основных этапа развития теорий о мотивации: этап развития содержательных теорий и этап процессуальных теорий мотиваций. Содержательные теории мотивации (А. Маслоу, Ф. Герцберг, Д. Макклелланд и др.) основываются на изучении внутренних потребностей человека, которые побуждают его к определенным действиям, поведению). Процессуальные теории мотивации (ожидания, справедливости, Портера - Лоулера и др.) базируются на том, что мотивация поведения человека определяется его восприятием и ожиданиями последствия движения результата.

Нами проведен сравнительный анализ теорий мотиваций в эволюционном ракурсе в свете изучаемой системы вознаграждения аптечных работников (табл.1).

Научному изучению причин активности человека и животных, их детерминации положили начало еще великие мыслители древности – Аристотель, Гераклит, Демокрит, Лукреций, Платон, Сократ, упоминавшие о «нужде» как учительнице жизни.

Отечественных учёных проблема мотивации интересовала давно. Ещё в начале прошлого века доминирующая мотивация была описана А.А. Ухтомским и названа им доминантой. А.А.Ухтомский считал, что новый мотив возникает на основе положительной эмоции под воздействием сильной, доминирующей мотивации. Л.С.Выготский утверждал, что в психике человека имеются два параллельных уровня развития – высший и низший, которые и определяют высокие и низкие потребности человека и развиваются параллельно. Психические процессы, состояния и свойства личности изучал К. К. Платонов, он замечает, что отношения между потребностью человека и нуждой – это отношения между отраженным и отражаемым, то есть потребность – это не сама нужда, а ее отражение в сознании человека. Русский учёный Захаров Н.Л. – автор регуляторной теории мотивации. Сфера его научно-практических, исследовательских интересов – управление персоналом, мотивация трудовой деятельности, организационное проектирование.

В зарубежной психологии имеется около 50 теорий мотивации. В соответствии с широко известной и признаваемой концепцией иерархии потребностей, разработанной А. Маслоу, существуют пять групп потребностей. Физиологические потребности – потребности в пище, воде, воздухе, убежище и т.п., т.е. те, которые человек должен удовлетворять, чтобы поддерживать организм в жизнедеятельном состоянии. Потребности безопасности связаны со стремлением людей находиться в стабильном и безопасном состоянии. Потребности принадлежности и причастности: человек стремится к участию в совместных действиях, он хочет дружбы, любви, быть членом каких-то объединений людей, участвовать в общественных мероприятиях. Потребность признания и самоутверждения отражает желание людей быть компетентными, силь-

ными, способными, уверенными в себе. Потребность самовыражения – стремление человека к полному использованию своих знаний, способностей, умений и навыков.

Дэвид Мак Клеелланд выдвинул теорию приобретённых потребностей, которая заключается в том, что любая организация предлагает человеку возможности для удовлетворения трех потребностей высшего уровня – потребности во власти, в успехе и в принадлежности. Автор двухфакторной модели Ф. Герцберг обнаружил две ясно различимые группы потребностей. Первую он назвал гигиеническими факторами, или поддерживающими. Вторую группу факторов Герцберг назвал мотиваторами, или удовлетворителями [5].

Теория мотивации, именуемая как теория ожидания Врума, формулируется следующим образом: стимул человека к выполнению работы определяется сочетанием трёх основных «ожиданий»: что будет достигнута намеченная цель, что будет вознаграждение за результат, что вознаграждение будет адекватным затраченным усилиям.

Теория справедливости Адамса заключается в том, что работники всегда сравнивают: усилия, затраченные на выполнение работы с вознаграждением за работу; усилия, затраченные их коллегами на выполнение этой же работы; вознаграждение своих коллег за аналогичную работу; соотношения вознаграждений и трудозатрат (своих и коллег).

Теория постановки целей Э.Лока исходит из того, что люди в той или иной степени воспринимают цель организации как свою собственную и стремятся к её достижению, получая удовлетворение от выполнения требующейся для этого работы. Модель Л.Портера – Э.Лоулера построена на сочетании элементов теории ожиданий и теории справедливости и устанавливает причинно-следственную связь между отдельными их факторами. Теория усиления мотивации К.Скиннера указывает, что настоящее поведение людей определяется результатами их прошлого поведения и его последствиями.

Дуглас МакГрегори рассматривает две основные концепции управления совместной деятельностью – традиционную (теория X) и новаторскую (теория Y). Японские менеджеры, основываясь на теории Дугласа МакГрегори, предложили свой подход в управлении персоналом. Уильям Оучи назвал этот подход теорией Z. Японским предпринимателям свойственна групповая форма принятия решения, откровенный обмен информацией и идеями между высшим руководством и работниками. Концепции МакГрегори и У.Оучи некоторые исследователи относят к теории поля. Теория поля была предложена впервые К.Левиним ещё в 20-ые годы прошлого века. Полевое поведение человека определяется побудительным влиянием окружения. Концепция организационного роста Литвина – Стрингера, разработанная на основе теории МакКлеелланда и теории поля Левина, предполагает, что организационная

культура, социальная среда обитания индивида складывается из множества взаимосвязанных факторов и в конечном итоге формирует его отношение к производству, людям, потреблению, творчеству, карьере и т.д. Теория социального пространства Пьера Бурдьё говорит о том, что пространство отношений так же реально, как географическое пространство[5,7].

Нами проведён опрос заведующих аптек в муниципальных и частных аптечных сетях Орловской области о причинах инициативы фармацевтических специалистов в процессе работы. В анкетировании принимали участие 33 респондента (табл. 2).

По мнению руководителей аптек, причиной инициативы фармацевтических специалистов в процессе работы является в основном стремление реализовать себя, свои знания, умения, так считают 91,7 % заведующих муниципальных и государственных аптек и 85,7% заведующих частных аптек. Стремление к денежному вознаграждению как причину инициативы специалистов выделили в основном руководители частных аптек (66,7%). Стремление реализовать себя для улучшения показателей организации отметили руководители муниципальных и государственных аптек.

Для анализа целей трудовой деятельности и изучения материальных и моральных стимулов работников нами было проведено также анкетирование среди фармацевтических специалистов (114 респондентов муниципальных, государственных и частных аптек Центрального федерального округа).

Цели трудовой деятельности фармацевтических специалистов представлены в таблице 3.

По результатам анкетирования выявлено, что в основном фармацевтические специалисты трудятся для того, чтобы прокормить себя и свою семью, (так считают 51,0% специалистов муниципальных и государственных аптек и 39,7% специалистов частных аптек) и для того, чтобы быть уверенным в завтрашнем дне, соответственно 54,9% и 47,6%. Возможность занять руководящую должность больше привлекает работников частных аптек (22,2%). Получение возможности самовыражения, самоутверждения привлекает респондентов муниципальных и государственных аптек (31,4%) и респондентов частных аптек (28,6%), нравится общаться и помогать людям соответственно 25,5% и 22,2% анкетированным.

Таблица 2.

Мнения руководителей аптек о причинах инициативы работников, %

Причины инициативы специалистов в процессе работы	Муниципальные и государственные аптеки	Частные аптеки
Стремление реализовать себя, свои знания, умения	91,7	85,7
Стремление к денежному вознаграждению	25,0	66,7
Стремление улучшить показатели организации	25,0	9,5
Стремление завоевать расположение начальства	0	9,5

Таблица 3.

Цели трудовой деятельности фармацевтических специалистов, %

Показатель	Специалисты муниципальных и государственных аптек	Специалисты частных аптек
Чтобы прокормить себя и свою семью	51,0	39,7
Чтобы быть уверенным в завтрашнем дне	54,9	47,6
Нравится общаться и помогать людям	25,5	22,2
Возможность занять руководящую должность	3,9	22,2
Получение возможности самовыражения, самоутверждения	31,4	28,6

Таблица 4.

Виды материального стимулирования, интересующие фармацевтических специалистов, %

Показатель	Специалисты муниципальных и государственных аптек	Специалисты частных аптек
Премия, бонусы, материальная помощь	84,3	96,8
Доплаты за стаж работы	56,9	31,7
Доплаты на оздоровление	15,7	20,6
Обучение (курсы, семинары)	39,2	39,7
Обеды	7,8	7,9
Оплата за проезд	9,8	15,9
Оплата отдыха	13,7	33,3
Страхование	13,7	25,4
Скидки на товар в своей аптеке	27,5	23,8

Для изучения мотивации трудовой деятельности фармацевтических специалистов и тенденций в оплате труда в аптеках Центрального федерального округа нами были проанализированы виды материального стимулирования помимо основной заработной платы, интересующие фармацевтических работников (табл.4).

Из видов материального стимулирования помимо основной заработной платы фармацевтических специалистов интересуют в основном премия, бонусы, материальная помощь, так ответили 96,8% специалистов частных аптек и 84,3% специалистов муниципальных и государственных аптек. Доплаты за стаж работы более интересуют респондентов муниципальных и государственных аптек, чем частных (соответственно 56,9% и 31,7%). Фармацевтические специалисты заинтересованы также в оплате обучения (соответственно 39,2% и 39,7%). Работников частных аптек интересует оплата отдыха (25,4%). Скидки на товар в своей аптеке хотели бы получить соответственно 27,5% и 23,8% респондентов.

Нами проанализированы формы морального стимулирования, характерные для исследуемых аптек (табл. 5).

В результате анализа нами выяснено, что в основном в аптеках руководители используют похвалу на коллективном собрании, так ответили 74,5 % специалистов муниципальных и государственных аптек и 58,7 % специалистов частных аптек. В муниципальных аптеках практикуется благодарность в трудовой книжке, так ответили 41,2% анкетированных, в частных аптеках этот вид стимулирования применяется редко.

В результате сравнительного анализа различных теорий мотиваций в свете изучаемой системы вознаграждения аптечных работников и анализа данных анкетирования, проведенного среди руководителей аптечных организаций и фармацевтических специалистов, нами сделан вывод, что деятельность человека побуждается многими мотивами; чем больше мотивов актуализируется, тем сильнее мотивация. Мотивация аптечных работников имеет ряд особенностей. Фармацевтические работники несут социальную функцию, поэтому им нравится общаться и помогать людям, они мотивированы на сострадание, терпение, выдержку. Для провизоров и фармацевтов важно получение возможности самовыражения, самоутверждения; важны принадлежность к группе, участие в общественной жизни, необходи-

мость в одобрении со стороны коллег и начальства. Руководителями аптечных организаций отмечено стремление фармацевтических специалистов к реализации своих знаний, умений. Люди хотят развиваться и стремятся к тому, чтобы их должностные обязанности со временем изменялись. Аптечные работники (особенно муниципальной и государственной формы собственности) воспринимают цель организации как свою собственную и стремятся к её достижению, получая удовлетворение от выполнения требующейся для этого работы.

Поэтому при разработке эффективной системы мотивации аптечных работников необходим комплексный подход с учётом разнообразных методов. С одной стороны, такая система должна стимулировать сотрудников к эффективной работе, быть справедливой, с другой – быть экономически оправданной. **Мотивация персонала** предполагает создание ясных и прозрачных для персонала компании мотивационных схем, а также внедрение системы компенсаций, адаптированной к ситуации на рынке и задачам компании [1,3].

Нами разработана система мотивации фармацевтических специалистов на основе оценочных показателей трудовой деятельности работников. Разработанная система мотивации состояла из этапов.

1. Отбор показателей, входящих в сбалансированную систему показателей для включения в систему мотивации.
2. Выбор схемы материального поощрения.
3. Разработка системы мотивации для каждого подразделения аптечного предприятия.
4. Разработка методики многокритериального анализа трудовой деятельности фармацевтических специалистов.
5. Контроль и описание механизма внесения изменений в систему.

В современной аптеке обязанности фармацевтического специалиста включают много функций. Аптечные предприятия состоят из подразделений. Каждое подразделение чаще всего соответствует определённому бизнес-процессу. К группе основных бизнес-процессов мы отнесли следующие: процесс заказа, приёмки и ценообразования товара; отпуск товара населению; отпуск товара медицинским организациям; процесс изготовления лекарственных форм; система контроля качества в аптеках. Нами разработана система оценочных показателей трудо-

Таблица 5.

Виды морального стимулирования в исследуемых аптеках, %

Показатель	Специалисты муниципальных и государственных аптек	Специалисты частных аптек
Похвала руководителем наедине	11,8	19,05
Похвала руководителем на коллективном собрании	74,5	58,7
Благодарность в трудовой книжке	41,2	7,94
Благодарность на доске почёта или в «Уголке сотрудника»	0	7,94
Благодарность в СМИ	2	1,6

вой деятельности работников для каждого подразделения аптеки [4].

Результатом проведённых нами исследований стала разработка программы по внедрению инновационной системы оплаты труда фармацевтических специалистов на основе процессного подхода:

1. Концентрация сотрудников на достижении стратегических целей предприятия.
2. Размещение основных бизнес-процессов предприятия в структурных подразделениях аптеки.
3. Стандартизация работы структурных подразделений на уровне subprocesses.
4. Разработка системы оценочных показателей трудовой деятельности работников для каждого подразделения аптеки
5. Разработка бонусной формы оплаты труда аптечных работников.

На основе оценочных показателей труда с помощью метода многокритериального анализа нами разработана бонусная форма оплаты труда фармацевтических специалистов. Метод многокритериального анализа трудовой деятельности включает четыре этапа.

На первом этапе выделяются наиболее важные функции, которые выполняют работники, определя-

ются индикаторы (показатели) их оценки.

На втором этапе должностные обязанности сотрудников переводятся в баллы. Деятельность каждого работника оценивается по 100-балльной шкале. Каждая функция имеет диапазон от одного до десяти баллов.

На третьем этапе ежедневные результаты труда каждого сотрудника заносятся менеджером в электронную базу данных.

На четвёртом этапе в конце месяца подводятся итоги и решается вопрос о стимулировании каждого работника.

Разработанная нами программа позволяет.

1. Ориентировать работников на достижение нужного организации результата.
2. Чётко распределить обязанности между фармацевтическими специалистами.
3. Количественно оценить участие каждого сотрудника в бизнес-процессе.
4. Сбалансировать показатели трудовой деятельности специалистов с финансовыми показателями аптеки, её бизнес-процессами, сведениями о качестве обслуживания клиентов.
5. Сформировать материальную мотивацию аптечных работников.

Библиографический список

1. *Раздорская И.М.* Профессиональные компетенции фармацевтических работников в системе сбалансированных показателей предприятия/ И.М.Раздорская, И.А.Филина. Учёные записки Орловского государственного университета. Орёл., 2012. №3. С.249-253.
2. *Филина И.* Выявление процесса формирования психологической, теоретической и практической готовности студентов к профессиональной деятельности провизора/ И.Филина//Учёные записки Орловского государственного университета. Орёл, 2010. Т.2. С.256-259.
3. *Филина И.А.* Многокритериальный анализ конкурентоспособности аптечного предприятия/ И.А.Филина. Учёные записки Орловского Государственного Университета. Орёл, 2012. №6. С.347-350.
4. *Филина И.А.* Сбалансированная связь процесса заказа, приёмки и ценообразования товара в аптеках с результатами фармацевтической деятельности/ И.А.Филина. Учёные записки Орловского государственного университета. Орёл, 2011. №3. С.286-290.
5. *Harry M./Six Sigma. The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations.* M. Harry, R. Schroeder – New York a.o.: Currency, 2000. 301 p.
6. *Kaplan R.S.* The strategy- focused organization: how balanced scorecard companies thrive in the new business environment/ R.S. Kaplan, D. Norton.- Harvard Business School Publishing Corporation, 2001. 399 p.
7. *Kaplan R.S.* Alignment: Using the Balanced Scorecard to Create Corporate Synergies / R. S. Kaplan, D. P. Norton. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2006. 302 p.

References

1. *Razdorskaya I. M.* Professional competences of pharmaceutical chemists in the system of factory balanced activities/ I. M. Razdorskaya, I. A. Filina// Scientific notes of Orel State University.- Orel, 2012.- №3.- Pp.249-253.
2. *Filina I. A.* The forming of psychological, theoretical and practical readiness for future professional activity among pharmacy students/ I. A. Filina // Scientific notes of Orel State University.- Orel, 2010.- Vol.2.- Pp.256-259.
3. *Filina I. A.* Multi-Criteria Analysis for chemist's shop competitiveness /I.A.Filina// Scientific notes of Orel State University.- Orel, 2012.- №6.- Pp.347-350.
4. *Filina I. A.* Coherence between pharmaceutical goods ordering, delivery and pricing and the results of pharmaceutical activity/ I. A. Filina// Scientific notes of Orel State University.- Orel, 2011.- №3.- Pp.286-290.
5. *Harry M./Six Sigma. The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations.* - M. Harry, R. Schroeder — New York a.o.: Currency, 2000. — 301 p.
6. *Kaplan R.S.* The strategy- focused organization: how balanced scorecard companies thrive in the new business environment/ R.S. Kaplan, D. Norton.- Harvard Business School Publishing Corporation, 2001.- 399 p.
7. *Kaplan R.S.* Alignment: Using the Balanced Scorecard to Create Corporate Synergies / R. S. Kaplan, D. P. Norton. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2006.- 302 p.

УДК 616.33-002.44

UDC 616.33-002.44

В.И. ФОМИЧЕВ

клинический ординатор кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета

П.С. КИСЕЛЕВ

студент медицинского института Орловского государственного университета

Ю.М. МОРОЗОВ

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой последипломного медицинского образования Орловского государственного университета

V.I. FOMICHOV

Clinical intern Department of Immunology and Specialized Clinical Disciplines, Medical Institute of Orel State University

P.S. KISELYOV

student of Medical Institute of Orel State University

YU.M. MOROZOV

Doctor of Medical Sciences, professor, Head of the Department of Postgraduate Medical Education of Orel State University

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ЯЗВЕННЫМИ КРОВОТЕЧЕНИЯМИ

THE REMOTE RESULTS OF VARIOUS METHODS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH ULCER BLEEDINGS

В статье представлен сравнительный анализ различных методов лечения язвенных кровотечений, а также прослежены отдаленные результаты исходов лечения в этих группах по данным БУЗ Орловской области «ООКБ».

Ключевые слова: язвенная болезнь, кровотечение, гемостаз, отдаленные результаты.

The comparative analysis of various methods of treatment of ulcer bleedings is presented in article, and also the remote results of outcomes of treatment in these groups are tracked.

Keywords: peptic ulcer, bleeding, hemostasis, remote results.

Введение

Кровотечение из язвы желудка или двенадцатиперстной кишки (ДПК) является одной из актуальных проблем urgentной хирургии [4, 1].

Отдаленные результаты хирургического лечения язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, так же как и при консервативном лечении, могут оказываться неудовлетворительными, и у некоторых больных после оперативного лечения заболевание снова рецидивирует [2, 3].

Цель

Провести сравнительный анализ отдаленных результатов различных методов лечения пациентов с язвенными кровотечениями.

Материалы и методы

Проведен анализ результатов лечения 348 пациентов с кровоточащей язвой в БУЗ «Орловская областная клиническая больница» за десятилетний период и прослежены отдаленные результаты лечения исследуемого контингента больных за период с 2009 по 2012 год.

В настоящее время отмечается рост больных этой категории, так в 2002 году на стационарном лечении в ООКБ находилось 23 (7%) пациента, в 2003 – 43 (12%), в 2004 – 24 (7%), в 2005 – 25 (7%), в 2006 – 40 (12%), в 2007 – 36 (10%), в 2008 – 31 (9%), в 2009 –

15 (4%), в 2010 – 50 (14%); в 2011 – 61 (18%). Среди пациентов было 96 женщин и 252 мужчины в возрасте от 17 до 88 лет (средний возраст $53,8 \pm 4,4$ лет), причем практически треть больных – люди старше 60 лет. Более 34% пациентов с гастродуоденальными кровотечениями представлены группой наиболее трудоспособного возраста – от 31 до 50 лет.

Первую группу составили 67 (19,3%) больных, средний возраст которых был $51,6 \pm 12,1$ лет. Среди них были пациенты с продолжающимся кровотечением (45%) и с признаками перенесенного кровотечения (52%), причем у некоторых сохранялся высокий риск рецидива. Для их лечения применяли комбинированное использование эндоскопического гемостаза в сочетании с современной инфузионной гемостатической и противоязвенной терапией. Рецидив кровотечения был у 3 пациентов. В связи с рецидивом кровотечения, а также учитывая его высокий риск, 13 (33,3%) пациентов переведены на оперативный метод лечения. 54 (15,5%) пациента после проведения эндоскопической остановки кровотечения продолжили медикаментозное лечение. Динамика гемостаза у этой группы больных значительно доминировала над динамикой больных, получавших только медикаментозное лечение. Пациенты, для лечения которых применяли комбинированное использование эндоскопического гемостаза в сочетании с современной противоязвенной и гемостатической

ской терапией, были выписаны с улучшением в 100% случаев. Средний срок лечения составил $9,4 \pm 2,3$ койко-дня.

Вторую группу составили 80 (23,0%) больных, средний возраст которых был $52,7 \pm 8,4$ года. Это самые тяжелые пациенты с продолжающимся кровотечением или с высоким риском рецидива кровотечения. Для их лечения использовался оперативный метод. Объем оперативного вмешательства был различным, с преобладанием травматичных методов. У 16 (20%) из 80 больных этой категории, перенесших хирургические вмешательства, послеоперационный период протекал с осложнениями, 10 из которых потребовали повторного оперативного пособия. Так, среди 80 оперированных пациентов 73 (91,3%) были выписаны в удовлетворительном состоянии, а 7 (8,8%) случаев закончились смертельным исходом. Послеоперационная летальность составляет 8,75%. Средний срок лечения составил $17,0 \pm 7,8$ койко-дней.

Третью группу составили 214 (61,5%) больных, средний возраст которых был $54,6 \pm 5,9$ лет. Степень гемостаза источника кровотечения на момент поступления у данных больных распределялась следующим образом: Forrest Ib – у 4 (2%) Forrest IIa – у 16 (7%), Forrest IIb – у 75 (35%), Forrest IIc – у 57 (27%), Forrest III – у 49 (23%), нет указаний на степень гемостаза – у 13 (6%). Для их лечения использовали только консервативное медикаментозное лечение (инфузионная гемостатическая и противоязвенная терапия). Данных о рецидиве кровотечения в этой группе нет. Среди пациентов данной группы 9 (4,2%) были переведены в гастроэнтерологическое отделение ООКБ для продолжения лечения, 1 (0,5%) в кардиологическое, 197 (92,1%) выписаны с улучшением и 7 (3,3%) случаев закончились смертельным исходом. Средний срок лечения составил $8,8 \pm 2,7$ койко-дней.

Результаты и обсуждения

Отдаленные результаты лечения исследуемого контингента больных с язвенным гастродуоденальным кровотечением прослеживались за период с 2009 по 2012 год.

Из 334 пролеченных больных за медицинской помощью по поводу болезней желудка и двенадцатиперстной кишки обратились 79 пациента, что составляет 23,7%.

Из 54 пациентов, получавших комбинированное использование эндоскопического гемостаза в сочетании с современной медикаментозной терапией, 9 человек (16,7%) обратились к врачам повторно. У

них были диагностированы следующие заболевания: дуоденальная язва с кровотечением – у 3, язва двенадцатиперстной кишки с прободением – у 1, гастродуоденит – у 2, обострение язвенной болезни желудка – у 1, обострение язвенной болезни двенадцатиперстной кишки – у 3.

Из 73 выписанных пациентов, перенесших хирургическое вмешательство, повторно обратились 20 человек (27,4%). У 4 из них диагностированы синдромы оперированного желудка, у 2 – свищ желудка и двенадцатиперстной кишки, у 1 – пептическая язва анастомоза, у 1 – язва желудка, осложнившаяся кровотечением и прободением, у 1 – острая язва желудка с кровотечением, у 1 – язва двенадцатиперстной кишки, осложнившаяся кровотечением, 5 пациентов обратились с обострением язвенной болезни желудка, 4 – с обострением язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и 1 пациент – с гастродуоденитом.

Из 214 выписанных пациентов, получавших только медикаментозное лечение, повторно обращались 50 человек (23,4%). У них наблюдалась следующая патология: язва желудка – 11 случаев, язва желудка с кровотечением – 2 случая, язва двенадцатиперстной кишки – 35 случаев, язва двенадцатиперстной кишки с кровотечением – 4 случая, гастрит и дуоденит – 10 случаев, желудочно-кишечное кровотечение неуточненное – 1 случай.

Выводы

Таким образом, несмотря на совершенствование методов лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки число осложнений этого заболевания кровотечением ежегодно возрастает, причем 2/3 пациентов поступают в стационар в поздние сроки от начала заболевания.

Более 85% больных этой категории при поступлении нуждаются в проведении интенсивной терапии в связи с наличием шока и признаков неустойчивого гемостаза. Каждый третий больной подвергается хирургическому вмешательству. При этом частота послеоперационных осложнений составляет 20%.

Оценка качества жизни больных, перенесших язвенное кровотечение, за трехлетний период доказывает высокую частоту рецидива этого осложнения заболевания, составляющего около 4%. Этот факт побуждает к более активной тактике в плане выбора методов лечения кровоточащей язвы с целью профилактики не только послеоперационных осложнений и летальности, но и рецидива кровотечения в будущем.

Библиографический список

1. Панцырев Ю.М., Михлев А.И., Федоров Е.Д. Хирургическое лечение прободных и кровоточащих гастродуоденальных язв // Хирургия. 2003. № 3. С. 43–49.
2. Плешков В.Г., Афанасьев В.Н., Овсянkin А.В. Применение фамотидина (квamatела) в лечении язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки // Хирургия. 2000. № 6. С. 48–49.
3. Тарасенко В.С., Крeтинин С.В. Тактика при гастродуоденальных кровотечениях язвенной этиологии // Неотложная и специализированная хирургическая помощь. Первый конгресс московских хирургов: Тез. докл. М., 2005. С. 33.

4. Millat B., Fingerhut A., Borie F. Surgical Treatment of Complicated Duodenal Ulcers: Controlled Trials // World J. Surg. 2000. V. 24. P. 299–306.

References

1. Pantsyrev Yu.M., Mikhlev A. I., Fedorov E.D. Surgical treatment of perforated and bleeding gastroduodenal ulcers // Surgery. 2003. № 3. – Pp. 43-49.
2. Pleshkov V.G., Afanasyev V.N., Ovsyankin A.V. The use of famotidine (kvamatel) in the treatment of gastric ulcer and duodenal ulcer // Surgery. - 2000. - № 6. - Pp. 48-49.
3. Tarasenko V.S., Kretinin S.V. Management of bleeding gastroduodenal ulcer etiology // Emergency and specialized surgery. The first congress of Moscow surgeons: Abstracts. - Moscow, 2005. - P. 33.
4. Millat B., Fingerhut A., Borie F. Surgical Treatment of Complicated Duodenal Ulcers: Controlled Trials // World J. Surg. 2000. V. 24. Pp. 299–306.

УДК 61:502.17(075.8)

UDC 61:502.17(075.8)

В.В. ЧУПАК

кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии Орловского государственного университета

E-mail: provisorv@orel.ru

V.V. CHUPAK

Candidate of Pharmaceutical Sciences, associate professor of the department "Inorganic chemistry, biochemistry, pharmaceutical chemistry and pharmacognosy", Orel State University

E-mail: provisorv@orel.ru

ПЕСТИЦИДЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ И ЧЕЛОВЕКА

PESTICIDES. PROBLEMS IN THE ECOLOGY AND TOXICOLOGY

В статье кратко рассматриваются проблемы, связанные с применением пестицидов, требования, которым должны отвечать пестициды. Даются несколько классификаций современных пестицидов. Рассматривается их действие на природу и человека. Предложен новый термин – «абсолютный ксенобиотик».

Ключевые слова: анализ, анализ пестицидов, абсолютный ксенобиотик, выделение, загрязнение, контроль, классификация, пестициды, токсикология, экология.

Classifications and analysis of the pesticides in the Russia are considered in the article. Their effect on man and nature are also regarded here.

Keywords: air pollution, analysis, analysis of the pesticides, absolute xenobiotic, control, classification, ecology, pesticides, pollution, soiling, toxicology, types of the pesticides.

Классификация пестицидов

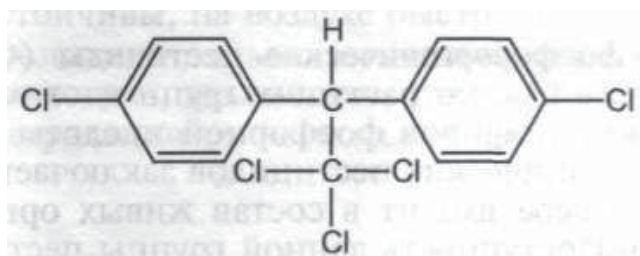
Население нашей планеты год от года растёт, количество же посевных площадей в целом остаётся неизменным. Для решения продовольственной проблемы необходимо повышать производительность каждого гектара пашни. Одним из возможных решений представляется использование препаратов защиты сельскохозяйственных растений.

Пестициды – ядохимикаты (биоциды) – химические средства борьбы с вредными микроорганизмами, растениями и животными. Пестициды делятся на группы в зависимости от того, какие организмы они поражают.

К пестицидам также относят: репелленты – отпугивающие; дефолианты – вызывающие опадение листьев растений; хемотериянты – вызывающие бесплодие насекомых и др. Сюда же относятся пропе-

стициды – превращающиеся в активные пестициды при определённых условиях. Пестициды применяются в виде композиций – растворитель (разбавитель), поверхностно-активные вещества, собственно пестицид. До 40^{-х} годов прошлого века на мировом рынке предлагалось несколько десятков пестицидов природного происхождения (из растений – нестойкие) и неорганические, (на основе серы и тяжёлых металлов – надолго загрязняющие почву). Эти пестициды относятся к первому поколению. Минеральные пестициды первого поколения давно не применяются из-за их токсичности для растений и человека. Появление пестицидов второго поколения связано с открытием Паулем Германом Мюллером инсектицидных свойств у дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ), за что в 1948 году он получил Нобелевскую премию:

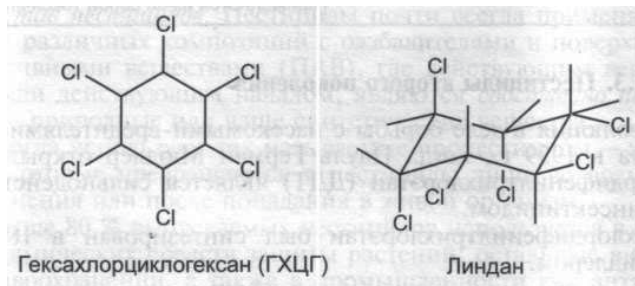
№ п/п	Название пестицида	Направление действия
1	Инсектициды	Насекомые, которые поедают урожай и продукты, а также являются переносчиками болезней человека и животных
2	Гербициды	Нежелательная растительность, сорняки
3	Фунгициды	Грибы, плесень
4	Бактерициды	Бактерии
5	Акарициды	Клещи
6	Альгициды	Водоросли
7	Моллюскоциды	Улитки и слизни
8	Нематоциды	Нематоды
9	Зооциды	Животные из числа позвоночных (мыши, крысы)
10	Десиканты	Пестициды, подсушивающие растения на корню



Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ)

На основе этого соединения с 1945 года химики всего мира создали огромное количество пестицидов. Их поиск продолжается и сейчас. Было предложено много классификаций полученных соединений. Вот одна из них: препараты делятся на группы в зависимости от своего строения.

1 группа – хлорорганические пестициды (ХОП) – наиболее эффективные и токсичные. Чем больше в молекуле атомов хлора, тем более устойчив к разложению и более токсичен пестицид.

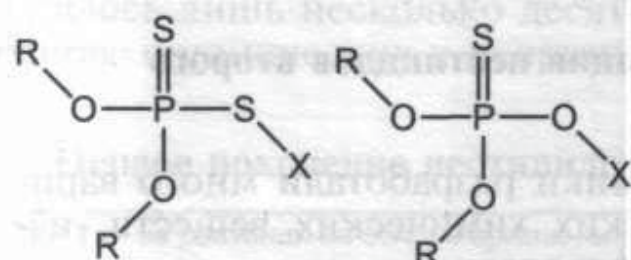


Гексахлорциклогексан (ГХЦГ)

Линдан

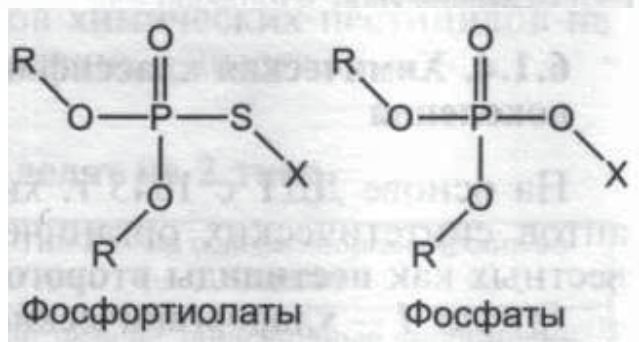
К 1-й группе относятся хлорпроизводные ароматических углеводородов: ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан), 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан:

смесь изомеров (гексахлоран), γ -изомер (линдан),



Фосфордитиоаты

Фосфортиоаты



Фосфортиолаты

Фосфаты

гексахлорбутандиен, гексахлорбензол, пентахлорфенол, алдрин (1,2,3,4,10,10-гексахлор-1,4,5,8-диэндометиленбицикло[4,4,0]-декадиен-2,6), диэлдрин (1,2,3,4,10,10-гексахлор-6,7-эпокси-1,4,5,8-диэндометиленбицикло[4,4,0]-децен-2).

Устойчивость ХОП в окружающей среде от 2 до 15 лет.

Группа 2 – фосфорорганические пестициды (ФОП) – это одна из наиболее быстро растущих групп ядохимикатов, производных сложных эфиров

фосфорной кислоты. Фосфор сам по себе входит в состав живых организмов, что увеличивает биодоступность данной группы пестицидов и тем самым повышает их токсичность.

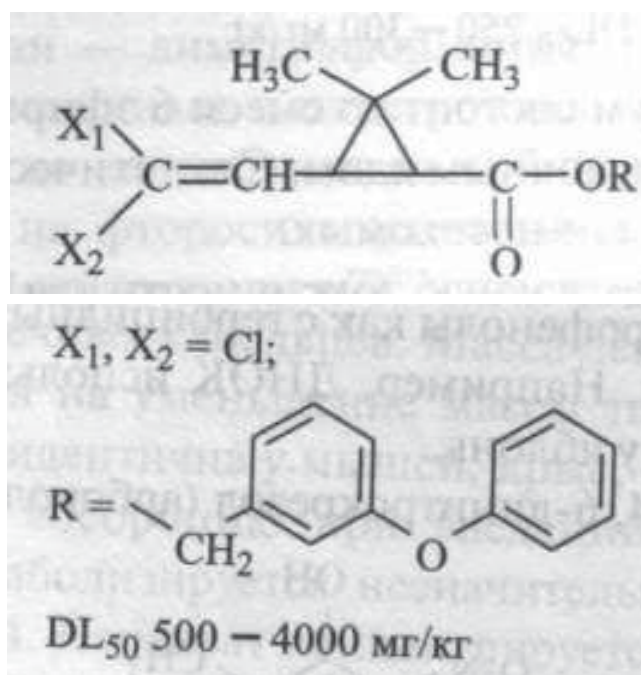
2-я группа пестицидов включает: **бутифос, фосфамид, хлорофос, карбофос, трихлорметафос-3, метафос, метилнитрофос, метилмеркаптофос, метилпаратион, малатион, паратион, монокротофос, метамидофос.**

Устойчивость ФОП от 1 недели до нескольких лет.

В основе ФОП лежат следующие общие формулы, где R – алкил; X – разные структуры:

Группа 3 – карбаматы: карбарин, манеб, триопоксор, мексинабат, аминокарб. Устойчивость от нескольких дней до нескольких недель.

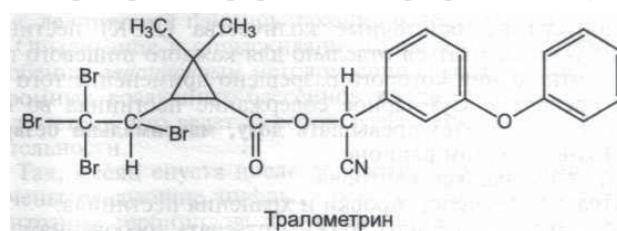
Группа 4 – пиретроиды – синтетические аналоги пиретринов. Пиретрины – производные 2, 2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты. Циклопропанкарбоновые кислоты (хризантемовая, пиретриновая) в виде сложных эфиров образуют группу природных контактных инсектицидов – пиретринов:



В настоящее время в сельском хозяйстве используется три поколения пиретроидов.

Пиретрины – природные инсектициды, содержащиеся в цветках многолетних трав родов *Pyrethrum* (*Crysanthemum*, *Tanacetum*). По химической структуре пиретроиды – сложные эфиры, а точнее – их смесь (+) – транс-хризантемовой и (+) – транс-пиретриновой кислот с замещённым (+) – пиретролоном. Оптически активные изомеры этих соединений представляют собой бесцветные высококипящие жидкости; легко гидролизуются щёлочью, устойчивы в слабокислой среде; на воздухе быстро окисляются и разрушаются под действием влаги и света. Использовались в сельском хозяйстве ещё 2000 лет назад, в Китае.

Препараты природных пиретринов получа-



ют экстракцией из цветков далматской ромашки (*Pyrethrum cinerariifolium*). Отрицательным моментом является высокая стоимость препаратов природных пиретринов. В настоящее время разработаны промышленные методы получения пиретроидов – аналогов природных соединений, но со значительно большей фотоустойчивостью.

Перметрин – 3-феноксibenзил (IRS)-цис, транс-3-(2,2-дихлоровинил)- 2,2-диметилциклопропанкарбоксилат (амбуш) представляет собой феноксibenзиловый эфир перметриновой кислоты. Применяется для борьбы с гусеницами, уничтожающими листву.

Природный пиретрум состоит из смеси 6 эфиров. Он является сильным контактным и желудочным ядом. Синтетические эфиры селективны к определенным видам насекомых. Несмотря на незначительную токсичность для млекопитающих, пиретрум может вызывать контактный дерматит, приступы удушья и коллапс.

Отравления при профессиональной деятельности приводят к разнообразным токсическим реакциям. Прием внутрь вызывает боль в эпигастрии, тошноту, рвоту, головную боль, головокружение, анорексию, усталость, стеснение в груди, тахикардию, нарушение сознания. При тяжелых отравлениях возможны судорожные припадки с потерей сознания. На настоящее время данные о хронической токсичности отсутствуют. Имеющаяся у млекопитающих в тканях микросомальная система монооксигеназы в значительной степени является основой детоксикации эфиров пиретроида в организме.

К пиретроидам третьего поколения относят цигалотрин, цифлутрин, пеметрин, декаметрин, тралометрин. Период разрушения от нескольких дней до нескольких недель.

Группа 5 – производные нитрофенолов, мочевины, уксусной и масляной кислот, соединения серы.

Классификация пестицидов по токсичности

Многие пестициды токсичны для людей и теплокровных животных. Изучение острой пероральной токсичности пестицидов проводят на крысах. Мера активности пестицидов – LD_{50} – это доза или концентрация раствора, вызывающая гибель 50% организмов. По токсичности пестициды подразделяют на 4 группы.

- **Чрезвычайно опасные** – LD_{50} до 15 мг/кг.
- **Высокоопасные** – LD_{50} 15–150 мг/кг.
- **Умеренно опасные** – LD_{50} 150–5000 мг/кг.

- **Малоопасные** – ЛД₅₀ свыше 5000 мг/кг.

Активность пестицидов зависит от способности *проникать* в организм, *передвигаться* в нем к месту действия и подавлять жизненно важные процессы.

По способу действия пестициды делят на **контактные** – действующие в местах соприкосновения, и **системные** – способные всасываться и передвигаться по сосудистой системе в разные части растения. Как правило, системные пестициды более эффективные. (2)

Классификация по устойчивости пестицидов в почве

Персистентность представляется очень важной для оценки токсичности пестицидов. По устойчивости пестицидов в почве их делят на:

1. очень стойкие (период разложения более 1 года);
 2. стойкие (период разложения от 6 месяцев до 1 года);
 3. умеренно стойкие (период разложения от 1 до 6 месяцев);
 4. малостойкие (период разложения до 1 месяца).
- Имеются и другие классификации пестицидов.

Требования к пестицидам

Ассортимент пестицидов постоянно обновляется, что связано с необходимостью создания более эффективных и безопасных для людей и окружающей среды пестицидов, а также с развитием у вредителей резистентности при длительном применении одних и тех же пестицидов. В настоящий момент в мире используется 1500 пестицидов, в России около двухсот.

Во всех странах производство и использование каждого из пестицидов допускается с разрешения государственных органов.

На новый синтезированный пестицид готовится документация, в которой заложены следующие требования.

– Установление ПДК пестицида в воздухе, воде, почве.

– Допустимые остаточные количества (ДОК) пестицида должны устанавливаться отдельно для каждого пищевого продукта, в отношении которого разрешено применение того или иного препарата. Суммарное содержание пестицида во всех продуктах не должно превышать **дозу, максимально безвредную (Дм)** в суточном рационе.

– Методы анализа, контроля.

– Правила транспортировки и хранения пестицида.

Кроме того, пестициды должны отвечать требованиям *экологической безопасности*.

– Не оказывать **токсического действия** – краткосрочного или долгосрочного – на человека.

– Проявлять **избирательность** – способность уничтожать одни виды организмов, не затрагивая

другие.

– Обладать **персистентностью** – способностью пестицида сохраняться в окружающей среде, не теряя своей биологической активности.

– **Быстро расщепляться** на безвредные вещества.

– Давать экономию денежных средств.

К сожалению, всем этим требованиям выпускаемые пестициды не всегда отвечают.

Агрегатное состояние пестицидов и способы обработки объектов

Пестициды используются в виде порошков (ду-сты), растворов, эмульсий, паст, паров, газов, аэрозолей. В зависимости от агрегатного состояния препаратов применяют и различные способы обработки объектов:

- опыливание, опрыскивание,
- газация (фумигация),
- сухое и влажное протравливание семян,
- внесение препаратов в почву,
- полив почвы жидкостями.

Загрязнение пестицидами окружающей среды

Пестициды распространяются на большие пространства, удаленные от мест их применения. Все объекты окружающей среды могут быть загрязнены пестицидами: воздух, вода, почва, технические и продовольственные культуры, флора и фауна.

Многие из них (ДДТ, диэldrин) могут сохраняться в окружающей среде более 20 лет. При использовании даже наименее летучих компонентов более 50% активных веществ в момент воздействия переходит в атмосферу, а для таких пестицидов, как ДДТ и диэldrин, характерна дистилляция с парами воды с земной поверхности. Большая часть пестицидов подхватывается ветром и осажается в районах суши или океана, удаленных от зон применения пестицидов. В Антарктиде, за десятки тысяч километров от зон применения, ледниковый панцирь накопил более 2000 т ДДТ. Опыливание и опрыскивание садов, полей тракторным и особенно *авиационным* методом сопровождается загрязнением огромных воздушных бассейнов на расстоянии до десятков километров, что ведет за собой загрязнение почвы, воды, растительности.

Имеется *повод для опасения при употреблении в пищу грибов и ягод, собранных в лесу*.

Пестициды, как и другие токсиканты, способны накапливаться в пищевой цепи. Количество пестицидов в рыбе в 100-1000 раз может превышать их содержание в воде. Особенно это относится к хлорорганическим пестицидам. Скармливание домашним животным кормов, содержащих остаточные количества пестицидов, ведет к накоплению содержания во всех продуктах, полученных от животных. Так, ДДТ обнаруживался в молоке и сыре до 3 мг/кг.

Пестициды участвуют в сложных биологиче-

ских миграционных процессах и образуют различные продукты обмена, часто более токсичные, чем исходные вещества. ДДТ в результате ряда изменений образует производное – эпокисоединение ДДТ, которое обладает мутагенным действием.

Последствия применения пестицидов на природу

Сохранение разнообразия видов фауны и флоры – необходимое условие существования здоровой природной среды для человека. Бездумное применение пестицидов и гербицидов на исходном этапе их разработки привело к жутким необратимым последствиям. Вот только некоторые из них.

– Отравление и гибель птиц и животных.
ДДТ – одна из причин вымирания целых видов в природе;

– Обеднение растительности.

Уничтожение нежелательных трав, кустарников и деревьев привело к значительному обеднению растительности так, что во многих местах стало совершенно невозможно высокопродуктивное пчеловодство.

– Изменение химического состава и пищевой ценности продуктов питания.

– Изменение вида и вкуса ядовитых растений.

Даже такие гербициды, которые при проверке на токсичность для теплокровных животных получили оценку «нетоксичны», могут стать причиной неожиданных побочных эффектов, таких как изменение вкуса ядовитых растений. Например, при опрыскивании пастбищ гербицидами против различных видов лютиковых вкус их настолько изменялся, что скот, не распознавая эти растения, поедая их, что приводило к гибели животных.

– Снижение численности насекомых, в частности опасность уничтожения пчел (даже в тех случаях, когда категорически утверждается безопасность гербицидов).

– Возникновение новых сорных трав при продолжительном применении гербицидов.

– Эрозия почвы – повреждение плодородного слоя (толщина плодородного слоя составляет всего 15–20 см).

Токсичность пестицидов для человека

По данным ВОЗ, ежегодно пестицидами отравляется до 1 миллиона человек, более 5 тысяч со смертельным исходом. Это данные только для людей, которые непосредственно соприкасаются с ядохимикатами при сельскохозяйственных работах или при производстве пестицидов. Основная масса населения попадает под их действие в результате употребления воды или пищи, что невозможно учесть.

В 1988 г. Национальная Академия наук США опубликовала доклад, в котором сообщалось, что в предстоящие 70 лет более 1 млн американцев рискуют заболеть раком, вызванным наличием 28 канцерогенных пестицидов в пище.

Токсичность пестицидов зависит от химической структуры, физико-химических свойств, концентрации и длительности воздействия препарата, а также от физиологического статуса самого человека. Пестициды с меньшим содержанием хлора в молекуле (около 30%) менее устойчивы и легче выводятся из организма.

Чем выше летучесть вещества, тем больше его концентрация в окружающем воздухе, и чем выше температура воздуха, тем серьезнее опасность отравления для человека.

Пестициды хорошо всасываются через кожу и могут вызывать сильнейшие отравления и поражения нервной системы.

ДДТ представляет собой типичный контактный яд, способный быстро проникать через кожу и нарушать нормальный цикл в мембранах нервных клеток, понижая чувствительность Na^+ -насоса, в результате чего после возбуждения нервных сигналов не происходит восстановления нормального потенциала покоя. Большие количества ДДТ в организме вызывают паралич конечностей. Гексахлорциклогексан (ГХЦГ, гексахлоран) или его γ -изомер – линдан по токсичности близки к ДДТ.

Пестициды способны кумулироваться практически во всех органах и системах, но преимущественно (до 97%) накапливаются в костном мозге, лимфатических узлах, селезенке и жировой ткани. Например, ДДТ, депонируясь в жирах, может высвобождаться оттуда в кровяное русло во время голодания, болезни, а также во время беременности.

Наибольшую опасность приобретают хронические отравления пестицидами, вызываемые относительно малыми дозами, которые могут содержаться в пище, воде, воздухе и систематически поступать в организм человека, начиная с самого первого дня рождения с грудным молоком. Установить отравление пестицидами весьма сложно, так как данные о контакте больных с пестицидами могут отсутствовать, а сами отравления приобретают стертые неспецифические формы.

Ядохимикаты кумулируются в органах, ответственных за состояние иммунитета: костный мозг, селезенка, лимфатические узлы, что приводит к снижению иммунных сил организма и способствует повышению уровня заболеваемости. В результате хронического или острого отравления пестицидами могут возникать следующие заболевания:

1. Аллергические экземы, пурпury, дерматиты (нередко возникают при контакте с ДДТ).
2. Бронхиальная астма.
3. Хронические энтероколиты. В районах интенсивного применения ядохимикатов заболеваемость энтероколитами значительно выше, чем в районах, где они не используются. При этом происходит изменение состава и свойств микрофлоры кишечника.
4. Астеновегетативный, гипоталамический синдром и вегетососудистая дистония, мигрень.

ДДТ действует на мозг человека, как нервный яд.

5. Имеются сообщения о возникновении опухолей (преимущественно сарком и лимфом) у людей, подвергавшихся в условиях производства воздействию пестицидов.

6. Пестициды могут вызывать инверсию (изменение) пола – доказано на птицах (ДДТ).

Мюллер получил Нобелевскую премию за открытие инсектицидных свойств у ДДТ, сейчас бы эту премию дали тому, кто смог уничтожить ДДТ и ему подобные соединения. В настоящее время за ДДТ утвердился слава опаснейшего препарата. Однако применяемые сегодня некоторые инсектициды не менее токсичны и должны быть также запрещены.

К сожалению, запрещение ДДТ не распространяется на весь мир. Он разрешен к применению в некоторых развивающихся странах для борьбы с переносчиками болезней (малярийными комарами, мухами). В таких странах, как Китай, Индия, Австралия, до сих пор ДДТ применяется для опрыскивания плодов. Индия и сейчас производит ежегодно более 4000 т ДДТ. (1)

Согласно немецким подсчетам 1980 года, каждый грудной ребенок получает с молоком матери в 2 раза больше ДДТ, в 8 раз больше гексахлорбензола, в 13 раз больше полихлорированных дифенилов, чем это допускается по норме. Эти превышения могут составлять в отдельных случаях 90 раз.

Несмотря на то, что ДДТ ЗАПРЕЩЕН, его неограниченное применение продолжается, и в настоящее время в круговороте находится около 3 млн тонн этого пестицида. Отметим, что такие пестициды, как пиретроиды, малотоксичны для млекопитающих и человека (например Перметрин DL_{50} 500 – 4000 мг/кг) в сравнении с дикватом DL_{50} 282 мг/кг или ДНОК DL_{50} 40 – 85 мг/кг; является интересным момент, что продолжая использовать природные пиретрумы, учёные синтезировали много синтетических пиретрумов, называемых пиретроидами. Эта деятельность является настолько перспективной, что в настоящий момент в сельском хозяйстве и быту применяют третье поколение синтетических пиретроидов (3).

В результате деятельности человека появляются новые вещества, типа ДДТ, и могут появляться новые вещества, являющиеся продуктами распада синтезированных человеком веществ или побочными продуктами синтеза, которые могут быть высокотоксичными. Эти вещества являются чужеродными для живой и неживой природы. Для таких веществ подошёл бы новый термин – «абсолютный ксенобиотик».

Такое вещество должно быть сильным токсикантом, иметь высокую персистентность (срок сохранения в окружающей среде), не иметь естественных путей деградации в живой клетке и окружающей природе. К таким веществам можно отнести ДДТ, диоксины и другие полициклические ароматические

углеводороды – ПАУ.

Анализ пестицидов

Пестициды принадлежат к различным химическим группам и обладают разными физико-химическими свойствами, специфическим характером биологического действия и особенностями применения. Все это требует индивидуального подхода к анализу пестицидов и оценке последствий их воздействия. Сложность анализа усугубляется следовыми количествами препаратов в объектах, поэтому на практике часто используют комбинированные методы.

- Газожидкостная хроматография – масс-спектрометрия (ГЖХ – МС). Этот метод часто используется для анализа хлор- и фосфорорганических пестицидов и других токсикантов.

- Газожидкостная хроматография – Фурье-спектрометрия в инфракрасной области (ГЖХ–ИК-ФС).

- Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ).

- Использование ферментативных и иммунохимических реакций.

- Вольтамперометрия.

Метод ВЭЖХ в последние годы является одним из самых важных методов в аналитической химии для анализа пестицидов. С помощью ВЭЖХ можно определять следовые количества большинства пестицидов, включая хлор- и фосфорорганические соединения, а также полиароматические углеводороды (ПАУ) в фармацевтических препаратах и пищевых продуктах.

Для эффективного хроматографического разделения компонентов наиболее часто применяют колонки длиной 25 см и внутренним диаметром 4-5 мм, заполненные сферическими частицами силикагеля размером от 5 до 10 мкм с привитыми октадецильными группами (ультрасфер, ультрапак, сферисорб). Идеальный вариант: колонки 1-2 мм, позволяющие разделить пробу с концентрацией 0,1 мкг/г на неподвижной фазе с диаметром частиц 10 мкм.

Для защиты колонок от быстрого загрязнения их снабжают предохранительными картриджами (предколоной). Наиболее распространенные полярные сорбенты, используемые в анализе лекарственных веществ, афлатоксинов, нитрозаминов, – силикагель, целлюлоза, оксид алюминия.

Для обнаружения анализируемых компонентов в ВЭЖХ широко применяются устройства, работа которых основана на измерении поглощения в ультрафиолетовой области, флуоресценции или электрохимических характеристик. Иногда сочетают жидкостной хроматограф с масс-спектрометром. Высококонтрастная запись спектров стала возможной с появлением детекторов на диодной матрице. В таких детекторах матрица фотодиодов постоянно регистрирует сигналы в

ультрафиолетовой и видимой частях спектра, обеспечивая запись в режиме сканирования. Данные, полученные одновременно на различных длинах волн, обрабатываются с помощью компьютеров, которые выделяют сигнал на оптимальной длине волны и вычитают фон. Применение детекторов на диодной матрице обеспечивает получение аналитических данных с гораздо большей степенью достоверности.

С появлением *УФ-В-детектора* (ультрафиолетовая и видимая часть спектра) на диодной матрице ВЭЖХ стала стандартным методом контроля качества природной и питьевой воды на содержание пестицидов. Анализ пестицидов в воде методом ВЭЖХ с УФ-В-детектором основан на экстракции определяемых веществ этилацетатом и очистке загрязненных проб на колонке с силикагелем.

Идентификацию веществ проводят по времени удерживания и по библиотечным спектрам исследуемых веществ. (4)

Выводы

1. Несмотря на большой вред, наносимый пестицидами экологии Земли и человеку, применение пестицидов необходимо, так как обеспечивает потребность постоянно растущего населения планеты в продуктах питания. Однако применение пестицидов должно вестись с научной позиции:

а) исключить производство и применение запрещённых препаратов с большим сроком расщепления типа ДДТ, являющихся абсолютными ксенобиотиками для любого организма;

б) вести производство, транспортировать, хранить по международным стандартам;

в) проводить обработку посевов строго в соответствии с правилами агротехники;

г) вести контроль содержания пестицидов на всех этапах производства пищевых продуктов.

2. Следует обратить внимание на пример использования в качестве пестицидов пиретроидов, веществ, синтезированных на основе природных пестицидов. Эти вещества обладают многими положительными свойствами: они достаточно быстро разлагаются на безопасные вещества, малотоксичны для млекопитающих, их цена более низкая, чем у природных пиретринов, можно создать такие типы пиретроидов, которые действуют селективно на определённые виды вредителей. Следуя таким путём, необходимо искать природные вещества, отпугивающие или уничтожающие вредителей; производить их синтетически и синтезировать новые вещества на их основе. В этом случае у вновь синтезированных веществ, несмотря на их необычность для живой природы, будут иметься естественные пути деградации и утилизации. Поэтому они не будут являться абсолютными ксенобиотиками, как вещества типа ДДТ.

3. Также для некоторых синтезированных человеком веществ, несуществующих в природе или образующихся при химическом синтезе в качестве побочных продуктов, автор хотел бы предложить новый термин – абсолютный ксенобиотик.

Такое вещество должно быть сильным токсикантом, иметь высокую персистентность (срок сохранения в окружающей среде), не иметь естественных путей деградации в живой клетке и окружающей природе. К таким веществам можно отнести ДДТ, диоксины и другие полициклические ароматические углеводороды – ПАУ.

Библиографический список

1. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. М.: Химия, 1996. 319 с.
2. Солдатенков А. Т., Колядина Н. М., Шендрик И. В. Средства защиты, лечения и регуляции роста животных и растений. Основы органической химии. М.: Химия, 2013. 223 с.
3. Химико-токсикологическое исследование 1,1'-этилен-2,2'-бипиридилийдибромид. Чупак В. В. Автореферат канд. дис. на соискание учёной степени кандидата фармацевтических наук. Курск, 2007, Издательство МУ «Издательский центр «ЮМЭКС», 19 с.
4. Baselt R.C. The Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man. – Foster City, CA: Biomedical publication, 2004. 1254 p.

References

1. Maistrenko V.N., Hamitov R.Z., Budnikov G.K. Environmental monitoring supercotoxics. M.: Chemistry, 1996. 319 p.
2. Soldatenkov A. T., Koliadina N. M., Shendrik I. V. Means of protection, treatment and regulation of growth of animals and plants. Bases of organic chemistry. - M.: Chemistry, 2013. - 223 p.
3. Chemical-Toxicological research 1,1'-ethylene-2,2'-bipiridiliidibromida. Chupak V.V. Abstract candidate's dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of pharmaceutical Sciences. Kursk, 2007, the Publishing house MU «Publishing centre «YuMEKS», 19p.
4. Baselt R.C. The Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man. – Foster City, CA: Biomedical publication, 2004. – 1254 p.

УДК 613.287.8

UDC 613.287.8

А.В. ШУЛЬГА

клинический ординатор кафедры педиатрии Орловского государственного университета
E-mail: custo002@mail.ru

Н.В. КОСТЫЧЕВА

врач-неонатолог, ГБУЗ «Центр планирования семьи и репродукции»
E-mail: neonatl@mail.ru

О.И. ФОМИНА

ассистент кафедры педиатрии Орловского государственного университета
E-mail: fomin.max1979@mail.ru

Т.А. КУЗНЕЦОВА

доктор медицинских наук, профессор кафедры педиатрии Орловского государственного университета
E-mail: vradi@inbox.ru

A.V. SHULGA

Clinical intern of pediatrics, Medical Institute of Orel State University
E-mail: custo002@mail.ru

N.V. KOSTYCHEVA

neonatologist, "Center for Family Planning and Reproduction"
E-mail: neonatl@mail.ru

O.I. FOMINA

Assistant of the chair of Pediatrics, Medical Institute of Orel State University
E-mail: fomin.max1979@mail.ru

T.A. KUZNETSOVA

Doctor of Medical Sciences, professor of the chair of Pediatrics, Medical Institute of Orel State University
E-mail: vradi@inbox.ru

ГРУДНОЕ ВСКАРМЛИВАНИЕ: МНЕНИЕ МАТЕРЕЙ И ВРАЧЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНКЕТИРОВАНИЯ

BREASTFEEDING: THE VIEW OF MOTHERS AND PHYSICIANS' SURVEY

В статье представлены результаты анкетирования матерей и врачей-специалистов (педиатров и акушеров-гинекологов) по вопросам вскармливания детей грудного возраста. Выявлена ошибочная тактика врачей в отношении естественного вскармливания и недостаточная мотивация матерей на кормление грудью.

Выявленные ошибочные установки являются управляемыми и поэтому могут быть скорректированы при обучении врачей-специалистов по программе вскармливания детей соответственно новым стандартам в курсах постдипломного образования.

Ключевые слова: естественное вскармливание, установки, анкетирование матерей, анкетирование врачей.

The article presents the results of the survey of mothers and specialists (pediatricians and gynecologists) on infant feeding. This survey identified doctor's erroneous tactics on breastfeeding and a lack of motivation for breast-feeding mothers.

Identified erroneous guidelines are manageable and therefore can be adjusted in the training of medical specialists on the program-feeding according to the new standards in postgraduate education courses.

Keywords: survey of mothers, survey of specialists, breastfeeding, motivation.

Рациональное вскармливание новорожденного ребенка в раннем неонатальном периоде является залогом его адекватного роста и развития не только в раннем, но и в зрелом возрасте. Раннее прикладывание новорожденного к груди матери (первые 30-60 мин. после рождения) осуществляется не только с нутритивной целью, но и для создания адекватного микробиоценоза кишечника, иммунологической защиты младенца; обеспечивает профилактику послеродовых маточных кровотечений у роженицы, способствует устойчивой последующей лактации, формированию инстинкта материнства и психологических отношений между матерью и ребенком через механизмы импринтинга [4]. Отсроченное прикладывание к груди через 2-3 часа приводит к первичной колонизации организма ребенка госпитальными штаммами микроорганизмов [1, с. 91]. Однако, по-

добная практика кормления грудного ребенка, определенная Глобальной стратегией ВОЗ/ ЮНИСЕФ по охране и поддержке грудного вскармливания в родовспомогательных учреждениях (1995), Национальной программой по вскармливанию детей первого года жизни (2010) [5, с. 5-7], на практике реализуется не в полной мере, что приводит к росту числа детей, получающих заменители грудного молока. Перевод на искусственное вскармливание является для ребенка «метаболическим стрессом», так как ни одна, даже самая современная искусственная смесь, не может являться полноценной заменой материнского молока [3, 6].

В информированности женщин по вопросу вскармливания основная роль отводится акушерам - гинекологам и педиатрам.

В этой связи *целью исследования* явился анализ

установок матерей на грудное вскармливание и тактики врачей по его поддержке.

Материалы и методы

По оригинальным анкетам опрошены 153 матери и 94 врача. Анкеты отвечали стандартным требованиям к данному методу исследования: конфиденциальности; наличию вопросов об общеизвестных и общепринятых позициях по грудному вскармливанию; время заполнения – в пределах 10-15 мин. Анкеты для матерей содержали вопросы относительно возраста, места жительства, образовательного ценза женщин, характера их труда, социального статуса; отношения к искусственным смесям; источников информации о заменителях грудного молока, а также о причинах перевода ребенка на искусственное вскармливание [2, с. 238].

Анкеты для врачей, помимо сведений о специализации (неонатолог, педиатр, акушер-гинеколог), стаже работы содержали вопросы о тактике первого прикладывания ребенка к груди в родильном зале, об отношении специалистов к смесям, допаиванию из рожка, режиме кормления, противопоказаниям для грудного вскармливания.

Возрастная структура опрошенных матерей представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Проживание \ Возраст	Город, n=112 P1		Село, n=41 P2		P1,2
	абс.	%	абс.	%	
До 20 лет	6	5	3	7	0,966
20-29 лет	78	70	21	51	0,392
30-39 лет	26	23	13	32	0,541
Старше 40 лет	2	2	4	10	0,096

Более половины опрошенных (70% городских, 51% сельских) составили женщины от 20 до 29 лет. Каждая из возрастных групп представлена практически одинаково как среди сельчанок, так и жительниц города ($P_{1,2} > 0,05$).

В зависимости от образовательного ценза опрошенные распределились следующим образом: со средним образованием – 38% респондентов, с высшим – 62%. Умственным трудом занимаются 54% женщин, физическим – 22%, ведением домашнего хозяйства – 24%. По количеству детей: одного ребенка имеют 61% опрошенных, двух – 34%, трех и более – 5%.

Распределение врачей по стажу работы представлено в таблице 2.

Как по специальности, так и по стажу работы каждая из рассматриваемых групп представлена практически одинаково ($P_{1,2,3} = 0,06$).

Статистическая обработка анкет проводилась

программой BioStat 2008. Качественные признаки в двух независимых группах сравнивались с помощью таблиц сопряженности и критерия Хи-Квадрат Пирсона. За уровень статистической значимости был принят уровень 0,05.

Таблица 2.

Стаж работы	Неонатологи, n=24 p1		Педиатры, n=35 p2		Акушеры-гинекологи, n=39, p3	
До 5 лет	3	12,5%	3	8,6%	4	10,2%
6-9 лет	3	12,5%	1	2,8%	7	18,4%
10-19 лет	6	25%	5	14,3%	7	18,4%
20-29 лет	6	25%	16	45,7%	18	46%
Больше 30 лет	6	25%	10	28,6%	4	10,2%

Обсуждение результатов

Выявлена зависимость установок на кормление грудью до родов и длительностью лактации. Так, 96 женщин (63 %) намеревались кормить грудью, среди них сельчанок было 27, городских 69. Мотивация на грудное кормление оказалась практически одинакова как среди сельчанок, так и жительниц города (61% и 63% соответственно). Мотивация на грудное кормление выявлена чаще у женщин с высшим образованием, чем у матерей со средним образованием (71% и 45 % соответственно); в каждом втором случае эта установка была реализована.

При анализе влияния тактики первого прикладывания новорожденных к груди на длительность лактации были получены две группы родильниц: I группа – 83 женщины (54%), кормившие грудью новорожденных в родильном зале; II группа 70 (46%) женщин, которым принесли кормить ребенка через 12–48 часов после родов. В I группе женщин лактация сохранялась до 6 месяцев и более в 60 % случаев; во II группе – только в 42% случаев. Во всех случаях длительность первого прикладывания не превышала 10 мин.

Анкетирование показало, что в 56 % случаев переход на искусственное вскармливание рекомендовал врач, в 25 % случаев – совет знакомых и родственников; в 19 % – влияние СМИ.

При анализе отношения женщин к молочным смесям, вне зависимости от образовательного ценза, мнения разделились следующим образом: 62 % женщин считают искусственные смеси неполноценной заменой грудного молока; 34 % – полноценной заменой; 4 % интервьюированных считают смеси по составу превосходящими грудное молоко.

При анализе анкет врачей ответы дифференцировались в зависимости от специальности (педиатры, акушеры-гинекологи) и стажа работы. В связи с малой выборкой врачи со стажем до 5 лет и 6-9 летним стажем были объединены в одну группу. Независимо от стажа работы 15 % педиатров считают обязательным прикладывание ребенка к груди в род. зале; в 2 раза реже (7,7%) подобное ошибочное мнение имеют акушеры, причем со стажем > 10 лет.

Недостаточно длительное прикладывание, не бо-

лее 5 мин, считает допустимым каждый третий педиатр до 10 лет стажа и 82% врачей со стажем > 10 лет. Практически с той же частотой (89,7%) подобной неадекватной тактики придерживаются акушеры-гинекологи, вне зависимости от стажа.

Игнорируют отрицательное влияние соски и допаивания из рожка на эффективность сосания из груди практически все врачи, независимо от стажа и специальности.

Неправомерно считают смеси полноценной заменой грудного молока 12,3% педиатров со стажем более 10 лет и 15,3% акушеров, вне зависимости от стажа.

Использование любых лекарственных средств кормящей матерью ошибочно считают противопоказанием к кормлению грудью 76,3% педиатров и 82% акушеров, независимо от стажа работы.

Выводы

Каждый второй ребенок получит искусственную смесь из-за ошибочной тактики педиатров в отношении естественного вскармливания и недостаточной

мотивации матерей на кормление грудью.

Несоблюдение рекомендаций ВОЗ/ЮНИСЕФ и Национальной программы по оптимизации грудного вскармливания у детей первого года жизни (недостаточно длительное прикладывание ребенка к груди после рождения, использование соски, допаивание из рожка, а также отмена грудного вскармливания при приеме матерью любых лекарственных средств) не обеспечит достаточно длительную лактацию. У педиатров до 10 лет стажа уровень знаний по вскармливанию детей в раннем неонатальном периоде был выше, чем у акушеров, однако, у педиатров со стажем более 10 лет ниже, чем у более молодых коллег. На наш взгляд, это связано с недостаточным внедрением в педиатрическую практику новых стандартов по вскармливанию детей грудного возраста.

Все выявленные факторы являются управляемыми и поэтому могут быть скорректированы при обучении врачей-специалистов по программе вскармливания детей соответственно новым стандартам в курсах постдипломного образования.

Библиографический список

1. Богданова Н.М., Булатова Е.М. Физиологическое обоснование выбора стартовых формул для вскармливания рожденного в срок ребенка при наличии противопоказаний к грудному вскармливанию// Вопросы современной педиатрии. 2007;6 (4) С.91
2. Кукушкин Д.В. Кузнецова Т.А., Нечаева Т.М., Помогаева В.И. Установки родителей в отношении различных сфер нервно-психического развития ребенка. Ученые записки Орловского государственного университета. Том 2., Орел, 2006. С.238.
3. Мазурин А.В., Воронцов И.М. Пропедевтика детских болезней
4. Национальная программа «Оптимизация вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации». М.: Союз педиатров России. 2010. С.5-7.
5. Система пищеварения ребенка, её созревание и развитие. В кн.: Рук-во по дет. пит. Под ред. В.А. Тутельяна, И.Я.Коня. М.:МИА. 2004. С.28-51.
6. Lawrence R. Breastfeeding: A Guide for the Medical Profession.-Philadelphia, Pennsylvania: Mosby, 2005. С. 781.

References

1. Bogdanova N.M., Bulatov E.M. The physiological rationale for the choice of starting formulas for feeding a baby born at term in the presence of contraindications to breastfeeding // Current Pediatrics. - 2007, 6 (4) P.91.
 2. Kukushkin D.V., Kuznetsova T.A., Nechayev T.M., Pomogaeva V.I. Parents' attitudes towards the various spheres of mental development of the child. Scientific notes of Orel State University. Vol. 2.Orel, 2006.-p.238.
 3. Mazurin A.V., Vorontsov I.M. Propedeutics of child diseases.
 4. National program "Optimization of feeding infants in the Russian Federation." Moscow: Russian Union of pediatricians. 2010. Pp.5-7.
 5. Child's digestive system, its maturation and development. In.: Guide to Pediatrics. Ed. By . Tutel'yan, I.Ya. Kon'. Moscow: MIA, 2004. – Pp. 28-51.
 6. Lawrence R. Breastfeeding: A Guide for the Medical Profession.-Philadelphia, Pennsylvania: Mosby, 2005. Pp. 781.
-
-

УДК 615.841:616.36

UDC 615.841:616.36

А.Е. ШУЛЬГАН

соискатель кафедры факультетской терапии Смоленской государственной медицинской академии, врач функциональной диагностики Клинической больницы №1, г. Смоленск
E-mail: dr.shulgan@gmail.com

A.E. SHULGAN

researcher of Faculty therapy, Smolensk State Medical Academy, doctor of functional diagnostics "Clinical Hospital № 1", Smolensk
E-mail: dr.shulgan@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ У БОЛЬНЫХ С ДИФFUЗНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПЕЧЕНИ

APPLYING TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION WITH FEEDBACK AT PATIENTS WITH DIFFUSE LIVER DISEASES

В данной статье представлен опыт применения транскраниальной электростимуляции с обратной связью у 58 человек (мужчин – 38 и женщин – 20 в возрасте от 20 до 60 лет) с диффузными заболеваниями печени (у 14 больных – стеатоз печени, у 14 – гепатит, у 30 – цирроз печени). Описана методика исследования и предложен дизайн её проведения. Анализируются диагностические возможности метода и его лечебные эффекты.

Ключевые слова: транскраниальная электростимуляция с обратной связью, диффузные заболевания печени, гепатит, цирроз печени, ЭЭГ.

This article presents the experience of transcranial electrical stimulation with feedback from 58 people (men - 38, women - 20 in age from 20 to 60 years) with diffuse liver disease (14 patients - hepatic steatosis, 14 - hepatitis, in 30 - cirrhosis of the liver). A technique for the study and design of this method was described in this article. Diagnostic capabilities of the method and its therapeutic effects was analyzed.

Keywords: transcranial electrical stimulation with feedback, diffuse liver disease, hepatitis, cirrhosis, EEG.

Одним из важнейших направлений научных исследований в области гастроэнтерологии в настоящее время является изучение вопросов диагностики и лечения хронических диффузных заболеваний печени (ХДЗП), а также изучение механизмов вовлечения в патологический процесс других органов, в частности, головного мозга (ГМ), что определяет комплексный подход к диагностике и лечению данных заболеваний [8,18]. Это требует дальнейшей теоретической проработки и перевода исследований в практическую плоскость – совершенствования неинвазивных методов диагностики и разработки эффективных методов терапии [6,7].

Транскраниальная электростимуляция (ТЭС) головного мозга при диффузных заболеваниях печени стала использоваться сравнительно недавно, но экспериментальными работами последних лет показана высокая эффективность ТЭС-терапии при острых и хронических повреждениях печени [1,10,12,13,14]. Все позитивные гепатотропные эффекты ТЭС-терапии подтверждены в клинике при лечении хронических диффузных заболеваний печени [2,11,13,15,20]. По мере накопления знаний о ТЭС происходило усовершенствование данной методики: уточнялись схемы воздействия на головной мозг в зависимости от типа функциональной и патологической межполушарной асимметрии (МА), об-

суждалась возможность контроля биоэлектрической активности головного мозга (БЭА ГМ) пациента как во время сеанса ТЭС, так и после него, не требующая использования дополнительного оборудования, но позволяющая избежать побочных эффектов и повысить эффективность лечения. В результате проводимых исследований научными сотрудниками ЗАО НПФ «БИОСС» (Россия, Москва) был разработан компьютерный диагностико-терапевтический комплекс транскраниальной электротерапии с обратной связью (ТЭТОС). ТЭТОС – это метод повышения адаптационных возможностей организма человека путем стимуляции его головного мозга малыми дозами электрического тока, с оценкой в режиме реального времени ответной реакции биоэлектрической активности головного мозга на это электровоздействие, амплитудно-частотный спектр которого близок к параметрам гомеостаза.

Цель. Определение возможностей использования ТЭТОС у больных с диффузными заболеваниями печени.

Материал и методы. На базе ОГБУЗ «Клиническая больница №1» г. Смоленска обследовано 58 пациентов (38 мужчин и 20 женщин) в возрасте от 20 до 60 лет с хроническими диффузными заболеваниями печени (у 14 больных – стеатоз печени, у 14 – гепатит, у 30 – цирроз печени). Стеатоз алкогольной

природы наблюдался у 8 пациентов, неалкогольной – у 6. Вирусным гепатитом страдали 7 обследуемых, алкогольным – 7 пациентов. Распределение больных циррозом печени (ЦП) осуществлялось по классификации Child-Pugh (класс A, B и C – 10, 15 и 5 пациентов соответственно). Всем пациентам проведены общеклинические рутинные обследования.

Критерии включения пациентов в исследование: пациенты с алкогольным и неалкогольным стеатозом печени; пациенты с хроническим гепатитом вирусной и алкогольной этиологии; пациенты с морфологически верифицированным диагнозом цирроза печени различной этиологии.

Критерии исключения: наличие у пациентов очаговой или посттравматической патологии головного мозга, эпилепсии, декомпенсированных психических заболеваний, алкогольного делирия; пациенты с повреждениями волосистой части головы, мешающими наложению электродов; пациенты с наличием металлических осколков в веществе головного мозга; пациенты с искусственным водителем ритма сердца; пациенты с артериальной гипертензией более 5 лет в анамнезе; пациенты с правожелудочковой сердечной недостаточностью и кардиальным фиброзом печени.

Дизайн исследования. В первый день госпитализации у пациентов оценивали БЭА ГМ с помощью электроэнцефалографа («Нейрон-спектр», ООО «Нейрософт», Россия). Полоса пропускания составляла 0,5-70,0 Гц, чувствительность – 100мкВ/дел. Регистрацию проводили по 16 каналам в отведениях Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, T3, T4, T5, T6, C3, C4, P3, P4, O1, O2 при монополярном монтаже электродов с объединённым ушным референтом. Электроды располагали в соответствии с международной системой «10-20» (Рис. 1). Заземляющий электрод располагали на лбу испытуемого. Сопротивление между заземляющим и регистрирующими электродами составляло менее 5 кОм. Такое же исследование производилось на 10-й и 21-й день госпитализации. При отсутствии противопоказаний больным, дополнительно к стандартным методам исследования и лечения при циррозе печени, со второго дня госпитализации проводились сеансы электроимпульсной стимуляции структур головного мозга (аппарат ТЭТОС, «НПФ БИОСС», Россия) от 3 до 7 дней при 1-2х разовых сеансах в день. Документально данная процедура подтверждается информированным согласием пациента, которое берётся до проведения манипуляции.

Генератор стимулов ТЭТОС предназначен как для генерации импульсов тока, так и для регистрации 8-ми независимых каналов биосигналов (полоса частот 0,5-90 Гц). Таким образом, через одни и те же электроды осуществляется электростимуляция и регистрация БЭА ГМ (ЭЭГ). Электроды ориентированы по окружности головы аналогично точкам (Fp1, T3, O1, T4, Fp2) международной классификации «10-20» (Рис. 1). Нейтральный электрод (N) располагается в точке Fpz, а референтные электроды A1 и A2 – на мочках ушей.

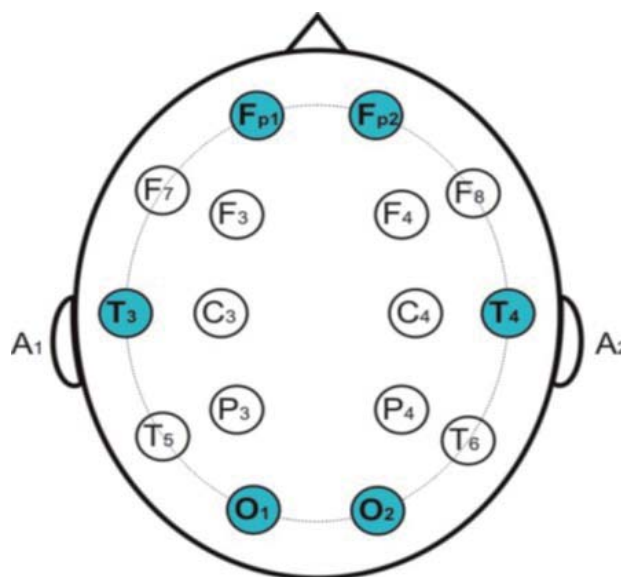


Рис. 1. Международная система наложения электродов «10-20».

Условия проведения исследования: регистрация биосигнала производилась в комфортных условиях (холод, стресс, мышечное напряжение и т.п. могут приводить к появлению миографической составляющей в записи биосигнала) при правильном наложении электродов с использованием проводящего геля (при плохом контакте электрода с кожей в регистрируемом биосигнале возникает внешняя помеха) и обезжиривании кожи пациента (Рис. 2). При регистрации ЭЭГ пациент находился в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами. Обязательным условием для правильной оценки и интерпретации получаемых данных является наблюдение за пациентом во время регистрации БЭА ГМ.

Один сеанс электроимпульсной стимуляции состоял из последовательности действий: 1) регистрация и анализ БЭА ГМ, 2) электроимпульсная экспертная стимуляция структур головного мозга, 3) компенсаторная пауза, 4) регистрация и анализ БЭА ГМ, 5) электроимпульсная стимуляция, 6) компенсаторная пауза, 7) регистрация и анализ БЭА ГМ.

Регистрация БЭА ГМ (1,5–2 минуты). Степень функциональных нарушений в организме человека с учетом его генотипа определяется по межполушарной асимметрии [3,5,16] и параметрам основных ритмов (α – от 8 до 14 Гц; β_1 – от 14 до 18 Гц; β_2 – от 19 до 32 Гц; θ – от 4 до 7 Гц; Δ – от 0,5 до 3 Гц) БЭА ГМ [3,4,5]. По исходной ЭЭГ выбиралась схема коммутации электродов, полярность воздействия, а также параметры стимулирующих токов (форма тока, его амплитуда и длительность воздействия).

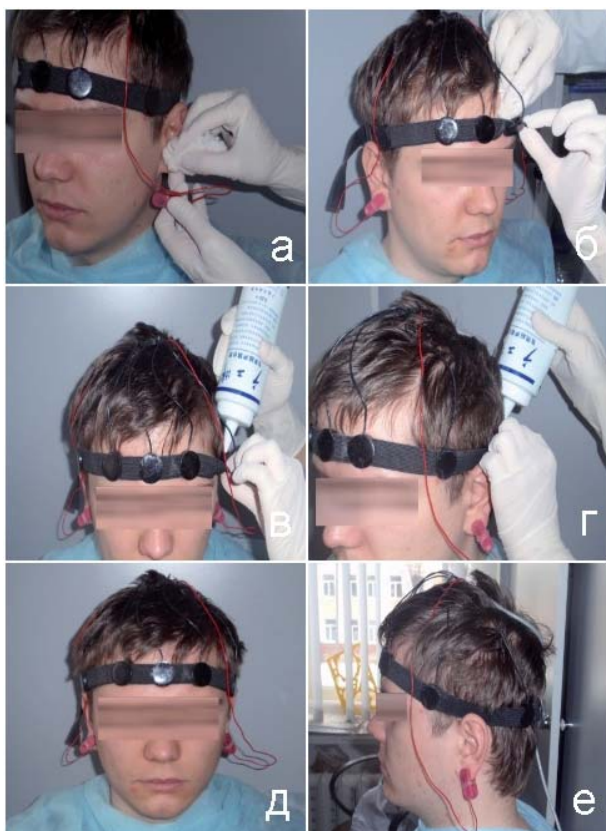


Рис. 2. Условия проведения исследования: а, б – обезжиривание кожи пациента; в, г – нанесение проводящего геля под электроды; д, е – удостоверение в правильности наложения электродов.

Полярность определяется по реакции нервной ткани на электрический ток: под катодом (-) – депрессия, под анодом (+) – активизация. Применяются следующие схемы стимуляции: битемпоральная и лобно-затылочная (центрально-сагиттальная или одна из латеральных). Благодаря наличию латеральных (правой и левой) лобно-затылочных схем стимуляции возможно более специфическое воздействие на ГМ. Действие латеральных электростимуляций изменяет баланс активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС) [17]. Так, после правополушарных стимуляций возникают активация вагоинсулярной и снижение активности симпатико-адреналовой систем. После левополушарных стимуляций активизируются симпатико-адреналовые структуры и снижается тонус вагоинсулярной системы.

При ТЭТОС используется четыре формы стимулирующих токов: однополярный экспоненциальный импульс (обладает сильным раздражающим воздействием, продолжительность коррекционного воздействия до 30 секунд); однополярный прямоугольный импульс с высокочастотным заполнением (обладает повышенным энергетическим воздействием, длительность стимуляции 0,5-7 минут); однополярный прямоугольный импульс (используется при незначительных нарушениях функционального состояния, длительность стимуляции 0,5-7 минут); биполярно-экспоненциальный импульс (рекомендуется при

различной степени функциональных нарушений у пациентов всех возрастов, длительность воздействия 0,5-15 минут). В настоящем исследовании использовался биполярно-экспоненциальный импульс.

Первому коррекционному воздействию обязательно предшествовало экспертное воздействие. В зависимости от перечисленных выше форм стимулирующих токов продолжительность экспертного стимула – 5, 10, 10 и 15 секунд соответственно. Реакция БЭА ГМ на экспертное воздействие помогает уточнить схему стимуляции и позволяет для каждого пациента выбрать оптимальные параметры корректирующего тока – амплитуду и длительность воздействия, что позволяет избежать побочных эффектов. Величина тока определяется перед каждым сеансом по субъективным ощущениям пациентом болевого порога – покалывание или жжение под стимулирующими электродами. Максимальный ток стимуляции должен быть меньше тока болевого порога на 20-30%. Минимальный – не менее тока, при котором сопротивление электрод-гель-кожный покров равно 4 кОм. Амплитуда стимулов, используемых при ТЭТОС, 0-3 мА. Дискретность амплитуды стимулов 0,01 мА; 0,1 мА. В нашем исследовании в 97,5% случаев диапазон воздействия был в пределах 0,1-0,8 мА. Только у одного пациента при электростимуляции использовался ток силой 1 мА (индивидуальный порог болевой чувствительности – ощущение жжения под электродами – составил 1,3 мА). В данной методике предпочтение отдаётся воздействию электрическим током в диапазоне 0,1-1 мА, реже – меньшей или большей силы тока. Сильные раздражители воспринимаются филогенетически более молодыми корковыми структурами, слабые субсенсорные сигналы адресуются к филогенетически более древним подкорково-стволовым образованиям [17]. При нейропатологических процессах действие повреждающих факторов направлено прежде всего на более молодые филогенетически структуры, что ведёт к нарушению корково-подкорковых взаимоотношений. Влиянием слабых раздражителей на филогенетически более древние структуры удаётся нормализовать их взаимодействие с корой ГМ [17].

После экспертной и коррекционной стимуляции – компенсаторная пауза (10 или 20 минут соответственно), с последующей регистрацией БЭА ГМ и анализом её реакции на стимул. В зависимости от реакции БЭА ГМ уточнялась схема стимуляции и выбиралась дальнейшая длительность коррекции.

Стимуляция прекращалась, если у пациента в течение 1-2х сеансов регистрировалась нормализация объективных параметров БЭА ГМ, а также если во время сеанса появлялись эпилептиформные графоэлементы.

Результаты и их обсуждение

После проведенного исследования выявлено, что наименьшие изменения БЭА ГМ наблюдались у больных со стеатозом неалкогольной природы: у

всех 6 пациентов регистрировалась организованная электрическая активность, нормальное распределение ритмов, адекватная реакция на внешние раздражители. Однако у 4 из них отмечалось наличие сосудистых артефактов. У 6 пациентов с алкогольным стеатозом отмечалось увеличение амплитуды α -ритма с тенденцией к перераспределению ритмов и активностей. У 2 больных стеатозом алкогольной природы регистрировалась ЭЭГ в пределах нормы.

Среди пациентов вирусным гепатитом (7 человек) у 5 отмечались изменения БЭА в виде стремления к уплощению ЭЭГ, заострения α -волн, у 2 регистрировалась ЭЭГ в пределах нормы.

У больных алкогольным гепатитом (7 человек) изменения ЭЭГ наблюдались, в основном, со стороны α -ритма. У 2 пациентов наблюдалась α -активность со склонностью к смещению в лобные отделы (вместо центральных). У 2 была резко снижена амплитуда α -ритма и на ЭЭГ доминировала β -активность. У 2 больных (поступили в отделение из наркодиспансера) регистрировались диффузные изменения БЭА ГМ и её дезорганизация: нарушение распределения ритмов по коре ГМ (отсутствие зональности), межполушарная асимметрия (доминирование в одном из полушарий θ -активности, в другом – β -ритма), на высоте гипервентиляции отмечалось появление медленных Δ -волн, после гипервентиляции – доминирование β -ритма в обоих полушариях (Рис.3). У 1 пациента регистрировалась ЭЭГ в пределах нормы.

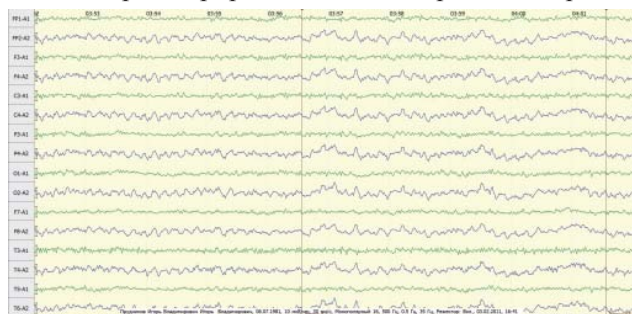


Рис. 3. ЭЭГ больного П., 30 лет, с алкогольным гепатитом, до проведения ТЭТОС. ЭЭГ дезорганизована, нарушение распределения ритмов по коре ГМ (отсутствие зональности), межполушарная (доминирование в одном из полушарий θ -активности, в другом – β -ритма) и внутриполушарная асимметрия.

У больных ЦП изменения БЭА ГМ зависели от степени компенсации патологического процесса в печени, также немаловажное значение имела этиология заболевания. Так, в стадии компенсации (класс А, 10 человек) у 4 пациентов с ЦП алкогольной этиологии наблюдалось повышение амплитуды α - ритма, снижение его частоты, переход в α -активность, учащение β -ритма, у 1 пациента – плоская ЭЭГ (доминирование β -ритма); у 3 пациентов с ЦП вирусной этиологии наблюдался неустойчивый, немодулированный α - ритм пониженной амплитуды, у 1 – повышение амплитуды α - ритма, снижение его частоты, переход в α -активность, учащение β -ритма, у 1 – плоская ЭЭГ (доминирует β -ритм). В стадии субкомпенсации (класс В, 15 человек) у 6 пациентов с ЦП

алкогольной этиологии на ЭЭГ отмечалось преобладание низкочастотной β -активности (β_1), регистрация плоской ЭЭГ, у 1 – доминирование низкоамплитудной альфа-активности и нарушение распределения ритмов в коре ГМ; у 5 пациентов с ЦП вирусной этиологии выявлено преобладание низкочастотной β -активности (β_1), регистрация плоской ЭЭГ, у 3 доминировала низкоамплитудная альфа-активность и нарушение распределения ритмов в коре ГМ. В стадии декомпенсации (класс С, 5 человек) – у всех пациентов отмечались нарушения корковой ритмики в виде изменения нормального распределения ритмов: на фоне β -ритма регистрировалась медленноволновая активность в одном или нескольких отведениях (альфаподобный θ -ритм, Δ -ритм).

Показатели ЭЭГ, полученные в первый день обследования («Нейрон-спектр»), соответствуют показателям ЭЭГ, записанным непосредственно перед электростимуляцией («ТЭТОС»).

После сеансов ТЭТОС отмечалось четыре основных типа реакции на электровоздействие:

1. незначительные изменения наблюдались у пациентов с нормальной ЭЭГ и минимальными нарушениями БЭА ГМ (у всех больных неалкогольным стеатозом, 3-х пациентов с алкогольным стеатозом, 4-х пациентов с вирусным гепатитом и 1 пациента алкогольным гепатитом) и пациентов с грубыми нарушениями корковой ритмики (у 2, 2 и 4 пациентов с ЦП класса А, В и С по Child-Pugh соответственно);
2. положительная динамика, но отсутствие полной нормализации функционального состояния ЦНС отмечались у 2 пациентов с алкогольным гепатитом (альфа-активность стала более отчётливой, увеличилась её амплитуда, но доминирующим сохранился β -ритм), у 4 пациентов с ЦП класса А по Child-Pugh, у 7 пациентов с ЦП класса В по Child-Pugh (стремление к нормальному распределению ритмов, модуляции), у 1 пациента ЦП класса С по Child-Pugh (снижение медленноволновой активности в одном из полушарий);
3. нормализация функционального состояния ЦНС отмечалась у 4 пациентов с алкогольным стеатозом, 3 пациентов вирусным гепатитом (ЭЭГ становилась более организованной, α -ритм – модулированным, доминирующим, без искажений β -активностью, патологическая межполушарная асимметрия отсутствовала), у 4 пациентов с алкогольным гепатитом, в том числе у 2 с грубыми нарушениями корковой ритмики (ЭЭГ становилась более организованной, α -ритм – модулированным, доминирующим, патологическая межполушарная и внутриполушарная асимметрия отсутствовала – (Рис.4)), 4 пациентов с ЦП класса А по Child-Pugh и 2 пациентов с ЦП класса В по Child-Pugh;

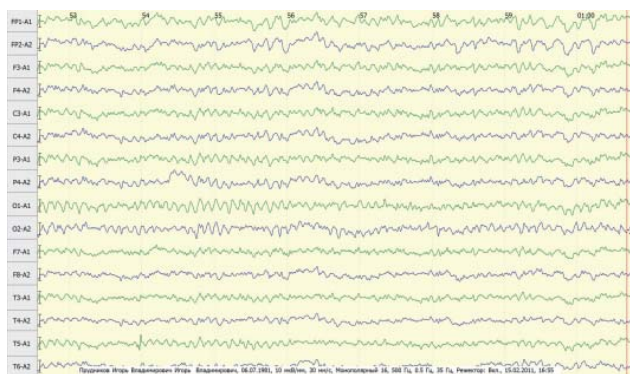


Рис. 4. ЭЭГ больного П., 30 лет, с алкогольным гепатитом, после проведения ТЭТОС. ЭЭГ стала более организованной, α -ритм – модулированным, нормальной частоты и амплитуды, с преобладанием в затылочных отведениях; патологическая межполушарная и внутриполушарная асимметрия отсутствует.

4) изменения БЭА ГМ, характерные для стресс-индуцированной реакции наблюдались у 1 пациента со стеатозом (появились заостренные α -волны, склонность смещения их в лобные отделы, появление θ -волн в затылочных отделах), у 4 пациентов с ЦП класса В по Child-Pugh (у 3 появились дельта-волны, у 1 – бета2-ритм в одном или нескольких отведениях).

Данные изменения можно было бы расценить как стресс, то есть выведение системы из равновесия. Однако изменения, наблюдаемые до электростимуляции, нормой также не являлись, поэтому назвать стрессовой данную реакцию нельзя. К тому же электровоздействие, осуществляемое при ТЭТОС, имеет подпороговые значения, в то время как стресс – это реакция на сверхсильные раздражители. Скорее, эту реакцию можно определить как выявляющую адаптационные возможности организма или наличие срыва адаптации. Так, заострение α -волн, склонность к смещению их в лобные отделы, а также появление θ -волн в затылочных отделах только после электростимуляции у пациентов со стеатозом может указывать на длительную алкоголизацию пациента либо употребление пациентом наркотических веществ (после тщательного расспроса пациента выяснился факт употребления им каннабиоидов в течение не-

скольких месяцев). Появление дельта-волн и высокочастотного бета2-ритма является неблагоприятным прогностическим признаком у больных с циррозом печени [9,19]. Появление на ЭЭГ этих изменений при однократном исследовании ЭЭГ у больных класса В по Child-Pugh затруднено, но облегчается с помощью ТЭТОС, что позволяет начать радикальную терапию, не дожидаясь клинических проявлений глубокого нарушения сознания.

Выводы

1. Метод ТЭТОС целесообразно включать в алгоритм клинической диагностики диффузных заболеваний печени в качестве дифференцированного подхода к дальнейшему дообследованию и лечению.
2. Методика транскраниальной электростимуляции с обратной связью позволяет выявить адаптационные возможности организма, в том числе наличие срыва адаптации (степень реагирования на электростимуляцию малой интенсивности).
3. Характер изменений БЭА ГМ после электростимуляции зависит от её исходного состояния, этиологии и степени компенсации патологического процесса в печени.
4. У пациентов с ХДЗП отмечается четыре основных типа реакции на электровоздействие: незначительные изменения, положительная динамика (без нормализации функционального состояния ЦНС), нормализация функционального состояния ЦНС, изменения БЭА ГМ, характерные для стресс-индуцированной реакции.
5. Использование транскраниальной электростимуляции с обратной связью у больных с диффузными заболеваниями печени способствует раннему выявлению прогностически неблагоприятных изменений на ЭЭГ (дельта-волны и бета2-ритм у больных класса В по Child-Pugh, заострение α -волн, склонность к смещению их в лобные отделы, а также появление θ -волн в затылочных отделах у больных со стеатозом), что позволяет начать радикальную этиотропную терапию, не дожидаясь клинических проявлений глубокого нарушения сознания.

Библиографический список

1. Годовалова Л.А., Тумаренко А.В. Транскраниальная электростимуляция в лечении хронических диффузных заболеваний печени // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2003, №9. С. 124-125.
2. Емельянов Д.Н., Стаценко И.Ю., Скворцов В.В., Тумаренко А.В. Транскраниальная электростимуляция как метод монотерапии циррозов печени // Медлайн-Экспресс. 2005. №2 (178) С.19-20.
3. Заболотных В.А., Команцев В.Н., Поворинский А.Г. Основы классической клинической электроэнцефалографии. СПб.: Ясный Свет, 2004. 79 с.
4. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: руководство для врачей. М.: Медицина, 1991. 640 с.
5. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Таганрог: ТРТУ, 1996. 358 с.
6. Ивашкин В. Т., Маевская М. В. Алкогольно-вирусные заболевания печени. М.: Литтерра, 2007. 160 с.
7. Майер К.П. Гепатит и последствия гепатита: Практическое руководство: Пер. с нем. / Под ред. А.А. Шептулина. М.: ГЭОТАР Медицина, 1999. 432 с.
8. Подымова С.Д. Болезни печени: Руководство, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 2005. 768 с/

9. Показатели биоэлектрической активности головного мозга у больных циррозом печени / А.С. Алексеева, Э.И. Белобородова, Л.П. Филиппова, Е.Г. Ламброва // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. Приложение № 30. Материалы 13-й Российской гастроэнтерологической недели. М., 2007. Т. XVII, № 5. С. 72.
10. Свириденко О.Ю., Тумаренко А.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на активность печеночно-специфических ферментов у больных хроническими диффузными заболеваниями печени / Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2003. № 1. С. 135.
11. Транскраниальная электростимуляция: экспериментально-клинические исследования / Под ред. проф. В.П. Лебедева. Том 1. (третье издание). СПб., 2005. 528 с.
12. Транскраниальная электростимуляция: экспериментально-клинические исследования / Под ред. проф. В.П. Лебедева. Том 2. (третье издание). СПб., 2005. 528 с.
13. Транскраниальная электростимуляция в гастроэнтерологии. СПб., 2008. 32 с/
14. Транскраниальная электростимуляция как регулятор процессов репарации токсически поврежденной печени / Мелихова М.В., Нечипоренко С.П., Колбасов С.Е., Стройкова Г.С. // Тезисы докладов сборника Электростимуляция 2002. М.:ВНИИМП-ВИТА, 2002. С.15-23.
15. Тумаренко А.В. Применение транскраниальной электростимуляции в лечении больных хроническими заболеваниями печени: Дисс. ... канд. мед. Наук. Волгоград, 2006. 275 с.
16. Фокин В.Ф. Динамическая функциональная асимметрия как отражение функциональных состояний / Асимметрия. 2007. Т. 1, № 1. С. 4 - 9.
17. Чуприков А.П., Линева А.Н., Марценковский И.А. Латеральная терапия. Киев: Здоровье, 1994. 176 с.
18. Butterworth RF. Cerebral consequences of alcoholic liver disease. In: Sherman D.I.N., Preedy V.R., Watson R.R. Ethanol and the liver. London etc: Taylor Francis, 2002; p. 512–532.
19. Jones EA, Weissenborn K. Neurology and the liver. J NeurolNeurosurg Psychiatry 1997; 63: 279–93.
20. Lebedev V.P., Katznelson Y.S., Savchenko A.B. Uninvasivetranscranialelectrostimulation of the brain stenantinociceptive system: biophysical, physiological, neurochemical, and pharmacological basis of the clinical application.// Chinese J Pain Med (Beijing). 2000. Vol.6, No IS. P. 13-14.

References

1. Godovalova L.A., Tumarenko A.V. Transcranial electrostimulation in the treatment of chronic diffuse liver disease / Bulletin of Volgograd State Medical University. 2003, № 9. p. 124-125.
2. Emelyanov D.N., Statsenko I.Y., Skvortsov V.V., Tumarenko A.V. Transcranial electrostimulation as monotherapies cirrhosis // Medline Express. 2005. № 2 (178) p.19-20.
3. Zabolotnykh V.A., Komantsev V.N., Povorinskiy A.G. Fundamentals of classical clinical electroencephalography. - St.: Yasniy Svet, 2004. 79 p.
4. Zenkov L.R., Ronkin M.A. Functional diagnosis of neurological diseases: a guide for physicians. M.: Medicine, 1991. 640 p.
5. Zenkov L.R. Clinical electroencephalography (with elements of epilepsy). Taganrog TSURE, 1996. 358 p.
6. Ivashkin V.T., Maevskaya M.V. Alcoholic-viral liver disease. Moscow: Litterra, 2007. 160 p.
7. Meyer C.P. Hepatitis and effects of hepatitis: A Practical Guide: Transl. from Germ. / Ed. A.A. Sheptulin. Moscow: GEOTAR Medicine, 1999. 432 p.
8. Podymova S.D. Liver Diseases: A Guide - 4th ed., Rev. and add. M.: Medicine, 2005. 768 p.
9. Indicators of brain activity in patients with cirrhosis of the liver / A.S. Alekseeva, E.I. Beloborodova, L.P. Filippova, E.G. Lambrova // Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology and Coloproctology. Application № 30. Proceedings of the 13th Russian Gastroenterological Week. M., 2007. Vol. XVII, № 5. p. 72.
10. Sviridenko O.Y., Tumarenko A.V. Effects of transcranial electrostimulation on the activity of liver-specific enzymes in patients with chronic diffuse liver diseases / Experimental and Clinical Gastroenterology. 2003. № 1. p. 135.
11. Transcranial electrostimulation: experimental and clinical research / ed. prof. V.P. Lebedev. - Volume 1. (third edition.) St. Petersburg, 2005. 528 p.
12. Transcranial electrostimulation: experimental and clinical research / ed. prof. V.P. Lebedev. - Volume 2. (third edition.) St. Petersburg, 2005. 528 p.
13. Transcranial electrostimulation in gastroenterology. St. Petersburg, 2008. 32 p.
14. Transcranial electrostimulation as a regulator repair processes toxic liver damage / Melikhova M.V., Nechiporenko S.P., Kolbasov S.E., Stroykova G.S. // Abstracts book Electrostimulation 2002. Moscow: VNIIMP-Vita, 2002. p.15-23.
15. Tumarenko A.V. The use of transcranial electrical stimulation in the treatment of patients with chronic liver disease: Diss. ... Candidate. Med. Science. Volgograd, 2006. 275 p.
16. Fokin V.F. Dynamic functional asymmetry as a reflection of the functional states / Asymmetry. 2007. Volume 1, № 1. p. 4 - 9.
17. Chuprikov A.P., Linev A.N., Martsenkovsky I.A. Lateral therapy. Kiev: Health, 1994. – 176 p.
18. Butterworth RF. Cerebral consequences of alcoholic liver disease. In: Sherman D.I.N., Preedy V.R., Watson R.R.

Ethanol and the liver. London etc: Taylor Francis, 2002; p. 512–532.

19. Jones EA, Weissenborn K. Neurology and the liver. J NeurolNeurosurg Psychiatry 1997; 63: 279–93.

20. Lebedev V.P., Katznelson Y.S., Savchenko A.B. Uninvasivetranscranialelectrostimulation of the brain stenantinociceptive system: biophysical, physiological, neurochemical, and pharmacological basis of the clinical application.// Chinese J Pain Med (Beijing). 2000. Vol.6, No IS. P. 13-14.

УДК 616-073.7

UDC 616-073.7

С.М. ЯЦУН

доктор медицинских наук, профессор кафедры
медико-биологических дисциплин Курского государственного университета

E-mail: jatsun@kursknet.ru

Н.В. ЛУНЕВА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры
медико-биологических дисциплин Курского государственного университета

E-mail: mbd155@mail.ru

М.С. НОВИКОВ

кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии Орловского государственного университета

S.M. YATSUN

doctor of Medical Sciences, professor of the chair
"Biomedical disciplines", Kursk State University

E-mail: jatsun@kursknet.ru

N.V. LUNEVA

candidate of Medical Sciences, associate professor of the
chair "Biomedical disciplines", Kursk State University

E-mail: mbd155@mail.ru

M. S. NOVIKOV

candidate of medical sciences, associate professor of
human anatomy, operational surgery and topographical
anatomy, Orel State University

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА И КОЖНОГО ПОКРОВА

DYNAMICS ANALYSIS VIBRODIAGNOSTIC DEVICE, WITH THE INTERACTION OF WORKING BODY AND SKIN

Предметом исследований, рассматриваемых в данной работе, является изучение динамики диагностического вибрационного устройства с электроприводом ограниченной мощности при взаимодействии его рабочего органа с кожным покровом.

Ключевые слова: кожный покров, упруго-вязкие свойства, динамика вибрационного устройства.

The subject of research discussed in this paper is to study the dynamics of the diagnostic device vibrating with electric power-limited in the interaction of its working body with the skin.

Keywords: skin, elastic-viscous properties of the dynamics of the vibration device.

В настоящее время широкое распространение получили вибрационные методы идентификации параметров различных материалов. Применяемая при этом вибрационная техника чрезвычайно разнообразна: от ручного вибрационного инструмента до сложных виброиспытательных комплексов.

Особенно эффективно применение вибрационного оборудования в биомехатронике для разработки нового класса медицинских приборов с тактильным очувствлением, что существенно повышает точность измерений.

Особый интерес представляют вибрационные микро- и наномашин, рабочий орган которых способен перемещаться на малые расстояния с микронной точностью. Такие устройства находят применение в медицинских манипуляциях, работе с биологически-

ми объектами [1,2,3].

Источником вибрации таких приборов часто является инерционный дебалансный вибровозбудитель, оснащенный электродвигателем постоянного тока, который имеет ограниченную мощность и относится к классу приводов с «неидеальным» источником энергии. Для оптимизации измерения параметров упруго-вязких свойств кожного покрова, как в случаях обработки информации с биологических объектов или объектов, требующих прецизионной точности, электропривод должен быть регулируемым.

Взаимодействие рабочего органа прибора и вращающейся части двигателя может вызывать ряд нелинейных эффектов их динамики, поэтому такие устройства с электроприводом следует рассматривать как электромеханические системы, совместно

рассчитывая уравнения механической и электрической частей. Однако дальнейшее успешное внедрение вибрационных диагностических устройств требует разработки динамических моделей, учитывающих особенности движения реальных систем, в частности – связанные с колебаниями рабочего органа прибора вследствие неизбежной асимметрии.

При разработке и проектировании устройства для неинвазивной диагностики упруго-вязких свойств кожного покрова необходимо учитывать не только свойства механических и электрических узлов, системы управления, но и свойства участка кожного покрова, взаимодействующего с рабочим органом. Основная сложность заключается в адекватном описании реологических свойств кожи и их учете при моделировании динамики всей системы «привод-прибор-кожный покров».

Таким образом, целью настоящих исследований является изучение динамики диагностического вибрационного устройства с электроприводом ограниченной мощности при учете взаимодействия рабочего органа с кожным покровом.

Современные вибрационные приборы относятся к устройствам, в которых движение рабочего органа не является кинематически заданным, а определяется динамическими свойствами механической системы и типом вибровозбудителя. В общем случае структурная схема диагностического устройства представлена на Рис. 1.

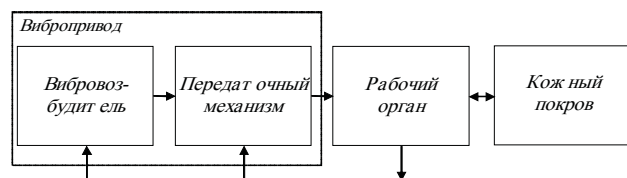


Рис. 1. Структурная схема диагностического устройства.

Механическая вибрация от вибровозбудителя посредством передаточного механизма передается на рабочий орган, контактирующий с кожным покровом. Обратная связь реализуется между каждым элементом схемы для обеспечения наиболее эффективного рабочего режима и стабилизации характеристик движения рабочего органа при действии различных дестабилизирующих факторов (температурных воздействий, изменений рабочей нагрузки и т.п.).

Разрабатываемый аппаратно-программный комплекс характеризуется тем, что для получения информации об упруго-вязких свойствах кожного покрова применяется генератор вынужденных колебаний. Общий вид устройства представлен на Рис. 2, где рабочий орган (индентор – 2); генератор колебаний, состоящий из управляемого электродвигателя (3), на валу которого установлена дебалансная масса (4). Двигатель питается от батареек, установленных в отсеке (5). Управление осуществляется с помощью блока управления (6).

Устройство работает следующим образом: опера-

тор нажимает на кнопку управления (8), электродвигатель (3) приводит дебалансную массу (4) во вращательное движение, в результате этого индентор (2) совершает направленные колебания с заданной частотой и амплитудой. Прикосновение рабочего органа к кожному покрову приводит к тому, что совместно с ним колеблется присоединенный фрагмент кожного покрова, поэтому информация о колебаниях индентора используется для упруго-вязких свойств кожного покрова. Устройство позволяет в автоматическом режиме изменять частоту колебаний индентора с заданным шагом, при этом измеряется амплитуда колебаний индентора с присоединенной массой кожного покрова.

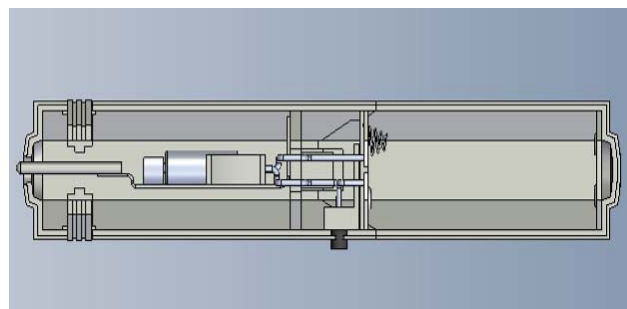


Рис. 2. Общий вид устройства

1-корпус; 2-индентор; 3-электропривод; 4-дебаланс;
5-батарейный отсек; 6-система управления.

Таким образом, строится амплитудно-частотная характеристика. По резонансному пику для различных параметров упругости и вязкости кожного покрова можно определить состояние кожи. Предлагаемый способ диагностики отличается от способов, основанных на свободных колебаниях, более высокой точностью и быстродействием, что позволяет применять устройство для мониторинга состояния кожного покрова практически в непрерывном режиме изменения исследуемых на разных участках.

На основе разработанной математической модели проведено исследование динамики аппаратно-программного комплекса, оснащенного регулируемым дебалансным электроприводом, рабочий орган (индентор) которого взаимодействует с кожным покровом, представляемым упруго-вязко-пластической моделью.

В исследовании было выявлено, что глубина проникновения ударного импульса зависит от диаметра индентора: диаметр 0,02 мм отражает твердость рогового слоя, 0,5 мм – дермы, 1 мм – подкожного слоя. Эти результаты были подтверждены при моделировании колебаний системы индентор-кожный покров. Решение нелинейных уравнений, описывающих взаимодействие кожи и индентора, проводилось в специальной программе с помощью пакета MathCad. Один из примеров расчета в виде временных зависимостей виброперемещений индентора и слоев кожи, участвующих во взаимодействии, приведен на Рис.3.

Анализ виброграммы показывает, что развитие возмущений в коже происходит с запаздыванием, т.е. сначала индентор деформирует поверхностный слой кожи, далее возмущение распространяется в нижеле-

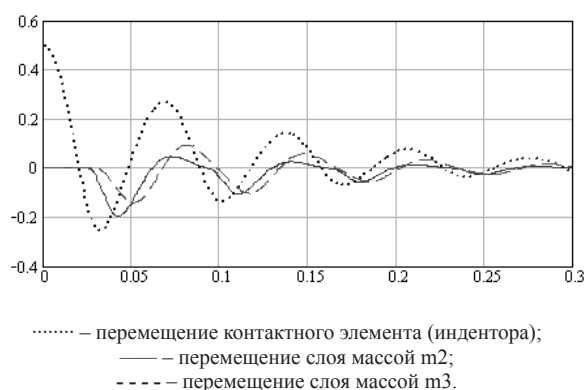


Рис. 3. Виброграмма перемещений.

жащие слои. Установлено, что размеры (масса) индентора влияет на глубину проникновения ударного импульса в кожу. Расчеты показали, что предварительное поджатие индентора к коже позволяет обеспечить идентичное движение индентора и верхнего слоя кожи. Это открывает возможность, установив датчик на инденторе, судить о колебаниях, возникающих в коже. Тогда по характеру движений индентора с высокой степенью точности можно судить о перемещении внутренних слоев кожного покрова.

Установлено, что при малых коэффициентах вязкости и относительно небольшой массе дебаланса изменение свойств кожного покрова проявляется в немономонном характере изменения средней мощности от средней скорости вращения в виде резонансного пика, а при значительных массах дебаланса происходит сглаживание резонансного пика.

Библиографический список

1. Свидетельство на полезную модель РФ №24786, МПК A21 B3/16. Устройство для определения механических свойств кожного покрова человека неразрушающим способом / С.Ф. Яцун, В.А. Шеполухин; Опубл. 10.02.2000; Бюл. №2.
2. Утенкин А.А. Определение деформационных свойств кожи человека // Медицинская техника, 1990. №1. С.21.
3. Jatsun S.F., Jatsun S.M., Shepoluchin V. Vibrating method for measurement of the biomechanical properties of human skin // VIII International Congress on Sound and Vibration. – Hong Kong, 2001. P. 313-318.

References

1. Certificate of utility model of the Russian Federation № 24786, IPC A21 V3/16. Device for determining mechanical properties of human skin nondestructive method / S.F. Yatsun, V.A. Shelopukhin. Published 10.02.2000; Bulletin №2.
2. Utenkin A.A. Determination of the deformation properties of human skin // Medical Technology, 1990. № 1. P. 21.
3. Jatsun S.F., Jatsun S.M., Shepoluchin V. Vibrating method for measurement of the biomechanical properties of human skin // VIII International Congress on Sound and Vibration. – Hong Kong, 2001. Pp. 313-318.

УДК 631.8:633.1:631.55:91:681.518

UDC 631.8:633.1:631.55:91:681.518

В.И. ПИЧУРА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ГИС-технологий Херсонского государственного университета

E-mail: pichura@yandex.ru

О.В. ЛАРЧЕНКО

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры высшей математики и экономической кибернетики Херсонского государственного университета

Е.А. ДОМАРАЦКИЙ

ассистент кафедры растениеводства, генетики, селекции и семеноводства Херсонского государственного университета

Д.С. БРЕУС

ассистент кафедры ГИС-технологий Херсонского государственного университета

V.I. PICHURAcandidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of GIS- technologies, Kherson State University
E-mail: pichura@yandex.ru**O.V. LARCHENKO**

candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics and Economic Cybernetics, Kherson State University

E.A. DOMARATSKY

assistant of the Department "Crop genetics, breeding and seed production", Kherson State University

D. S. BREUS

assistant of the Department of GIS- technologies, Kherson State University

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

SPATIAL ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF AGRICULTURAL LANDS FOR GROWING AND DESIGN OF GRAIN HARVEST USING GIS TECHNOLOGIES

В статье представлены алгоритм и научно-практические результаты использования ГИС-технологий для пространственной оценки пригодности сельскохозяйственных земель для выращивания и проектирования урожая зерновых культур в зависимости от содержания питательных веществ в почве на примере территории Херсонской области.

Ключевые слова: агрохимические показатели, зерновые культуры, урожайность, моделирование, геоинформационные системы и технологии, кригинг.

The article presents the algorithm and scientific and practical results of using of GIS technology for spatial assessment of the suitability of agricultural lands for growing and design of grain harvest depending on the nutrient content in the soil on the example of the Kherson region.

Keywords: agrochemical parameters, grain, prolificness, modeling, geo-information systems and technologies, kriging.

При качественной оценке сельскохозяйственных земель анализ изменения агрохимических свойств почвенного плодородия является одним из важнейших объективных условий определения эффективности ведения земледелия и проектирования урожая сельскохозяйственных культур. Агрохимические принципы качественной оценки земель приобретают особую актуальность в условиях экстенсивной и нерациональной хозяйственной деятельности землепользователей. Черноземы южные и темно-каштановые почвы, по степени распространения в зоне Сухой степи Украины, являются основными типами почв [1].

Основным агрохимическим показателем, который характеризует плодородие и энергетический потенциал почв, является содержание гумуса и подвижных форм питательных веществ. Запасы питательных веществ и их доступность растениям, а

также запасы продуктивной влаги находятся в тесной зависимости от природно-климатических условий местности (климата, рельефа, почвообразующих пород, гидрологических условий и т.п.), которые определяют величину и качество урожая сельскохозяйственных культур [2, 3].

В настоящее время одним из актуальных направлений в системе эколого-агрономелиоративного мониторинга является применение современных инструментов и методов для пространственной оценки агрохимического состояния почв с целью определения изменения почвенного плодородия под воздействием внешних факторов среды при выращивании зерновых культур.

Обзор публикаций по теме исследований

Учеными всего мира представлен ряд научно обоснованных подходов к изучению вопросов эффек-

тивного ведения эколого-агрономелиоративного мониторинга, принципам и особенностям бонитировки, качественной оценки, охраны богарных и орошаемых земель с использованием геоинформационных систем и технологий (ГИС-технологий). Важная роль в изучении данных вопросов принадлежит отечественным ученым В.В. Медведеву, С.А. Балюку, В.О. Ушкаренко, П.П. Надточему, М.И. Ромащенко, Ф.Н. Лисецкому, Р.А. Акбирову, Б.М.Н. Гончикову, Ц.Ц. Цыбикдоржиеву и др.[1-9]. На современном этапе продолжается интенсивное изучение вопросов разностороннего внедрения и использования ГИС-технологий для моделирования и прогнозирования показателей плодородия почв с применением существующих методик их оценки для интерпретации новой пространственно-временной информации.

Материалы, объекты и методы исследований.

Объект исследований – агрохимическое состояние почв Херсонской области. Предмет исследований – показатели агрохимического состояния почв (гумус, подвижный фосфор, обменный калий).

Оценка пригодности сельскохозяйственных земель для выращивания и проектирования урожая зерновых культур в зависимости от содержания питательных веществ в почве проведена согласно мето-

дикам В.А. Ушкаренко (1984 г.) [10] и В.В. Медведева (2006 г.) [4, 5].

Для исследований использованы данные 296 стационаров (IX тура исследований – 2002-2007 гг.) Херсонского центра «Облгосплдородие». Характеристика агрохимических свойств почв проведена в слое 0-40 см, так как в этом слое сосредоточена основная масса корней растений. Для пространственного моделирования питательных веществ в почве применен метод кригинга [11] модуля Geostatistical Analyst of ArcGis 9.2

Анализ результатов исследований. Для определения комплексной оценки (валовое содержание питательных веществ) сельскохозяйственных земель Херсонской области по уровню получения стабильных урожаев зерновых культур проведено статистическое нормирование рядов исследуемых показателей по формуле (1) и представлена качественная оценка почв (табл. 1):

$$X_{\text{норм}} = \int_1^n \frac{X_i - \bar{X}}{SD} di, \quad (1)$$

где $\bar{X}$ – среднее арифметическое значение
 SD – стандартное отклонение.

Таблица 1.

Классификация пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области по содержанию питательных веществ (статистически нормированные показатели) в слое 0-40 см

Критерии, их параметры, единицы измерения	Параметры нормирования	Качественная оценка (нормированные показатели)				
		очень благоприятные	благоприятные	удовлетворительные	неудовлетворительные	очень неудовлетворительные
Содержание гумуса, %	$\int_1^{296} \frac{X_i - 2,26}{0,823} + 3di$	>4,51	3,91-4,51	3,30-3,90	2,68-3,29	<2,68
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы	$\int_1^{296} \frac{X_i - 40,9}{13,54} + 3di$	>3,38	2,28-3,38	1,84-2,27	0,95-1,83	<0,94
Содержание обменного калия, мг/кг почвы	$\int_1^{296} \frac{X_i - 371}{138} + 3di$	>3,88	3,41-3,88	2,93-3,40	2,18-2,92	<2,17
Содержание питательных веществ (гумус + подвижный фосфор + обменный калий)	Nr(Hum)+Nr(P2O5)+ Nr(K2O) Nr - нормированный	>11,76	9,58-11,76	8,05-9,57	5,80-8,04	<5,79

Алгоритм пространственного районирования пригодности почв Херсонской области для выращивания зерновых культур с использованием геостатистических методов представлен на рис. 1. Автором созданы картограммы районирования пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области для выращивания зерновых культур в зависимости от содержания питательных веществ (рис. 2).

В результате пространственного моделирования и классификации определены площади сельскохозяйственных угодий (1971058 га, в т.ч. пашня – 1777600 га) Херсонской области по агрохимическим показателям: гумус, подвижный фосфор, обменный калий, валовое содержание питательных веществ (табл. 2).

Пространственный анализ сельскохозяйственных земель по комплексной оценке содержания питательных веществ (слой почвы 0-40 см) Херсонской области показал, что: 75% (1333200 га) территории пахотных земель имеют удовлетворительные и благоприятные природные условия для выращивания зерновых культур – северо-западная и юго-восточная часть Херсонской области; 25% (444400 га) территории пахотных земель, преимущественно южно-западной части (Голопристанский, Цюрупинский, Скадовский, Белозерский районы) и прибрежная зона реки Днепр, имеют неудовлетворительные (20,6%) и очень неудовлетворительные (4,4%) природные почвенные условия для выращивания зерновых культур.

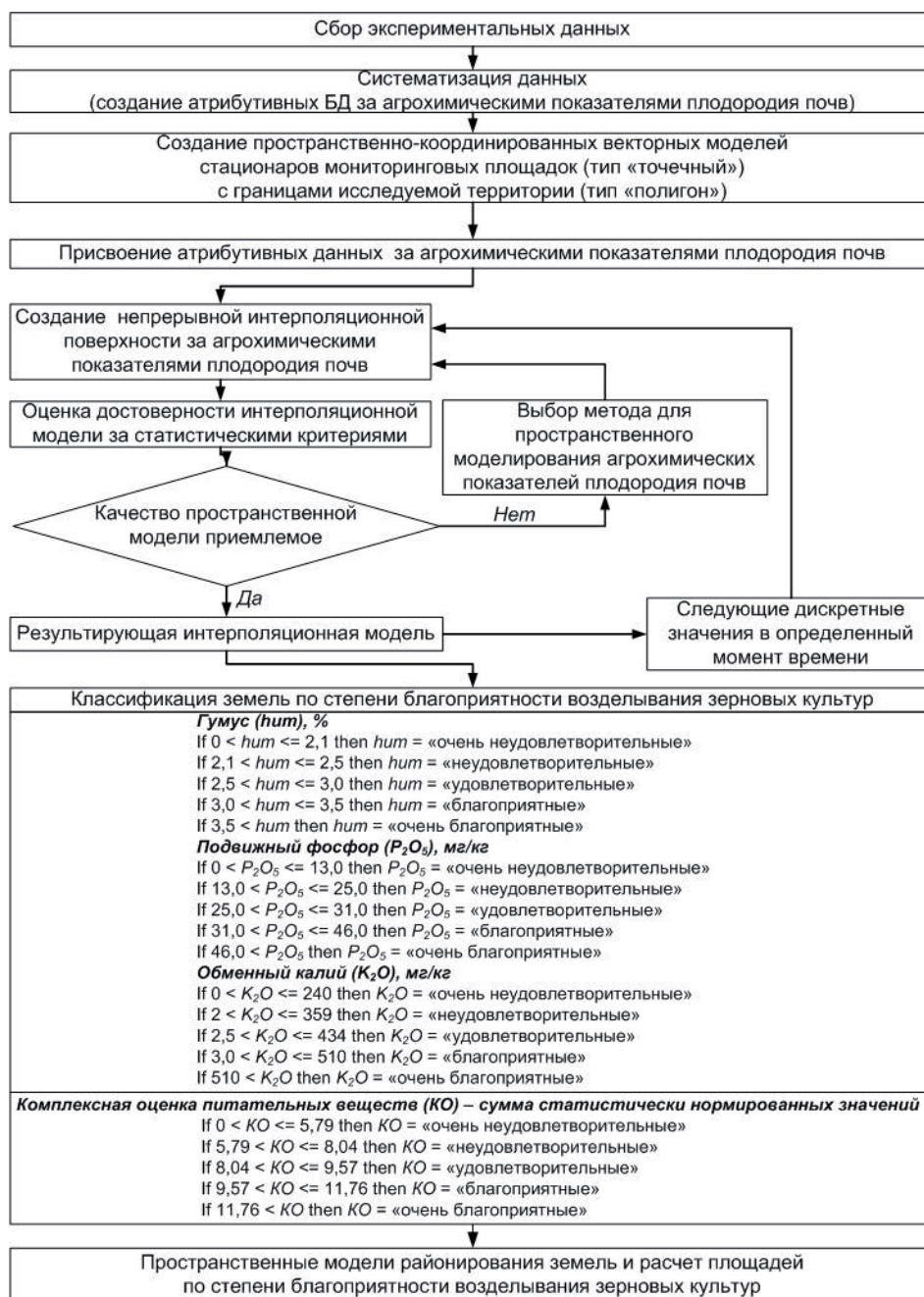
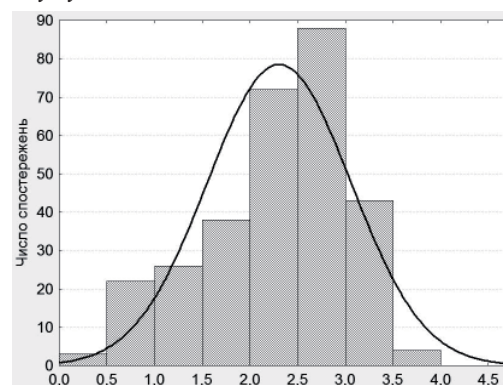
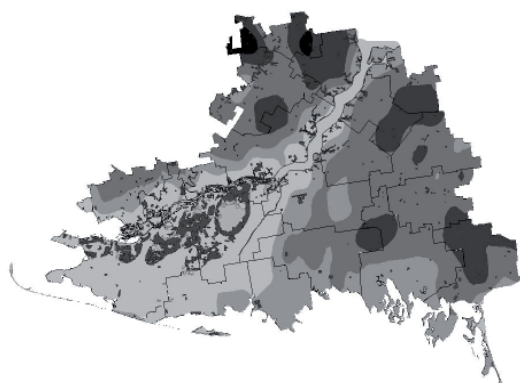
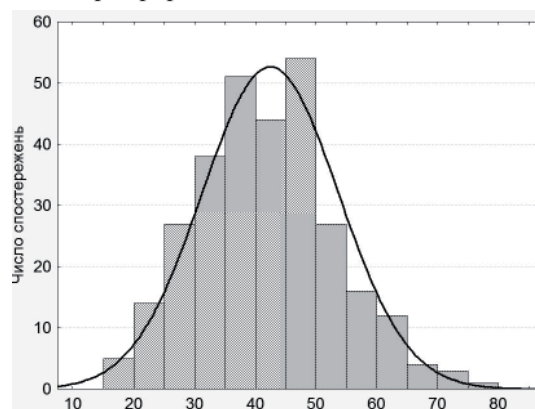


Рис. 1. Алгоритм создания пространственных моделей районирования земель Херсонской области по степени благоприятного возделывания зерновых культур

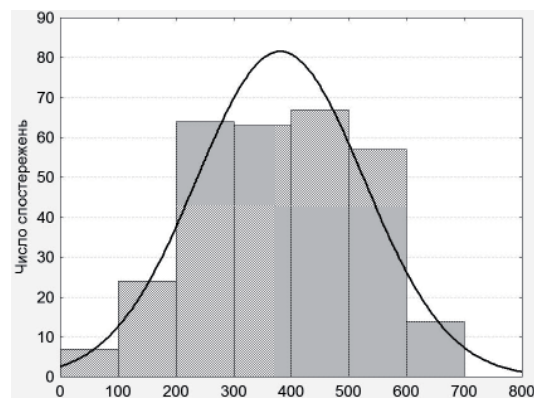
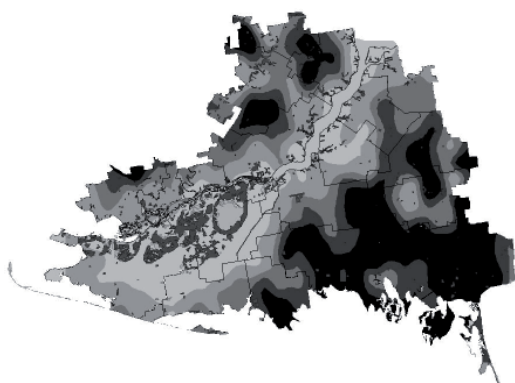
а) по содержанию гумуса, %



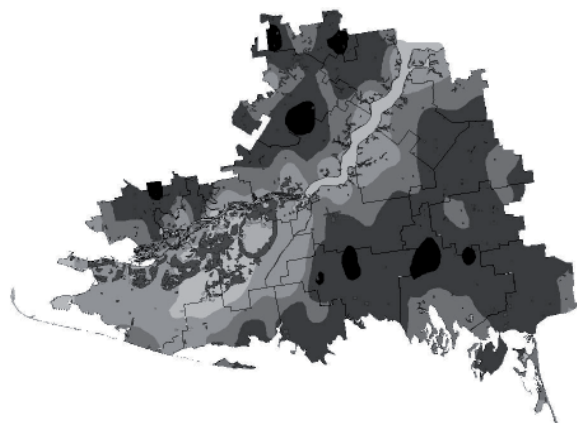
б) по содержанию подвижного фосфора, мг/кг



в) по содержанию обменного калия, мг/кг



г) по комплексному (валовому) содержанию питательных веществ



Оценка содержания питательных веществ:

- очень неудовлетворительные
- неудовлетворительные
- удовлетворительные
- благоприятные
- очень благоприятные
- леса
- пески
- реки

Рис. 2. Районирование сельскохозяйственных земель Херсонской области по пригодности для выращивания зерновых культур.

Таблица 2.

Распределение пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области для выращивания зерновых культур по содержанию питательных веществ в слое 0-40 см

Качественная оценка		Пахотные земли	
		га	%
Всего по Херсонской области		1777600	100
Содержание гумуса, %			
очень неудовлетворительные	<2,1	529902,6	29,81
неудовлетворительные	2,1-2,5	385561,5	21,69
удовлетворительные	2,6-3,0	617182,7	34,72
благоприятные	3,1-3,5	229665,9	12,92
очень благоприятные	>3,5	15287,4	0,86
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы			
очень неудовлетворительные	<13,0	-	-
неудовлетворительные	13,0-25,0	195536,0	11,00
удовлетворительные	25,1-31,0	970925,2	54,62
благоприятные	31,1-46,0	543234,5	30,56
очень благоприятные	>46,0	67904,3	3,82
Содержание обменного калия, мг/кг почвы			
очень неудовлетворительные	<240	316057,3	17,78
неудовлетворительные	241-359	398360,2	22,41
удовлетворительные	360-434	318012,7	17,89
благоприятные	435-510	330633,6	18,6
очень благоприятные	>510	414536,3	23,32
Содержание питательных веществ ($Nr(Hum)+Nr(P_2O_5)+Nr(K_2O)$)			
очень неудовлетворительные	<5,79	78392,2	4,41
неудовлетворительные	5,80-8,04	365652,3	20,57
удовлетворительные	8,05-9,57	436223,0	24,54
благоприятные	9,58-11,76	836005,3	47,03
очень благоприятные	>11,76	61327,2	3,45

Согласно методике В.А. Ушкаренко создана пространственная модель (рис. 3) и определены площади (табл. 3) формирования проектного урожая зерновых культур на сельскохозяйственных землях Херсонской области в зависимости от содержания гумуса в почве.

В результате оценки полученной картограммы определено, что на 56,5 % (1004191,5 га) территории пахотных земель Херсонской области проектная урожайность составляет в пределах 18,3-26,4 ц/га; 29,77% (529224,2 га) в пределах 13,5-18,2 ц/га и 13,74% (244184,3 га) – 26,5-36,2 ц/га.

Результаты исследований подтверждают, что сельскохозяйственные земли Херсонской области являются достаточно благоприятными для возделывания и получения стабильных урожаев зерновых культур.

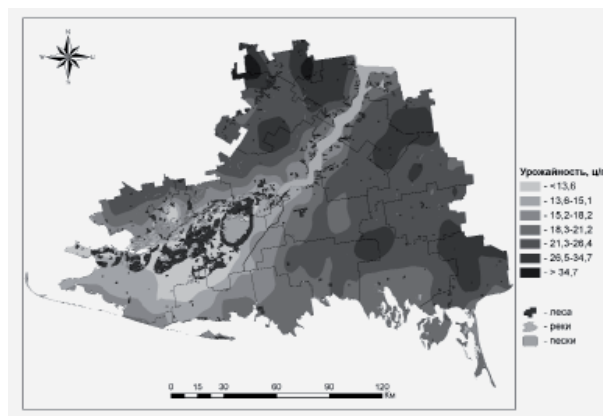


Рис. 3. Картограмма проектирования урожайности зерновых культур на сельскохозяйственных землях Херсонской области в зависимости от содержания гумуса в почве.

Таблица 3.

Распределение сельскохозяйственных земель Херсонской области по проектной урожайности зерновых культур

Содержание гумуса, %	Урожайность зерновых культур, ц/га	Пахотные земли	
		га	%
< 1,0	< 13,6	164110,1	9,23
1,1-1,5	13,6-15,1	176476,7	9,93
1,6-2,0	15,2-18,2	188637,4	10,61
2,1-2,5	18,3-21,2	385319,3	21,68
2,6-3,0	21,3-26,4	618872,2	34,82
3,1-3,5	26,5-34,7	228868,7	12,88
> 3,5	> 34,7	15315,7	0,86
Всего по Херсонской области		1777600	100

Выводы

1. Предложено статистическое нормирование агрохимических показателей и определен классификатор качественной оценки пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области в зависимости от содержания питательных веществ в почве.
2. Впервые проведена пространственная оценка и определены площади пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области для выращивания и проектирования урожая зерновых культур в зависимости от содержания питательных веществ в почве с применением инструментов и методов ГИС-технологий.
3. При комплексной пространственной оценке валового содержания питательных веществ (слой 0-40 см) определено, что 75 % (1333200 га) терри-

тории пахотных земель Херсонской области имеют удовлетворительные и благоприятные природные и почвенные условия для выращивания зерновых культур, 25 % (444400 га) – неудовлетворительные и очень неудовлетворительные.

4. В результате пространственного моделирования определено, что на 56,5 % (1004191,5 га) территории пахотных земель Херсонской области проектная урожайность составляет 18,3-26,4 ц/га; 29,77% (529224,2 га) в пределах 13,5-18,2 ц/га и 13,74% (244184,3 га) – 26,5-36,2 ц/га. Результаты исследований подтверждают, что сельскохозяйственные земли Херсонской области являются достаточно благоприятными для возделывания и получения стабильных урожаев зерновых культур.

Библиографический список

1. Акбиров Р.А. Бонитировка почв и качественная оценка земель лесостепной зоны Республики Башкортостан на агроэкологической основ. Вестник Оренбургского государственного университета, 2005. № 9. С. 134-137.
2. Гончиков Б.М.Н. Бонитировка и кадастровая оценка почв западного Забайкалья (на примере Кижингинской котловины). Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2010. № 9. С. 7-12.
3. Цыбикдоржиев Ц.Ц. Бонитировка и кадастровая оценка почв Джидинского района Республики Бурятия. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2009. № 3. С. 143-150.
4. Медведев В.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Медведев В.В., Плиско И.В. Харьков: Изд. «13 типография», 2006. 386 с.
5. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи / Медведев В.В. Харьков: ПФ «Антиква». 2002. 428с.
6. Ефективне використання ґрунтів із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій / С.А. Балюк, І.В. Пліско, С.Р.Трускавецький та ін.; за наук. ред. С.А.Балюка. К.: Аграрна наука, 2011. 72 с.
7. Геоінформаційні системи для управління зрошуваними землями: навч. посіб. / В.О. Ушкаренко, В.В. Морозов, В.В.Колесніков та ін.. Херсон, Вид-во „ЛТ-Офіс”, 2010. 378 с.
8. Інформаційне забезпечення зрошувального землеробства. Концепція, структура, методологія організації / [Ромашенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М.]; за ред. М.І. Ромашенка. К.: Аграрна наука, 2005. 196 с.
9. Лисецкий Ф.Н. Эталонные почвы в системе особо охраняемых природных территорий / Лисецкий Ф.Н., Замураева М.Е., Половинко В.В., Данильченко М.А. // Проблемы региональной экологии. 2009. № 1. С. 104-110.
10. Ушкаренко В. О. Резерви зрошувального землеробства. К.: т-во «Знання» УРСР, 1984.48 с. (Серія IX «Економічний і соціальний розвиток села»; № 15).
11. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. Published by ESRI, 2002. 306p.

References

1. Akbиров R.A. Soil evaluation and qualitative evaluation of land-steppe zone of the Republic of Bashkortostan on the basis of agro-ecological / Akbиров R.A. // Bulletin of Orenburg State University Press, 2005. – № 9. – Pp. 134-137.
2. Gonchikov B.M.N. Appraisal and cadastral evaluation of soils of the western Baikal region (on the example of Kizhinginsky basin) / Gonchikov B.M.N., Tsybikdorzhiev Ts.Ts. // Bulletin of Krasnoyarsk State Agricultural University, 2010. – № 9. – Pp. 7-12.
3. Tsybikdorzhiev Ts.Ts. Appraisal and cadastral evaluation of soils in Dzhidinsky district of the Republic of Buryatia / / Tsybikdorzhiev Ts.Ts., Hubrakova B.Ts., Gonchikov B.M.N. / Bulletin of Buryat State Agricultural Academy. V.R. Filippova, 2009. – № 3. – Pp. 143-150.
4. Medvedev V.V. Appraisal and qualitative assessment of arable land in Ukraine / V.V. Medvedev, Plisko I.V. – Kharkov: Publishing house. “Typography 13”, 2006. – 386 p.
5. Medvedev V.V. Soil monitoring of Ukraine. The concept, preliminary results, tasks / Medvedev V.V. – Kharkov: PF “Antiqua”. – 2002. – 428p.
6. Ефективне використання ґрунтів із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій / [С.А. Балюк, І.В. Пліско, С.Р.Трускавецький та ін.]; за наук. ред. С.А.Балюка. – К.: Аграрна наука, 2011. – 72 с.
7. Геоінформаційні системи для управління зрошуваними землями: навч. посіб. / [В.О. Ушкаренко, В.В. Морозов, В.В.Колесніков та ін.]-Херсон, Вид-во „ЛТ-Офіс”, 2010.-378 с.
8. Інформаційне забезпечення зрошувального землеробства. Концепція, структура, методологія організації / [Ромашенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М.]; за ред. М.І. Ромашенка. – К.: Аграрна наука, 2005. – 196 с.
9. Lisetski F.N. Standard soil in the system of protected areas / Lisetski F.N., Zamuraeva M.E., Polovinko V.V., Danil'chenko M.A. // Problems of regional ecology. 2009. - № 1. - Pp. 104-110.
10. Ушкаренко В.О. Резерви зрошувального землеробства.– К.: т-во «Знання» УРСР, 1984.– 48 с. – (Серія IX «Економічний і соціальний розвиток села»; № 15).
11. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. – Published by ESRI, 2002. – 306p.

УДК 577.346

UDC 577.346

Л.Н. ТРОФИМЕЦ

кандидат географических наук, доцент кафедры географии факультета естественных наук Орловского государственного университета
E-mail: fimetc_l_n@mail.ru

L.N. TROFIMETS

L.N. Trofimits,
Candidate of geographical sciences, Faculty of Natural Sciences,
Orel State University
E-mail: fimetc_l_n@mail.ru

Е.А. ПАНИДИ

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики Санкт-Петербургского государственного университета
E-mail: panidi@yandex.ru

E.A. PANIDI

Candidate of technical sciences, senior lecturer of department "Cartography and Geoinformation", St. Petersburg State University
E-mail: panidi@yandex.ru

В.Н. МИЛЕНТЬЕВ

заместитель директора Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский»
E-mail: v.milentev@yandex.ru

V.N. MILENTEV

Deputy Director of the chemicals and gricultural radiology «Orlovsky»
E-mail: v.milentev@yandex.ru

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ПОЧВЫ НА ПАХОТНОМ СКЛОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОЦЕЗИЕВОГО МЕТОДА, АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭЛЕМЕНТОВ ГИС АНАЛИЗА*

SOIL LOSSES ESTIMATION ON ARABLE SLOPE USING RADIOCESIUM METHOD, AGROCHEMICAL PARAMETERS AND GIS ANALYSIS ELEMENTS

Анализ вертикального распределения цезия-137 и гумуса в почве на склонах и в тальвеге распаханной части ложбины позволил количественно оценить потери пахотного слоя почвы за период с 1986 по 2010-2011 гг. и идентифицировать потери по соотношению активности цезия-137 в слоях почвы 0-20 и 20-40 см. Для конкретных точек склоновой поверхности на разных высотных позициях приведен расчет потерь почвы с учётом площади сбора в данных точках.

Ключевые слова: цезий-137, экспозиция, серые лесные почвы, гумус, смыто-намытые почвы, естественный склон, пахотный склон, площадь сбора, распределенные параметры смыва.

Cesium-137 and humus vertical distribution analysis in the slopes and thalweg soil of the arable hollow part allowed to quantify the loss of topsoil over period from 1986 to 2010-2011, and identify the loss basing on the activity ratio of cesium-137 in soil levels of 0-20 and 20-40 cm. Soil loss estimation was shown for the specific points of the slope surface on different altitude positions taking into account the catchment area of these points.

Keywords: ¹³⁷Cs, hill aspect, forest grey soils, humus, eroded-deposited soils, natural hill slope, arable slope, catchment area, distributed erode parameters.

В бассейне левого притока Оки реки Сухой Орлицы 26 апреля 1986 года радиоактивный цезий-137 (и прочие короткоживущие радиоизотопы) осели на сухую почву склонов южной экспозиции (более светлые склоны) и на влажную почву склонов северной экспозиции (склоны более темной окраски) (рис.1). Поскольку апрель 1986 года был сухим, то изотопы с пылью были вынесены с сухих склонов южной экспозиции к овражно-балочным лесополосам. Там образовались ареалы повышенной радиоактивности почвы на подветренных участках овражно-балочных лесополос южной экспозиции. На наветренных участках овражно-балочных лесополос южной экспозиции сформировались ареалы повышенной вариабельности активности цезия-137 (до 0,62). Последнее объясняется тем, что склон балки южной

экспозиции 26 апреля 1986 года был покрыт луговой растительностью (в отличие от голой почвы на склоне северной экспозиции), создавшей дополнительное сопротивление восходящим токам воздуха, что привело к усилению турбулентности потока и потому крайне неравномерным радиоактивным пылевыпадениям. В большей степени соответствует фоновому радиоактивному загрязнению почва на наветренных участках овражно-балочных лесополос северной экспозиции. Вторичное перераспределение цезия-137 происходило в соответствии с особенностями перемещения почвенного материала, обусловленными темпами протекания эрозионных процессов. Экспериментальный участок, как видно из рис. 1, представлен как плоскими, приво-

* Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобразования и науки РФ, проект № 4.4544. 2011 «Устойчивое развитие биосферы Приокского региона Центральной России в условиях изменяющейся окружающей среды.

дораздельными пространствами с уклонами до 1°, так и полосами стока и переходными склоновыми поверхностями. Как видно из космического снимка (использован снимок, опубликованный в Google Earth™), на экспериментальной склоновой поверхности проявляется палеокриогенный полигонально-блочный микрорельеф, то есть чередование блочных повышений в виде полигонов тетрагональной или гексагональной формы и межблочных понижений (Алифанов и др., 2010). Последнее обстоятельство делает склоновую поверхность неоднородной в плане и профиле (Марусова, 2005, Овчинников, 2010). Вследствие этого, представление склона в виде выпуклого, вогнутого, прямого, выпукло-вогнутого и др. (Ласточкин, 2005, Стрелков, 2008) оказывается явно недостаточным. На необходимость учета микрорельефа в ландшафтных исследованиях указывает Тимофеев Д.А. «...установлена не только продольная – от водораздела к ближайшей балке или долине, но и поперечная дифференциация рельефа склонов и соответственно поперечная дифференцированность процессов смыва, размыва, аккумуляции. Эта поперечная дифференциация рельефа, накладывающаяся на продольную, выявляется не при изучении почвенно-геоморфологических профилей (катен), а при анализе морфологии склонов вдоль долинно-балочной сети. Она обусловлена порой весьма сложным и дробным расчленением склонов сетью ложбин и зачаточных балок – притоков основной балки или долины. Установлена также дифференцированность процессов эрозии-аккумуляции в зависимости от микро- и нанорельефа (в том числе и пашни), выражающаяся в первую очередь в том, что в первичных ложбинах, потяжинах, микроруслах, пахотных канавках происходит линейная эрозия, а на пространствах между микроруслами и на пахотных гребнях – капельно-дождевая эрозия, поставляющая наносы в соседние микрорусла» [5].

Объекты и методы исследования

С учётом расчлененности склоновой поверхности, обусловленной проявлением криогенного палеорельефа, трансекты в настоящем исследовании назначались поперек склона на всем протяжении от водораздела до основания склона (рис.1). Нивелирование профиля вдоль трансект, отбор проб через 1-2 м почвенным буром диаметром 4 см, радиологический анализ на спектрометре Гамма Плюс в Центре химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский» позволили выявить волнообразный характер распределения активности цезия-137 (рис. 2, 6, 7). В данном случае цезий-137 выступал маркером перемещения почвенного материала (цезий-137 вошел в решетку глинистых минералов почвы и перемещается сегодня вместе с почвой). На всех трех диаграммах виден волнообразный характер распределения цезия-137 и одновременно видна неоднородность глубины вертикального расчленения поверхности геоморфологического про-

филя (трансекты). Полученные данные подтверждаются исследованиями Марусовой (2005), которая выявила, что в полосах стока наряду с почвами различной степени эродированности (слабо, средне и сильно смытыми) формируются несмытые и намытые почвы. Активность цезия-137 вдоль трансекты 111 (рис. 2) послужила моделью для изучения особенностей влияния рельефа на формирование почв разной степени эродированности (Трофимец и др., 2012).

Векторный слой рельефа по картографической основе масштаба 1:10000 и слои морфометрических показателей рельефа были построены в ГИС SAGA и ArcGis™.

Результаты и их обсуждение. Для выяснения особенностей поведения активности цезия-137 вдоль тальвега понижения (полосы стока) было проанализировано распределение цезия-137 вдоль трансекты 111 (рис. 2) [6].

Анализ показал, что вдоль трансекты активность цезия-137 меняется от 30 до 200 Бк/кг, что свидетельствует о чередовании почв разной степени смытости. О том же свидетельствуют исследования Марусовой (2005) на примере серых лесных почв Подмосквья: «...в одном случае между прикопками, характеризующими эродированные почвы, отмечаются намытые и намыто-смытые почвы, в другом – островок эллипсовидной формы несмытой почвы». Идентифицировать степень смытости почвы только по значению активности цезия-137 в слое 0 – 20 см в нашем случае оказалось невозможным. Для количественной оценки смытого почвенного материала были привлечены данные прикопок, расположенных вдоль трансекты, пересекающей нижнюю часть распахиваемой ложбины и ориентированной перпендикулярно тальвегу ложбины (рис. 3, 4).

На рис. 3 приведены профили распределения цезия-137 и гумуса по глубине почвы в точках, фиксирующих тальвег распахиваемой части ложбины (102.5), склон южной (102.4) и склон северной (102.6) экспозиции (рис. 10). Из данных диаграмм видно, что пахотный слой почвы загрязнен радиоцезием примерно одинаково (максимальные значения активности равны, соответственно, 148,5 Бк/кг, 158,6 Бк/кг, 150,2 Бк/кг. Вместе с тем, соотношение радиоактивности почвы в современном пахотном слое 0 – 20 см и радиоактивности в слое 20 – 40 см (20 – 30 см – часть старопахотного горизонта, 30 – 40 см – часть второго гумусного горизонта), названное в данной работе коэффициентом неравномерности вертикального распределения цезия-137, оказалось различным для этих точек пробоотбора. 1,0 – коэффициент неравномерности вертикального распределения цезия-137 в почве основания склона южной экспозиции; 0,99 – склона северной экспозиции; более 10,0 – в почве, приуроченной к тальвегу распахиваемой части ложбины.

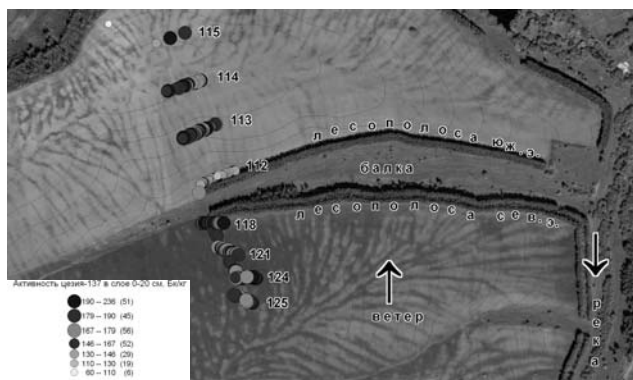


Рис. 1. Трансекты на пахотном склоне южной (112 – 115) и северной (118, 121, 124, 125) экспозиции. На склоне северной экспозиции практически по всей длине склона активность цезия-137 находится в пределах 170 – 200 Бк/кг. На склоне южной экспозиции в нижней части склона активность резко снижается от 140, до менее чем 100 Бк/кг в тальвеге межблочного понижения.



Рис. 2. Распределение цезия-137 вдоль тальвега распаханной части ложбины.

Эта ситуация свидетельствует о том, что запас цезия-137 в слое 0 – 20 см, рассчитанный как произведение приведенной активности цезия-137 (Бк) на площадь сечения пробоотборника (m^2) [3], во всех трех точках будет примерно одинаков. Равный запас в свою очередь свидетельствует о том, что степень смытости почвы во всех трех точках пробоотбора одинакова, что не соответствует действительности.

На рис. 3 приведена диаграмма, показывающая распределение гумуса и цезия-137 по глубине почвенного профиля, приуроченного к днищу эрозионной борозды (тальвегу распаханной части ложбины). Анализ профиля распределения цезия по глубине в днище эрозионной борозды (рис. 3) позволил сделать заключение о том, что почва в точке 102.5 смыто-намытая. Активность цезия 150 – 120 Бк/кг (в точке 102.5) отмечается до глубины 8 см, на глубине 10 см она опускается до 70 Бк/кг, еще глубже она практически отсутствует (находится в пределах 0 – 3 Бк/кг). То есть можно констатировать, что подплужная подошва в точке 102.5 находится на глубине 10 см. Согласно «Системы земледелия и землеустройства» за 1986 год, на серых лесных почвах, на склонах, крутизна которых превышает 1 градус, обычную вспашку производили на глубину 25 – 27 см. Глубокую вспашку (до 32 см) осуществляют один раз в четыре года. Таким образом, можно считать, что в 1986 году глубина обработки почвы на рассматриваемом

мом склоне составляла не менее 27 см. Малая мощность слоя почвы (10 см) с активностью цезия более 10 Бк/кг (менее 10 Бк/кг радиоактивность почвы составляла до 1986 года, согласно данным Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский») говорит о том, что почва в точке пробоотбора смытая или, точнее, смыто-намытая. На диаграмме распределения гумуса по глубине в точке 102.5 (рис. 3) содержание гумуса практически по всему профилю, до глубины 75 см, составляет 4,5 – 5,9%. По данным «Системы земледелия и землеустройства» мощность гумусового горизонта 80 см и содержание гумуса 5,1% со слабо кислой реакцией почвенной среды (рН в данном случае изменяется в пределах 4,6 – 5,1) характерны для серых лесных намытых тяжелосуглинистых почв, что позволяет отнести почву в точке 102.5 к этой категории. Однако намытая до 1986 года почва в период после 1986 года была частично смыта. Пониженная радиоактивность (62,6 Бк/кг) на глубине 10 см объясняется припахиванием к загрязненной почве более глубоких, нерадиоактивных слоев. На пахотный слой с радиоактивностью 62,6 Бк/кг впоследствии была намыта почва с радиоактивностью 127 – 148 Бк/кг. Поэтому на профиле видны 4 см почвы с активностью цезия-137 в 127,1 – 148,5 Бк/кг (намытая с окружающей территории пахотного склона), а глубже, с 6 до 10 см активность цезия-137 в почве снижена до 117 – 62,6 Бк/кг. Содержание P_2O_5 и K_2O может быть оценено как среднее только в верхних 8 (P_2O_5) и 2 см (K_2O). Вывод можно сделать следующий – за период с 1986 по 2010 год на рассматриваемом участке тальвега смыто (около 17 см) 53 – 63 % пахотного слоя. Почвы, в которых произошла потеря 50 – 75 % гумусового горизонта, по Сурмачу (1976), можно считать сильносмытыми. В данном случае гумусовый профиль простирается до 75 см (то есть гумусовый горизонт не смыт), однако цезий вполне четко указывает на потерю не менее 50 % пахотного слоя почвы за период с 1986 по 2010 год в точке 102.5 (дно распаханной части ложбины). В точке 102.6 (основание склона северной экспозиции) можно считать почву несмытой (радиоактивность до глубины 28 см находится в пределах 140 – 150 Бк/кг). В точке 102.4 у основания склона южной экспозиции (рис. 4) потеряно (как минимум из 27 см пахотного слоя) 2 см, то есть смыто 15 – 20 % пахотного горизонта. Не давая определения степени смытости почвы, мы тем не менее можем идентифицировать почву в точке 102.4 как почву со слабо смытым пахотным горизонтом (2 – 5 см за 25 лет). Следует обратить внимание на тот факт, что на склоне южной экспозиции смыто 2 см за 25 лет, на склоне северной экспозиции пахотный слой практически не смыт.

Соотношение радиоактивности почвы в слое 0 – 20 см с радиоактивностью в слое 20 – 40 см в точке 102.5 со смытым за период 1986 – 2010 гг. слоем 17 см (63 % пахотного горизонта) $K > 10$. Для точки 102.4 со смытым слоем 2 см за период 1986 – 2010 гг. $K = 1,1$.

Совместный анализ распределения по глубине гумуса и цезия-137 в рассмотренных прикопках

позволил предварительно принять в качестве индикаторов потери почвы за период 1986 – 2010 гг. два показателя. Первый – активность цезия в слое 0 – 20 см; второй – соотношение между радиоактивностью почвы в слое 0 – 20 см и 20 – 40 см (таблица 1).

В таблице 1 приведены предварительные данные

о мощности смытого пахотного горизонта за период после 1986 года, которую можно оценить по косвенным признакам (по активности цезия-137 в горизонте 0 – 20 см и по коэффициенту ее снижения при переходе к горизонту 20 – 40 см).

Таблица 1

Серая лесная почва разной степени эродированности вдоль тальвега распаханной части ложбины, идентифицированная по соотношению активности цезия-137 в слоях 0 – 20 и 20 – 40 см (фон 170 – 200 Бк/кг)

Степень эродированности пахотного слоя (смыто пахотного слоя, см)	Условия формирования	K – отношение активности цезия-137 в слоях 0 – 20 см и 20 – 40 см (при наличии радиоактивности в слое 0 – 20 см, Бк/кг)
Не смытый (0 см)	Формируется в той части полосы стока, где не воздействовала размывающая сила потока	$K = 0,9 - 1,3$ (радиоактивность слоя 0 – 20 см: 170 – 200 Бк/кг)
Слабосмытый (2 см)	Формируется на участках со слабовыраженной плоскостной эрозией	$K \geq 1,1$ (радиоактивность слоя 0 – 20 см: 120 – 160 Бк/кг)
Среднесмытый	Пахотный горизонт включает часть старопашотного горизонта, верхнюю часть второго гумусового горизонта	$K \geq 0,9$ (радиоактивность слоя 0 – 20 см: 20 – 100 Бк/кг)
Сильносмытый (10 – 20 см)	Пахотный горизонт включает нижнюю часть второго гумусового горизонта и припахиваемую часть горизонта В1. Участки сильносмытых почв занимают самую глубокую часть тальвега распаханной части ложбины	$0,5 \leq K \leq 10$ (радиоактивность слоя 0 – 20 см: 5 – 50 Бк/кг)
Сильносмытый-намытый (10 – 20 см)	Пахотный горизонт представлен мелкоземом, принесенным с вышележащих участков и старопашотным или вторым гумусовым горизонтом	$K \geq 4$ (радиоактивность слоя 0 – 20 см: 100 – 160 Бк/кг)

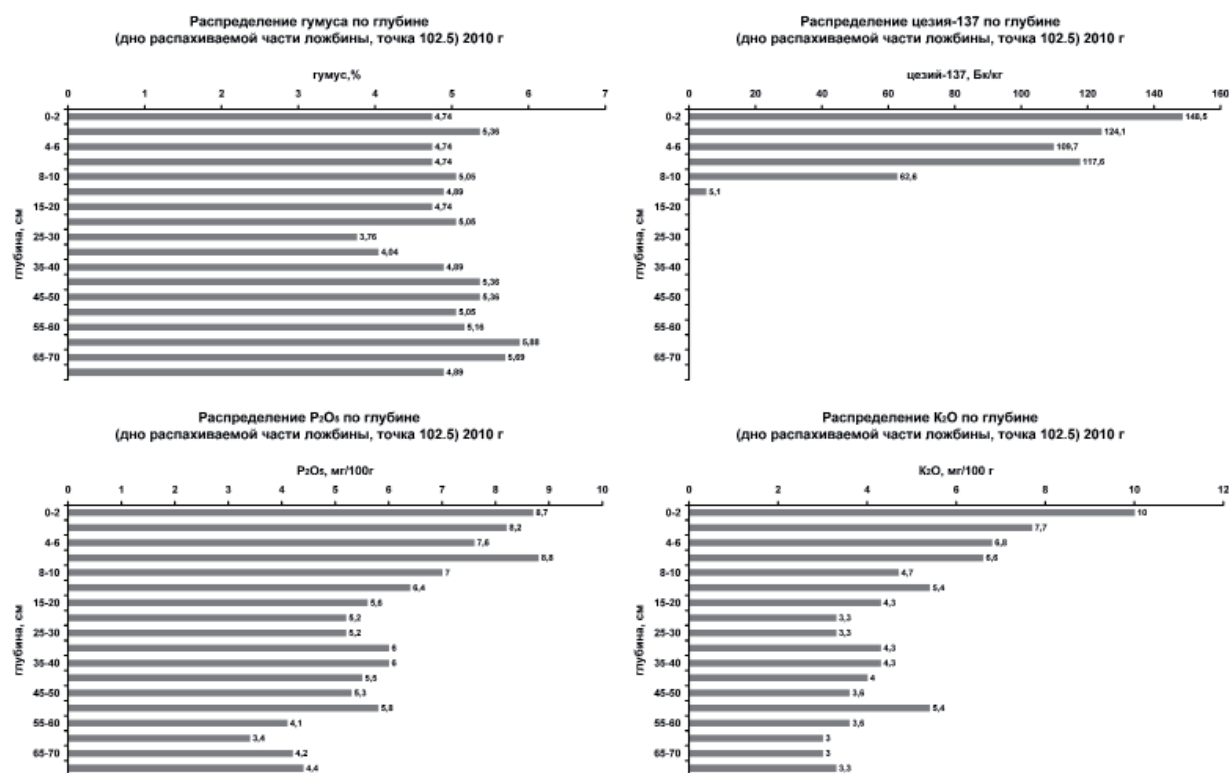


Рис. 3. Распределение гумуса, цезия-137, P₂O₅ и K₂O по глубине пахотного горизонта в пределах тальвега распаханной части ложбины (точка 102.5).

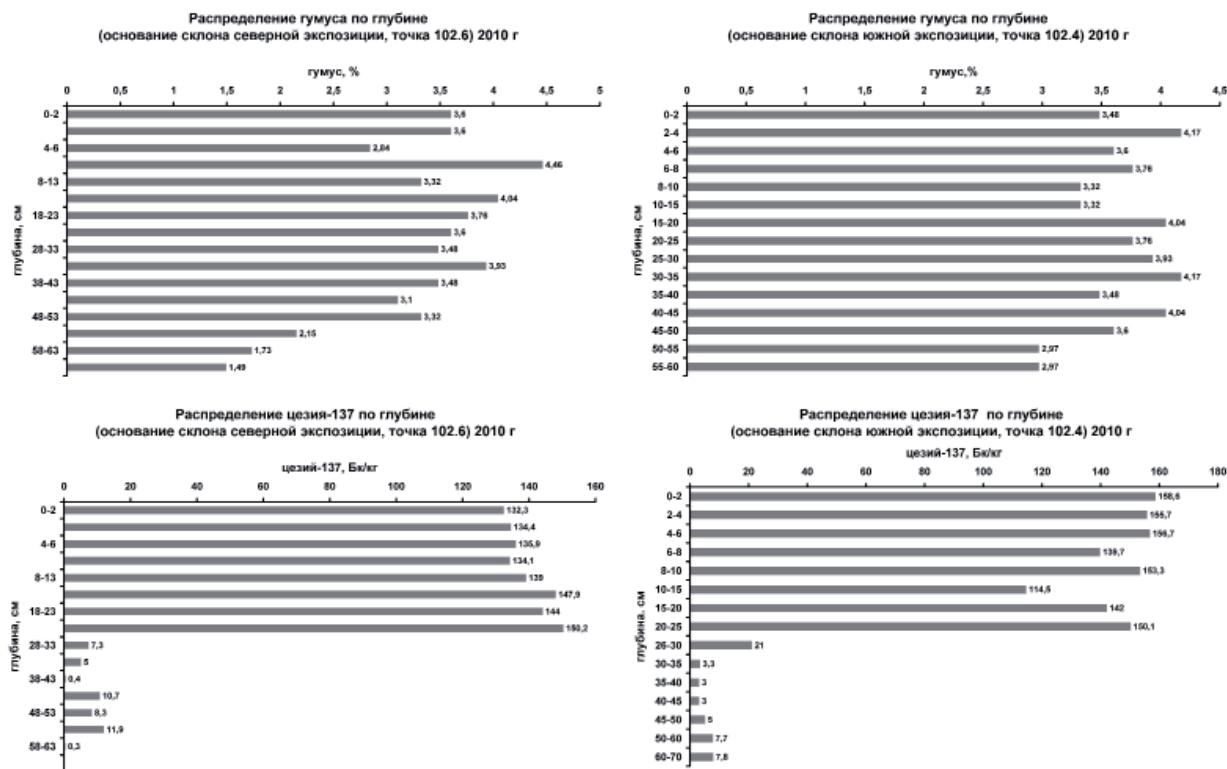


Рис. 4. Диаграммы распределения гумуса и цезия-137 по глубине в точках 102.4 и 102.6 (склоны, соответственно, южной и северной экспозиций распаиваемой части ложбины). Видно, что профиль почвы равномерно загрязнен цезием-137 по всей глубине пахотного слоя (до 25 см в почве склона южной экспозиции и до 28 см в почве склона северной экспозиции).

Чтобы определить потери гумуса в пахотных почвах за все время землепользования, было произведено сравнение почвы пахотного склона и почвы на склоне балки северной экспозиции (рис. 5). В результате сопоставления наибольшего содержания гумуса в луговой почве на естественном склоне балки (6,88 %) с содержанием гумуса в почве тальвега (5,88 %), в почве основания склона северной экспозиции (4,46 %), в почве основания склона южной экспозиции (4,17 %) был сделан следующий вывод. За время сельскохозяйственного использования процентное содержание гумуса в исследуемых почвах уменьшилось на 14,5 % (в тальвеге), на 35,2 % (на склоне северной экспозиции), на 39,4 % (на склоне южной экспозиции). Из данных таблицы 2 видно, что в зависимости от экспозиции склона меняется содержание гумуса в почвах естественных склонов и пахотных. Выявлена общая закономерность для максимальных значений гумуса: большее содержание гумуса характерно для почвы склонов северной экспозиции (и на естественных, и на пахотных участках). Затем следует притальвеговая зона аккумуляции. Меньше гумуса в почве склонов южной экспозиции. Эти выводы соответствуют данным других авторов [8].

На следующем этапе исследования было проведено изучение особенностей распределения цезия-137 (и частично гумуса) на элементах микро-рельефа (трансекты 112, 113, 118 на рис. 1). Было обнаружено, что полигонально-блочный рельеф экспериментального участка обусловил различия в радиологических и агрохимических свойствах почвы.

Влияние экспозиции склона показано на диаграммах распределения цезия-137, построенных по результатам нивелирования вдоль трансект, назначенных перпендикулярно падению склона.

Радиологический анализ проб в точках трансект 112 (основание склона южной экспозиции) и 118 (основание склона северной экспозиции) показал следующее. В межблочном понижении, у основания склона южной экспозиции (трансекта 112) имеет место снижение радиоактивности по сравнению с вышерасположенными точками тальвега понижения (трансектой 113), а на самой трансекте 112 видна зона смыва в тальвеге (выражается в снижении радиоактивности в тальвеге понижения). Иная картина в тальвеге понижения, у основания склона северной экспозиции (трансекта 118) (рис. 8).



Рис. 5. Распределение гумуса по глубине почвы естественного склона северной экспозиции.

Таблица 2.

Гумусное состояние почвы естественных склонов балки и склонов распахиваемой части ложбины

№ точки	Местоположение	Мощность слоя по- чвы (см)	Содержание гумуса		
			Среднее (%)	Наибольшее (%) (глубина в см)	C _v
Распахиваемая часть ложбины 2010 г					
102.4	Основание склона южной экспозиции	70	3,64	4,17 (2 – 4)	0,11
102.5	Тальвег	75	4,97	5,88 (60 – 65)	0,10
102.6	Основание склона северной экспозиции	68	3,24	4,46 (6 – 8)	0,26
Естественные склоны балки 2009 г					
100.50	Основание склона южной экспозиции	80	3,02	5,88 (0 – 2)	0,46
100.51	Средняя часть склона южной экспозиции	80	2,73	4,89 (2 – 4)	0,42
100.13	Средняя часть склона северной экспозиции	80	4,5	6,88 (0 – 5)	0,31

Радиоактивность почвы и в средней части склона, и у основания склона одинакова и отличается более высокими значениями, чем на склоне южной экспозиции (170 Бк/кг на трансекте 118 против 120 Бк/кг на склоне южной экспозиции, на трансекте 112).

Что касается гумуса, то отмечена следующая закономерность. Обращает на себя внимание пониженное содержание гумуса на вершине блочных повышений и максимум, приуроченный к тальвегу межблочного понижения вдоль трансекты 112 (рис. 7). Подобное распределение гумуса мы наблюдали в тальвеге распахиваемой части ложбины (табл. 2, рис. 3). Как показано выше, иная картина с распределением цезия-137: его активность снижается до минимума в тальвеге межблочного понижения (трансекта 112).



Рис. 7. Распределение гумуса в слое 0-20 см вдоль трансекты 112.

Объяснить это несоответствие можно смывом верхнего, загрязненного радиоцезием, почвенного горизонта, но припахиванием более глубокого подпахотного горизонта, обогащенного гумусом (что демонстрируют диаграммы на рис. 3, 4).

В таблице 3 приводятся данные о распределении активности цезия-137 вдоль трансекты 118 (основание склона северной экспозиции).

Из таблицы становится очевидным, что несмотря на, казалось бы, небольшое значение вариации активности цезия-137 (разница в значениях активности (171,4 – 200,4 Бк/кг) составляет 29 Бк/кг, то есть находится в пределах ошибки метода определения радиоактивности на спектрометре Гамма Плюс), можно заметить определенную закономерность. К тальвегу понижения приурочена высокая активность цезия-137 (на высоте минус 43,5 см активность максимальная – 200,4 Бк/кг).

То есть можно констатировать, что в области межблочного понижения, в его притальвеговой и тальвеговой части происходит намыв радиоактивной почвы (при средней радиоактивности 187,3 Бк/кг, максимальная – 200,4 Бк/кг, минимальная – 178,4 Бк/кг).

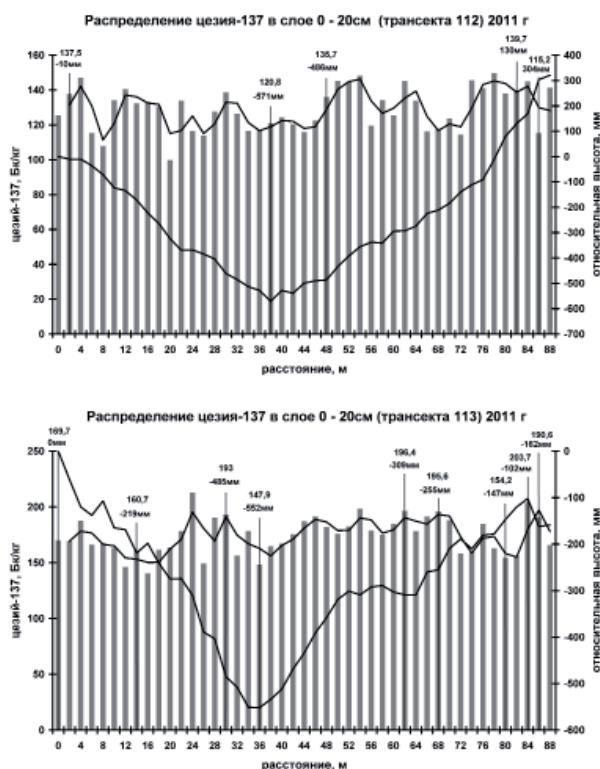
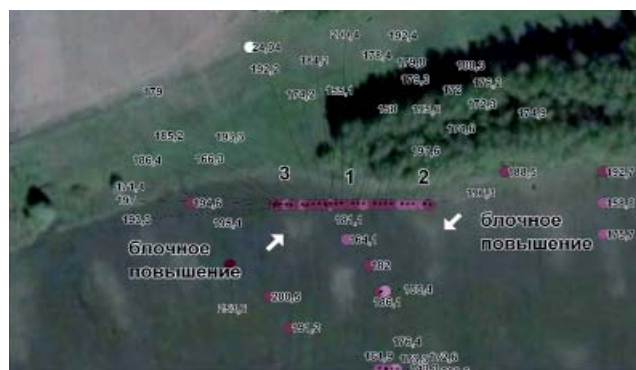


Рис. 6. Распределение цезия-137 вдоль трансект 112 и 113.



Рис. 8. Распределение активности цезия-137 вдоль трансекты 118 (основание склона северной экспозиции).

Примечание: зоны 1, 2, 3 – на рисунках 8 и 9. 195,4/195 – активность цезия-137 в слоях соответственно 0 – 20 см и 20 – 40 см.



Активность цезия-137, Бк/кг:

Рис. 9. Фрагмент космического снимка с трансектой 118.

Таблица 3.

Активность цезия-137 на разных высотных позициях трансекты 118

Зона 3		Зона 1		Зона 2	
Относительная высота, см	Активность цезия-137, Бк/кг	Относительная высота, см	Активность цезия-137, Бк/кг	Относительная высота, см	Активность цезия-137, Бк/кг
Блочное повышение		Межблочное понижение		Блочное повышение	
0	195,4/195	-33,4	181,1	27,4	174,6
3	185,2	-39,9	184,2/185,2	36,1	176,2
3,3	186,4/170,9	-43,5	200,4/190	42,9	172
2	179	-31,5	178,4	54,4	174,9/194,4
4,2	171,4	-31	192,4	61,2	172,3/184,4
				63,3	196,3/204,4
среднее	183,5	среднее	187,3	среднее	177,7

В зоне 1, приуроченной к области блочного повышения на высотной позиции 43,5 см (превышение над тальвегом межблочного понижения), активность цезия-137 несколько ниже, нежели в межблочном понижении и составляет 171,4 – 195,4 (в среднем 183,5) Бк/кг. В зоне 2, приуроченной к самой высокой на трансекте части геоморфологического профиля (превышение над тальвегом - 106,8 см), преобладает активность цезия-137, наименьшая из наблюдаемых – 172 – 176,2 Бк/кг (а среднее значение самое низкое из трех зон – 177,7 Бк/кг).

Таким образом, можно сделать вывод, что различия поведения радионуклида в почве у основания пахотных склонов южной и северной экспозиции вызваны различиями в термическом и водном режиме в весенний период. На склоне северной экспозиции, в его нижней части (у основания) из-за долгого стояния повышенной влажности почвы в весенний период, а потому оплывания почвы, загрязненной радионуклидами, в области блочных повышений наблюдается снижение радиоактивности, в области межблочного понижения – ее повышение вследствие намыва. И даже в тальвеге понижения не видно заметного размыва, так как, по всей видимости, на склоне северной экспозиции наблюдается преимущественно плоскостной смыв (не микроручейковый, приводящий к формированию зон размыва в области тальвега межблочного понижения, пересекаемого трансектой 112).

Обнаруженные особенности смыва и аккумуляции, которые могут быть идентифицированы и количественно оценены в точках склоновой поверхности, исходя из рекомендаций таблицы 1, позволяют производить расчет потерь почвы с использованием приемов геоинформационного анализа. В данном исследовании была апробирована карта площади сбора, построенная по методу DEMON (M.C. Costa-Cabral, S.J. Burges, 1994) (рис. 10). Площадь сбора в каждом узле регулярной сети (ячейке раstra) равна площади всех вышележащих склонов, потенциально способных поставлять смытый почвенный материал в данную точку [7, 9]. Карта площади сбора описывает всю как потенциальную (временные водотоки), так и реализованную (постоянные водотоки) гидросеть местности.

Как показано выше, в точке 102,5 за период с 1986 по 2010 год смыто 17 см пахотного слоя. Перевод мощности смытого слоя почвы (17 см) в объем осуществлялся следующим образом. Средняя плотность серой лесной почвы 1100 кг/м³. В точке 102,5 (дно распаханной части ложбины) смыто 0,17 м за 25 лет (с 1986 по 2010 год). Интенсивность смыва 6,8 мм в год. Количество смываемого с площади 257 000 м² (25,7 га) материала: $0,0068 \times 257000 \text{ м}^2 = 1748 \text{ м}^3$. С 1 гектара (площадь 1 га = 10000 м²) смывается $(1748 \text{ м}^3 \times 10000 \text{ м}^2 / 257000 \text{ м}^2) = 68 \text{ м}^3/\text{га}$. Количество смытого материала с 1 га в тоннах:

$68 \text{ м}^3/\text{га} \times 1100 \text{ кг}/\text{м}^3$ (плотность почвы) = 74800 кг/га или 75 т/га. Это значит, что по тальвегу распахиваемой части ложбины выносятся с 1 га поля 75 тонн плодородного слоя в год. Всего с части пахотного склона площадью 25,7 га выносятся через точку 102.5 (она идентифицирует ячейку раstra площадью 100 м^2) за год $1748 \text{ м}^3 \times 1100 \text{ кг}/\text{м}^3 = 1923$ тонны.

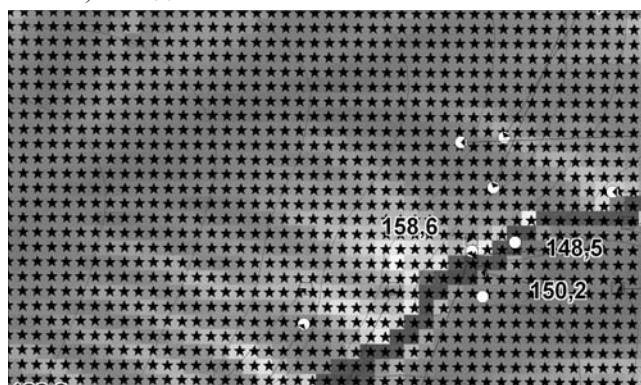


Рис. 10. Фрагмент карты площади сбора. 148,5 Бк/кг – радиоактивность почвы тальвега; 158,6 Бк/кг – радиоактивность почвы склона южной экспозиции; 150,2 Бк/кг – радиоактивность почвы склона северной экспозиции. Площадь сбора для точки с активностью 148,5 Бк/кг – 257 000 м^2 .

Приняв к сведению, что в слабосмытых почвах пахотного склона на южной экспозиции теряется около 2 см пахотного слоя за 25 лет и оценив интенсивность смыва в среднем за год в 0,8 мм, можно вычислить количество смытого материала с площади склона для точки склона южной экспозиции 102.4: $0,008 \text{ м} \times 10000 \times 1100 = 88 \text{ т}/\text{год}$ с 1 га. Со всей площади сбора 3600 м^2 (0,35 га) смытый почвенный материал в точке 102.4 составит $88 \text{ т}/\text{год}$ с 1 га $\times 0,35 \text{ га} = 30,8 \text{ т}/\text{год}$.

У основания склона южной экспозиции актив-

ность цезия-137 в точке 112.20 – 120,8 Бк/кг (в слое 0 – 20 см). В слое 20 – 40 см активность меньше в 1,18 раз (102,8 Бк/кг). Почва, согласно табл. 1, слабосмытая. Согласно рис. 3 за 25 лет смыва порядка 2 см. Площадь сбора для искомой точки с радиоактивностью 120,8 Бк/кг по карте площади сбора равна 11600 м^2 (1,16 га). Интенсивность смыва 0,8 мм в год. Следовательно, с 1 га на рассматриваемом участке смывается за год 22 тонны, а с площади сбора микро-ручья (1,16 га), проложившего русло в межблочном микропонижении (с замыкающим створом в точке с радиоактивностью 120,8 Бк/кг), смывается в год 25 тонн почвенного материала.

В заключение следует вспомнить, что величина смыва с элементарного водосбора площадью до 100 га (в данном случае рассмотрены площади 25,7 га, 1,16 га и 0,35 га) в десятки раз больше, чем с водосбора площадью более 100 км^2 (так как значительная часть смываемого материала не доходит до базиса эрозии, а отлагается в нижних частях склонов).

Общий вывод. Совместное применение радиоцезиевого и почвенно-морфологического методов позволяет более корректно выстраивать схемы формирования смыва и аккумуляции на пахотных склонах. Использование в расчетах карт площади сбора открывает возможности для построения схем расчета смыва в конкретной точке пространства в виде моделей с распределенными параметрами.

Показанная в настоящей работе принципиальная возможность вычисления точечных значений смыва важна при построении карт эродированных земель и разработке программ противоэрозионных мероприятий.

Библиографический список

1. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2010. 140 с.
2. Марусова Е.А. Влияние природных и антропогенных факторов на свойства пахотных серых лесных почв южного Подмосковья. Автореферат канд. дисс., М., 2005. 25 с.
3. Маркелов М.В. Современные эрозионно-аккумулятивные процессы в верхних звеньях гидрографической сети лесной и лесостепной зон. Автореферат канд. дисс., М., 2009. 25 с.
4. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. – Л.: Гидрометеиздат. 1976. 254 с.
5. Тимофеев Д.А. Геоморфологические и палеогеографические аспекты проблемы эрозии почв. // Геоморфология, 1988, № 2. С. 14-28.
6. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Баранов И.П., Степанова В.И. Морфометрический анализ рельефа при изучении трансформации поля первичного загрязнения цезием-137 пахотных почв в бассейне Верхней Оки (на примере распахиваемой части ложбины). // Ученые записки ОГУ, №3(47). Изд-во «ОГУ», 2012. С. 306-315.
7. Шарый П.А. Оценка взаимосвязей рельеф-почва-растения с использованием новых подходов в геоморфометрии. Автореферат канд дисс. Пущино, 2005. 26 с.
8. Явтушенко В.Е., Наконечная М.А., Рындыч Л.П., Солдат Н.Е. Влияние рельефа и экспозиции склонов на эффективность удобрений и урожайность культур в Центрально-Черноземном экономическом районе // Агрохимия. 1994. № 6. С. 67-74.
9. 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, pages 1681–1692, January 1994. DOI: 10.1029/93WR03512

References

1. *Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A.Yu.* Paleocryogenesis and variety of soils and the center of the East European Plain. GEOS, Moscow, 2010. 140p.
 2. *Marusov E.A.* The influence of natural and anthropogenic factors on the properties of arable gray forest soils of the southern suburbs. Author's abstract, diss.... Candidate of Sciences, Moscow, 2005. 25p.
 3. *Markelov M.V.* Modern erosion-accumulative processes in the upper echelons of the hydrographic network of forest and forest-steppe zones. Author's abstract, diss.... Candidate of Sciences, Moscow, 2009. 25p.
 4. *Surmach G.P.* Water erosion and the fight against it. – Gidrometeoizdat. 1976. 254p.
 5. *Timofeyev D.A.* Geomorphological and paleogeographic aspects of the problem of soil erosion. // *Geomorphology*, 1988, № 2. Pp. 14-28.
 6. *Trofimets L.N., Panidi E.A., Baranov I.P., Stepanov V.I.* The morphometric analysis of the topography in the study of the transformation of the field of primary cesium-137 contamination of arable soils in the basin of the Upper Oka (o example of plowing part of the hollow). // *Scientific notes of Orel State University*, № 3 (47). Publishing house "OSU", 2012. Pp. 306-315.
 7. *Shary P.A.* Assessment of correlations relief-soil-plant using new approaches in geomorfometry. Author's abstract, diss.... Candidate of Sciences, Pushchino, 2005. 26p.
 8. *Yavtushenko V.E., Nakonechnaya M.A., Ryndych L.P. Soldat N.E.* The influence of topography and slope exposure to fertilizer efficiency and crop yields in the Central Black Earth economic region // *Agrochemicals*. 1994. Number 6. Pp. 67-74.
 9. *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
-

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ

АВДЕЕВ Ф.С. (главный научный редактор) – доктор педагогических наук, профессор, ректор Орловского государственного университета, председатель докторского диссертационного совета по методике математики и профессиональному образованию, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, действительный член Международной академии информатизации, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

ПУЗАНКОВА Е.Н. (заместитель главного научного редактора) – доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

БЕЛЕВИТИНА Т.М. – ответственный редактор журнала «Ученые записки Орловского государственного университета»;

ДУДИНА Е.Ф. – (ученый секретарь редакционной коллегии) – кандидат филологических наук, руководитель научного отдела Орловского государственного университета;

АЛЕКСАНДРОВА А.П. – кандидат филологических наук, доцент кафедры английской филологии Орловского государственного университета;

АЛЕКСЕЕВ А.П. – доктор философских наук, профессор, зав. кафедрой гуманитарных дисциплин философского факультета Московского государственного университета;

ЗАЙЧЕНКОВА М.С. – доктор филологических наук, профессор, зав. кафедрой русского языка как иностранного, председатель докторского диссертационного совета по русскому языку и методике его преподавания Орловского государственного университета, Заслуженный деятель науки Российской Федерации;

ИВАНОВ А.Е. – доктор исторических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института российской истории РАН;

ИЗОТОВ В.П. – доктор филологических наук, профессор, руководитель НИИ филологии Орловского государственного университета;

ИСАЕВА Н.И. – доктор психологических наук, профессор, декан факультета психологии Белгородского государственного университета;

КАПУСТИН А.Я. – доктор юридических наук, профессор, руководитель центра сравнительно-правовых исследований института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации, президент Российского отделения Ассоциации международного права;

КОЛЕСНИКОВА А.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и прикладной биологии, руководитель НИИ естественных наук Орловского государственного университета, заслуженный деятель науки РСФСР, действительный член Международной Российской экологической академии;

ЛЬВОВА С.И. – доктор педагогических наук, профессор, зав. лабораторией обучения русскому (родному) языку Института содержания и методов обучения Российской академии образования;

МИНАКОВ С.Т. – доктор исторических наук, профессор, председатель докторского диссертационного совета по истории России Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

МИХЕЙЧЕВА Е.А. – доктор филологических наук, профессор, зав. кафедрой русской литературы XX-XXI веков и истории зарубежной литературы Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

ОСКОТСКАЯ Э.Р. – доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Орловского государственного университета, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

ПАХАРЬ Л.И. – доктор философских наук, профессор Орловского государственного университета; академик Академии социальных наук, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

ПИВЕНЬ В.Ф. – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической физики и математического моделирования Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

РЕПИН О.А. – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой Самарского экономического университета;

СЕДОВ Е.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки РФ, зав. отделом селекции семечковых культур ВНИИСПК;

СЕРЕГИНА Т.В. – кандидат философских наук, профессор, декан философского факультета, руководитель НИИ проблем провинциальной культуры Орловского государственного университета;

ТЕР-МИНАСОВА С.Г. – доктор филологических наук, профессор, декан факультета иностранных языков и регионоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, почетный доктор Бирмингемского и Нью-Йоркского университетов;

ТЫРТЫШНИКОВ Е.Е. – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заместитель директора Института вычислительной математики Российской академии наук.

УМАН А.И. – доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой общей педагогики Орловского государственного университета; действительный член Международной педагогической академии;

ШАБАНОВ Н.К. – доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики преподавания изобразительного искусства Курского государственного университета, член Союза дизайнеров России, член международной ассоциации изобразительных искусств им. И.А. Пюнеско.

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

АВДЕЕВ Ф.С. (главный научный редактор) – доктор педагогических наук, профессор, ректор Орловского государственного университета, председатель докторского диссертационного совета по методике математики и профессиональному образованию, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, действительный член Международной академии информатизации, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

ПУЗАНКОВА Е.Н. (заместитель главного научного редактора) – доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе Орловского государственного университета, директор Орловского филиала Института содержания и методов обучения Российской академии образования, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

БЕЛЕВИТИНА Т.М. – ответственный редактор журнала «Ученые записки Орловского государственного университета»;

ДУДИНА Е.Ф. (ученый секретарь редакционной коллегии) – кандидат филологических наук, начальник научно-исследовательского сектора Орловского государственного университета;

ВИШНЕВСКИЙ В.И. – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней медицинского института Орловского государственного университета;

ГОРПИНИЧ А.Б. – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общей хирургии и анестезиологии медицинского института Орловского государственного университета, член-корреспондент Российской академии естественных наук;

ЗАРУБИНА Н. – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой математического анализа и дифференциальных уравнений Орловского государственного университета, заслуженный деятель науки Российской Федерации, действительный член Международной педагогической академии;

ЗАТОЛОКИН В.Д. – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии, заслуженный деятель науки РСФСР;

КАЛЕКИН А.А. – кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии и предпринимательства Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

КОЛЕСНИКОВА А.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и прикладной биологии, директор НИИ естественных наук Орловского государственного университета, заслуженный деятель науки РСФСР, действительный член Международной экологической академии;

ЛАДНОВА Г.Г. – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и общей биологии Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, академик Академии социальных наук;

ПУЗИНА Т.И. – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

ОСКОТСКАЯ Э.Р. – доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Орловского государственного университета, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

ПИВЕНЬ В.Ф. – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической физики и математического моделирования Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

САРАЕВА А.М. – кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой географии Орловского государственного университета;

СНИМЩИКОВА И.А. – доктор медицинских наук, профессор, директор медицинского института Орловского государственного университета;

ФЕДОТОВА И.Э. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета.

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»**

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС 77-29955 от 17.10.2007
Включен в каталог «Издания органов НТИ» ОАО Агентство «Роспечать»
(почтовый индекс: 66005)

Ответственный редактор: Белевитина Т.М.
Составитель: Руднева У.П.
Компьютерная верстка: Корявкина О.С.
Дизайн обложки: Никифоров А.В.
Корректурa: Рыбкина О.А.

Подписано в печать 20.06.2013 г. Формат 60x80 1/8
Печать оперативная. Бумага офсетная. Гарнитура Times
Объем 46,75 усл. п. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 27
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