

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ОРЛОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

научный журнал

№ 2

Орел 2010

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**  
**ОРОЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**  
**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**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), Зайченкова М.С., Золотарев Ю.В., 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., Седов Е.Н., Серегина Т.В., Тер-Мицасова С.Г., Тыртышников Е.Е., Уман А.И., Шабанов Н.К.

**Серия «Естественные, технические и медицинские 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., Золотарев Ю.В., 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*

**Учредитель —** ГОУ ВПО «Орловский государственный университет»  
Адрес редакции: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95,  
Орловский государственный университет  
Редакция журнала «Ученые записки ОГУ»  
E-mail: e.puzankova@univ-orel.ru

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

<i>Н.А. Аксёнов</i>	Абстрактная задача Коши для уравнения высокого порядка с производными в начальных условиях, порядки которых неоднозначно соотносятся с порядком уравнения . . . . .	5
<i>Н.А. Аксёнов, С.В. Панюшкин Е.Н. Алексеева</i>	Задача Коши для «однородного» дифференциально-операторного уравнения высокого порядка . . . . .	11
<i>О.В. Лаштабега, А.Н. Зарубин Д.Н. Никольский В.С. Новиков В.Д. Селиутин</i>	Методика оценки востребованности выпускников вуза на рынке труда через анализ их трудоустройства . . . . .	17
	Начально-краевая задача для смешанно-составного уравнения четвертого порядка с запаздывающим аргументом . . . . .	23
	Алгоритм смещения плоской границы раздела жидкостей в задачах со сложной геометрией . . . . .	31
	Математический инструментарий риск-менеджмента экономической несосто- тельности производственного предприятия . . . . .	36

## ФИЗИКА

<i>О.И. Марков В.Ф. Пивень, Ю.С. Федяев, В.Ф. Пивень, М.А. Фролов Ю.В. Хрипунов, О.И. Марков, Д.А. Коростелев</i>	Температурная зависимость параметров носителей в сплавах висмут–сульфа . . . . .	43
	Математическое моделирование эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды . . . . .	49
	Исследование влияния на дебит скважины размеров полупроницаемой трещины (завесы) в пласте грунта . . . . .	56
	Исследование поверхности монокристалла висмута после обработки молекулярным и атомарным водородом . . . . .	64

## ХИМИЯ

<i>Э.Р. Оскотская, Е.Н. Грибанов, Н.Н. Басаргин</i>	Определение удельной поверхности полимерных комплексообразующих сорбентов на основе полистирола . . . . .	71
---	--	----

## БИОЛОГИЯ

<i>Л.Н. Анищенко, А.М. Никишина Н.В. Бондарь</i>	Фитоценотическая активность и распространение сфагновых мхов на болотах и заболоченных землях Южного Нечерноземья России (на примере Брянской области) . . . . .	76
<i>И.Л. Булгаков О.Г. Волобуева</i>	Сердечно-сосудистая патология у школьников и заболевания, способствующие ее развитию . . . . .	85
<i>С.В. Волобуев</i>	Адвентивный компонент и его место в синантропной флоре г. Орла . . . . .	91
	Влияние эпина на содержание фитогормонов и симбиотическую активность растений сои разных сортов . . . . .	98
	Микологическая коллекция Гербария имени В.Н. Хитрова (ОННИ) Орловского государственного университета: традиционные и современные подходы к организации . . . . .	105
	Влияние экзогенной салициловой кислоты на покой и прорастание семян с морфо- логическим и физиологическим типами покоя . . . . .	111
	Ключевые ботанические территории Орловской области . . . . .	116

*Дулин А.Ф.*

<i>Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну, Е.А. Парахина Т.И. Пузина, М.А. Щуканова, Н.С. Тром, А.Ю. Рассу О.М. Пригоряну, Л.Л. Киселева Н.Н. Чаадаева, О.А. Бойцова Е.И. Юшкова, А.А. Таканаев</i>	Трансмембранный поток воды через аквапорины и его регуляция селенит- ионом У SOLANUM TUBEROSUM . . . . .	122
--	---	-----

*А.Б. Горпинич,  
А.В. Мамошин,  
А.Л. Альянов*

	Структура и содержание географической информационной системы «Природные ресурсы Орловской области» . . . . .	127
	Анатомические особенности строения THYMUS SERPYLLUM L., произрастающего на территории Орловской области . . . . .	134
	Влияние белков и пептидов, выделенных из биомассы дождевого червя Владимир- ский гибрид «Старатель», на структурную организацию мембран . . . . .	142

## МЕДИЦИНА

	Желчный камень как причина острой тонкокишечной непроходимости . . . . .	146
--	--	-----

<i>M.B. Горелова</i>	Направление изменения толщины эпидермиса кожи волосистой части головы мужчин с учётом пролиферации кератиноцитов . . . . .	150
<i>В.Д. Затолокин, М.С. Новиков, Н.Н. Шевердин, А.Н. Михайлова</i>	Некоторые вопросы формирования долевого, сегментарных и секторальных протоков левой доли печени . . . . .	156
<i>В.Д. Затолокин, М.А. Халилов, А.С. Мошкин, О.А. Юдина</i>	Опыт применения новой методики лечения гнойных ран в экспериментальных условиях . . . . .	160
<i>В.Д. Затолокин, А.А. Перъков, Н.В. Лунева</i>	Антиоксидантная терапия ишемического поражения печени при ее резекции . . . . .	163
<i>В.Д. Затолокин, А.А. Перъков, Н.В. Лунева И.В. Ильина</i>	Возможности антиоксидантной терапии при коррекции ишемического поражения печени . . . . .	172
<i>Е.О. Мoiseева, А.В. Борсуков</i>	Применение социально-медицинской работы для управления процессом оптимизации качества жизни . . . . .	177
<i>О.С. Саурина</i>	Совершенствование диагностики печеночной энцефалопатии у больных с диффузными заболеваниями печени с использованием транскраниального дуплексного сканирования и режима 3D . . . . .	186
<i>И.А. Снимцкова, М.А. Халилов А.В. Павликова, Т.А. Кузнецова, Т.М. Нечаева М.А. Халилов</i>	Алгоритмы оценки развития нейроморфологических эффектов радиационного поражения ЦНС при остром действии переносимых доз измененной газовой среды . . . . .	193
<i>В.В. Чупак, Е.И. Юшкова</i>	Сравнительная характеристика способов топической иммунокоррекции в комплексном лечении гнойных ран . . . . .	201
<i>О.В. Руденко</i>	Роль педиатра развития в системе медико-психологического сопровождения в условиях Дома ребенка . . . . .	208
<i>Л.Н. Трофимец, А.В. Тарасов</i>	Особенности течения гнойной раны в условиях локальной иммунокоррекции с использованием миелопида и экзогенного оксида азота . . . . .	217
	Исследование сохраняемости диквата в трупном материале . . . . .	223
<b>ГЕОГРАФИЯ</b>		
<i>И.Ю. Богатищева</i>	Первые данные о составе переотложенных спор и пыльцы в поверхностных осадках Чёшской губы Баренцева моря . . . . .	226
<i>И.В. Кондыков, А.А. Янова, Е.С. Чувашева, Н.Н. Кондыкова</i>	Особенности чернобыльских выпадений и география заболеваемости в Орловской области . . . . .	230
<b>СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО</b>		
<i>Г.А. Симонов, В.С. Никульников</i>	Медоносная флора лесов Орловской области . . . . .	242
<i>Г.В. Соболева</i>	Особенности взаимосвязей и варьирования хозяйственно ценных признаков чечевицы . . . . .	248
<i>А.А. Шапошников, Г.А. Симонов, В.С. Никульников</i>	Откорм скота в зимнее время на площадке . . . . .	252
<i>А.Ф. Колесникова, И.Э. Федотова</i>	Регенерация растений гороха ( <i>Pisum sativum L.</i> ) в культуре соматических тканей, резистентных к осмотическому стрессу . . . . .	254
<i>И.Э. Федотова, Е.Л. Хархардина</i>	Отечественный препарат «Мивал-Зоо» повышает репродуктивные качества супоросных свиноматок . . . . .	259
<i>О.В. Остrikova</i>	Использование гамма-излучения в индуцированном мутагенезе вишни и черешни . . . . .	262
	Оптимизация технологии микроклонального размножения отдалённых гибридов вишни . . . . .	268
	Исследование адаптивности и репродукционного потенциала ценных декоративных растений	
<i>Редакционно-издательская коллегия журнала «Ученые записки Орловского государственного университета»:</i>	. . . . .	280
<i>Редакционно-издательская коллегия серии «Естественные, технические и медицинские науки»</i>	. . . . .	281
<i>Требования к оформлению статьи</i>	. . . . .	282

# МАТЕМАТИКА

---

**Н.А. АКСЁНОВ**, аспирант кафедры геометрии и методики  
преподавания математики  
Орловского государственного университета  
Тел. 89066610586; aksenovna@inbox.ru

## АБСТРАКТНАЯ ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА С ПРОИЗВОДНЫМИ В НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ, ПОРЯДКИ КОТОРЫХ НЕОДНОЗНАЧНО СООТНОСЯТСЯ С ПОРЯДКОМ УРАВНЕНИЯ

*В работе описывается метод решения абстрактной задачи Коши для дифференциально-операторного уравнения высокого порядка. Получены условия, при которых решение задачи существует, единственно и непрерывно зависит от начальных данных.*

*Ключевые слова: абстрактная задача Коши, дифференциально-операторное уравнение, локально выпуклое пространство, порядок и тип оператора, векторнозначная функция.*

Пусть  $H$  – счётно-полное локально выпуклое пространство, топология которого определяется мультиформой  $\{\|\cdot\|_p\}$ ,  $p \in P$ , и пусть  $A : H \rightarrow H$  – линейный оператор (вообще говоря, не ограниченный, но замкнутый). Обозначим  $D_\infty(A) = \bigcap_{k \geq 0} D(A^k)$ ,

где  $D(A^k)$  – область определения оператора  $A^k$ ,  $k \geq 0$ . Иными словами, под  $D_\infty(A) \neq \emptyset$  понимается множество векторов пространства  $H$ , на которые оператор  $A$  действует бесконечно много раз.

Рассмотрим уравнение

$$u^{(m)}(t) = Au(t), \quad m \in \mathbb{N}. \quad (1)$$

Ставится абстрактная задача Коши: найти векторнозначную функцию  $u(t) : \mathbb{C} \rightarrow H$ , удовлетворяющую уравнению (1) и начальным условиям

$$u^{(q_r)}(a) = x_r, \quad x_r \in D_\infty(A), \quad a \in \mathbb{C}, \quad 0 \leq r \leq m-1, \quad (2)$$

где  $q_r$ ,  $r = \overline{0, m-1}$ , – элементы  $m$ -элементного числового множества  $M$ , образованного целыми неотрицательными числами. Разобьём множество  $M$  на два подмножества  $M_1$  и  $M_2$  такие, что  $M_1 \cup M_2 = M$ ,  $M_1 \neq \emptyset$ ,  $M_2 \neq \emptyset$ . Здесь  $M_1$  и  $M_2$  – множества целых неотрицательных чисел, которые могут быть как последовательными,

так и непоследовательными; множество  $M_1$  образуют целые неотрицательные числа, меньшие  $m$ , а  $M_2$  – натуральные числа, большие или равные  $m$ .

Пусть множество  $M_1$  образуют  $s$  ( $1 \leq s < m$ ) чисел, меньших  $m$ , то есть  $M_1 = \{k_j : 0 \leq k_j \leq m-1\}$ , где  $j = \overline{1, s}$ ,  $k_j < k_{j+1} \forall j = \overline{1, s-1}$ , а множество  $M_2$  образуют  $m-s$  чисел, больших или равных  $m$ , а именно  $M_2 = \{ml_i + k_i\}$ , где  $0 \leq k_i \leq m-1$ ,  $i = \overline{s+1, m}$ , причём  $1 \leq l_i \leq l_{i+1}$ ,  $s+1 \leq i \leq m-1$ . Если для некоторых (или всех)  $i$  выполняется равенство  $l_i = l_{i+1}$ , то  $k_i < k_{i+1}$ , а если для некоторых (всех)  $i$  имеем  $l_i < l_{i+1}$ , то  $k_i \neq k_{i+1}$ . Кроме того,  $k_i \neq k_j, \forall i, j$ . Теперь начальные условия (2) можно представить в виде

$$u^{(k_j)}(a) = x_j, \quad j = \overline{1, s}, \quad u^{(ml_i + k_i)}(a) = x_i, \\ i = \overline{s+1, m}. \quad (3)$$

Введём множество

$M_a = \{x \in D_\infty(A) : \beta_p(x) \leq m, \forall p\}$ , при  $\beta_p(x) = m$ ,  $\forall p$   $\alpha(x) < \infty\}$ , которое будем называть множеством начальных данных задачи (1), (3). Здесь  $\beta_p(x)$  – операторный  $p$ -порядок вектора  $x$  относительно оператора  $A$ ,  $\alpha(x)$  – операторный тип вектора  $x$  относительно оператора  $A$  [2, 3, 4].

Имеет место

**Теорема 1.** Пусть существуют векторы

$y_i \in H$  такие, что  $x_i = A^{l_i}(y_i)$ , которые мы будем обозначать через  $A^{-l_i}(x_i)$ ,  $i = \overline{s+1, m}$ , где  $A^{-l_i}$  – оператор, обратный к оператору  $A^{l_i}$ . Тогда  $\forall x_j, x_i \in M_a$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $i = \overline{s+1, m}$ , задача Коши (1), (3) имеет единственное решение. Оно является голоморфной в окрестности точки  $a$  вектор-функцией  $u(t)$  со значениями в  $H$  и определяется формулой

$$u(t) = \sum_{j=1}^s u_j(t, x_j) + \sum_{i=s+1}^m u_i(t, x_i), \quad (4)$$

где

$$u_j(t, x_j) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j}, \quad (5)$$

$$u_i(t, x_i) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A^{n-l_i}(x_i)}{(mn+k_i)!} (t-a)^{mn+k_i}, \quad (6)$$

причём:

1) если  $\beta_p(x_j) < m, j = \overline{1, s}$ ,  $\beta_p(x_i) < m, i = \overline{s+1, m}, \forall p$ , то  $u(t)$  – целая вектор-функция,  $p$ -порядки роста которой определяются равенствами

$$\rho_p(u) = \max_{i, j} \left\{ \frac{m}{m - \beta_p(x_i)}, \frac{m}{m - \beta_p(x_j)} \right\}, \quad (7)$$

а её  $p$ -типы роста равны  $p$ -типам той функции ( $u_j(t, x_j)$  или  $u_i(t, x_i)$ ),  $p$ -порядки роста которой равны  $\rho_p(u)$ ; если же таких несколько, то

$$\sigma_p(u) = \max_{(s)} \{\sigma_p(u_s)\}, \quad (8)$$

$$\sigma_p(u_s) = \frac{m - \beta_p(x_s)}{e} \left( \frac{e}{m} \right)^{\frac{m}{m - \beta_p(x_s)}} (\alpha_p(x_s))^{\frac{1}{m - \beta_p(x_s)}},$$

где  $u_s(t)$  – функции, имеющие одинаковые  $p$ -порядки  $\rho_p(u_s) = \rho_p(u)$ , а  $\alpha_p(x_s)$  – операторный  $p$ -тип вектора  $x_s$  относительно оператора  $A$  [2, 3, 4];

2) если существует хотя бы один вектор  $x_j$ , на котором  $\beta_p(x_j) = m, \forall p, 0 < \alpha(x_j) < \infty$ , а  $\beta_p(x_i) < m,$

$i = \overline{s+1, m}, \forall p$ , то  $u(t)$  – голоморфная в круге

$|t-a| < R_1$  вектор-функция,

$$R_1 = \frac{m}{e} \inf_{(j)} \left\{ \left( \frac{1}{\alpha(x_j)} \right)^{1/m} \right\}; \quad (9)$$

3) если же существует хотя бы один вектор  $x_i$ , на котором  $\beta_p(x_i) = m, \forall p, 0 < \alpha(x_i) < \infty$ , а  $\beta_p(x_j) < m,$

$j = \overline{1, s}, \forall p$ , то  $u(t)$  – голоморфная в круге

$|t-a| < R_2$  вектор-функция,

$$R_2 = \frac{m}{e} \inf_{(i)} \left\{ \left( \frac{1}{\alpha(x_i)} \right)^{1/m} \right\}; \quad (10)$$

4) наконец, если существует хотя бы один вектор  $x_j$ , на котором  $\beta_p(x_j) = m$ ,  $\forall p$ ,  $0 < \alpha(x_j) < \infty$ , и существует хотя бы один вектор  $x_i$ , на котором  $\beta_p(x_i) = m$ ,  $\forall p$ ,  $0 < \alpha(x_i) < \infty$ , то  $u(t)$  – вектор-функция, голоморфная в круге  $|t - a| < R$ , где

$$R = \min\{R_1, R_2\}. \quad (11)$$

**Доказательство.** Известно [1], что в случае  $\beta_p(x_j) < m$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $\beta_p(x_i) < m$ ,  $i = \overline{s+1, m}$ ,  $\forall p$  вектор-функции (5)–(6) являются целыми, причём

$$\rho_p(u_k) = \frac{m}{m - \beta_p(x_k)},$$

$$\sigma_p(u_k) = \frac{m - \beta_p(x_k)}{e} \left( \frac{e}{m} \right)^{\frac{m}{m - \beta_p(x_k)}} (\alpha_p(x_k))^{\frac{1}{m - \beta_p(x_k)}},$$

$$\forall p,$$

где  $k = i, j$ . Отсюда следует, что вектор-функция (4) является целой и её  $p$ -порядки роста вычисляются по формуле (7), а  $p$ -типы роста равны  $p$ -типам той функции ( $u_j(t, x_j)$  или  $u_i(t, x_i)$ ),  $p$ -порядки роста которой равны  $\rho_p(u)$ ; если же таких несколько, то  $p$ -типы роста вычисляются по формуле (8).

Кроме того, из доказанного в [1] вытекает, что:

1) если существует хотя бы один вектор  $x_j$ , на котором  $\beta_p(x_j) = m$ ,  $\forall p$ ,  $0 < \alpha(x_j) < \infty$ , а  $\beta_p(x_i) < m$ ,  $i = \overline{s+1, m}$ ,  $\forall p$ , то вектор-функция (5) является голоморфной в круге  $|t - a| < R_1$ , где  $R_1$  определяется по формуле (9), а вектор-функция (6) является целой, поэтому вектор-функция (4) будет голоморфной в круге  $|t - a| < R_1$ ;

2) если существует хотя бы один вектор  $x_i$ , на котором  $\beta_p(x_i) = m$ ,  $\forall p$ ,  $0 < \alpha(x_i) < \infty$ , а  $\beta_p(x_j) < m$ ,  $j = \overline{1, s}$ ,  $\forall p$ , то вектор-функция (6) является голоморфной в круге  $|t - a| < R_2$ , где  $R_2$  определяется по формуле (10), а вектор-функция (5) является целой, поэтому вектор-функция (4) будет голоморфной в круге  $|t - a| < R_2$ ;

3) если существует хотя бы один вектор  $x_j$ , на котором  $\beta_p(x_j) = m$ ,  $\forall p$ ,  $0 < \alpha(x_j) < \infty$ , и существует хотя бы один вектор  $x_i$ , на котором  $\beta_p(x_i) = m$ ,

$\forall p$ ,  $0 < \alpha(x_i) < \infty$ , то вектор-функция (5) является голоморфной в круге  $|t - a| < R_1$ ; а вектор-функция (6) является голоморфной в круге  $|t - a| < R_2$ , поэтому вектор-функция (4) будет голоморфной в круге  $|t - a| < R$ , где  $R$  вычисляется по формуле (11).

Как показано в работе автора [1], вектор-функции (5)–(6) удовлетворяют уравнению (1), то есть

$$u_j^{(m)}(t, x_j) = Au_j(t, x_j), \quad u_i^{(m)}(t, x_i) = Au_i(t, x_i),$$

откуда

$$u^{(m)}(t) = \sum_{j=1}^s u_j^{(m)}(t, x_j) + \sum_{i=s+1}^m u_i^{(m)}(t, x_i) = \\ = A \left( \sum_{j=1}^s u_j(t, x_j) + \sum_{i=s+1}^m u_i(t, x_i) \right) = Au(t),$$

следовательно, вектор-функция (4) определяет решение уравнения (1). Осталось показать, что вектор-функция (4) удовлетворяет начальным условиям (3).

Легко видеть,

$$u_j^{k_j}(a) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A^n(x_j)}{(mn)!} (t-a)^{mn} \Big|_{t=a} = x_j, \quad j = \overline{1, s}.$$

Нетрудно проверить, что

$$u_j^{k_q}(a) = 0, \quad q, j = \overline{1, s}, \quad j \neq q.$$

Покажем, что

$$u_i^{k_j}(a) = 0, \quad q, j = \overline{1, s}, \quad i = \overline{s+1, m}.$$

Действительно, в силу сказанного выше  $k_j \neq k_i \quad \forall j = \overline{1, s}, \forall i = \overline{s+1, m}$ , поэтому необходимо рассмотреть два случая. В первом случае из множества  $M_1$  возьмём те числа  $k_j$ , для которых во множестве  $M_2$  имеются числа  $k_i$  такие, что  $k_j < k_i$ . Во втором случае из  $M_1$  берём те числа  $k_j$ , для которых во множестве  $M_2$  имеются числа  $k_i$  такие, что  $k_j > k_i$ . Тогда в первом случае

$$u_i^{k_j}(a) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A^{n-l_i}(x_i)}{(mn+k_i-k_j)!} (t-a)^{mn+k_i-k_j} \Big|_{t=a} = 0,$$

а во втором случае

$$u_i^{k_j}(a) = \frac{d^{k_j}}{dt^{k_j}} \left( \frac{A^{-l_i}(x_i)}{k_i!} (t-a)^{k_i} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A^{n-l_i}(x_i)}{(mn+k_i)!} (t-a)^{mn+k_i} \right)_{t=a} = 0.$$

В самом деле, так как в данном случае  $k_j > k_i$ , то

$\frac{d^{k_j}}{dt^{k_j}} (t-a)^{k_i} = 0$ . При  $n \geq 1$  имеем  $mn+k_i \geq m+k_i > k_j$ , поэтому

$$\frac{d^{k_j}}{dt^{k_j}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A^{n-l_i}(x_i)}{(mn+k_i)!} (t-a)^{mn+k_i} \Big|_{t=a} = 0.$$

Б[1] доказано, что

$$u_i^{(ml_i+k_i)}(a) = x_i, \quad i = \overline{s+1, m}, \quad u_i^{(ml_q+k_q)}(a) = 0, \\ i, q = \overline{s+1, m}, \quad i \neq q.$$

Докажем, что

$$u_j^{(ml_i+k_i)}(a) = 0, \quad j = \overline{1, s}, \quad i = \overline{s+1, m}.$$

Рассуждая как и выше, при  $k_j < k_i$

$$u_j^{(ml_i+k_i)}(a) = \frac{d^{ml_i+k_i}}{dt^{ml_i+k_i}} \left( \sum_{n=0}^{l_i} \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} + \sum_{n=l_i+1}^{\infty} \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} \right)_{t=a} = 0.$$

Истинность последнего равенства вытекает из того, что, во-первых, при  $0 \leq n \leq l_i$  имеем  $k_j \leq mn+k_i \leq ml_i+k_j < ml_i+k_p$ , поэтому

$$\frac{d^{ml_i+k_i}}{dt^{ml_i+k_i}} \sum_{n=0}^{l_i} \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} = 0.$$

Во-вторых, при  $n \geq l_i+1$ , очевидно,  $mn+k_j \geq ml_i+m+k_j$ , откуда  $mn+k_j - ml_i - k_i \geq m+k_j - k_i \geq 1$ , так как  $0 \leq k_p < k_j \leq m-1$ . Следовательно,

$$\frac{d^{ml_i+k_i}}{dt^{ml_i+k_i}} \sum_{n=l_i+1}^{\infty} \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} \Big|_{t=a} = 0.$$

При  $k_j > k_i$ ,  $t = a$  аналогично получаем

$$\frac{d^{ml_i+k_i}}{dt^{ml_i+k_i}} \left( \sum_{n=0}^{l_i-1} \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} + \sum_{n=l_i}^{\infty} \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} \right) = 0.$$

Приведённые рассуждения доказывают, что вектор-функция (4) удовлетворяет начальным условиям (3).

Единственность решения задачи (1), (3) является следствием его голоморфности. Теорема доказана.

Определим условия, при которых вектор-функция (4) непрерывно зависит от начальных данных.

Символом  $\mathfrak{I}_H[m, \infty)$  обозначим класс линейных операторов, действующих в  $H$ , порядок которых меньше  $m$ , либо равен  $m$ , но тогда их тип меньше  $\infty$ .

**Теорема 2.** Пусть  $A$  – оператор класса  $\mathfrak{I}_H[m, \infty)$  и пусть оператор  $A^{-l_i}$  определён на всём пространстве  $H$ . Тогда решение задачи Коши (1), (3) непрерывно зависит от начальных данных  $\{x_i\}$ , то есть является устойчивым.

**Доказательство.** Пусть оператор  $A$  имеет порядок  $\beta(A) < m$ . Применяя к общим членам рядов (5)–(6) оценку [4]

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

и формулу Стирлинга [5]

$$n! = \sqrt{2\pi n} e^{-n} n^n e^{\Theta/(12n)}, \quad 0 < \Theta < 1, \quad (12)$$

в круге  $|t-a| \leq r, r < \infty$ , находим:

$$\forall p, \forall \varepsilon : 0 < \varepsilon < m - \beta(A), \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon), \\ \forall x_j \in H, \forall n > n_0(p, \varepsilon)$$

$$\max_{|t-a| \leq r} \left\| \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} \right\|_p \leq \|A^n(x_j)\|_p \frac{r^{mn+k_j}}{(mn)!} < \\ < C_p n^{(\beta(A)+\varepsilon)n} \frac{r^{mn+k_j}}{(mn)!} \|x_j\|_q \leq \\ \leq C_p \left( \frac{e}{m} \right)^{mn} n^{(\beta(A)-m+\varepsilon)n} r^{mn+k_j} \|x_j\|_q \quad (13)$$

и  $\forall p, \forall \varepsilon : 0 < \varepsilon < m - \beta(A), \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon)$ ,  
 $\forall x_i \in H, \forall n > n_0(p, \varepsilon)$

$$\begin{aligned} \max_{|t-a| \leq r} \left\| \frac{A^{n-l_i}(x_i)}{(mn+k_i)!} (t-a)^{mn+k_i} \right\|_p &\leq \|A^{n-l_i}(x_i)\|_p \frac{r^{mn+k_i}}{(mn)!} < \\ &< C_p (n-l_i)^{(\beta(A)+\varepsilon)(n-l_i)} \frac{r^{mn+k_i}}{(mn)!} \|x_i\|_q \leq \\ &\leq C_p \left( \frac{e}{m} \right)^{mn} n^{(\beta(A)-m+\varepsilon)n-l_i(\beta(A)+\varepsilon)} \times \\ &\times \left( 1 - \frac{l_i}{n} \right)^{(\beta(A)+\varepsilon) \binom{n-l_i}{n}} r^{mn+k_i} \|x_i\|_q. \quad (14) \end{aligned}$$

Если же  $\beta(A) = m, \alpha(A) < \infty$ , из оценки [4]

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

с учётом формулы (12), для общих членов рядов (5)–(6) в круге  $|t-a| \leq r, r < \infty$  имеем:  $\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon), \forall x_j \in H, \forall n > n_0(p, \varepsilon)$

$$\begin{aligned} \max_{|t-a| \leq r} \left\| \frac{A^n(x_j)}{(mn+k_j)!} (t-a)^{mn+k_j} \right\|_p &\leq \|A^n(x_j)\|_p \frac{r^{mn+k_j}}{(mn)!} < \\ &< C_p (\alpha(A) + \varepsilon)^n n^{\beta(A)n} \frac{r^{mn+k_j}}{(mn)!} \|x_j\|_q \leq \end{aligned}$$

$$\leq C_p \left( \frac{e}{m} \right)^{mn} (\alpha(A) + \varepsilon)^n r^{mn+k_j} \|x_j\|_q \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \text{и } \forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon), \forall x_i \in H, \forall n > n_0(p, \varepsilon) \max_{|t-a| \leq r} \left\| \frac{A^{n-l_i}(x_i)}{(mn+k_i)!} (t-a)^{mn+k_i} \right\|_p &\leq \|A^{n-l_i}(x_i)\|_p \frac{r^{mn+k_i}}{(mn)!} < \\ &< C_p (\alpha(A) + \varepsilon)^{n-l_i} (n-l_i)^{\beta(A)(n-l_i)} \frac{r^{mn+k_i}}{(mn)!} \|x_i\|_q \leq \\ &\leq \frac{C_p}{(\alpha(A) + \varepsilon)^{l_i}} \left( \frac{e}{m} \right)^{mn} (\alpha(A) + \varepsilon)^n n^{-ml_i} \times \\ &\times \left( 1 - \frac{l_i}{n} \right)^{mn \binom{n-l_i}{n}} r^{mn+k_i} \|x_i\|_q. \quad (16) \end{aligned}$$

Из оценок (13)–(16) следует, что  $\forall x_j, x_i \in H$  ряды (5)–(6) сходятся по топологии пространства  $H$  и каждая из функций  $u_j(t, x_j)$  и  $u_i(t, x_i)$  представляет в условиях теоремы либо целую функцию (если  $\beta(A) < m$ ), либо функцию, голоморфную в круге  $|t-a| < m/(e^m \sqrt[m]{\alpha(A)})$  (если  $\beta(A) = m, \alpha(A) < \infty$ ). Легко также видеть, что при этом каждая из функций  $u_j(t, x_j)$  и  $u_i(t, x_i)$  непрерывно зависит от начальных данных  $x_j$  и  $x_i$  соответственно, следовательно, и функция  $u(t)$  непрерывно зависит от начальных данных. Теорема доказана.

#### Библиографический список

- Аксёнов Н.А. Абстрактная задача Коши для дифференциально-операторного уравнения произвольного порядка с начальными условиями, имеющими однозначное соотношение с порядком уравнения // Учёные записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки», 2009.– № 2 (32).– С. 5–11.
- Громов В.П. Порядок и тип линейного оператора и разложение в ряд по собственным функциям // ДАН СССР, 1986.– Т. 228. – № 1.– С. 27–31.
- Громов В.П. Порядок и тип оператора и целые векторнозначные функции // Ученые записки лаборатории теории функций и функционального анализа ОГУ. – Орел, 1999. Вып. 1.– С. 6–23.
- Громов В.П., Мишин С.Н., Панюшкин С.В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Монография. – Орел: ОГУ, 2009. – 430 с.
- Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В трех томах. Том II.– СПб.: Издательство «Лань», 1997.– 800 с.

N.A. AKSYONOV

ABSTRACT CAUCHY PROBLEM FOR HIGH ORDER EQUATION WITH DERIVATIVES IN  
THE ENTRY CONDITIONS WHICH USAGES AMBIGUOUSLY CORRESPOND WITH  
EQUATION ORDER

*In this paper the method of the solution of an abstract Cauchy problem for the differential-operator equation of a high order is described. Conditions at which the problem decision exists are received, unique and continuously depend on the entry conditions.*

*Key words:* abstract Cauchy problem, differential-operator equation, locally convex space, operator order and type, vector – value function.



**Н.А. АКСЁНОВ**, аспирант кафедры геометрии  
и методики преподавания математики  
Орловского государственного университета

Тел.: 89066610586; aksenovna@inbox.ru

**С.В. ПАНЮШКИН**, кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры геометрии и методики преподавания математики  
Орловского государственного университета

Тел. 8(4862) 433943; fa\_ogu@rambler.ru

## ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ «ОДНОРОДНОГО» ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА

*Изучается задача Коши для одного аналога полных дифференциально-операторных уравнений произвольного порядка. В терминах теории порядка и типа линейного оператора получены условия, обеспечивающие существование, единственность и непрерывную зависимость решения от начальных данных.*

*Ключевые слова: задача Коши, «однородное» уравнение, локально выпуклое пространство, порядок оператора, тип оператора.*

Настоящая работа посвящена задаче Коши для дифференциально-операторного уравнения

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

названного нами «однородным». Однородность здесь понимается не в привычном отсутствии правой части (хотя это и имеет место), а в том смысле, что сумма степеней оператора  $A$  и порядков производных вектор-функции  $u(t)$  является одним и тем же числом в каждом из слагаемых уравнения (1). Иными словами, по своей структуре уравнение (1) чем-то напоминает однородные функциональные уравнения.

Заметим, что в случае  $A_k = -A^{m-k}$  уравнение (1) является аналогом полных уравнений  $m$ -го порядка

$$u^{(m)}(t) = \sum_{k=0}^m A_k u^{(k)}(t),$$

изучению задачи Коши для которых в банаховых пространствах посвящено немало работ (см. [4], [5], [10], [11] и др.). Отметим также, что для случая  $m = 2$  решение задачи Коши для уравнения (1) было получено ранее в работе [1].

Пусть  $H$  – счетно-полное локально выпуклое пространство, топология которого определяется мультиформой  $\{\|\cdot\|_p\}$ ,  $p \in P$ , и пусть  $A : H \rightarrow H$  – линейный опера-

тор (вообще говоря, не ограниченный, но замкнутый). Обозначим  $D_\infty(A) = \bigcap_{k \geq 0} D(A^k)$

множество векторов пространства  $H$ , на которые оператор  $A$  действует бесконечно много раз. Здесь  $D(A^k)$  – область определения оператора  $A^k$ .

**Задача Коши.** Найти векторнозначную функцию  $u(t) : \mathbb{C} \rightarrow H$ , удовлетворяющую уравнению (1) и начальным условиям

$$u^{(k)}(a) = x_k, x_k \in D_\infty(A), a \in \mathbb{C}, 0 \leq k \leq m-1. \quad (2)$$

Отметим, что производные в (1)–(2) понимаются в сильном смысле, то есть по топологии пространства  $H$ .

**Определение.** Множеством начальных данных задачи (1)–(2) назовем множество

$$M = \{x \in D_\infty(A) : \beta_p(x) \leq 1, \forall p,$$

$$\text{при } \beta_p(x) = 1, \forall p \quad \alpha(x) < \infty\}.$$

Величины  $\beta_p(x)$  и  $\alpha(x)$  являются соответственно операторным  $p$ -порядком вектора  $x$  и операторным типом вектора  $x$  относительно оператора  $A$  [2], [3], [8].

**Теорема 1.** Пусть операторы  $A^{-1}, A^{-2}, \dots, A^{-(m-1)}$  однозначно определены соответственно на векторах  $x_1, x_2, \dots, x_{m-1}$ . Тогда  $\forall x_k \in M, 0 \leq k \leq m-1$  задача Коши (1)–(2) имеет единственное решение. Это решение является вектор-функцией, голоморфной в окрестности точки  $t=a$ , и представляется в виде

$$u(t) = \sum_{l=0}^{m-1} u_l(t, x_l), \quad (3)$$

$$u_l(t, x_l) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} \times \\ \times A^{n-l}(x_l)(t-a)^n. \quad (4)$$

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

ределитель числового матрицы

$$\Lambda = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ b & b^2 & b^3 & \dots & b^m \\ b^2 & b^4 & b^6 & \dots & b^{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b^{m-1} & b^{2(m-1)} & b^{3(m-1)} & \dots & b^{m(m-1)} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

<sup>1</sup> Под  $A^{-l}, 1 \leq l \leq m-1$  понимается оператор, обратный к оператору  $A^l$ .

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

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

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

$$R = \inf_{0 \leq k \leq m-1} \left( \frac{1}{e\alpha(x_k)} \right).$$

**Лемма 1.** Пусть  $\beta_p(x_l) < 1, \forall p$ . Тогда ряд (4) сходится по топологии пространства  $H$  абсолютно на  $\mathbb{C}$  и определяет целую вектор-функцию  $u_l(t, x_l)$ .

**Доказательство.** Исследуем поведение общего члена ряда (4) по топологии пространства  $H$  при больших значениях  $n$ . Применяя к нему оценку [3], [8]

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

получаем:  $\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \forall n > n_0(p, \varepsilon)$

$$\left\| \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} A^{n-l}(x_l) \right\|_p \leq \\ \leq \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{|B_{l+1, \theta+1}|}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} \|A^{n-l}(x_l)\|_p < \\ < C_p(\varepsilon) \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{|B_{l+1, \theta+1}|}{|\Lambda|} \frac{(n-l)!^{\beta_p(x_l)+\varepsilon}}{n!} \leq \\ \leq C_p(\varepsilon) \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{|B_{l+1, \theta+1}|}{|\Lambda|} (n-l)!^{\beta_p(x_l)-1+\varepsilon}. \quad (6)$$

Теперь из оценки (6), в силу произвольности  $\varepsilon > 0$ , формулы Стирлинга [9]

$$n! = \sqrt{2\pi n} e^{-n} n^n e^{\Theta/(12n)}, 0 < \Theta < 1,$$

и аналога формулы Коши–Адамара для векторнозначных функций [7],

$$r_p = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[m]{\|x_n\|_p}}, \quad r = \inf_{(p)} r_p, \quad (7)$$

вытекает справедливость утверждения леммы. Лемма доказана.

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

Тогда ряд (4) сходится по топологии пространства

Набсолютно в круге  $|t - a| < (e\alpha(x_l))^{-1}$ .

**Доказательство.** Обращаясь к оценке [3], [8]

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

в которой  $\alpha_p(x)$  – операторный  $p$ -типа вектора  $x$  относительно оператора  $A$  [3], [8], для общего члена ряда (4) в условиях леммы имеем:

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \forall n > n_0(p, \varepsilon)$$

$$\begin{aligned} & \left\| \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} A^{n-l}(x_l) \right\|_p \leq \\ & \leq \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} \right| \|A^{n-l}(x_l)\|_p < \\ & < C_p(\varepsilon) \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \right| \left| \frac{(e\alpha_p(x_l) + \varepsilon)^{n-l} (n-l)!}{n!} \right| \leq \\ & \leq \frac{C_p(\varepsilon)}{(e\alpha_p(x_l) + \varepsilon)^l} \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1, \theta+1}}{|\Lambda|} \right| (e\alpha_p(x_l) + \varepsilon)^n. \end{aligned}$$

Поскольку  $\alpha(x) = \sup_{(p)} \alpha_p(x)$  [3], [8], из последней оценки и формулы (7) следует, что ряд (4) сходится по топологии пространства Набсолютно в круге  $|t - a| < (e\alpha(x_l))^{-1}$ . Лемма доказана.

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

**Лемма 3.** Числа  $e^{2\pi ki/(m+1)}, 1 \leq k \leq m$  – корни алгебраического уравнения

$$\sum_{j=0}^m y^{m-j} = 0. \quad (8)$$

**Доказательство.** Умножая обе части уравнения (8) на  $y - 1 \neq 0$ , приведем его к виду  $y^{m+1} - 1 = 0$ , откуда  $y = \sqrt[m+1]{1} = e^{2\pi ki/(m+1)}$ ,  $1 \leq k \leq m$  ( $k = 0$  исключается, так как при  $k = 0$  имеем  $y = 1$ ). Лемма доказана.

**Доказательство теоремы 1.** Будем искать решение уравнения (1) в виде

$$u(t) = \sum_{\theta=0}^{m-1} u_\theta(t, y_\theta), \quad (9)$$

где

$$u_\theta(t, y_\theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} A^n(y_\theta)(t-a)^n, \quad (10)$$

а  $y_\theta \in M, 0 \leq \theta \leq m-1$  – некоторые векторы.

В самом деле, так как  $y_\theta \in M$ , вектор-функция (10) является голоморфной в некотором круге (доказывается аналогично леммам 1–2), поэтому ее можно почленно дифференцировать любое число раз. Тогда из (10) следует, что

$$u_\theta^{(m-j)}(t, y_\theta) = A^{m-j} e^{2\pi(\theta+1)(m-j)i/(m+1)} u_\theta(t, y_\theta),$$

а из (9) имеем

$$u^{(m-j)}(t) = \sum_{\theta=0}^{m-1} A^{m-j} e^{2\pi(\theta+1)(m-j)i/(m+1)} u_\theta(t, y_\theta).$$

Подставляя последнее равенство в уравнение (1), с учетом леммы 3 получаем:

$$\begin{aligned} \sum_{j=0}^m A^j u^{(m-j)}(t) &= A^m \left\{ \sum_{j=0}^m \left( e^{2\pi i/(m+1)} \right)^{m-j} u_0(t, y_0) + \right. \\ &+ \sum_{j=0}^m \left( e^{4\pi i/(m+1)} \right)^{m-j} u_1(t, y_1) + \dots + \\ &\left. + \sum_{j=0}^m \left( e^{2\pi mi/(m+1)} \right)^{m-j} u_{m-1}(t, y_{m-1}) \right\} = 0. \end{aligned}$$

Определим векторы  $y_\theta, 0 \leq \theta \leq m-1$  так, что-

бы удовлетворить начальными условиям (2). В силу (9)–(10)

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

Тем самым для определения неизвестных векторов  $y_\theta, 0 \leq \theta \leq m-1$  пришли к системе векторных уравнений

$$\sum_{\theta=0}^{m-1} e^{2\pi(\theta+1)ki/(m+1)} y_\theta = A^{-k}(x_k), 0 \leq k \leq m-1. \quad (11)$$

Обозначая  $b = e^{2\pi i/(m+1)}$ , систему (11) запишем в матричной форме

$$\Lambda Y = X, \quad (12)$$

где матрица  $\Lambda$  определяется равенством (5),

$$Y = \begin{pmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_{m-1} \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_0 \\ A^{-1}(x_1) \\ A^{-2}(x_2) \\ \dots \\ A^{-(m-1)}(x_{m-1}) \end{pmatrix}.$$

Нетрудно показать, что матрица  $\Lambda$  имеет обратную. Для этого достаточно установить, что определитель  $|\Lambda|$  отличен от нуля. Действительно, полагая  $c_k = b^k, 1 \leq k \leq m$ , матрицу  $\Lambda$  представим в виде:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ c_1 & c_2 & c_3 & \dots & c_m \\ c_1^2 & c_2^2 & c_3^2 & \dots & c_m^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_1^{m-1} & c_2^{m-1} & c_3^{m-1} & \dots & c_m^{m-1} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Из равенства (13) следует, что определитель матрицы  $\Lambda$  есть определитель Вандермонда [6]

$$|\Lambda| = \prod_{1 \leq q < s \leq m} (c_s - c_q) = \prod_{1 \leq q < s \leq m} (b^s - b^q) =$$

$$= \prod_{1 \leq q < s \leq m} \left( e^{2\pi si/(m+1)} - e^{2\pi qj/(m+1)} \right) \neq 0,$$

следовательно, матрица  $\Lambda$  имеет обратную матрицу  $\Lambda^{-1} = |\Lambda|^{-1} B^T$ , где  $B = (B_{ij})_{-m \times m}$  – матрица алгебраических дополнений.

Из существования обратной матрицы следует, что система (12) имеет единственное решение

$$Y = \Lambda^{-1} X = \begin{pmatrix} \sum_{l=0}^{m-1} \frac{B_{l+1,1}}{|\Lambda|} A^{-l}(x_l) \\ \sum_{l=0}^{m-1} \frac{B_{l+1,2}}{|\Lambda|} A^{-l}(x_l) \\ \sum_{l=0}^{m-1} \frac{B_{l+1,3}}{|\Lambda|} A^{-l}(x_l) \\ \dots \\ \sum_{l=0}^{m-1} \frac{B_{l+1,m}}{|\Lambda|} A^{-l}(x_l) \end{pmatrix}.$$

Итак,

$$y_\theta = \sum_{l=0}^{m-1} \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} A^{-l}(x_l), 0 \leq \theta \leq m-1. \quad (14)$$

Подставляя теперь (14) в (9)–(10) и проводя преобразования, приходим к решению задачи Коши (1)–(2) в форме (3)–(4).

Предыдущие рассуждения показывают, что вектор-функция (3) удовлетворяет уравнению (1). Докажем выполнение начальных условий (2). Опираясь на леммы 1–2 и равенства (14) и (11), имеем

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

Единственность решения задачи Коши (1)–(2) является следствием его голоморфности. Теорема доказана.

**Замечание.** Методом от противного нетрудно установить, что задача (1)–(2) не имеет решения, если векторы  $A^{-l}(x_l)$ ,  $1 \leq l \leq m-1$  не существуют.

**Теорема 2.** Пусть обратные операторы  $A^{-l}$ ,  $1 \leq l \leq m-1$  определены на всем пространстве  $H$  и пусть оператор  $A$  имеет порядок  $\beta(A) \leq 1$ , а если  $\beta(A) = 1$ , то его тип  $\alpha(A) < \infty$ . Тогда решение задачи Коши (1)–(2) непрерывно зависит от начальных данных.

**Доказательство.** Пусть оператор  $A$  имеет порядок  $\beta(A) < 1$ . Тогда из оценки [3], [8]

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon), \forall x \in H,$$

$$\forall n : \|A^n(x)\|_p < C_p n!^{\beta(A)+\varepsilon} \|x\|_q$$

для общего члена ряда (4) в круге  $|t-a| \leq r$ ,  $r < \infty$

имеем:  $\forall p, \forall \varepsilon : 0 < \varepsilon < 1 - \beta(A), \exists C_p(\varepsilon)$ ,

$\exists q(p, \varepsilon), \forall x_l \in H, \forall n > n_0(p, \varepsilon)$

$$\max_{|t-a| \leq r} \left\| \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} A^{n-l}(x_l)(t-a)^n \right\|_p \leq$$

$$\leq \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} \right| \|A^{n-l}(x_l)\|_p r^n <$$

$$< C_p(\varepsilon) \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} \frac{(n-l)!^{\beta(A)+\varepsilon}}{n!} \|x_l\|_q r^n \right| \leq$$

$$\leq C_p(\varepsilon) \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} \frac{(n-l)!^{\beta(A)-1+\varepsilon}}{n!} \|x_l\|_q r^n \right|. \quad (15)$$

Если же  $\beta(A) = 1, \alpha(A) < \infty$ , из оценки [3], [8]

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

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

для общего члена ряда (4) в круге  $|t-a| \leq r$ ,

$r < (e\alpha(A))^{-1}$  имеем:  $\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon), \exists q(p, \varepsilon)$ ,

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

$$\max_{|t-a| \leq r} \left\| \sum_{\theta=0}^{m-1} \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} A^{n-l}(x_l)(t-a)^n \right\|_p \leq$$

$$\leq \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} \frac{e^{2\pi(\theta+1)ni/(m+1)}}{n!} \right| \|A^{n-l}(x_l)\|_p r^n <$$

$$< C_p(\varepsilon) \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} \frac{(e\alpha(A) + \varepsilon)^{n-l} (n-l)!}{n!} \|x_l\|_q r^n \right| \leq$$

$$\leq \frac{C_p(\varepsilon)}{(e\alpha(A) + \varepsilon)^l} \sum_{\theta=0}^{m-1} \left| \frac{B_{l+1,\theta+1}}{|\Lambda|} (e\alpha(A) + \varepsilon)^n \|x_l\|_q r^n \right|. \quad (16)$$

Из оценок (15)–(16) следует, что  $\forall x_l \in H$  ряды (4) сходятся абсолютно и равномерно по топологии пространства  $H$ . При этом  $u(t)$  есть вектор-функция, которая является либо целой, либо голоморфной в круге  $|t-a| < (e\alpha(A))^{-1}$ . Кроме того, из этих оценок также следует, что ряды (4) имеют суммы, непрерывно зависящие от начальных данных, следовательно, и  $u(t)$  непрерывно зависит от начальных данных. Теорема доказана.

#### Библиографический список

- Аксёнов Н.А. О некоторых задачах Коши в локально выпуклых пространствах // Ученые записки лаборатории теории функций и функционального анализа ОГУ. – Орел, 2010. Вып. 7. – С. 114–142.
- Громов В.П. Порядок и тип линейного оператора и разложение в ряд по собственным функциям // ДАН СССР, 1986.–Т. 228. – № 1.–С. 27–31.
- Громов В.П., Мишин С.Н., Панюшкин С.В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Монография. – Орел: ОГУ, 2009. – 430 с.
- Иванов В.К., Мельникова И.В., Филиппов А.И. Дифференциально-операторные уравнения и некорректные задачи. – М.: Физматлит, 1995. – 176 с.
- Крейн С.Г. Линейные дифференциальные уравнения в банаховом пространстве. – М.: Наука, 1967. – 464 с.
- Курош А.Г. Курс высшей алгебры. – М.: Наука, 1971. – 432 с.

7. Ле Хай Хой. Векторнозначные функции и дифференциальные операторы бесконечного порядка. – Ростов-на-Дону: РГУ, 1981. – 54 с.
8. Мишин С.Н. Порядок и тип оператора и последовательности операторов, действующих в локально выпуклых пространствах // Ученые записки лаборатории теории функций и функционального анализа ОГУ. – Орел, 2002. Вып. 3. – С. 47–99.
9. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В трех томах. Том II. – СПб.: Издательство «Лань», 1997. – 800 с.
10. Neubrander F. Well-posedness of higher order abstract Cauchy problems, Transl. Amer. Math. Soc., 1986, V. 295, № 1, P. 257–290.
11. Sova M. Problèmes de Cauchy pour équations hyperboliques opérationnelles à coefficients constants non bornés, Ann. scuola norm.super. Pisa. Sci. fis. e mat., 1968, V. 22, № 1, P. 67–100.

N.A. AKSYONOV, S.V. PAN'USHKIN

## CAUCHY PROBLEM FOR A «HOMOGENEOUS» DIFFERENTIAL-OPERATOR EQUATION OF HIGH ORDER

*The Cauchy problem for one analog of complete differential-operator equations of high order is studied. In terms of the order and type of linear operator theory conditions for the existence, uniqueness and continuous dependence of solution on the entry conditions were obtained.*

*Key words:* Cauchy problem, «homogeneous» equation, locally convex space, operator order, operator type.



**Е.Н. АЛЕКСЕЕВА**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического и информационного анализа экономических процессов Орловского государственного университета  
Тел. 8(4862) 77-73-59; alekseeva@univ-orel.ru

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВОСТРЕБОВАННОСТИ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗА НА РЫНКЕ ТРУДА ЧЕРЕЗ АНАЛИЗ ИХ ТРУДОУСТРОЙСТВА

*В статье рассматриваются вопросы моделирования востребованности выпускников высших учебных заведений на рынке труда через анализ качественных показателей их трудоустройства. Предлагается новая методика оценки востребованности и рейтинга специальности в региональной экономике, которые могут применяться вузами при формировании предложений по государственному заказу по подготовке специалистов с высшим профессиональным образованием.*

**Ключевые слова:** *моделирование, методика оценки, востребованность выпускников, рейтинг специальности, трудоустройство.*

Проблема востребованности выпускников профессиональных учебных заведений (в первую очередь вузов) является одной из наиболее актуальных при обсуждении степени взаимодействия рынков образовательных услуг и труда. Возможность, скорость и качество трудоустройства учитываются при составлении рейтингов учебных заведений как в российской, так и в зарубежной практике. В нашей стране показатели востребованности выпускников вуза – важнейшая составляющая системы оценки качества высшего профессионального образования в конкретном вузе. Динамика развития спроса на труд определенных групп специалистов также служит основой для составления прогноза потребности в специалистах в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе и выделения на базе этого бюджетного финансового обеспечения образовательных программ, что требует налаживания мониторинга в данной сфере.

Проведение мониторинга востребованности выпускников вузов затруднено отсутствием соответствующей адекватной поставленной задаче статистической базы как в рамках системы высшего профессионального образования, так и в области занятости населения.

Федеральное агентство по образованию в рамках Федеральной целевой программы развития образования ежегодно формирует государственный заказ по подготовке специалистов с высшим профессиональным образованием на основе прогноза потребности экономики в квалифицированных кадрах. Прогнозирование потребности экономики в специалистах было проведено для 81 субъекта Федерации на период с 2008 до 2015 год по 27 видам экономической деятельности и в разрезе 28 укрупненных групп специальностей по единой методике [1], разработанной Центром бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета – разработчиком Web-портала «Рынок труда и рынок образовательных услуг. Регионы России» (<http://labourmarket.ru>) в рамках проекта «Развитие электронных информационно-аналитических ресурсов для мониторинга, анализа и прогнозирования развития системы об-

разования в субъектах Российской Федерации до 2015 года», финансируемого научной программой Министерства образования Российской Федерации. Для верификации расчетной потребности в кадрах авторы используют [3] сведения о направлении на работу выпускников, окончивших высшие учебные заведения по очной форме на бюджетной основе, которые имеются в статистических формах отчетности Росстата «1-Вуз».

Представляется, что в предлагаемой методике есть ряд, как минимум, спорных моментов. Так, в число трудоустроенных выпускников не входит категория лиц, продолжающих обучение на следующем уровне (по очной форме), а это, как правило, выпускники, уровень знаний которых выше средних показателей, и после завершения обучения они имеют хорошие перспективы на рынке труда. В общее число выпускников также включены некоторые категории нетрудоустроенных выпускников, которые, на наш взгляд, не могут свидетельствовать о невостребованности соответствующих специалистов экономикой (например, молодые люди, призванные на военную службу, женщины, отложившие решение вопроса о своем трудоустройстве по причине необходимости ухода за детьми до 1,5 года, и т.д.). Более того, для данных категорий лиц подобные шаги продуманы с точки зрения качества дальнейшей занятости. Не секрет, что в настоящее время многие работодатели предпочтительнее брать на работу лиц, отслуживших в армии, чтобы снизить риски потери пригодного и адаптированного к работе специалиста из-за невыполнения им требований законодательства об обязательной службе в армии. Аналогичная ситуация с женщинами, уже имеющими маленького ребенка, что снижает потенциальную возможность ухода работницы в декретный и последующий за ним отпуск по уходу за ребенком (на одну женщину детородного возраста в нашей стране приходится примерно 1,2 ребенка).

В используемых статистических данных не учитывается и «качество трудоустройства» выпускников, т.е. соответствие рабочего места уровню образования, полученному в вузе. Поэтому в целом разработанная Центром бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета методика, на наш взгляд, плохо отра-

жает реальную картину востребованности специалистов на рынке труда.

Традиционно (например, [2]) для оценки востребованности выпускников учебных заведений используются два показателя:

- трудоустройство выпускников по специальности как свидетельство их востребованности экономикой;
- обращение в службу занятости за помощью в трудоустройстве как свидетельство невостребованности или слабой востребованности выпускников на рынке труда.

В свете Болонского процесса важнейшим показателем качества образования является востребованность выпускников на международном рынке труда. Однако в европейском понимании востребованность – это не обязательно работа по специальности, это прежде всего формирование образовательных компетенций, т.е. способности к непрерывному обучению в течение всей жизни, обеспечивающему профессиональный и личностный рост, максимальную адаптацию к социальной среде. Выпускника вуза, сделавшего профессиональную карьеру на уровне специалиста с высшим образованием, но не по специальности, в данном контексте следует считать востребованным на рынке труда. Более того, существует концепция, в рамках которой такое трудоустройство считается свидетельством более высокого уровня освоения компетенций трудоустроившимся, ибо он способен к высокой степени адаптации в процессе обеспечения собственного рабочего места – к самообразованию.

В соответствии с вышеизложенными позициями рассмотрим методику построения рейтинга специальностей вуза по показателю «Уровень востребованности выпускников» на примере данных по трудоустройству выпускников 2009 года Орловского государственного университета по выборке специальностей, по которым ведется подготовка специалистов в вузе (охват специальностей – 20%, охват количества выпускников – около 30%). Следует отметить, что в подготовке кадров по всем выбранным специальностям университет является монополистом на региональном рынке труда и полученные результаты являются показательными не только для вуза, но и для региона в целом.

Введем следующие показатели, характеризующие уровень востребованности (невостребованности) выпускников данной специальности:

- процент выпускников, трудоустроившихся по специальности;
- процент выпускников, трудоустроившихся не по специальности в соответствии с уровнем высшего образования;

- процент выпускников, продолживших обучение на следующем уровне по очной форме;
- процент выпускников, обратившихся в службу занятости за помощью в трудоустройстве.

Рейтинг по каждому из выбранных показателей осуществлялся при помощи балльной оценки по шкале от 0 до 25 баллов в соответствии с их спецификой (таблица 1).

Таблица 1 – Оценочная шкала по показателям трудоустройства

Значение показателя, %	Значение рейтинга по показателю, балл			
	по доле выпускников, трудоустроившихся по специальности	по доле выпускников, трудоустроившихся не по специальности в соответствии с уровнем высшего образования	по доле выпускников, продолживших обучение на следующем уровне по очной форме	по доле выпускников, обратившихся в службу занятости
1	2	3	4	5
0–2	0	0	0	25
2,1–5,9	1	1	1	24
6–9,9	2	2	2	23
10–13,9	3	3	3	22
14–17,9	4	4	4	21
18–21,9	5	5	5	20
22–25,9	6	6	6	19
26–29,9	7	7	7	18
30–33,9	8	8	8	17
34–37,9	9	9	9	16
38–41,9	10	10	10	15
42–45,9	11	11	11	14
46–49,9	12	12	12	13
50–53,9	13	13	13	12
54–57,9	14	14	14	11
58–61,9	15	15	15	10
62–65,9	16	16	16	9
66–69,9	17	17	17	8
70–73,9	18	18	18	7
74–77,9	19	19	19	6
78–81,9	20	20	20	5
82–85,9	21	21	21	4
86–89,9	22	22	22	3
90–93,9	23	23	23	2
94–97,9	24	24	24	1
98–100	25	25	25	0

Значения показателей по данным трудоустройства выпускников 2009 года представлены в таблице 2. При помощи оценочной шкалы, представленной в таблице 1, определяем рейтинг специальности в вузе по формуле

$$P = a + b + c + d,$$

где а – рейтинг специальности по доле выпускников, трудоустроившихся по специальности;

б – рейтинг специальности по доле выпуск-

ников, трудоустроившихся не по специальности в соответствии с уровнем высшего образования;

с – рейтинг специальности по доле выпускников, продолживших обучение на следующем уровне по очной форме;

д – рейтинг специальности по доле выпускников, обратившихся в службу занятости за помощью в трудоустройстве.

Таблица 2 – Данные по трудоустройству выпускников ГОУ ВПО «Орловский государственный университет» (выпуск 2009 г.)

Специальность ВПО	Выпуск 2009 г., чел.*	Трудоустроились по специальности (значение показателя а), чел. (%)	Трудоустроились не по специальности в соответствии с уровнем высшего образования (значение показателя б), чел. (%)	Продолжили обучение по следующему уровню очной формы (значение показателя с), чел. (%)	Обратились в службу занятости (значение показателя д), чел. (%)
010101 Математика	17	4 (23,5%)	2(11,8 %)	8(47,1 %)	0(0 %)
020101 Химия	7	5 (7,14%)	0(0 %)	1(14,3 %)	0(0 %)
030101 Философия	6	2 (33,3%)	1(16,7 %)	3(50 %)	0(0 %)
030301 Психология	36	30 (83,3%)	3(8,3 %)	1(2,8 %)	2(0 %)
030401 История	28	9 (32,1%)	7(25 %)	1(3,6 %)	1(3,6 %)
030601 Журналистика	33	24 (72,7%)	0(0 %)	5(15,2 %)	1(3 %)
031201 Теория и методика преподавания иностранных языков и культур (английское отделение)	34	22 (64,7%)	5(14,7%)	3(8,8 %)	2(5,9 %)
031202 Перевод и переводоведение (немецкое отделение)	9	5(55,6 %)	4(44,4 %)	0(0 %)	0(0 %)
032101 Физическая культура	43	37(86 %)	1(2,3 %)	1(2,3 %)	1(2,3 %)
050102 Биология	21	10(47,6%)	2(9,5 %)	7(33,3 %)	2(9,5 %)
050202 Информатика	14	4(28,6 %)	5(35,7 %)	1(7,1 %)	2(14,3 %)
050301 Русский язык и литература	42	20(47,6 %)	0(0 %)	17(40,5 %)	2(4,8 %)
050501 Профессиональное обучение	19	8(42,1 %)	2(10,5 %)	0(0 %)	0(0 %)
050602 Изобразительное искусство	13	9(69,2 %)	1(7,7 %)	3(23 %)	0(0 %)
050715 Логопедия	22	20(90,9 %)	0(0 %)	1(4,5 %)	1(4,5 %)
050708 Педагогика и методика начального образования	29	26(89,7 %)	1(3,4 %)	0(0 %)	0(0 %)
060101 Лечебное дело	127	125(98,4 %)	0(0 %)	1(0,8 %)	1(0,8 %)
070902 Графика	3	3(100 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)

\* В выпуске не учитывали лиц, призванных на военную службу, а также женщин, не принимающих участие в трудоустройстве в год выпуска из вуза по причине необходимости ухода за детьми до 1,5 года.

Максимальное количество баллов в суммарном рейтинге – 50. Суммарный рейтинг специальностей университета в исследуемой выборке варьируется от 31 до 50 баллов. В целом вы-

пускники исследуемых специальностей востребованы на региональном рынке труда (рейтинг превышает 30 баллов из 50 по всем специальностям).

**МАТЕМАТИКА**

**Таблица 3 – Рейтинг специальностей ГОУ ВПО «Орловский государственный университет» по уровню востребованности выпускников (выпуск 2009 г.)**

Специальность ВПО	Рейтинг специальности по показателю а, балл	Рейтинг специальности по показателю b, балл	Рейтинг специальности по показателю с, балл	Рейтинг специальности по показателю d, балл	Суммарный рейтинг специальности по уровню востребованности, балл
Группа 1. Максимально возможный суммарный рейтинг					
030101 Философия	8	4	13	25	50
031202 Перевод и переводование (немецкое отделение)	14	11	0	25	50
050602 Изобразительное искусство	17	2	6	25	50
060101 Лечебное дело	25	0	0	25	50
070902 Графика	25	0	0	25	50
Группа 2. Высокий суммарный рейтинг					
030301 Психология	21	2	1	4	48
032101 Физическая культура	22	1	1	24	48
050715 Логопедия	23	0	1	24	48
050708 Педагогика и методика начального образования	22	1	0	25	48
Группа 3. Средний суммарный рейтинг					
010101 Математика	6	3	12	25	46
030601 Журналистика	18	0	4	24	46
031201 Теория и методика преподавания иностранных языков и культур (английское отделение)	16	4	2	24	46
050301 Русский язык и литература	12	0	10	24	46
050102 Биология	12	2	8	23	46
Группа 4. Относительно низкий суммарный рейтинг					
030401 История	8	6	1	24	39
050202 Информатика	7	9	2	21	39
050501 Профессиональное обучение	11	3	0	25	39
020101 Химия	2	0	4	25	39

Предлагаемая методика позволила учесть качественную составляющую трудоустройства выпускников при оценке востребованности их экономикой. Предложенные идеи подхода к оценке востребованности выпускников могут использоваться в построении экономико-математической модели «экономика региона – региональный рынок труда – высшее профессиональное образование» с целью исследования процесса приведения численности и структуры подготовки выпускников вузов

в соответствие с потребностями региональной экономики. Слабая межрегиональная кадровая мобильность оправдывает необходимость построения модели именно на региональном уровне. Формирование такой модели относится к области исследования сложных социально-экономических систем и требует анализа различных факторов развития региональной экономики (демографических показателей, динамики развития экономики, миграционных процессов и т.д.).

### **Библиографический список**

1. Бюджетная политика и межбюджетные отношения в субъектах Российской Федерации / Под редакцией А.С. Колесова. – М.: Финансы, 2007.
2. Попов В.В., Катаев Н.А. Проблема статистического обеспечения мониторинга востребованности выпускников профессиональных учебных заведений на рынке труда // В сб. докладов по материалам IV Всероссийской научно-практической Интернет-конференции (25–26 октября 2006 г.): Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России / Под редакцией В.А. Гуртова. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006.
3. Серова Л.М., Питухин Е.А., Гуртов В.А. Верификация макроэкономической методики прогнозирования потребностей экономики в квалифицированных специалистах через анализ трудоустройства выпускников и вакансий службы занятости // В сб. докладов по материалам IV Всероссийской научно-практической Интернет-конференции (31 октября – 1 ноября 2007 г.): Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России / Под редакцией В.А. Гуртова. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007.

**E.N. ALEXEEVA**

### **AN ESTIMATION METHOD OF NEEDS OF HIGHER EDUCATION GRADUATES AT A LABOUR MARKET BY MEANS OF THE ANALYSIS OF THEIR PLACING IN A JOB**

*The article submits for consideration modelling the questions of labour power needs for higher education graduates at a labour market by means of the analysis of quantitative indices of their placing in a job. It also proposes a new method of estimation of labour power needs and the rating of specialities in the regional economics, which can be used by higher education establishments in their proposals concerning the state needs for preparing higher education trade specialists.*

*Key words:* modelling, a method of estimation, labour power needs for graduates, speciality rating, placing in a job.

**O.В. ЛАШТАБЕГА**, старший преподаватель кафедры  
математического анализа и дифференциальных уравнений  
Орловского государственного университета  
*tanda80@yandex.ru*

**A.Н. ЗАРУБИН**, доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой математического анализа и дифференциальных  
уравнений Орловского государственного университета  
*aleks\_zarubin@mail.ru*

## НАЧАЛЬНО-КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СМЕШАННО- СОСТАВНОГО УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ

*В работе исследуется краевая задача для уравнения смешанно-составного типа четвертого порядка с перпендикулярными линиями вырождения и запаздывающими аргументами по обеим независимым переменным.*

*Ключевые слова:* краевая задача, линия вырождения, смешанно-составной тип, запаздывающий аргумент.

### Введение

Уравнение

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \operatorname{sgn}(xy) \frac{\partial^2}{\partial y^2} - H(y-h) R_y^h - H(x-\tau) R_x^\tau \right) \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) u(x, y) = 0, \quad (1)$$

где  $H(t)$  – функция Хевисайда;  $R_x^\tau(R_y^h)$  – оператор сдвига по переменной  $x(y)$ :

$R_x^\tau q(x, y) = q(x - \tau, y)$  ( $R_y^h q(x, y) = q(x, y - h)$ );  $0 < h, \tau \equiv const$ , рассмотрим в области

$$D = D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup J_1 \cup J_2, \text{ если } D_1 = \bigcup_{k=0}^{+\infty} D_{1k}, D_2 = \bigcup_{l=0}^{+\infty} D_{2l}, D_3 = \bigcup_{k,l=0}^{+\infty} D_{3kl} = \{(x, y) : x > 0, y > 0\},$$

$$J_1 = \{(x, y) : x > 0, y = 0\}, \quad J_2 = \{(x, y) : x = 0, y > 0\}, \text{ а}$$

$$D_{1k} = \{(x, y) : k\tau - y < x \leq (k+1)\tau + y, -\tau/2 < y < 0\},$$

$$D_{2l} = \{(x, y) : -h/2 < x < 0, lh - x < y \leq (l+1)h + x\},$$

$$D_{3kl} = \{(x, y) : k\tau < x \leq (k+1)\tau, lh < y \leq (l+1)h\}.$$

**Задача 1.** Найти в области  $D$  функцию  $u(x, y) \in C(\bar{D}) \cap C^2(D \setminus \{y=x\}) \cap C^3(D \setminus \{y=x\})$ , удовлетворяющую уравнению (1), граничным условиям

$$\lim_{x^2+y^2 \rightarrow +\infty} \frac{\partial u(x, y)}{\partial n} = 0, \quad x \geq 0, y \geq 0; \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial u(x, y)}{\partial n} \right|_{y=k\tau-x} = \psi_{1k}(x), \quad u(x, y) \Big|_{y=k\tau-x} = \delta_{1k}(x), \quad k\tau \leq x \leq (2k+1)\tau/2; \quad (3)$$

$$\frac{\partial u(x, y)}{\partial n} \Big|_{x=lh-y} = \psi_{2l}(y), u(x, y) \Big|_{x=lh-y} = \delta_{2l}(y), \quad (4)$$

$$lh \leq y \leq (2l+1)h/2$$

$$u(x, y) \Big|_{y=x-(k+1)\tau} = \varphi_{1k}(x),$$

$$(2k+1)\tau/2 \leq x \leq (k+1)\tau; \quad (5)$$

$$u(x, y) \Big|_{x=y-(l+1)h} = \varphi_{2l}(y), (2l+1)h/2 \leq y \leq (l+1)h \quad (6)$$

и условиям сопряжения

$$u_y^{(i)}(x, +0) = u_y^{(i)}(x, -0) \quad (i=0, 3), \quad u_{xx}(x, +0) = u_{xx}(x, -0),$$

$$u_{xy}(x, +0) = u_{xy}(x, -0) \text{ на линии } J_1; \quad (7)$$

$$u_x^{(j)}(+0, y) = u_x^{(j)}(-0, y) \quad (j=0, 3), \quad u_{yy}(+0, y) = u_{yy}(-0, y),$$

$$u_{yy}(+0, y) = u_{yy}(-0, y) \text{ на линии } J_2, \quad (8)$$

где  $n$  – внешняя нормаль, а функции  $\psi_{1k}(x)$ ,  $\psi_{2l}(y)$ ,  $\varphi_{1k}(x)$ ,  $\varphi_{2l}(y)$ ,  $\delta_{1k}(x)$ ,  $\delta_{2l}(y)$  – трижды непрерывно дифференцируемые, причем  $\delta_{10}(0) = \delta_{20}(0)$ ,  $\delta_{1k}((2k+1)\tau/2) = \varphi_{1k}((2k+1)\tau/2)$ ,  $\delta_{2l}((2l+1)h/2) = \varphi_{2l}((2l+1)h/2)$ ,  $\varphi_{1k}((k+1)\tau) = \delta_{1(k+1)}((k+1)\tau)$ ,  $\varphi_{2l}((l+1)h) = \delta_{2(l+1)}((l+1)h)$ .

Производные третьего порядка функции  $u(x, y)$  могут обращаться в бесконечность порядка меньше единицы в точках  $(k\tau, 0)$ ,  $(0, lh)$ ,  $(k, l=0, 1, 2, \dots)$ .

### 1. Краевая задача для дифференциально-разностного уравнения смешанного типа с перпендикулярными линиями вырождения

Если

$$r(x, y) = u_{xx}(x, y) - u_{yy}(x, y), \quad (9)$$

то из задачи 1 следует

**Задача 2.** Найти в области  $D$  функцию  $r(x, y) \in C(\bar{D}) \cap C^1(D) \cap C^2(D \setminus (J_1 \cup J_2))$ , удовлетворяющую уравнению

$$r(x, y) \equiv r_{xx}(x, y) + \operatorname{sgn}(xy)r_{yy}(x, y) - H(y-h)r(x, y-h) - H(x-\tau)r(x-\tau, y) = 0, \quad (10)$$

граничным, в силу (9), (2), (3<sub>1</sub>), (4<sub>1</sub>), условиям

$$\lim_{x^2+y^2 \rightarrow +\infty} r(x, y) = 0, \quad x \geq 0, \quad y \geq 0, \quad (11)$$

$$r(x, y) \Big|_{y=k\tau-x} = \bar{\psi}_{1k}(x) \equiv \sqrt{2}\psi'_{1k}(x), \\ k\tau \leq x \leq (2k+1)\tau/2, \quad (12)$$

$$r(x, y) \Big|_{x=lh-y} = \bar{\psi}_{2l}(y) \equiv -\sqrt{2}\psi'_{2l}(y), \\ lh \leq y \leq (2l+1)h/2, \quad (13)$$

условиям сопряжения

$$r(x, -0) = r(x, +0) = \omega_1(x), \quad (14)$$

$$r(-0, y) = r(+0, y) = \omega_2(y);$$

$$r_y(x, -0) = r_y(x, +0) = v_1(x), \quad (15)$$

$$r_x(-0, y) = r_x(+0, y) = v_2(y);$$

где  $\bar{\psi}_{1k}(x)$ ,  $\bar{\psi}_{2l}(y)$  – заданные дважды непрерывно дифференцируемые функции; функции

$\omega_j(x) \in C[0, +\infty) \cap C^2(0, +\infty)$ ,  $v_j(x) \in C^1(0, +\infty)$  ( $j=1, 2$ ) подлежат определению.

**Теорема.** Пусть

$$\bar{\psi}_{1k}(x) \in C[k\tau, (2k+1)\tau/2] \cap C^2(k\tau, (2k+1)\tau/2),$$

$$\bar{\psi}_{2l}(y) \in C[lh, (2l+1)h/2] \cap C^2(lh, (2l+1)h/2),$$

$$\bar{\psi}_{10}(0) = \bar{\psi}_{20}(0), \quad \lim_{k \rightarrow +\infty} \max_{x \in [k\tau, (2k+1)\tau/2]} |\bar{\psi}_{1k}(x)| = 0,$$

$$\lim_{l \rightarrow +\infty} \max_{y \in [lh, (2l+1)h/2]} |\bar{\psi}_{2l}(y)| = 0. \quad \text{Тогда существует}$$

единственное при  $\tau \leq \sqrt{2}$ ,  $h \leq \sqrt{2}$  решение  $r(x, y) \in C(\bar{D}) \cap C^1(D) \cap C^2(D \setminus (J_1 \cup J_2))$  задачи 2.

**Доказательство.**

**Единственность** и существование решения задачи 2 следует из лемм 1, 2<sub>к</sub>, 3<sub>1</sub> и 4, 5, доказательство которых проведено аналогично [1, с. 184; 2, 3].

**Лемма 1.** Если  $r(x, y)$  – решение уравнения (10) в области  $D_3$  из класса  $C(\bar{D}_3) \cap C^2(D_3)$ , удовлетворяющее условию (11) и  $\tau \leq \sqrt{2}$ ,  $h \leq \sqrt{2}$ , то

$$\beta = \int_0^{+\infty} \omega_1(x)v_1(x)dx + \int_0^{+\infty} \omega_2(y)v_2(y)dy \leq 0 \text{ и}$$

$$\beta + \frac{1}{2} \iint_{D_3} [r_x^2(x, y)(2-\tau^2) + r_y^2(x, y)(2-h^2) +$$

$$+ r^2(x, y)(H(x-\tau) + H(y-h) + 2)]dxdy \leq 0.$$

**Лемма 2<sub>к</sub>(3).** Если  $r(x, y) \in C(\bar{D}_1) \cap C^2(D_1)$  ( $r(x, y) \in C(\bar{D}_2) \cap C^2(D_2)$ ) – решение уравнения (10), обращающееся в нуль на характеристиках  $y = k\tau - x$  ( $x = lh - y$ ), то

$$\int_{k\tau}^{(k+1)\tau} \omega_1(x)v_1(x)dx \geq 0, \left( \int_{lh}^{(l+1)h} \omega_2(y)v_2(y)dy \geq 0 \right).$$

**Лемма 4.** Если  $\omega_j(x) \in C(\bar{J}_j) \cap C^2(J_j)$  абсолютно интегрируемы на  $[0, +\infty)$ ,  $\omega_1(0) = \omega_2(0)$ ,  $\omega_j(+\infty) = 0$  ( $j = 1, 2$ ), то в области  $D_3$  существует единственное регулярное решение  $r(x, y)$  задачи Дирихле для уравнения (10), удовлетворяющее условиям (11), (14), представимое в виде

$$r(x, y) = \{r_{kl}(x, y) : (x, y) \in \bar{D}_{3kl} \ (k, l = 0, 1, 2, \dots)\}, \quad (16)$$

где

$$\begin{aligned} r_{kl}(x, y) = & \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} z^{\omega_2}(t) M_{kl}(x, y, t) dt + \\ & + \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} z^{\omega_1}(t) A_{kl}(x, y, t) dt, \quad (x, y) \in \bar{D}_{3kl}, \end{aligned} \quad (17)$$

а

$$z^{\omega_1}(x) = \{z_k^{\omega_1}(x) : k\tau < x \leq (k+1)\tau \ (k = 0, 1, 2, \dots)\}, \quad (18)$$

$$z^{\omega_2}(y) = \{z_l^{\omega_2}(y) : lh < y \leq (l+1)h \ (l = 0, 1, 2, \dots)\}, \quad (19)$$

причем

$$\begin{aligned} z_k^{\omega_1}(x) = & \omega_1(x)H(x) + \sum_{m=1}^k (-1)^m \gamma_m H(x - m\tau) \cdot \\ & \cdot \int_0^{x-m\tau} \eta(x^2 - (\eta + m\tau)^2)^{m-1} \omega_1(\eta) d\eta, \quad k\tau \leq x \leq (k+1)\tau, \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} z_l^{\omega_2}(y) = & \omega_2(y)H(y) + \sum_{n=1}^l (-1)^n \gamma_n H(y - nh) \cdot \\ & \cdot \int_0^{y-nh} \eta(y^2 - (\eta + nh)^2)^{n-1} \omega_2(\eta) d\eta, \quad lh \leq y \leq (l+1)h, \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} M_{kl}(x, y, t) = & \bar{M}(x, y, t) + \sum_{m=1}^k (-1)^m \gamma_m H(x - m\tau) \cdot \\ & \cdot \int_{x-m\tau}^{+\infty} \eta(\eta^2 - (x - m\tau)^2)^{m-1} \bar{M}(\eta, y, t) d\eta + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \sum_{n=1}^l \gamma_n H(y - nh) \int_0^{y-nh} \eta((y - nh)^2 - \eta^2)^{n-1} \bar{M}(x, \eta, t) d\eta + \\ & + \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^l (-1)^m \gamma_m \gamma_n H(x - m\tau) H(y - nh) \int_{x-m\tau}^{+\infty} \eta(\eta^2 - \\ & - (x - m\tau)^2)^{m-1} \left( \int_0^{y-nh} \xi((y - nh)^2 - \xi^2)^{n-1} \bar{M}(\eta, \xi, t) d\xi \right) d\eta, \\ \bar{M}(x, y, t) = & \frac{x}{x^2 + (t - y)^2} - \frac{x}{x^2 + (t + y)^2}; \\ A_{kl}(x, y, t) = & \bar{A}(x, y, t) + \sum_{n=1}^l (-1)^n \gamma_n H(y - nh) \cdot \\ & \cdot \int_{y-nh}^{x-m\tau} \eta(\eta^2 - (y - nh)^2)^{n-1} \bar{A}(x, \eta, t) d\eta + \sum_{m=1}^k \gamma_m H(x - m\tau) \cdot \\ & \cdot \int_0^{x-m\tau} \eta((x - m\tau)^2 - \eta^2)^{m-1} \bar{A}(\eta, y, t) d\eta + \\ & + \sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^l (-1)^n \gamma_m \gamma_n H(x - m\tau) H(y - nh) \cdot \\ & \cdot \int_{y-nh}^{x-m\tau} \eta(\eta^2 - (y - nh)^2)^{n-1} \left( \int_0^{x-m\tau} \xi((x - m\tau)^2 - \xi^2)^{m-1} \right. \\ & \left. \cdot \bar{A}(\xi, \eta, t) d\xi \right) d\eta, \\ \bar{A}(x, y, t) = & \frac{y}{y^2 + (t - x)^2} - \frac{y}{y^2 + (t + x)^2}, \end{aligned}$$

$\gamma_p = (p! \Gamma(p) 2^{2p-1})^{-1}$ ,  $\Gamma(p)$  – гамма-функция [4, с. 811].

**Лемма 5.** Пусть  $\omega_j(x) \in C(\bar{J}_j) \cap C^2(J_j)$ ,  $v_j(x) \in C^1(J_j)$  абсолютно интегрируемы на  $\bar{J}_j$ ,  $\omega_j(0) = \omega_j(+\infty) = 0$  ( $j = 1, 2$ ). Тогда в области  $D_j$  ( $j = 1, 2$ ) существует единственное решение  $r(x, y) \in C(\bar{D}_j) \cap C^2(D_j)$  задачи Коши для уравнения (10), удовлетворяющее условиям (14), (15), имеющее вид

$$r(x, y) = \{r_k(x, y) : (x, y) \in \bar{D}_{1k} (k = 0, 1, 2, \dots)\}, \quad (22)$$

$$r(x, y) = \{r_l(x, y) : (x, y) \in \bar{D}_{2l} (l = 0, 1, 2, \dots)\} \quad (23)$$

где

$$\begin{aligned} r_k(x, y) &= \Phi(x, y)H(x) + \sum_{m=1}^k \gamma_m H(x - m\tau) \cdot \\ &\cdot \int_0^{x-m\tau} \eta \left( (x - m\tau)^2 - \eta^2 \right)^{m-1} \Phi(\eta, y) d\eta, \quad (x, y) \in \bar{D}_{1k}, \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} r_l(x, y) &= K(x, y)H(y) + \sum_{n=1}^l \gamma_n H(y - nh) \cdot \\ &\cdot \int_0^{y-nh} \eta \left( (y - nh)^2 - \eta^2 \right)^{n-1} K(x, \eta) d\eta, \quad (x, y) \in \bar{D}_{2l}, \end{aligned} \quad (25)$$

причем

$$\begin{aligned} \Phi(x, y) &= \frac{1}{2} \left[ z^{\omega_1}(x - y) + z^{\omega_1}(x + y) \right] + \\ &+ \frac{1}{2} \int_{x-y}^{x+y} z^{\nu_1}(\xi) d\xi, \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} K(x, y) &= \frac{1}{2} \left[ z^{\omega_2}(y - x) + z^{\omega_2}(y + x) \right] + \\ &+ \frac{1}{2} \int_{y-x}^{y+x} z^{\nu_2}(\xi) d\xi, \end{aligned} \quad (27)$$

$z^{\omega_j}(t) (j = 1, 2)$  определяются равенствами (18)–(21), а  $z^{\nu_j}(t)$  имеют форму  $z^{\omega_j}(t)$ , если там заменить  $\omega_j$  на  $\nu_j$ .

Вопрос существования решения задачи 2 для уравнения (10) в области  $D$  эквивалентен вопросу разрешимости системы уравнений

$$\begin{aligned} z_k^{\nu_1}(x) &= \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} (z^{\omega_1}(t))' \frac{x}{t^2 - x^2} dt + \\ &+ \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} (z^{\omega_2}(t))' \frac{x}{t^2 + x^2} dt + \\ &+ \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} (z^{\omega_2}(t))' \bar{g}_{k0}(x, t) dt, \quad k\tau \leq x \leq (k+1)\tau, \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} z_l^{\nu_2}(y) &= \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} (z^{\omega_1}(t))' \frac{y}{t^2 - y^2} dt + \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} (z^{\omega_1}(t))' \frac{y}{t^2 + y^2} dt + \\ &+ \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} (z^{\omega_1}(t))' \bar{\alpha}_{0l}(y, t) dt, \quad lh \leq y \leq (l+1)h, \end{aligned} \quad (29)$$

$$z_k^{\omega_1}(k\tau) + z_k^{\omega_1}(x) - \int_{k\tau}^x z_k^{\nu_1}(\xi) d\xi = \bar{\Phi}_k(x),$$

$$k\tau \leq x \leq (k+1)\tau, \quad (30)$$

$$z_l^{\omega_2}(lh) + z_l^{\omega_2}(y) - \int_{lh}^y z_l^{\nu_2}(\xi) d\xi = \bar{K}_l(y),$$

$$lh \leq y \leq (l+1)h, \quad (31)$$

в которой соотношения (28)–(29) найдены с помощью условий (15) и решения задачи Дирихле (16)–(17) в области  $D_3$ , а равенства (30)–(31) – с помощью условий (12)–(13) и решений задач Коши (22)–(25) в областях  $D_j (j = 1, 2)$ .

При этом

$$\bar{g}_{k0}(x, t) = -\bar{g}_{k0}(x, t) - \frac{x}{x^2 + t^2}, \quad (32)$$

$$\bar{\alpha}_{0l}(y, t) = -\bar{\alpha}_{0l}(y, t) - \frac{y}{y^2 + t^2}, \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \bar{g}_{k0}(x, t) &= g_{k0}(x, t) - \sum_{m=1}^k \gamma_m H(x - m\tau) \cdot \\ &\cdot \left\{ \int_{(k-m)\tau}^{x-m\tau} \eta \left( (x - m\tau)^2 - \eta^2 \right)^{m-1} g_{(k-m)0}(\eta, t) d\eta + \right. \\ &\left. + \sum_{\theta=0}^{k-m-1} \int_{\theta\tau}^{(k-m-1)(\theta+1)\tau} \eta \left( (x - m\tau)^2 - \eta^2 \right)^{m-1} g_{\theta0}(\eta, t) d\eta \right\}, \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \bar{\alpha}_{0l}(y, t) &= \alpha_{0l}(y, t) - \sum_{n=1}^l \gamma_n H(y - nh) \cdot \\ &\cdot \left\{ \int_{(l-n)h}^{y-nh} \eta \left( (y - nh)^2 - \eta^2 \right)^{n-1} \alpha_{0(l-n)}(\eta, t) d\eta + \right. \\ &\left. + \sum_{\theta=0}^{l-n-1} \int_{\theta h}^{(l-n-1)(\theta+1)h} \eta \left( (y - nh)^2 - \eta^2 \right)^{n-1} \alpha_{\theta0}(\eta, t) d\eta \right\}, \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} g_{k0}(x, t) &= \left\{ \frac{\partial}{\partial y} \left[ \bar{M}(x, y, t) + \sum_{m=1}^k (-1)^m \gamma_m H(x - m\tau) \times \right. \right. \\ &\times \left. \left. \int_{x-m\tau}^{+\infty} \eta \left( \eta^2 - (x - m\tau)^2 \right)^{m-1} \bar{M}(\eta, y, t) d\eta \right] \right\}_{y=0}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{0l}(y, t) &= \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[ \bar{A}(x, y, t) + \sum_{n=1}^l (-1)^n \gamma_n H(y - nh) \times \right. \right. \\ &\times \left. \left. \int_{y-nh}^{+\infty} \eta \left( \eta^2 - (y - nh)^2 \right)^{n-1} \bar{A}(\eta, y, t) d\eta \right] \right\}_{x=0}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{M}(x, y, t) &= \frac{1}{2} \left[ \operatorname{arctg} \frac{t-y}{x} - \operatorname{arctg} \frac{t+y}{x} \right], \\ \bar{A}(x, y, t) &= \frac{1}{2} \left[ \operatorname{arctg} \frac{t-x}{y} - \operatorname{arctg} \frac{t+x}{y} \right], \\ \bar{\Phi}_k(x) &= 2\Phi\left(\frac{x+k\tau}{2}, r_k\left(\frac{x+k\tau}{2}\right)\right), \quad r_k(t) = k\tau - t, \quad (36)\end{aligned}$$

$$\bar{K}_l(y) = 2K\left(\frac{y+lh}{2}, r_l\left(\frac{y+lh}{2}\right)\right), \quad r_l(t) = lh - t, \quad (37)$$

а  $\Phi(t, r_k(t))$ ,  $K(t, r_l(t))$  имеют форму (34), (35), если там заменить  $g_{k0}(x, t)$  на  $\bar{\psi}_{1k}$  из (12),  $\alpha_{0l}(y, t)$  – на  $\bar{\psi}_{2l}$  из (13).

Функции  $\bar{\Phi}_k(x)$ ,  $\bar{K}_l(y)$  обладают свойствами функций  $\bar{\psi}_{1k}(x)$  и  $\bar{\psi}_{2l}(y)$  соответственно.

Из (28)–(31) в результате преобразований приходим к полной сингулярной интегральной системе уравнений

$$\begin{aligned}\mu_i(x) - \frac{2x}{\pi} \int_0^{+\infty} \mu_i(t) \left( \frac{1}{t^2 - x^2} - (-1)^i \frac{1}{t^2 + x^2} \right) dt &= \\ = R_i(x), \quad x > 0, \quad i = 1, 2,\end{aligned}\quad (38)$$

где

$$\begin{aligned}\mu_i(x) &= \rho_1(x) - (-1)^i \rho_2(x), \quad R \\ R_i(x) &= F_1(x) - (-1)^i F_2(x),\end{aligned}\quad (39)$$

$$\begin{aligned}\rho_1(x) &= \left\{ z_k^{\nu_1}(x) + \bar{\Phi}'_k(x) : k\tau \leq x \leq (k+1)\tau \right. \\ \left. \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \right\}\end{aligned}\quad (40)$$

$$\begin{aligned}\rho_2(x) &= \left\{ z_l^{\nu_2}(x) + \bar{K}'_l(x) : lh \leq x \leq (l+1)h \right. \\ \left. \quad (l = 0, 1, 2, \dots) \right\}\end{aligned}\quad (41)$$

$$\begin{aligned}F_1(x) &= \left\{ \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \rho_2(t) \bar{g}_{k0}(x, t) dt + \bar{\Phi}'_k(x), \quad k\tau \leq x \leq \right. \\ &\quad \left. \leq (k+1)\tau \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \right\},\end{aligned}\quad (42)$$

$$\begin{aligned}F_2(x) &= \left\{ \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \rho_1(t) \bar{\alpha}_{0l}(x, t) dt + \bar{K}'_l(x), \quad lh \leq x \leq \right. \\ &\quad \left. \leq (l+1)h \quad (l = 0, 1, 2, \dots) \right\}.\end{aligned}\quad (43)$$

Функции  $F_i(x)$  ( $i = 1, 2$ ) удовлетворяют условию Гельдера для любых конечных значений  $x \in [0, +\infty)$  и  $F_i(+\infty) = 0$ .

Решение каждого уравнения системы (38) найдено методом «сингуляризации» [5] в классе функций  $\mu_i(x)$ , исчезающих при  $x \rightarrow +\infty$  и имеющих при  $x = 0$  логарифмическую особенность. Оно имеет вид

$$\begin{aligned}\mu_i(x) &= \frac{1}{2} R_i(x) + \\ + \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} R_i(\tau) \left( \frac{\tau}{\tau^2 - x^2} - (-1)^i \frac{\tau}{\tau^2 + x^2} \right) d\tau, \quad x > 0, \quad i = 1, 2.\end{aligned}\quad (44)$$

Возвращаясь в (44) к старым переменным по формулам (39), (42)–(43), получим систему интегральных уравнений, которая в матричной форме представим равенством

$$\bar{\rho}(x) - \int_0^{+\infty} W(x, t) \bar{\rho}(t) dt = \bar{\gamma}(x), \quad (45)$$

где

$$\begin{aligned}\bar{\rho}(x) &= (\rho_1(x), \rho_2(x))^T, \quad \bar{\gamma}(x) = (\gamma_1(x), \gamma_2(x))^T, \\ W(x, t) &= \begin{pmatrix} W_{11}(x, t) & W_{12}(x, t) \\ W_{21}(x, t) & W_{22}(x, t) \end{pmatrix},\end{aligned}$$

если

$$\begin{aligned}W_{11}(x, t) &= \frac{2}{\pi^2} \int_0^{+\infty} \bar{\alpha}(\tau, t) \frac{\tau}{\tau^2 + x^2} d\tau, \\ W_{12}(x, t) &= \frac{1}{\pi} \bar{g}(x, t) + \frac{2}{\pi^2} \int_0^{+\infty} \bar{g}(\tau, t) \frac{\tau}{\tau^2 - x^2} d\tau, \\ W_{21}(x, t) &= \frac{1}{\pi} \bar{\alpha}(x, t) + \frac{2}{\pi^2} \int_0^{+\infty} \bar{\alpha}(\tau, t) \frac{\tau}{\tau^2 - x^2} d\tau, \\ W_{22}(x, t) &= \frac{2}{\pi^2} \int_0^{+\infty} \bar{g}(\tau, t) \frac{\tau}{\tau^2 + x^2} d\tau,\end{aligned}$$

$$\gamma_1(x) = \frac{1}{2} \bar{\Phi}'(x) + \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \bar{\Phi}'(\tau) \frac{\tau}{\tau^2 - x^2} d\tau +$$

$$+ \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \bar{K}'(\tau) \frac{\tau}{\tau^2 + x^2} d\tau,$$

$$\gamma_2(x) = \frac{1}{2} \bar{K}'(x) + \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \bar{K}'(\tau) \frac{\tau}{\tau^2 - x^2} d\tau +$$

$$+ \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \bar{\Phi}'(\tau) \frac{\tau}{\tau^2 + x^2} d\tau,$$

причем

$$\begin{aligned}\bar{\alpha}(x,t) &= \{\bar{\alpha}_{0l}(x,t) : lh \leq x \leq (l+1)h \ (l=0,1,2,\dots)\}, \\ \bar{g}(x,t) &= \{\bar{g}_{k0}(x,t) : k\tau \leq x \leq (k+1)\tau \ (k=0,1,2,\dots)\}, \\ \bar{\Phi}(x) &= \{\bar{\Phi}_k(x) : k\tau \leq x \leq (k+1)\tau \ (k=0,1,2,\dots)\}, \\ \bar{K}(x) &= \{\bar{K}_l(x) : lh \leq x \leq (l+1)h \ (l=0,1,2,\dots)\},\end{aligned}$$

а  $\bar{\alpha}_{0l}(x,t)$ ,  $\bar{g}_{k0}(x,t)$  и  $\bar{\Phi}_k(x)$ ,  $\bar{K}_l(x)$  определяются соответственно формулами (33), (32) и (36), (37).

Свободный член  $\bar{y}(x) \in C^1(0, +\infty)$  абсолютно интегрируем на  $[0, +\infty)$ , причем при  $x \rightarrow 0$  может иметь особенность порядка меньше единицы и  $\bar{y}(+\infty) = 0$ .

Ядро  $W(x,t) \in C^1(0 < x, t < +\infty)$  абсолютно интегрируемо на  $[0, +\infty) \times [0, +\infty)$ , а при  $x \rightarrow 0$  ( $t \rightarrow 0$ ) может иметь особенность порядка меньше единицы и  $W(+\infty, t) = W(x, +\infty) = 0$ .

Таким образом, уравнение (45) является уравнением Фредгольма, безусловная разрешимость которого в классе искомых решений вытекает из единственности решения задачи 2, поставленной для уравнения (10).

Если  $\rho_j(x) = \beta_j(x)$  ( $j=1, 2$ ) – решения уравнения (46), то на основании (40), (41) имеем

$$\begin{aligned}z_k^{v_1}(x) &= \bar{\beta}_1(x) \equiv \beta_1(x) - \bar{\Phi}'(x), \quad x > 0, \\ z_l^{v_2}(x) &= \bar{\beta}_2(x) \equiv \beta_2(x) - \bar{K}'(x), \quad x > 0,\end{aligned}$$

то есть

$$\begin{aligned}z_k^{v_1}(x) &= \bar{\beta}_{1k}(x) \equiv \beta_{1k}(x) - \bar{\Phi}'_{1k}(x), \quad k\tau \leq x \leq (k+1)\tau, \\ z_l^{v_2}(x) &= \bar{\beta}_{2l}(x) \equiv \beta_{2l}(x) - \bar{K}'_{2l}(x), \quad lh \leq x \leq (l+1)h.\end{aligned}$$

Таким образом, относительно функций  $v_1(x)$ ,  $v_2(y)$ , получили интегральные уравнения Вольтерра с запаздывающим аргументом с правыми частями  $\bar{\beta}_{1k}(x)$ ,  $\bar{\beta}_{2l}(y)$ , решения которых известны [6]. Они имеют форму (34), (35), если там заменить  $g_{k0}$  на  $\bar{\beta}_{1k}(x)$ , а  $\alpha_{0l}$  – на  $\bar{\beta}_{2l}(y)$ . В силу условий, накладываемых на функции  $\bar{\psi}_{1k}(x)$ ,  $\bar{\psi}_{2l}(y)$ , функции  $v_1(x)$ ,  $v_2(y)$ , непрерывно дифференцируемы на  $(0, +\infty)$ , абсолютно интегрируемы на  $[0, +\infty)$ , могут иметь особенность

в нуле порядка меньше единицы и  $v_i(+\infty) = 0$  ( $i=1, 2$ ).

Используя (30), (31), можно по  $z_k^{v_1}(x)$ ,  $z_l^{v_2}(y)$  найти  $z_k^{\omega_1}(x)$ ,  $z_l^{\omega_2}(y)$ , а следовательно, и  $\omega_1(x)$ ,  $\omega_2(y) \in C[0, +\infty) \cap C^2(0, +\infty)$ .

**Теорема доказана.**

## 2. Краевая задача для уравнения (9) в области $D$

Поскольку функция  $r(x, y)$  в (9) определяется единственным образом решением задачи Дирихле (16)–(17) в области  $D_3$  и решениями задач Коши (22), (24), (26) в области  $D_1$  и (23), (25), (27) – в  $D_2$ , то искомая функция  $u(x, y)$  задачи 1 находится в области  $D_1$  ( $D_2$ ), как решение задачи Гурса для уравнения (9) по условиям (3<sub>2</sub>), (5) ((4<sub>2</sub>), 6), а в области  $D_3$  – как решение задачи для уравнения (9) по условиям, в силу (7)–(8), полученным из решений задачи Гурса в областях  $D_1$ ,  $D_2$  на линиях  $y=0$ ,  $x=0$ .

**Лемма 6.** Если  $\delta_{1k}(x) \in C[k\tau, (2k+1)\tau/2] \cap C^2(k\tau, (2k+1)\tau/2)$ ,  $\varphi_{1k}(x) \in C[(2k+1)\tau/2, (k+1)\tau] \cap C^2((2k+1)\tau/2, (k+1)\tau) \delta_{1k}((2k+1)\tau/2) = \varphi_{1k}((2k+1)\tau/2)$ ,  $\varphi_{1k}((k+1)\tau) = \delta_{1(k+1)}((k+1)\tau)$ ,

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \max_{x \in [k\tau, (2k+1)\tau/2]} |\delta_{1k}(x)| = 0, \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \max_{x \in [(2k+1)\tau/2, (k+1)\tau]} |\varphi_{1k}(x)| = 0,$$

то решение задачи Гурса  $u(x, y) \in C(\bar{D}_1) \cap C^2(D_1)$

в области  $D_1$  для уравнения (9) при условиях (3<sub>2</sub>), (5) существует единствено и имеет вид

$$u(x, y) = \{u_k^1(x, y) : (x, y) \in \bar{D}_{1k} \ (k=0, 1, 2, \dots)\}, \quad (46)$$

где

$$\begin{aligned}u_k^1(x, y) &= \varphi_{1k} \left( \frac{x+y+(k+1)\tau}{2} \right) + \delta_{1k} \left( \frac{x-y+k\tau}{2} \right) - \\ &- \delta_{1k}((2k+1)\tau/2) + \frac{1}{2} \int_0^{t/2} dt \int_{k\tau}^{(k+1)\tau} r(\xi, t) d\xi - \\ &- \frac{1}{2} \int_0^{x+y-(k+1)\tau} dt \int_{x+(y-t)}^{(k+1)\tau} r(\xi, t) d\xi - \frac{1}{2} \int_0^2 dt \int_{k\tau-t}^{x-(y-t)} r(\xi, t) d\xi + \\ &+ \frac{1}{2} \int_0^y dt \int_{x+(y-t)}^{x-(y-t)} r(\xi, t) d\xi, \quad (x, y) \in \bar{D}_{1k}.\end{aligned}$$

**Лемма 7.** Если  $\delta_{2l}(y) \in C[lh, (2l+1)h/2] \cap C^2(lh, (2l+1)h/2)$ ,  $\varphi_{2l}(y) \in C[(2l+1)h/2, (l+1)h] \cap C^2((2l+1)h/2, (l+1)h)$ ,  $\delta_{2l}((2l+1)h/2) = \varphi_{2l}((2l+1)h/2)$ ,  $\varphi_{2l}((l+1)h) = \delta_{2(l+1)}((l+1)h)$ ,

$$\lim_{l \rightarrow +\infty} \max_{y \in [lh, (2l+1)h/2]} |\delta_{2l}(y)| = 0, \quad \lim_{l \rightarrow +\infty} \max_{y \in [(2l+1)h/2, (l+1)h]} |\varphi_{2l}(y)| = 0,$$

то решение задачи Гурса  $u(x, y) \in C(\bar{D}_2) \cap C^2(D_2)$  в области  $D_2$  для уравнения (9) при условиях (4), (6) существует единствено и имеет вид

$$u(x, y) = \{u_l^2(x, y) : (x, y) \in \bar{D}_{2l} (l = 0, 1, 2, \dots)\}, \quad (47)$$

где

$$\begin{aligned} u_l^2(x, y) &= \varphi_{2l}\left(\frac{x+y+(l+1)\tau}{2}\right) + \delta_{2l}\left(\frac{y-x+lh}{2}\right) - \\ &- \delta_{2l}((2l+1)h/2) - \frac{1}{2} \int_0^{-h/2} dt \int_{lh-t}^{(l+1)h+t} r(t, \xi) d\xi + \\ &+ \frac{1}{2} \int_0^{\frac{x+y-(l+1)h}{2}} dt \int_{y+(x-t)}^{(l+1)h+t} r(t, \xi) d\xi + \frac{1}{2} \int_0^{\frac{lh-(y-x)}{2}} dt \int_{lh-t}^{y-(x-t)} r(t, \xi) d\xi - \\ &- \frac{1}{2} \int_0^x dt \int_{y+(x-t)}^{y-(x-t)} r(t, \xi) d\xi, \quad (x, y) \in \bar{D}_{2l}. \end{aligned}$$

Единственное решение  $u(x, y) \in C(\bar{D}_3) \cap C^2(D_3)$  уравнения (9) в области  $D_3$ , удовлетворяющее, в силу (7)–(8), условиям

$$\begin{aligned} u(0, y) &= a(y), \quad y \geq 0; \quad u_x(0, y) = c(y), \quad y > 0; \\ u(x, 0) &= b(x), \quad x \geq 0; \quad u_y(x, 0) = d(x), \quad x > 0; \end{aligned}$$

где  $a(y), c(y)$  найдены из (47),  $b(x), d(x)$  – из (46), известно [7, с. 83] и имеет вид

$$\begin{aligned} u(x, y) &= \int_0^{\min(x, y)} ds \int_0^{x-s} r(x-s-t, y-s+t) dt + \\ &+ \int_0^{\min(x, y)} c(x+y-2s) ds + \frac{1}{2} a(x+y) + \\ &+ \begin{cases} \frac{1}{2} a(y-x), & x < y, \\ b(x-y) - \frac{1}{2} a(x-y), & x > y, \end{cases} \end{aligned}$$

причем одна из четырех функций  $a, b, c, d$ , определяется остальными, так как имеет место равенство

$$\int_0^x v(x-s, s) ds + c(x) - d(x) + \frac{\partial}{\partial x} (a(x) - b(x)) = 0.$$

Таким образом, существование и единственность решения задачи 1 доказаны.

### Библиографический список

1. Зарубин А.Н. Уравнения смешанного типа с запаздывающим аргументом [Текст]: Учебное пособие / А.Н. Зарубин. – Орел: ОГУ, 1997. – 225 с.
2. Зарубин А.Н. Решение задачи Трикоми для дифференциально-разностного уравнения Лаврентьева–Бицадзе в неограниченной области [Текст] / А.Н. Зарубин // Сборник трудов Международной научной конференции «Дифференциальные уравнения и их приложения». – Самара, 26–31 мая 2002 г. – С. 129–135.
3. Зарубин А.Н. Начально-краевая задача для дифференциально-разностного уравнения Трикоми в неограниченной области [Текст] / А.Н. Зарубин // Дифференциальные уравнения, 2003. – № 5. – Т. 39. – С. 715–717.
4. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления [Текст]: В 3 т. Т. II / Г.М. Фихтенгольц. 8-е изд., пред. и прим. А.А. Флоринского. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 864 с.
5. Флайшер Н.М. Новый метод решения в замкнутой форме для некоторых классов сингулярных интегральных уравнений с регулярной частью [Текст] / Н.М. Флайшер // Revue Roumaine de mathématiques pures et appliquées, 1965. – Т. 10. – Вып. 5. – С. 615–620.
6. Зарубин А.Н. Интегральные преобразования теории дифференциально-разностных уравнений смешанного типа [Текст] / А.Н. Зарубин // Дифференциальные уравнения. – 1999. – № 8. – Т. 35. – С. 1135–1136.
7. Диткин В.А. Операционное исчисление по двум переменным и его приложения [Текст] / В.А. Диткин, А.П. Прудников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 1958. – 178 с.

O.V. LASHTABEGA, A.N. ZARUBIN

INITIAL-BOUNDARY VALUE PROBLEM MIXED-COMPOSITE  
EQUATION 4-TH ORDER WITH RETARDED ARGUMENT

*In work the boundary value problem for differential-difference equations of a mixed-compound type of the 4-th order with two perpendicular lines of parabolic extinction and late arguments on both independent variables is researched.*

*Key words:* Boundary-value problem, line of extinction, mixed-composite type, retarded argument.



**Д.Н. НИКОЛЬСКИЙ**, кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры информатики, докторант

Орловского государственного университета

Тел.: (4862) 76-49-62 (раб.), (4862) 73-47-95 (дом.); nikolskydn@mail.ru

**В.С. НОВИКОВ**, кандидат педагогических наук,  
доцент кафедры информатики

Орловского государственного университета

Тел.: (4862) 76-49-62 (раб.), (4862) 74-58-40 (дом.); novikovs@univ-orel.ru

## АЛГОРИТМ СМЕЩЕНИЯ ПЛОСКОЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ЖИДКОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

*В рамках модели «разноцветных» жидкостей решается задача о распространении загрязнения от источника в грунте, ограниченном непроницаемой породой. Граница раздела непроницаемой породы моделируется произвольной кусочно-гладкой кривой. Положение точек относительно границы определяется методом трассировки лучей.*

*Ключевые слова:* эволюция границы раздела жидкостей, метод дискретных особенностей, метод трассировки лучей.

### 1. Основные уравнения

Рассмотрим плоскую линейную фильтрацию в однородной пористой среде. Область протекания процесса  $D$  ограничена непроницаемой линией  $L$ . Течение возмущается источником загрязнения, расположенным в точке  $M_i$ . Загрязнение распространяется от этого источника, его границу в момент времени  $t$  обозначим  $\Gamma_t$ . Полагаем, что распространение загрязнения описывается в рамках модели «разноцветных» жидкостей.

Из закона Дарси  $\vec{v} = -grad p$  и уравнения неразрывности  $div \vec{v} = 0$  следует уравнение Лапласа [1]:

$$\Delta \varphi = 0, \quad \varphi = -p, \quad D/L. \quad (1)$$

Здесь  $\vec{v} = grad \varphi$  – скорость фильтрации,  $\varphi$  – потенциал скорости фильтрации,  $p$  – давление.

На непроницаемой границе  $L$  выполняется физическое условие непротекания

$$v_n^+ = 0,$$

которое для потенциала скорости фильтрации  $\varphi$  примет вид:

$$\left( \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right)^+ = 0. \quad (2)$$

Используя связь физической скорости  $\frac{d\vec{r}}{dt}$  со скоростью фильтрации  $\vec{v}$ , выпишем уравнение движения границы раздела жидкостей  $\Gamma_t$ :

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v} \text{ на } \Gamma_t. \quad (3)$$

Начальное положение этой границы известно:

$$\vec{r}(M, 0) = \vec{r}_0(\xi), \xi - \text{параметр}. \quad (4)$$

Таким образом, для решения задачи об эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей  $\Gamma_t$  в грунте, ограниченном непроницаемой кривой  $L$ , необходимо решить задачу Неймана (1)–(2) и вычислить скорость фильтрации  $\vec{v}$ . Затем решить задачу Коши (3)–(4).

Решение задачи Неймана (1)–(2) представим в интегральном виде [2]:

$$\varphi = \varphi_0 + G_L g, \quad (5)$$

где  $\varphi_0 = \frac{q}{2\pi} \ln r_{M,M}$  – потенциал источника,

$G_L g = \int_L g(N) \frac{\partial \Phi_1(M, N)}{\partial \vec{n}} d\vec{l}_N$  – оператор потенциала двойного слоя, распределенного по границе  $L$ ,

с плотностью  $g$ ,  $\Phi_1 = -\frac{1}{2\pi} \ln r_{NM}$  – потенциал нормированного стока с полной мощностью, равной –1.

Потенциал (5) удовлетворяет уравнению (1). Подставляя (5) в граничное условие (2) и учитывая известные свойства потенциала двойного слоя, получим гиперсингулярное интегральное уравнение

$$\left( \tilde{\vec{V}}_L g, \vec{n} \right) = -(\vec{v}_0, \vec{n}), \quad (6)$$

где  $\tilde{\vec{V}}_L$  – прямое значение оператора  $\vec{V}_L g = \text{grad}G_L g$  скорости потенциала двойного слоя на границе  $L$ ,  $\vec{v}_0 = \text{grad}\varphi_0$  – скорость источника,  $(,)$  – скалярное произведение.

С учетом (5) дифференциальное уравнение движения границы  $\Gamma_t$  примет вид:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}_0 + \tilde{\vec{V}}_L g \text{ на } \Gamma_t. \quad (7)$$

Начальное условие (4) при этом не изменится.

В итоге для решения задачи об эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей  $\Gamma_t$  в грунте, ограниченном непроницаемой кривой  $L$ , необходимо решить гиперсингулярное интегральное уравнение (6) совместно с дифференциальным уравнением (7) при заданном начальном условии (4).

## 2. Дискретная схема

Границы  $L$  и  $\Gamma_t$  зададим множеством точек. Дискретизацию сингулярного интеграла выполним методом дискретных вихревых пар [2], а дискретизацию дифференциального уравнения – методом Эйлера первого порядка [3]. В итоге получим систему линейных алгебраических уравнений и разностное выражение для вычисления элементарных смещений подвижной границы:

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{n_L} g_k (V_{2n,m,k+1} - V_{2n,m,k-1}) &= -v_{0n,m} \quad m = \overline{0, n_L - 1}, \\ \sum_{k=0}^{n_L} g_k &= 0, \\ \frac{\Delta \vec{r}_m^j}{\Delta t_j} &= \vec{v}_{0m}^j + \sum_{k=0}^{n_t} (\tilde{V}_{2\varepsilon m,k+1} - \tilde{V}_{2\varepsilon m,k+1}) g_k, \quad m = \overline{0, n_t - 1}, \\ \vec{r}_m^0, \quad m &= \overline{0, n_t - 1}, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\tilde{V}_{2\varepsilon} = \theta(r_\varepsilon) \vec{V}_2$ ,  $\theta$  – регуляризирующая функция [3]. В связи с необходимостью вычисления скорости смещения границы раздела жидкостей  $\Gamma_t$  вблизи сингулярной границы  $L$  используется сглаженное представление ядра сингулярного интеграла из дифференциального уравнения движения. Такая схема подробно исследована в [5]. В последнем уравнении из системы линейных алгебраических уравнений (8) учтено, что граница  $L$  представлена отрезками равной длины. Это разбиение выполнено с использованием алгоритма представления опорных точек линейными сплайнами и последующего переразбиения границы на равные по длине части [6].

При решении системы (8) вследствие погрешности численной схемы расчет смещения точек границы раздела жидкостей вблизи границы  $L$  может быть неустойчивым. Поэтому необходимо отслеживать местоположение точек подвижной границы  $\Gamma_t$  относительно непроницаемой границы  $L$ . Точки границы  $\Gamma_t$  должны находиться вне границы  $L$  на расстоянии, превышающем некоторое малое расстояние  $\delta$ , соизмеримое по порядку величины с шагом разбиения сингулярной границы  $L$ . Последнее реализуется в алгоритме определения положения точки.

### 3. Алгоритм определения положения точки

Для определения положения точки можно воспользоваться методами триангуляции и трассировки лучей [7]. Первый метод требует разбивки области ограниченной кривой на треугольные области и последовательной проверки принадлежности точки одному из треугольников. Выполняется проверка для всех вариантов разбиения области на треугольники до установления факта принадлежности точки треугольнику. Вывод можно сделать только в том случае, если рассмотрены все варианты разбиения области, что свидетельствует о трудоемкости  $O(n^2)$ . Имеются также другие варианты данного алгоритма, отличающиеся способом разбивки области на треугольники и сравнения площадей. Во всех случаях алгоритм требует выполнения большого количества операций с плавающей арифметикой и, как следствие, значительного времени работы. По этой причине мы имеем все основания воспользоваться алгоритмом трассировки лучей.

Алгоритм трассировки лучей основывается на следующей идеи. Если выпустить из проверяемой точки луч, то он должен пересечь ребра области, ограниченной многоугольником, четное количество раз, если точка расположена снаружи, и нечетное, если – внутри.

Таким образом, для решения первой половины задачи требуется выбрать направление луча и обойти все ребра многоугольника, проверяя их на предмет пересечения с лучом. При этом взаимное расположение луча и ребра надо определять достаточно точно и делать правильные выводы. Ребра следует рассматривать как касательные, пересекаемые и лежащие в стороне. При обнаружении касательного ребра делаем вывод, что точка лежит на границе области. Если встретили пересекаемое лучом ребро, рассматриваем особые случаи, связанные с возможностью прохождения луча через точки соединения граней многоугольника. Для этого необходимо классифицировать положение проверяемой точки относительно ребра. Точка может быть расположена слева, справа от ребра, может лежать как на самом ребре, так и на прямой, являющейся его продолжением. Нас интересует только ситуация расположения точки слева и справа от ребра для проверки пересечения

с ним луча. Ребро считается пересекаемым выбранным нами горизонтальным лучом, если его конечные точки расположены выше и ниже нашей проверяемой точки. В этом случае гарантируется, что ребро не располагается горизонтально и луч пересекает его в некоторой точке, кроме конечной точки ребра. Исключение конечной точки гарантирует корректную обработку ситуации, когда луч проходит через вершину угла, образуемого ребрами.

Реализация алгоритма трассировки луча заключается в следующем. Для каждого ребра вычисляем площадь параллелограмма, образованного ребром и вектором, направленным из начала ребра в проверяемую точку, и определяем ее знак. Знак будет положителен, если проверяемая точка образует вектор слева от вектора, проведенного в направлении ребра многоугольника.

Таким образом, проверяя данный параметр на неравенство нулю, можно отследить ситуацию, когда точка располагается не на прямой, проходящей через ребро, а рядом. В этом случае проверяем факт пересечения ребра с лучом в точке, отличной от конечной. Если пересечение имеет место, тогда увеличиваем счетчик пересекаемых ребер.

Если проверяемая точка расположена на ребре, что проверяется дальше, то устанавливаем счетчик в единицу и прекращаем работу данного этапа. По смыслу работы функции нечетное число говорит о пребывании точки внутри или на границе области многоугольника.

Если было установлено, что точка расположена вне многоугольной области, необходимо переходить к решению второй половины задачи – определению расстояния от проверяемой точки до границы многоугольника. По условию задачи требуется, чтобы точка была расположена не ближе некоторого расстояния  $\delta$ .

Расстояние от точки до многоугольной области можно определить как наименьшее из расстояний до ребер многоугольника, ограничивающего данную область. Расстояние от точки до отрезка определяется как длина перпендикуляра к отрезку, опущенного из точки. Это возможно только в том случае, когда имеется проекция точки на ребро. Если проекции нет, тогда за расстояние принимаем расстояние от проверяемой точки до точки начала ребра.

Для каждого ребра выполняем определение расстояния от точки до прямой, проходящей через данное ребро. Если расстояние положительное, следовательно, точка расположена левее ребра и при обходе многоугольника по часовой стрелке будет являться внешней, тогда начинаем работать с данным расстоянием. Затем проверяем наличие проекции точки на данное ребро. При наличии проекции в качестве расстояния рассматриваем дистанцию от точки до прямой. Если проекции нет, то в качестве расстояния берем длину вектора, проведенного от точки начала ребра до проверяемой точки.

В итоге получаем переменную, хранящую количество пересекаемых лучом ребер, и переменную с минимальным из расстояний от точки до ребер многоугольника. Очевидно, что в том случае, если луч пересек четное количество ребер и расстояние не меньше минимального значения отступа от границы  $\delta$ , проверяемая точка удовлетворяет требуемым условиям.

#### 4. Апробация

Исследуем поле направлений и процесс эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей  $\Gamma$ , вблизи непроницаемой границы  $L$  сложной конфигурации. Вначале построим поле направлений. Так, на рисунке 1 представлено поле направлений, которое получено путем решения системы линейных алгебраических уравнений из (8), без отслеживания положения точек относительно границы  $L$ . Анализируя этот рисунок, видим, что внутри границы  $L$  и вблизи границы  $L$  векторы направлений не имеют физического смысла. Отсутствие физического смысла проявляется в следующем: во-первых, внутри границы  $L$  поле должно отсутствовать, во-вторых, на границе  $L$  присутствуют векторы, имеющие нормальную составляющую скорости фильтрации (что противоречит граничному условию (2)). Последнее связано с резким возрастанием погрешности численных расчетов при приближении к сингулярной кривой  $L$ .

При выполнении расчетов с использованием алгоритма отслеживания положения расчетных точек относительно сингулярной кривой  $L$  ситуация изменяется. На рисунке 2 представлен такой расчет при параметре  $\delta = 0,05$ . Анализируя этот

рисунок, видим, что на нем нет векторов, которые противоречат физическому смыслу. Эволюция границы  $\Gamma$ , вблизи кривой  $L$  представлена на рисунке 3.

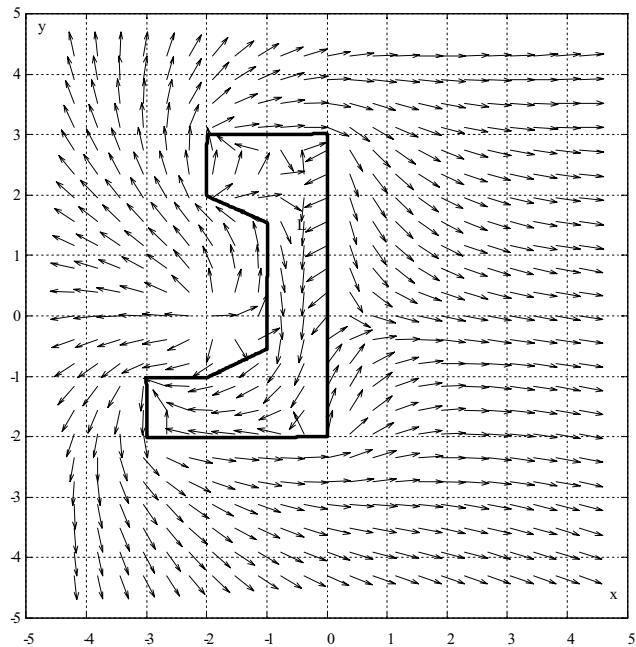


Рис. 1. Поле направлений без использования алгоритма определения положения.

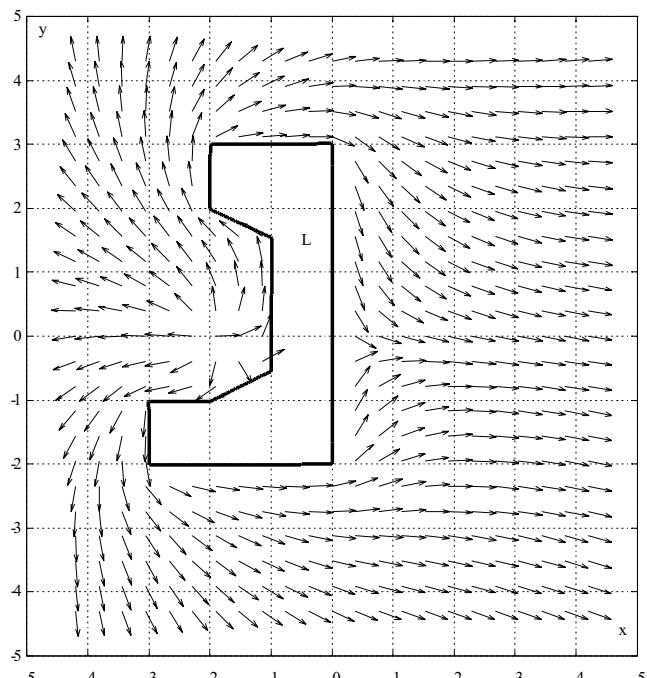
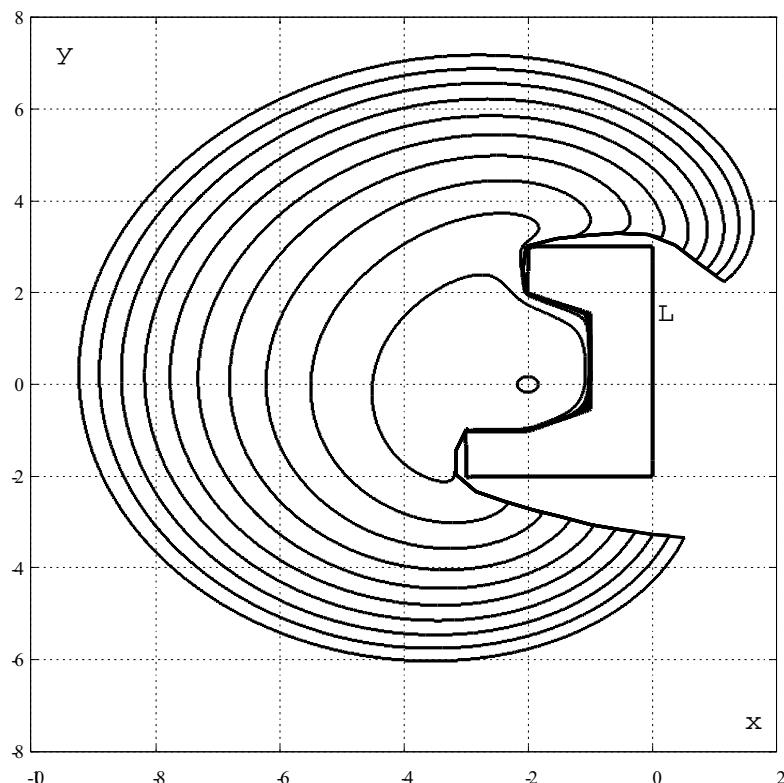


Рис. 2. Поле направлений с использованием алгоритма определения положения.

Рис. 3. Процесс эволюции границы  $\Gamma_t$ .**Библиографический список**

1. Голубева О.В. Курс механики сплошных сред. – М.: Москва, 1971. – 368 с.
2. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент (в математической физике, аэродинамике, теории упругости и дифракции волн). – М.: ТОО «Янус», 1995. – 520 с.
3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 636 с.
4. 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.
5. Никольский Д.Н. Регуляризация дискретной схемы для плоской задачи эволюции границы раздела различных жидкостей// Вычислительные технологии. – 2010. – Т. 15. – № 1. – С. 98–104.
6. Никольский Д.Н. Численное моделирование и разработка программного обеспечения задач эволюции границы раздела жидкостей в курсе «Математическое моделирование в физике». Учебно-методическое пособие для студентов и аспирантов. – Орёл: ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2006. – 44 с.
7. Майкл Ласло. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++. Пер. с англ. – М.: Издательство «Бином», 1997. – 304 с.

**D.N. NICOLSKY, V.S. NOVIKOV**

**THE SHIFT'S OF THE PLANAR BOUNDARY BETWEEN FLUIDS ALGORITHM TO  
RESOLVE PROBLEMS WITH COMPLEX GEOMETRY**

*In this article In the framework of the «colored» fluid is solved the problem propagation of contamination in soil bounded by impermeable rock from the source. The border of split impermeable rock is modeled by arbitrary piecewise smooth curve. The position of points on the boundary is determined by the ray tracing method.*

*Key words:* *evolution of the border of split of fluids, the discrete singularities method, the ray tracing method.*

**В.Д. СЕЛЮТИН**, доктор педагогических наук, профессор,  
заведующий кафедрой алгебры и математических методов в экономике  
Орловского государственного университета  
Tel. 8 919 267 81 54; selutin\_v\_d@mail.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В статье рассматривается теоретико-вероятностный подход к построению математического инструментария количественного анализа процесса управления риском экономической несостоятельности производственного предприятия.*

*Ключевые слова:* риск экономической несостоятельности, количественный инструментарий риск-менеджмента, модель собственного риска, модель привнесенного риска.

Во многих исследованиях, посвященных проблемам риск-менеджмента банкротства, отмечается, что управление этим риском целесообразно проводить на ранних стадиях формирования кризисных ситуаций, связанных с финансовыми потоками предприятия. В связи с этим, по мнению автора, в подобных ситуациях следует говорить не о риске банкротства, а о риске экономической несостоятельности.

Непосредственно исследованию проблемы управления риском экономической несостоятельности производственных предприятий посвящены работы А.Б. Секерина, В.Г. Шуметова, Г.В. Королева [3–5], в которых излагаются общие концептуальные схемы анализа и управления этим риском, а также разрабатывается соответствующий математический инструментарий риск-менеджмента, основанный на использовании методов экспертной оценки. Известным недостатком данного инструментария, по мнению автора, является то обстоятельство, что при изменении условий или значений некоторых параметров антирисковой программы, например объема финансирования, возникает необходимость в повторном получении экспертной информации.

Для устранения указанного недостатка в статье излагается иной подход к построению моделей риск-менеджмента экономической несостоятельности, основанный на идеи аппроксимации качественных зависимостей аналитическими выражениями.

Прежде чем перейти к рассмотрению предлагаемого математического инструментария риск-менеджмента, дадим описание механизма формирования риска экономической несостоятельности, необходимое для дальнейшего понимания излагаемого материала [4].

Производственно-технологическую структуру предприятия условно можно представить в виде совокупности технологических цепочек, состоящих из соединенных между собой производственных звеньев. Риск экономической несостоятельности формируется в основном за счет двух групп причин, связанных с деятельностью каждого звена.

Первая группа причин связывается с возможностью неполной ресурсной обеспеченности деятельности звена. Данной группой причин, управление и противодействие которым не предусматривается в рамках системы управления звеном, обуславливается уровень привнесенного риска звена.

Вторая группа причин, управление которыми входит в обязанности менеджеров звена, связана с возможностью невыполнения звеном производственного задания даже при условии его обеспеченности всеми необходимыми ресурсами. При этом формируется дополнительный риск, который будем называть собственным риском звена.

Исходя из данного разделения уровней привнесенного и собственного риска отдельного звена, механизм формирования риска экономической несостоительности описывается следующим образом.

Исходное ресурсное обеспечение деятельности начальных звеньев технологических цепочек осуществляется с некоторым уровнем привнесенного риска  $R^1$  (в общем случае каждому начальному звену соответствует свой уровень привнесенного риска). В ходе преобразования внутри производственных звеньев материально-денежных потоков происходит постоянное увеличение этого уровня риска за счет уровня собственного риска  $R^2$  каждого звена. Генерация конечного денежного потока, используемого для восполнения источников финансирования, происходит на заключительном этапе, т.е. с максимальным уровнем риска. Именно этот уровень риска можно принять за уровень риска экономической несостоительности.

Из приведенного описания механизма формирования риска экономической несостоительности следует, что уровень этого риска является агрегированной величиной, зависящей от уровней привнесенного и собственного риска каждого звена, входящего в производственно-технологическую структуру предприятия. Следовательно, на этапе анализа риска необходимо получить оценки уровней привнесенного и собственного риска каждого звена и сформировать на их основе агрегированную оценку уровня риска экономической несостоительности. Управление риском экономической несостоительности сводится прежде всего к управлению собственным риском звена, поскольку

управление уровнем привнесенного риска, согласно определению, в рамках звена ограничено. Тогда на этапе управления необходимо получить оценки уровней собственного риска производственных звеньев с учетом антирисковых мероприятий, а также оценить экономический эффект от проведения этих мероприятий.

Перейдем к построению моделей количественного анализа этапов управления риском экономической несостоительности. Как уже упоминалось выше, для их построения предлагается использовать аппарат теории вероятностей и математической статистики.

Количественной оценкой уровня риска по отношению к показателю  $X$  будем называть ожидаемое значение потерь по отношению к плановому значению  $X^0$  показателя

$$R_X = E((X^0 - X)/X^0).$$

Здесь и далее полагается, что уровень риска меняется от 0 до 1, т.е.  $0 \leq R_X \leq 1$ . Соответственно количественной оценкой уровня риска экономической несостоительности, формируемого в ходе предстоящего производственного цикла, будем называть величину

$$R_V = E((V^0 - V)/V^0),$$

где  $V^0$  – планируемый объем выручки от реализации продукции, а  $V$  – возможное значение этого объема, рассматриваемое как случайная величина. Поскольку, как отмечалось выше, уровень риска экономической несостоительности зависит от уровней привнесенного и собственного риска каждого производственного звена, то следует рассмотреть вначале модели оценки этих уровней риска.

Уровень привнесенного риска  $R^1$  зависит от величины потерь звена, обусловленных прежде всего возможной ресурсной необеспеченностью. Следовательно, необходимо оценить объем продукции, производимой звеном в зависимости от возможной ресурсной необеспеченности.

Пусть  $Y$  – основной показатель для оценки деятельности звена, например, стоимость производимой продукции;  $Y^0$  – плановое значение показателя;  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – объемы используемых ресурсов, рассматриваемые как случайные величины;  $X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0$  – плановые значения объемов ис-

пользуемых ресурсов, необходимых для достижения планового значения показателя  $Y^0$ .

Будем считать, что объем выпуска продукции данного звена  $Y$  определяется производственной функцией Леонтьева [2]:

$$Y = \min(X_1/a_1, X_2/a_2, \dots, X_n/a_n).$$

Здесь  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – технологические коэффициенты, определяющие нормы расходов ресурсов на единицу продукции. Основанием для данного предположения является то обстоятельство, что данная функция предназначена для моделирования строго детерминированных технологий, не допускающих отклонений от технологических норм использования ресурсов на единицу продукции, и описания мелкомасштабных производственных объектов. В этом случае для оценки уровня привнесенного риска звена [7] используется формула:

$$\begin{aligned} R^1 &= E(1 - Y/Y^0) = \\ &= E(1 - \min(X_1/X_1^0, X_2/X_2^0, \dots, X_n/X_n^0)). \end{aligned}$$

Уровень собственного риска  $R^2$  определяется относительным расхождением между плановым и возможным значениями выходного потока звена при том условии, что входной поток в точности равен плановому значению. Данное расхождение обусловлено наличием в деятельности звена факторов риска, проявление которых приводит к возникновению негативных последствий. С каждым из факторов риска связывается некоторая величина ущерба (потерь). Объем потерь звена в предстоящем производственном цикле в основном зависит от интенсивности проявления факторов риска. При этом интенсивность проявления фактора риска рассматривается как случайная величина с неизвестным законом распределения. Тогда уровень собственного риска [7] определяется ожидаемой величиной относительных потерь

$$R^2 = \frac{1}{S^0} \sum_{j=1}^k \frac{\Delta_j}{0.9} \sum_{i=1}^m w_{ij} \sum_{l_\eta \in I} l_\eta q_{l_\eta}^i. \quad (1)$$

Здесь  $S^0$  – плановая стоимостная оценка выходного материально-денежного потока звена,  $\Delta_j$  – экспертная оценка величины абсолютных потерь (тяжести)  $j$ -го последствия,  $w_{ij}$  – степень влияния фактора риска  $F_i$  на формирование тяжести  $j$ -го последствия,  $l_\eta$  – значение интенсивности,  $q_{l_\eta}^i$  – вероятность проявления фактора риска  $F_i$  со значением интенсивности, в точности равным  $l_\eta$ ,  $I = \{0.0, 0.1, 0.29, 0.5, 0.72, 0.9\}$  – множество значений интенсивности, определенных в соответствии со шкалой Харрингтона,  $k$  и  $m$  – число негативных последствий и факторов риска звена,  $\eta = 0, 1, \dots, 5$ .

Для отдельного производственного звена уровня привнесенного и собственного риска составляют уровень риска  $R^3$  потерь этого звена, который определяется выражением

$$R^3 = 1 - (1 - R^1)(1 - R^2). \quad (2)$$

Найдем теперь вид зависимости между уровнем риска экономической несостоятельности предприятия и уровнями привнесенного и собственного рисков производственных звеньев. Естественно предположить, что вид этой зависимости определяется структурой существующих между звеньями производственных связей. Рассмотрим наиболее типичные производственно-технологические структуры предприятия, состоящие из:

- 1) единственной однопродуктовой технологической цепочки, звенья которой соединены последовательно;
- 2) множества технологических цепочек, между звеньями которых существуют производственные связи.

Определим вид зависимости для оценки уровня риска экономической несостоятельности в случае, если производственно-технологическая структура предприятия состоит из единственной однопродуктовой последовательной цепочки (рис. 1).

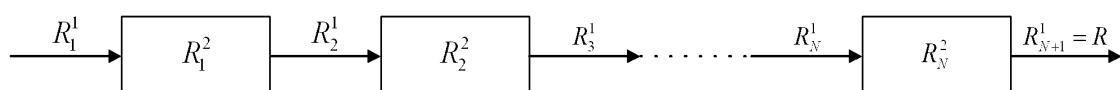


Рис. 1. Схема последовательной технологической цепочки

Здесь предполагается, что технологическая цепочка состоит из  $N$  последовательно соединенных производственных звеньев. При этом  $i$ -е производственное звено характеризуется уровнем привнесенного риска  $R_i^1$ , уровнем собственного риска  $R_i^2$  и уровнем риска потерь  $R_{i+1}^1$ , который одновременно является уровнем привнесенного риска для  $(i+1)$ -го звена, где  $i = 1, 2, \dots, N$ . При этом уровень риска экономической несостоительности  $R$  равен уровню риска потерь  $R_{N+1}^1$ , генерируемому заключительным звеном. Тогда на основе выражения (2) справедливы соотношения:

$$R_{i+1}^1 = 1 - (1 - R_i^1)(1 - R_i^2), \quad i = 1, 2, \dots, N-1, \quad (3)$$

$$R = 1 - (1 - R_N^1)(1 - R_N^2). \quad (4)$$

Подставляя последовательно выражение (3) в (4), получим следующую формулу для оценки уровня риска экономической несостоительности:

$$R = 1 - (1 - R_1^1) \prod_{i=1}^N (1 - R_i^2). \quad (5)$$

Итак, если производственно-технологическая структура предприятия состоит из единственной однопродуктовой технологической цепочки, звенья которой соединены последовательно, то уровень

риска экономической несостоительности в предстоящем производственном цикле рассчитывается по формуле (5).

Рассмотрим теперь модель оценки уровня риска экономической несостоительности предприятия с разветвленной производственно-технологической структурой. Данная структура характеризуется следующими признаками:

1) совокупностью связанных между собой технологических цепочек;

2) множеством производственных циклов с различной продолжительностью;

3) входной материально-денежный поток звена формируется выходными потоками, генерируемыми как предшествующими звеньями в данной цепочке, так и звеньями из других технологических цепочек.

С учетом выделенных особенностей перейдем к рассмотрению модели оценки уровня риска экономической несостоительности.

Пусть предприятие выпускает  $Q$  видов продукции. Тогда производственно-технологическую структуру условно можно представить в виде совокупности из  $Q$  однопродуктовых последовательных технологических цепочек. На рисунке 2 представлена типичная схема подобной цепочки.

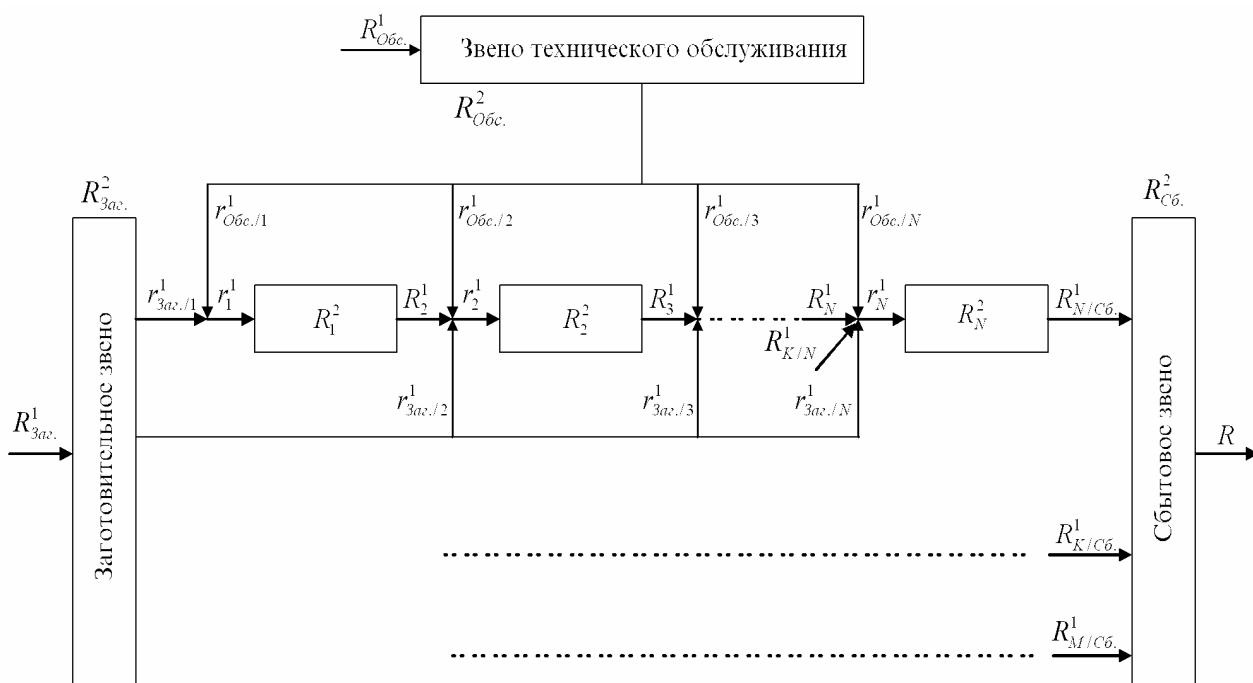


Рис. 2. Схема однопродуктовой цепочки, входящей в разветвленную производственно-технологическую структуру

На данном рисунке предполагается, что технологическая цепочка состоит из  $N$  производственных звеньев. Дополнительно с каждым производственным звеном связаны уровни привнесенного риска  $r_{3a\cdot/k}^1$  и  $r_{O\cdot b\cdot/k}^1$ , генерируемого заготовительным звеном и звеном технического обслуживания,  $k = 1, 2, \dots, N$ . Также с некоторыми звеньями данной цепочки могут быть связаны уровни привнесенных рисков, генерируемых деятельностью звеньев других технологических цепочек. В данном случае таким уровнем риска является  $R_{K/N}^1$ . Уровень риска потерь данной цепочки  $R_{N/C\cdot}^1$ , как и другие уровни рисков  $R_{K/C\cdot}^1$  и  $R_{M/C\cdot}^1$ , является уровнем привнесенного риска для сбытового звена, занимающегося реализацией готовой продукции. Тогда уровень риска экономической несостоительности предприятия с разветвленной технологической структурой [7] рассчитывается по формуле:

$$R = E \left( \frac{a_1 S_1^0 [1 - (1 - R_{1/C\cdot}^1)(1 - R_{1/C\cdot}^2)]}{a_1 S_1^0 + a_2 S_2^0 + \dots + a_Q S_Q^0} + \dots + \frac{a_Q S_Q^0 [1 - (1 - R_{Q/C\cdot}^1)(1 - R_{Q/C\cdot}^2)]}{a_1 S_1^0 + a_2 S_2^0 + \dots + a_Q S_Q^0} \right) \quad (6)$$

Здесь  $S_i^0$  – плановое значение выручки от реализации  $i$ -го вида продукции,  $a_i$  – положительные поправочные коэффициенты,  $R_{i/C\cdot}^1$  – уровень привнесенного риска сбытового звена, генерируемого  $i$ -й цепочкой,  $R_{i/C\cdot}^2$  – уровень собственного риска сбытового звена, обусловленного деятельностью по реализации продукции  $i$ -й цепочки, где  $i = 1, 2, \dots, Q$ . Поправочные коэффициенты  $a_i$  позволяют привести оценки разновременных величин потерь технологических цепочек к одному моменту времени. Для их расчета предлагается использовать

$$a_i = \max_{1 \leq i \leq Q} (T_i) / T_i,$$

где  $T_i$  – продолжительность производственного цикла в  $i$ -й цепочке.

Таким образом, оценка уровня риска экономической несостоительности согласно формуле (6) сводится к оценке уровней собственного риска  $R_{i/C\cdot}^2$  сбытового звена и к оценке уровней

риска потерь  $R_{i/C\cdot}^1$  технологических цепочек.

Для оценки уровней риска  $R_{i/C\cdot}^2$  сбытового звена следует воспользоваться моделью оценки уровня собственного риска, построенной выше и выраженной формулой (1).

Уровень риска потерь  $R_{i/C\cdot}^1$  соответствующей технологической цепочки рассчитывается с помощью соотношений (3) и (4). Однако в связи с тем, что в данном случае с каждым производственным звеном связано несколько уровней привнесенного риска, необходимо сформировать агрегированную оценку уровня привнесенного риска. Для формирования этой оценки предлагается использовать следующую формулу:

$$r_k^1 = \max(R_{k-1}^1, R_{K/N}^1, r_{3a\cdot/k}^1, r_{O\cdot b\cdot/k}^1). \quad (7)$$

Здесь  $R_{k-1}^1$  – уровень риска, генерируемого предыдущими звеньями данной цепочки,  $R_{K/N}^1$  – уровень риска, генерируемого звеньями других технологических цепочек,  $r_{3a\cdot/k}^1$  и  $r_{O\cdot b\cdot/k}^1$  – уровни риска, генерируемого деятельностью заготовительного звена и звена технического обслуживания. Выражение (7) имеет следующую экономическую интерпретацию: если со звеном связано несколько уровней привнесенного риска, например, уровни риска  $R_1^1, R_2^1, R_3^1$ , то ресурсная обеспеченность этого звена в точности равна  $(1 - \max(R_1^1, R_2^1, R_3^1))\%$ . Тогда с учетом выражения (7) соотношения (3) и (4) для оценки уровня риска потерь  $R_{N/C\cdot}^1$  рассматриваемой цепочки записываются в виде

$$r_{k+1}^1 = 1 - (1 - r_k^1)(1 - R_k^2), \quad k = 1, 2, \dots, N-1, \quad (8)$$

$$R_{N/C\cdot}^1 = 1 - (1 - R_N^2)(1 - r_N^1). \quad (9)$$

Для оценки уровней риска потерь других цепочек, в частности  $R_{K/C\cdot}^1$  и  $R_{M/C\cdot}^1$ , соотношения (3) и (4) модифицируются аналогично.

Таким образом, на основе выражения (9) и соответствующих модификаций соотношений (3) и (4) рассчитывается уровень риска потерь каждой цепочки, входящей в разветвленную производственно-технологическую структуру.

Подставляя полученные оценки уровней собственного риска  $R_{i/C\cdot}^2$  сбытового звена и уров-

ней риска потерь  $R_{i/C_6}^1$  каждой технологической цепочки в формулу (6), найдем оценку уровня риска экономической несостоительности предприятия в предстоящем производственном цикле. На этом завершается этап анализа риска.

Модель количественного анализа этапа управления риском основывается на предположении о наличии зависимости возможности проявления фактора риска от величины затрат на реализацию антирисковой программы. В связи с этим для построения модели управления риском требуется выделить некоторое семейство функций  $q_{l_\eta}^i(z_i)$ , описывающих зависимость возможности проявления  $i$ -го фактора со значением интенсивности  $l_\eta$  от объема средств  $z_i$ , выделяемых на проведение антирисковых мероприятий. Данная задача является достаточно сложной и требует проведения отдельного исследования. В работах [6–8] приводится общая постановка данной задачи, выделяются основные свойства, которым должно удовлетворять семейство функций  $q_{l_\eta}^i(z_i)$ , а также рассматривается общая методология построения данного семейства.

Пусть для каждого фактора риска  $F_1$  вид данной зависимости  $q_{l_\eta}^i(z_i)$  известен. Тогда формула (1) для оценки уровня собственного риска звена запишется в виде

$$R^2(z_1, z_2, \dots, z_m) = \frac{1}{S^0} \sum_{j=1}^k \frac{\Delta_j}{0.9} \sum_{i=1}^m w_{ij} \sum_{l_\eta \in I} l_\eta q_{l_\eta}^i(z_i), \quad (10)$$

где  $z_1, z_2, \dots, z_m$  – объемы средств, выделяемых на проведение антирисковых мероприятий по снижению интенсивности проявления факторов риска  $F_1, F_2, \dots, F_m$ . Для оценки экономического эффекта от проведения антирисковых мероприятий на уров-

не звена используется разность между величиной предотвращаемых потерь и объемом затрат:

$$U(z_1, z_2, \dots, z_m) = S^0[R^2(0) - R^2(z_1, z_2, \dots, z_m)] - (z_1 + z_2 + \dots + z_m) \quad (11)$$

Если для данных значений  $z_1, z_2, \dots, z_m$  величина  $U(z_1, z_2, \dots, z_m)$  является положительной, то антирисковые мероприятия считаются эффективными. Фактически в (11) реализуется принцип разделения «стартового»  $R^2(0)$  и «финального»  $R^2(z_1, z_2, \dots, z_m)$  рисков [1].

После проведения антирисковых мероприятий уровень риска экономической несостоительности предприятия рассчитывается по рассмотренным выше формулам, в которых вместо «стартовых» уровней собственного риска учитываются «финальные» уровни собственного риска каждого звена. Экономический эффект рассчитывается аналогично выражению (11), т.е.

$$U(Z) = V^0[R(0) - R(Z)] - Z,$$

где  $V^0$  – плановый объем выручки в предстоящем производственном цикле,  $R(0)$  и  $R(Z)$  – «стартовый» и «финальный» уровни риска экономической несостоительности,  $Z$  – объем средств на проведение антирисковых мероприятий. Если для данного значения  $Z$  величина  $U(Z)$  является положительной, то мероприятия считаются эффективными. На этом завершается этап управления риском.

Итак, рассмотрен теоретико-вероятностный подход к построению моделей количественного анализа этапов управления риском экономической несостоительности. Разработанные модели риск-менеджмента, основанные на предположении о существовании зависимости возможности проявления фактора риска от объема затрат на проведение мер по управлению риском, позволяют получать соответствующие оценки вне зависимости от изменений исходных параметров антирисковой программы.

### Библиографический список

1. Качалов Р.М. Управление хозяйственным риском [Текст] / Р.М. Качалов. – М.: Наука, 2002. – 192 с.
2. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение [Текст] / Г.Б. Клейнер. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.
3. Секерин А.Б. Управление хозяйственным риском производственных систем [Текст] / А.Б. Секерин, В.Г. Шуметов. – Орел: ОРАГС, 2008. – 123 с.

4. Секерин А.Б. Механизм формирования риска экономической несостоятельности производственного предприятия [Текст] / А.Б. Секерин // Вестник ВГУ. Сер. «Экономика». – Воронеж, 2005. – № 1. – С. 177–182.
5. Секерин А.Б. Управление хозяйственным риском производственного предприятия на основе интегрированного подхода. Препринт. [Текст] / А.Б. Секерин, В.Г. Шуметов, В.А. Гудов. – Орел: ОГУ, 2003. – 53 с.
6. Секерин А.Б. Нечетко-множественная модель управления риском экономической несостоятельности производственного предприятия [Текст] / А.Б. Секерин, В.Д. Селютин, С.П. Строев // Управление риском. – № 2. – 2008. – С. 28–35.
7. Селютин В.Д. Вероятностные модели управления риском экономической несостоятельности промышленного предприятия [Текст] / В.Д. Селютин, С.П. Строев // Образование, наука и экономика в вузах. Интеграция в международное образовательное пространство // Международная научная конференция, 9–14 сентября 2008. – г. Плоцк, Польша. – С. 590–597.
8. Селютин В.Д. Модель управления величиной возможных производственных потерь на уровне отдельного звена промышленного предприятия: нечетко-множественный подход (в порядке постановки задачи) [Текст] / В.Д. Селютин, С.П. Строев // Тезисы докладов Международной научно-образовательной конференции «Наука в вузах: математика, физика, информатика. Проблемы высшего и среднего профессионального образования». – М.: РУДН, 2009. – С. 395–397.

## V. SELUTIN

### MATHEMATICAL TOOLS OF THE INSOLVENCY RISK MANAGEMENT OF AN ENTERPRISE

*The article deals with the probability model of the quantity analysis of the insolvency risk management process with an industrial enterprise.*

*Key words:* **economic insolvency risk, risk management quantity tools, own risk model, external risk model.**

# ФИЗИКА

*О.И. МАРКОВ, кандидат физико-математических наук, доцент,  
профессор кафедры теоретической физики и математического  
моделирования Орловского государственного университета  
Тел. (0862) 43-05-73; O.I. Markov@mail.ru*

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ НОСИТЕЛЕЙ В СПЛАВАХ ВИСМУТ–СУРЬМА

*В статье приведены результаты моделирования зонных параметров в сплаве  $Bi_{0.88} Sb_{0.12}$ .*

*Ключевые слова:* зонные параметры, кинетические эффекты, висмут–сурьма.

### 1. Введение

Кристаллы висмут–сурьма являются самыми высокоэффективными низкотемпературными термоэлектрическими материалами n-типа. Это связано с тем, что хотя эффективная масса плотности состояний валентной зоны выше по сравнению с зоной проводимости и парциальная термоэдс дырок превышает электронную, но число эквивалентных электронных долин больше и подвижность больше у электронов, так что результирующая термоэдс является отрицательной. Очевидно, что детальное исследование зонной структуры позволит выявить возможности повышения термоэлектрической эффективности этих сплавов.

Сплавы висмут–сурьма с содержанием сурьмы от 7 до 20 ат. % имеют слабое перекрытие зон, переходящее в зазор при  $T < 180\text{K}$  (рис.1), т.е. становятся полупроводниками с узкой шириной запрещенной зоны.

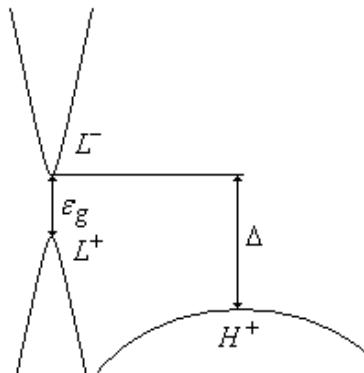


Рис. 1. Энергетическая схема сплава  $Bi_{0.88} Sb_{0.12}$  при температуре 80К.

Зонная структура полуметаллов типа висмута является сложной с наличием близких уровня Ферми в зоне проводимости как эквивалентных, так и неэквивалентных

экстремумов. Первой моделью закона дисперсии носителей заряда для монокристаллов висмута была квадратичная модель Джонса–Шенберга, предложенная на основании исследований явлений переноса. Применение Коэном [1]  $\vec{k} \cdot \vec{p}$ -приближения к исследованию закона дисперсии висмута привело к зависимости

$$E\left(1 + \frac{E}{E_g}\right) - \frac{1}{E_g} \frac{\hbar^2 k_2^2}{2M_2} = \sum_{i=1}^3 \frac{\hbar^2 k_i^2}{2m_{0i}^*}. \quad (1)$$

Анализ магнитооптических явлений автором работы [2] на основе модели Кейна привел его к выводу, что для кристаллов типа висмута справедлив закон дисперсии

$$E\left(1 + \frac{E}{E_g}\right) = \sum_{i=1}^3 \frac{\hbar^2 k_i^2}{2m_{0i}^*}, \quad (2)$$

получившей название модели Лэкса.

Абрикосовым и Фальковским [3] разработан подход, получивший название деформационной теории, позволивший получить закон дисперсии вида

$$\left(E + \frac{E_g}{2} + \frac{P_y^2}{2M_2}\right) \left(E - \frac{E_g}{2} - \frac{P_y^2}{2M_2}\right) = V_x^2 P_x^2 + V_z^2 P_z^2. \quad (3)$$

Однако экспериментальные исследования эффекта Шубникова – де Гааза, выполненные под руководством Н.Б. Брандта в лаборатории кафедры низких температур МГУ [4], показали, что модель Абрикосова – Фальковского неудовлетворительна. Допущенная авторами этой модели при расчетах неправильная оценка пренебрегаемой ими добавки была исправлена Макклюром [5]. Полученный им закон дисперсии имеет вид

$$\begin{aligned} & \left[E + \frac{1}{2}(E_g + \alpha_V k_y^2)\right] \cdot \left[E - \frac{1}{2}(E_g + \alpha_C k_y^2)\right] = \\ & = Q_{11}^2 k_x^2 + Q_{22}^2 k_y^2 + Q_{33}^2 k_z^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Закон дисперсии Макклюра получил экспериментальное подтверждение. В атомной системе единиц ( $e=m=h=1$ , единица энергии 1hartree) для сплавов висмут–сульфур параметры определены в работе [4]  $Q_{11} = 0.454$ ,  $Q_{22} = 0.0336$ ,  $Q_{33} = 0.342$ ,  $\alpha_V = 1.0$ ,  $\alpha_C = 0.63$ . При  $\alpha_V = \alpha_C = 0$  закон дисперсии Макклюра переходит в закон дисперсии

Лэкса. При легировании, изменении температуры или под действием давления в полуметалах вследствие малых величин характерных энергий можно наблюдать электронно-топологические переходы, переходы полуметалл–полупроводник, переходы через бесщелевое состояние, что создает широкие возможности для исследования параметров носителей заряда и электронных свойств полуметаллов. Поэтому подробное исследование зонных параметров сплавов висмут–сульфур является задачей, имеющей не только чисто практическое, но и фундаментальное значение.

## 2. Методика и результаты моделирования

При низких температурах существует много экспериментальных методов определения эффективной массы, в области азотных температур – практически один, основанный на численном моделировании кинетических эффектов. В данной работе проводится численное моделирование кинетических эффектов в сплавах висмут–сульфур с целью определения основных параметров зонной структуры.

Общеизвестно, что такие факторы, как давление и температура, оказывают существенное воздействие на зонную структуру полупроводниковых веществ. С изменением параметров решетки происходит изменение положения краев зон. С увеличением температуры энергетические зазоры обычно уменьшаются, в результате чего происходит сближение термов. Внешнее воздействие, мало-существенное для широкозонных полупроводников, имеет весьма большое значение для узкозонных полупроводников и полуметаллов. Появляющаяся в результате перестройки энергетической структуры запрещенная зона в сплавах висмут–сульфур в интервале концентраций 8–22 ат.% сульфура сохраняется в сплавах с 12 ат.% до ~140K. Сплав  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$  благоприятен для исследования потому, что имеет большие подвижности и малую концентрацию носителей. В процессе исследования важно установить область однозонности. Нарушение этого условия возможно при попадании уровня Ферми в другую зону в результате подъема при легировании и в результате размытия по энергии с повышением температуры. Критерием однозонности является независимость компоненты тензора

Холла  $R_{23,1}$  от температуры. Такие требования выполняются для сплавов 0.003–0.01 ат. % Te в интервале температур, не намного превышающих азотную.

В сплавах  $\text{Bi}_{0.88}\text{Sb}_{0.12}$  ширина запрещенной зоны меняется с температурой. В теоретической работе [6] с использованием данных по магнитоотражению [7] для сплавов висмут–сурьма предложена следующая полуэмпирическая зависимость:

$$\varepsilon_g = -17,436 - \frac{1,5T^2}{T - 1760}, \quad (5)$$

здесь  $\varepsilon_g$  выражена в мэВ,  $T$  – в Кельвинах.

Для собственного сплава  $\text{Bi}_{0.88}\text{Sb}_{0.12}$  можно сделать оценку подвижности в виде соотношения  $|R_{23,1}|/\rho_{22} = u_{22}^- - u_{22}^+$ . Поскольку подвижность электронов значительно больше подвижности дырок  $u_{22}^- > u_{22}^+$  [7], то, используя отношение  $|R_{23,1}|/\rho_{22}$ , можно в области собственной проводимости не только качественно, но и с достаточно хорошей точностью определить закономерности поведения подвижности электронов независимо от того, являются ли магнитные поля сильными или слабыми. На рис. 2 изображены отношение  $|R_{23,1}|/\rho_{22}$  (кривая 1) и температурная зависимость подвижности  $u \sim T^{-5/2}$  (кривая 2) в интервале температур 80–200 К. Видно, что данная зависимость подвижности от температуры является хорошей аппроксимацией отношения  $|R_{23,1}|/\rho_{22}$ .

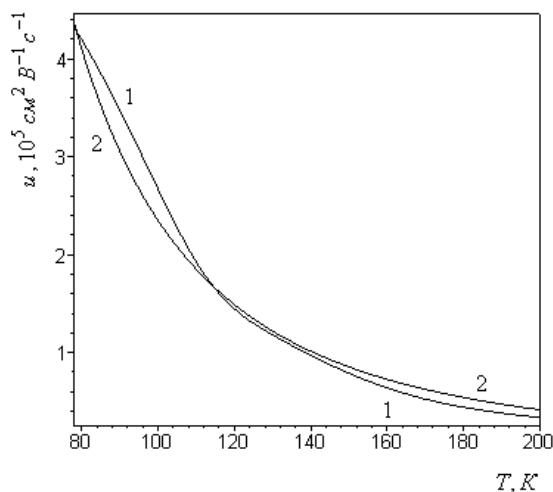


Рис. 2. Сопоставление температурной зависимости подвижности электронов в сплаве  $\text{Bi}_{0.88}\text{Sb}_{0.12}$  и отношения  $|R_{23,1}|/\rho_{22}$ .

Наиболее часто  $\varepsilon_g$  определяют экспериментально по температурному ходу электросопротивления. Метод требует учета температурной зависимости подвижности электронов  $u$ . Численное моделирование электропроводности сплава позволило установить температурную зависимость термической ширины запрещенной зоны в интервале температур 77–120 К. Лучшего соответствия с экспериментом удается достичь, если учесть температурную зависимость концентрации носителей в виде

$$n \sim T^{3/2} \exp\left(\frac{\varepsilon_g}{2kT}\right) \quad (6)$$

и температурную подвижность носителей в виде

$$u \sim T^{-2.5}. \quad (7)$$

В этом случае удается достичь наилучшей аппроксимации удельного сопротивления (рис. 3), если температурную зависимость выбрать в виде

$$\varepsilon_g = 0,000377 \cdot (T - 78)^{0.936} - 0.0118, \quad (8)$$

где  $\varepsilon_g$  выражается в эВ,  $T$  – в Кельвинах. Некоторое расхождение с экспериментом при температурах  $> 220$  К (рис. 3) можно объяснить тем, что классическая статистика (5) перестает быть справедливой. Как видно, зависимость ширины запрещенной зоны от температуры (7) довольно близка к линейному закону.

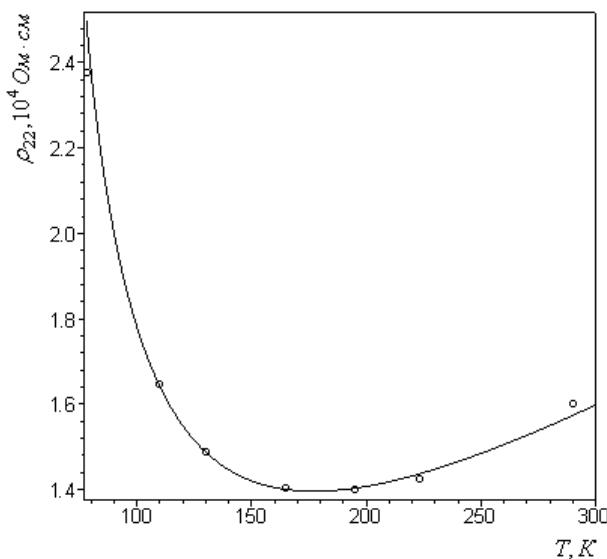


Рис. 3. Температурная зависимость компоненты тензора электропроводности в сплаве  $\text{Bi}_{0.88}\text{Sb}_{0.12}$  и аппроксимирующая кривая.

Сделаем оценку скорости изменения ширины запрещенной зоны с помощью модельных представлений. Известно, что зависимость  $\varepsilon_g(T)$  обусловлена двумя факторами: тепловым расширением решетки и электронно-фононным взаимодействием, поэтому скорость изменения ширины запрещенной зоны с увеличением температуры может быть представлена в виде суммы [8]

$$\frac{dE_g}{dT} = \left( \frac{\partial E_g}{\partial T} \right)_p + \left( \frac{\partial E_g}{\partial T} \right)_V. \quad (9)$$

Первое слагаемое обусловлено тепловым расширением при постоянном давлении, второе – колебаниями решетки при фиксированном объеме. Учтем, что производную можно выразить через коэффициент теплового расширения и сжимаемость

$$\left( \frac{\partial E_g}{\partial T} \right)_p = \left( \frac{\partial \varepsilon_g}{\partial p} \right)_T \left( \frac{\partial p}{\partial V} \right)_T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = -\frac{3\alpha}{\beta} \left( \frac{\partial \varepsilon_g}{\partial p} \right)_T, \quad (10)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплового расширения,  $\beta$  – сжимаемость кристалла. Поскольку висмут обладает анизотропией коэффициента теплового расширения, (9) можно переписать в виде

$$\left( \frac{\partial \varepsilon_g}{\partial T} \right)_p = -\frac{(2\alpha_{\perp} + \alpha_{\parallel})}{\beta} \left( \frac{\partial \varepsilon_g}{\partial p} \right)_T. \quad (11)$$

В работе [9] определена логарифмическая производная для барической зависимости ширины запрещенной зоны:

$$\left( \frac{\partial (\ln |\varepsilon_g|)}{\partial p} \right)_p = 0.17 \text{ кбар}^{-1}. \quad (12)$$

Учитывая взаимосвязь

$$\frac{\partial \varepsilon_g}{\partial p} = |\varepsilon_g| \frac{\partial (\ln |\varepsilon_g|)}{\partial p} \quad (13)$$

и значения механических констант [10] и используя формулу

$$\alpha = x \cdot \alpha_{Sb} + (1-x) \cdot \alpha_{Bi}, \quad (14)$$

можно рассчитать для сплава  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$  значения  $\alpha_{\perp} = 9.22 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{\parallel} = 16.67 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ :

:  $\beta = 31.236 \cdot 10^{-12} Pa^{-1}$  и получить вклад теплового расширения решетки в зависимость  $\varepsilon_g(T)$  при  $80 K$ :

$$\begin{aligned} \left( \frac{\partial \varepsilon_g}{\partial T} \right)_p &= -\frac{(2\alpha_{\perp} + \alpha_{\parallel})}{\beta} \left( \frac{\partial \ln |\varepsilon_g|}{\partial p} \right)_T |\varepsilon_g| = \\ &= -2.29 \cdot 10^{-5} eV \cdot K^{-1}. \end{aligned} \quad (15)$$

Даже если не учитывать положительный вклад фононов, такая скорость изменения ширины запрещенной зоны в сплаве  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$  не может объяснить ее отрицательную температурную зависимость ни по формуле (5), ни по формуле (8).

Одна из закономерностей, следующих из зонной теории, состоит в том, что малые массы носителей связаны с малыми энергетическими щелями. Согласно грубой оценке [3], эффективная масса

$$m^* \sim |\varepsilon_g| / v^2, \quad (16)$$

где  $v$  – величина, имеющая порядок электронных скоростей. Поэтому относительные изменения запрещенной зоны и эффективной массы равны между собой

$$\frac{\partial (\ln m^*)}{\partial T} = \frac{\partial (\ln |\varepsilon_g|)}{\partial T}. \quad (17)$$

Следовательно, естественно ожидать снижения эффективной массы плотности состояний при уменьшении ширины запрещенной зоны.

Поскольку знание эффективной массы плотности состояний необходимо для моделирования многих кинетических эффектов, то в данной работе проведен расчет эффективной массы плотности состояний в зависимости от температуры. К сожалению, использование закона Макклюра для расчетов кинетических эффектов из-за возникающих математических сложностей не представляется возможным, поэтому для расчетов кинетических коэффициентов используется более простая модель Лэкса. Исследование законов дисперсии показало, что имеются слабые (порядка 5%) отклонения формы электронных поверхностей от эллипсоидальных, анизотропия сечений и циклотронных масс отличается на 10%. Отличие эффективных масс электронов и дырок на дне и потолке зон в направлении  $k_y$  не превышает 4% в данном интервале изменения энергии Ферми. Такое небольшое различие в законах дисперсии Макклюра и Лэкса в узком интервале энергий позволяет в области выше температур жидкого азота восполь-

зоваться при расчете кинетических эффектов более простой моделью Лэкса. Преимущество закона дисперсии Лэкса в том, что он позволяет количественно описать кинетические эффекты, получив для них аналитические интегралы, для вычисления которых, как известно, необходима функция плотности состояний, которая имеет вид

$$\frac{dN}{dE} = \frac{4\pi}{h^3} (2m^*)^{3/2} \left[ E \left( \frac{E}{E_g} + 1 \right) \right]^{1/2} \left( 2 \frac{E}{E_g} + 1 \right), \quad (18)$$

где эффективная масса плотности состояний  $m^* = N^{2/3} (m_1^* m_2^* m_3^*)$ .

Эффективная масса плотности состояний – важнейший параметр полупроводника, и поэтому ее нахождение является важнейшей задачей. Одним из распространенных методов расчета является численное моделирование кинетических коэффициентов – постоянной Холла и термоэдс в сильном магнитном поле. Выражение для постоянной Холла в сильном магнитном поле для случая, когда время релаксации не зависит от энергии носителей,

$$R = \frac{A}{en}, \quad (19)$$

где  $e$  – элементарный заряд;  $n$  – концентрация электронов;  $A = \frac{^0L_0^{3/2} \cdot ^0L_2^{3/2}}{\left(^0L_1^{3/2}\right)}$ ;  $^0L_0^{3/2}$ ,  $^0L_1^{3/2}$  и  $^0L_2^{3/2}$  – двухпараметрические интегралы Ферми имеют следующий вид:  $^nL_k^m = \int_0^\infty \left( -\frac{\partial f_0}{\partial x} \right) \frac{x^n (x + \beta \cdot x^2)^m}{(1 + 2 \cdot \beta \cdot x)^k} dx$  [8].

Дифференциальная термоэдс в сильном магнитном поле не зависит от механизма рассеяния и определяется как [8],

$$\alpha = \frac{k}{e} \left( \frac{^1L_0^{3/2}}{^0L_0^{3/2}} - \eta \right), \quad (20)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана,  $^1L_0^{3/2}$  – двухпараметрический интеграл Ферми,  $\eta$  – приведенный уровень Ферми.

Для численного моделирования использованы экспериментальные результаты измерений эффек-

та Холла и термоэдс в сильном магнитном поле сплавов  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ , легированных теллуром в количестве 0,003; 0,005 и 0,01 ат. % в интервале температур 77–150 К. Перечисленные сплавы при низких температурах находятся в однозонном состоянии, что позволяет рассматривать только электронную составляющую носителей заряда. Рассчитанная зависимость от температуры эффективной массы плотности состояний в интервале 80–115 K имеет следующий вид (рис. 4):

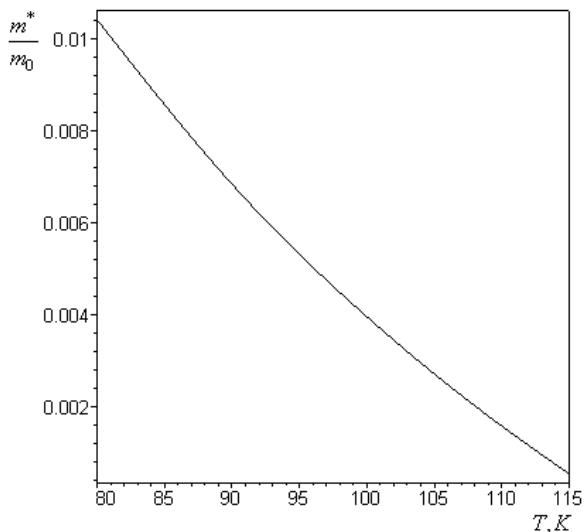


Рис. 4. Температурная зависимость эффективной массы плотности состояний электронов для сплава  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$ .

Небольшое отклонение от линейной зависимости может быть обусловлено тем, что из-за роста температурного размытия функции распределения электронов слегка нарушилось условие однозонности.

### 3. Заключение

Величина  $E_g^{term}$  (именуемая часто как  $E_g$  – ширина запрещенной зоны) представляет собой не зависящую от кристаллографического направления истинную или фундаментальную ширину запрещенной зоны кристалла, которая ответственна за все физические и физико-химические процессы, связанные с термической активацией носителей тока в образцах. В результате численного моделирования кинетических эффектов в сплавах  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$  установлена температурная зависимость термической ширины запрещенной зоны и

обнаружено уменьшение эффективной массы плотности состояний носителей заряда. Из экспериментальных данных (при использовании ширины запрещенной зоны и эффективной массы как подгоночных параметров) рассчитаны зависимости  $\varepsilon_g(T)$  и  $m^*(T)$ . Показано, что для хорошего согласия теоретических и экспериментальных данных необходимо предположить близкую к линейной зависимость ширины запрещенной зоны

от температуры и плавную температурную зависимость эффективной массы плотности состояний носителей. Однако найденная зависимость не согласуется с модельными представлениями о тепловом расширении кристалла, что можно объяснить использованием обычной при расчетах классической формулы (6), которая, кроме того, не учитывает неквадратичности спектра носителей заряда.

### Библиографический список

1. Cohen M.H. Energy band in the bismuth structure. I. A nonellipsoidal model for electrons in Bi // Phys. Rev. – 1961. – V. 121, № 2. – P. 387–395.
2. Lax B. A simple nonparabolic model for electrons in bismuth // Bull. Am. Phys. Soc. – 1960. – V. 5. – P. 167.
3. Фальковский Л.А. Физические свойства висмута // УФН. – 1968. – Т. 94. № 1. – С. 3–41.
4. Пономарев Я.Г. Энергетический спектр носителей заряда в узкощелевых полупроводниках и полуметаллах: Автореф. дис. .... д-ра физ.-мат. наук.– М.: МГУ, 1983.
5. McClure J.W. The Energy Band Model for Bismuth: Resolution of a Theoretical Discrepancy // J. Low Temp. Phys. – 1976. – V. 25, № 5 (6) – P. 527–540.
6. Ravindra N.M., Srivastava V.K. Temperature dependence of energy gap in Bi-Sb systems // J. Phys. Chem. Sol. – 1980. – V. 41, № 11. – P. 1289–1290.
7. Vecchi M.P., Mendez E., Dresselhaus M.S. Temperature dependence of the band parameters in Bi and  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$  alloys// Proc. International conference on the physics of semiconductors. – Rome. – 1976. – P. 459–462.
8. Цидильковский И.М. Электроны и дырки в полупроводниках. – М.: Наука, 1972. – 640 с.
9. Mendez E.E., Misu A., Dresselhaus M.S. Pressure-dependent magnetoreflection studies of Bi and ... alloys // Phys. Rev. B. – 1981. – V. 24. – № 2. – P. 639–648.
10. Физические величины: Справочник / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
11. Грабов В.М. Энергетический спектр и механизмы релаксации носителей заряда в легированных кристаллах висмута, сурьмы и сплавов висмут–сурьма. Автореф. дис. .... докт. физ.-мат. наук. – СПб.: СПбГТУ, 1999.
12. Марков О.И. О законе дисперсии носителей заряда в сплавах висмут–сурьма / Ученые записки Орловского государственного университета. – № 4. – 2009. – С. 5–10.
13. Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках. – Л.: Наука, 1970. – 303 с.

### O.I. MARKOV

#### TEMPERATURE DEPENDENCE OF PARAMETERS OF CARRIERS IN ALLOYS BISMUTH-ANTIMONY

*In paper results of modeling band parameters in an alloy  $Bi_{0.88}Sb_{0.12}$  are resulted.*

*Key words:* *band parameters, kinetic effects, bismuth-antimony.*

**В.Ф. ПИВЕНЬ**, доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой теоретической физики и математического  
моделирования Орловского государственного университета  
Тел. 8(4862) 747911; oryol@au.ru

**Ю.С. ФЕДЯЕВ**, кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры теоретической физики и математического моделирования  
Орловского государственного университета  
Тел. 89192015354; fedyaevys@gmail.com

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «РАЗНОЦВЕТНЫХ» ЖИДКОСТЕЙ В АНИЗОТРОПНОМ ОДНОРОДНОМ СЛОЕ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ<sup>1</sup>

*Ставится плоскопараллельная задача эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды. Исследование задачи сведено к решению задачи Коши для системы дифференциальных уравнений. Предложен численный алгоритм решения этих уравнений. В случае работы одиночной эксплуатационной скважины получена формула для времени достижения границей контура скважины. Исследовано влияние анизотропии слоя на движение границы.*

*Ключевые слова:* математическое моделирование, модель «разноцветных» жидкостей, плоскопараллельная фильтрация, анизотропная пористая среда.

### 1. Постановка задачи на физической плоскости

Плоскопараллельную стационарную фильтрацию несжимаемой жидкости в недеформируемом анизотропном однородном слое пористой среды (грунте) постоянной толщины  $H = 1$  с тензором проницаемости  $K = (K_{ij})$ ,  $i, j = 1, 2$  характеризуют обобщённый потенциал  $\varphi$  и функция тока  $\psi$ , которые, как функции декартовых координат  $x, y$  и времени  $t$  ( $t$  – параметр), удовлетворяют всюду в области фильтрации  $D$  (за исключением особых точек течения) системе уравнений [1]:

$$K_{11} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{12} \frac{\partial \varphi}{\partial y} = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad K_{21} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{22} \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}. \quad (1.1)$$

Компоненты тензора проницаемости слоя  $K_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2$  – постоянные величины. Уравнения (1.1) записаны в безразмерных величинах. Система уравнений (1.1) относится к эллиптическому типу, если компоненты тензора  $K = (K_{ij})$  удовлетворяют условиям

$$K_{11} > 0, \quad D_s = K_{11} K_{22} - \left( \frac{K_{12} + K_{21}}{2} \right)^2 > 0, \quad (1.2)$$

где  $D_s$  – определитель симметричной части этого тензора.

© В.Ф. Пивень, Ю.С. Федяев

<sup>1</sup>Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 09-01-97509).

Поставим двумерную задачу эволюции границы раздела жидкостей  $\Gamma_t$  на комплексной плоскости  $z = x + iy$  (физической плоскости). Граница  $\Gamma_t$  делит область фильтрации  $D$  на части  $D_1$  и  $D_1'$  ( $D = D_1 \cup D_2$ ), в которых фильтруются жидкости постоянной вязкости и плотности. Воспользуемся моделью «разноцветных» жидкостей, согласно которой физические свойства жидкостей (вязкость, плотность) одинаковы. Граница  $\Gamma_t$  представляет собой «отмеченные» частицы жидкости. Течение жидкости в области  $D$  описываем обобщённым потенциалом  $\phi(z, t)$  и функцией тока  $\psi(z, t)$ , которые удовлетворяют системе уравнений (1.1).

Положение границы  $\Gamma_t$  в плоскости  $z$  в любой момент времени  $t > 0$  задаём параметрическим уравнением ( $s$  – параметр)

$$z = z(t, s) \quad (x = x(t, s), \quad y = y(t, s)), \quad z \in \Gamma_t. \quad (1.3)$$

В начальный момент времени  $t = 0$  положение границы  $\Gamma_0$  известно

$$z_0 = z(0, s) \quad (x_0 = x(0, s), \quad y_0 = y(0, s)), \quad z_0 \in \Gamma_0. \quad (1.4)$$

Так как физическая скорость  $d\vec{r}/dt = (dx/dt, dy/dt)$  и скорость фильтрации  $\vec{v} = (v_x, v_y)$  взаимосвязаны равенством  $d\vec{r}/dt = \vec{v}$  ( $dx/dt = v_x$ ,  $dy/dt = v_y$ ), то в плоскости  $z$  дифференциальное уравнение движения границы  $\Gamma_t$  имеет вид

$$\frac{dz}{dt} = v(z, t), \quad z \in \Gamma_t. \quad (1.5)$$

Скорость  $v(z, t)$  согласно уравнениям (1.1) (первое и второе из них определяют компоненты скорости  $v_x$  и  $v_y$ ) запишем

$$v(z, t) = \alpha(z) \frac{\partial \phi(z, t)}{\partial z} + \beta(z) \frac{\partial \phi(z, t)}{\partial \bar{z}} = -2i \frac{\partial \psi(z, t)}{\partial \bar{z}}. \quad (1.6)$$

Здесь  $\alpha(z) = K_{11} - K_{22} + i(K_{12} + K_{21})$ ,  
 $\beta(z) = K_{11} + K_{22} - i(K_{12} - K_{21})$ ,

$$2 \frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y}, \quad 2 \frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y}.$$

Задача эволюции границы  $\Gamma_t$  ставится в плоскости  $z$  следующим образом. Задано положение

границы  $\Gamma_0$ , тензор проницаемости  $K$ . Необходимо найти положение границы  $\Gamma_t$  (1.3) при  $t > 0$ . Решение задачи состоит в интегрировании системы уравнений (1.1), (1.5) при начальных условиях (1.4).

## 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  $\zeta$  течение происходит в области  $D'$  ( $D' = D_1' \cup D_2'$ ) и характеризуется обобщённым потенциалом  $\phi(z, t)$  и функцией тока  $\psi(z, t)$ . Область  $D'$  связана с областью  $D$  гомеоморфным (взаимно однозначным и непрерывным) преобразованием [1].

$$\zeta = z + \mu \bar{z} \quad \left( z = \frac{\zeta - \mu \bar{\zeta}}{1 - |\mu|^2} \right). \quad (2.1)$$

Здесь  $\mu = [K_{22} - K_{11} - i(K_{12} + K_{21})]/(K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{D_s})$  – комплексная константа. Согласно условиям (1.2)  $\mu$  удовлетворяет неравенству  $|\mu| < 1$ .

Преобразование (2.1) аффинное. Оно характеризуется постоянным положительно-определенным якобианом  $J = |\partial \zeta / \partial z|^2 - |\partial \zeta / \partial \bar{z}|^2 = 1 - |\mu|^2 > 0$  и преобразует гомеоморфно плоскости  $z$  и  $\zeta$ , оставляя начало координат и бесконечно удалённую точку этих плоскостей неподвижными.

На вспомогательной плоскости  $\zeta$  уравнения (1.1) принимают канонический вид:

$$\begin{aligned} \sqrt{D_s} \frac{\partial \phi}{\partial \xi} + \sqrt{D_a} \frac{\partial \phi}{\partial \eta} &= \frac{\partial \psi}{\partial \eta}, \\ -\sqrt{D_a} \frac{\partial \phi}{\partial \xi} + \sqrt{D_s} \frac{\partial \phi}{\partial \eta} &= -\frac{\partial \psi}{\partial \xi}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Здесь  $D_a = [(K_{12} - K_{21})/2]^2$  – определитель антисимметричной части тензора проницаемости  $K = (K_{ij})$ . Первое и второе уравнения системы (2.2) определяют  $v_\xi$  и  $v_\eta$  составляющие вектора скорости фильтрации  $\vec{v} = (v_\xi, v_\eta)$  в плоскости  $\zeta$ .

Система уравнений (2.2) относится также к эллиптической системе уравнений, если  $\sqrt{D_s} > 0, D_s + D_a = D > 0$  ( $D$  – определитель тензора  $K = (K_{ij})$ ). При этом  $\sqrt{D_a} = (K_{12} - K_{21})/2$  может принимать как положительные (при  $K_{12} > K_{21}$ ), так и отрицательные (при  $K_{12} < K_{21}$ ) значения.

Используя гомеоморфизм (2.1), уравнения границы  $\Gamma_t$  (1.3) и её первоначального положения (1.4) запишем в плоскости  $\zeta$  в виде

$$\begin{aligned}\zeta &= \zeta(t, s) \quad (\xi = \xi(t, s), \eta = \eta(t, s)), \quad \zeta \in \Gamma'_t. \quad (2.3) \\ \zeta_0 &= \zeta(0, s) \quad (\xi_0 = \xi(0, s), \eta_0 = \eta(0, s)), \quad \zeta_0 \in \Gamma'_0\end{aligned}\quad (2.4)$$

где  $\Gamma'_t$  и  $\Gamma'_0$  – образы границ  $\Gamma_t$  и  $\Gamma_0$ .

Запишем теперь дифференциальное уравнение (1.5) границы  $\Gamma_t$  в плоскости  $\zeta$ . Учитывая гомеоморфизм (2.1), находим

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{\partial \zeta}{\partial z} \frac{dz}{dt} + \frac{\partial \zeta}{\partial \bar{z}} \frac{d\bar{z}}{dt} = \frac{dz}{dt} + \mu \frac{d\bar{z}}{dt}$$

или, принимая во внимание (1.5), имеем

$$\frac{d\zeta}{dt} = v(z, t) + \mu \bar{v}(z, t), \quad \zeta = \zeta(z), \quad z \in \Gamma_t. \quad (2.5)$$

Комплексную скорость  $v(\zeta, t) = v_\xi(\xi, \eta, t) + i v_\eta(\xi, \eta, t)$  согласно уравнениям (2.2) запишем

$$v(\zeta, t) = 2[\sqrt{D_s(\zeta)} - i\sqrt{D_a(\zeta)}] \frac{\partial \phi(\zeta, t)}{\partial \bar{\zeta}} = -2i \frac{\partial \psi(\zeta, t)}{\partial \bar{\zeta}}.$$

Так как, например,  $\psi(\zeta, t) = \psi[\zeta(z), t] = \psi(z, t)$ , то с учётом преобразования (2.1) находим

$$\frac{\partial \psi}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial \psi}{\partial \zeta} \frac{\partial \zeta}{\partial \bar{z}} + \frac{\partial \psi}{\partial \bar{\zeta}} \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial \bar{z}} = \mu \frac{\partial \psi}{\partial \zeta} + \frac{\partial \psi}{\partial \bar{\zeta}}.$$

Тогда комплексные скорости  $v(z, t) = -2i \partial \psi(z, t) / \partial \bar{z}$  и  $v(\zeta, t) = -2i \partial \psi(\zeta, t) / \partial \bar{\zeta}$  взаимосвязаны равенством

$$v(z, t) = v(\zeta, t) - \mu \bar{v}(\zeta, t). \quad (2.6)$$

Подставляя (2.6) в (2.5), находим дифференциальное уравнение движения границы  $\Gamma'_t$  в плоскости  $\zeta$ :

$$\frac{d\zeta}{dt} = (1 - |\mu|^2)v(\zeta, t), \quad \zeta \in \Gamma'_t. \quad (2.7)$$

Его запишем в виде двух вещественных дифференциальных уравнений:

$$\frac{d\xi}{dt} = (1 - |\mu|^2)v_\xi(\xi, \eta, t),$$

$$\frac{d\eta}{dt} = (1 - |\mu|^2)v_\eta(\xi, \eta, t), \quad (\xi, \eta) \in \Gamma'_t. \quad (2.8)$$

Таким образом, исследование эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в случае анизотропного однородного слоя пористой среды сводится к решению системы уравнений (2.2), (2.8) при начальном условии (2.4). После того как решена задача на плоскости  $\zeta$ , используя преобразование (2.1), найдём её решение на физической плоскости  $z$ .

### 3. Численный метод решения задачи

Построим численный алгоритм решения поставленной задачи. Фундаментальные решения уравнений (2.2) известны [2]. С их помощью можно моделировать работу эксплуатационных и нагнетательных скважин в области фильтрации. Численно решим систему уравнений (2.8) при начальном условии (2.4).

Полагаем, что положение границы  $\Gamma'_t$  в каждый момент времени  $t_p, p = 0, 1, \dots$  задаётся множеством точек  $M_i^p, i = 1, 2, \dots, m$ , координаты которых обозначим  $E_{\Gamma'_t}^p = \{\xi_i^p, \eta_i^p, i = 1, 2, \dots, m\}$ . Тогда начальное условие (2.4) примет вид

$$\Gamma'_0 : \{\xi_i^0, \eta_i^0, i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (3.1)$$

При этом точки  $M_i^0, i = 1, 2, \dots, m$  разбивают границу  $\Gamma'_0$  равномерно по длине на  $m$  частей.

Дифференциальные уравнения движения границы аппроксимируем следующим образом (метод Эйлера):

$$\frac{\xi_i^{p+1} - \xi_i^p}{\Delta t_{p+1}} = (1 - |\mu|^2)v_{\xi, i}^p, \quad \frac{\eta_i^{p+1} - \eta_i^p}{\Delta t_{p+1}} = (1 - |\mu|^2)v_{\eta, i}^p, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.2)$$

Здесь  $\Delta t_{p+1} = t_{p+1} - t_p$ ,  $v_{\xi, i}^p = v_\xi(M_i^p, t_p)$ ,  $v_{\eta, i}^p = v_\eta(M_i^p, t_p)$ .

Решив уравнения (3.2) с начальными условиями (3.1) при  $p = 0$ , находим положение границы  $\Gamma'_t$  в момент времени  $t_1$ . Повторяя предложенный ал-

горитм для  $p = 1, 2, \dots$ , находим положение границы  $\Gamma'_t$  в последующие моменты времени  $t_p$ .

Построенный численный алгоритм позволяет исследовать широкий класс задач эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды.

#### 4. Эволюции границы раздела жидкостей к скважине

Исследуем эволюцию границы раздела «разноцветных» жидкостей к скважине, расположенной в анизотропном однородном слое грунта на плос-

кости  $z$ . Пусть эксплуатационная скважина дебита  $q$  расположена в начале координат (рис. 1). Её работу моделируем точечным стоком мощности  $-q$  ( $q$  – модуль мощности). Не нарушая общности суждений, полагаем, что граница  $\Gamma_0$  – окружность радиуса  $R$ , центр которой отстоит на расстоянии  $c$  до скважины. Уравнение окружности  $x^2 + (y - c)^2 = R^2$ . Параметр  $\varepsilon = c/R$  ( $\varepsilon \in [0; 1)$ ) характеризует положение скважины относительно границы  $\Gamma_0$ . Согласно преобразованию (2.1) на вспомогательной плоскости  $\zeta$  граница  $\Gamma'_0$  – эллипс [3].

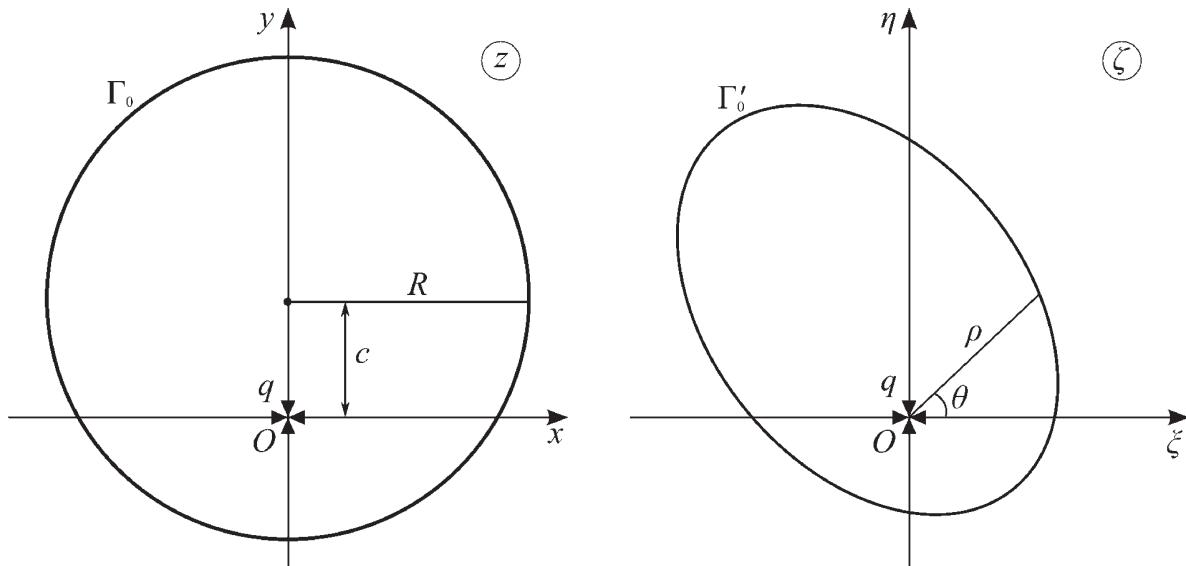


Рис. 1. Постановка задачи.

В рассматриваемом случае обобщённый потенциал течения на плоскости  $\zeta$  имеет вид [2]

$$\varphi = -\frac{q}{2\pi\sqrt{D_s}} \ln|\zeta|. \quad (4.1)$$

Используя уравнения (2.2), получим проекции скорости фильтрации на оси координат  $\xi$  и  $\eta$ :

$$v_\xi = -\frac{q}{2\pi} \left( \frac{\xi}{\xi^2 + \eta^2} + \frac{\sqrt{D_a}}{\sqrt{D_s}} \frac{\eta}{\xi^2 + \eta^2} \right), \\ v_\eta = -\frac{q}{2\pi} \left( -\frac{\sqrt{D_a}}{\sqrt{D_s}} \frac{\xi}{\xi^2 + \eta^2} + \frac{\eta}{\xi^2 + \eta^2} \right). \quad (4.2)$$

Введём на плоскости  $\zeta$  полярные координаты  $(\rho, \theta)$ , которые связаны с координатами  $(\xi, \eta)$  следующими формулами:

$$\xi = \rho \cos \theta, \quad \eta = \rho \sin \theta. \quad (4.3)$$

Для радиальной  $v_\rho = v_\xi \cos \theta + v_\eta \sin \theta$  и трансверсальной  $v_\theta = -v_\xi \sin \theta + v_\eta \cos \theta$  составляющих скорости фильтрации согласно формулам (4.2) и (4.3) получим:

$$v_\rho = -\frac{q}{2\pi} \frac{1}{\rho}, \quad v_\theta = \frac{q}{2\pi} \frac{\sqrt{D_a}}{\sqrt{D_s}} \frac{1}{\rho}. \quad (4.4)$$

Из (2.8) следуют дифференциальные уравнения движения границы  $\Gamma'_t$ , которые с учётом (4.4) запишем:

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{q}{2\pi} \frac{(1 - |\mu|^2)}{\rho}, \quad \frac{\rho d\theta}{dt} = \frac{q}{2\pi} \frac{\sqrt{D_a}}{\sqrt{D_s}} \frac{(1 - |\mu|^2)}{\rho}. \quad (4.5)$$

Полагаем, что в начальный момент времени  $t = 0$  отмеченная частица границы раздела жидкостей  $\Gamma'_0$  имеет координаты  $(\rho_0, \theta_0)$ . Интегрируя уравнения (4.5), находим зависимость координат выделенной частицы от времени:

$$\begin{aligned}\rho &= \sqrt{\rho_0^2 - (1 - |\mu|^2) \frac{q}{\pi} t}, \\ \theta &= \theta_0 - \frac{\sqrt{D_s}}{\sqrt{D_a}} \ln \sqrt{1 - (1 - |\mu|^2) \frac{q}{\pi \rho_0^2} t}.\end{aligned}\quad (4.6)$$

Из уравнений (4.6) следует, что траекторией движения отмеченной частицы границы  $\Gamma'_t$  будет логарифмическая спираль, уравнение которой

$$\rho = \rho_0 \exp \left[ \frac{\sqrt{D_s}}{\sqrt{D_a}} (\theta_0 - \theta) \right].$$

В случае ортотропной среды ( $D_a = 0$ ) траектория движения этой частицы – луч  $\theta = \theta_0$ .

Из уравнений (4.6) следует, что скважину достигнет первой частица границы  $\Gamma'_0$ , ближайшая к скважине. Полагаем, что она находится на расстоянии  $d$  от скважины (радиус скважины пренебрежимо мал по сравнению с  $d$ ). Тогда время  $T$  достижения границей  $\Gamma'_t$  скважины

$$T = \frac{\pi d^2}{(1 - |\mu|^2) q}. \quad (4.7)$$

Для нахождения времени достижения границей  $\Gamma_t$  скважины необходимо найти кратчайшее расстояние от её образа  $\Gamma'_t$  до скважины и воспользоваться формулой (4.7). Отметим, что формула (4.7) остаётся в силе и в случае произвольного контура  $\Gamma_0$  и, следовательно, её образа  $\Gamma'_0$ .

Пусть скважина расположена в центре окружности  $\Gamma_0$  ( $\varepsilon = 0$ ). Найдём время достижения границей  $\Gamma_t$  скважины. Из преобразования (2.1) следует, что

$$\xi = (1 + a)x + by, \quad \eta = (1 - a)y + bx, \quad (4.8)$$

где  $a = \operatorname{Re} \mu$ ,  $b = \operatorname{Im} \mu$ . Для расстояния от точки  $(\xi, \eta)$  до начала координат (точки расположения скважины) имеем

$$\rho^2 = \xi^2 + \eta^2. \quad (4.9)$$

Подставляя (4.8) в (4.9) и учитывая, что для точек рассматриваемой границы  $\Gamma_0: x^2 + y^2 = R^2$ , получим

$$\rho^2 = (1 + |\mu|^2) R^2 + 2R^2 |\mu| \cos(\delta - 2\theta), \quad (4.10)$$

где  $\delta = \operatorname{arctg}(b/a)$ . Выражение (4.10) принимает минимальное значение при  $\cos(\delta - 2\theta) = -1$ . Поэтому для кратчайшего расстояния от границы  $\Gamma'_0$  до скважины получим

$$d^2 = (1 - |\mu|)^2 R^2. \quad (4.11)$$

Подставляя (4.11) в (4.7), получаем время достижения границей  $\Gamma_t$  скважины, расположенной в центре окружности  $\Gamma_0$ :

$$T = \frac{1 - |\mu|}{1 + |\mu|} \frac{\pi R^2}{q}.$$

В случае изотропного грунта ( $K_{11} = K_{22} = 1$ ,  $K_{12} = K_{21} = 0$  и, следовательно,  $\mu = 1$ ) находим время

$$T_0 = \frac{\pi R^2}{q}. \quad (4.12)$$

Тогда

$$T = \frac{1 - |\mu|}{1 + |\mu|} T_0. \quad (4.13)$$

Здесь, учитывая, что,  $\mu = [K_{22} - K_{11} - i(K_{12} + K_{21})]/(K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{D_s})$ , имеем

$$|\mu| = \frac{\sqrt{(\sqrt{\beta} - 1/\sqrt{\beta})^2 + 4\gamma^2}}{\sqrt{\beta} + 1/\sqrt{\beta} + 2\sqrt{1 - \gamma^2}}, \quad (4.14)$$

где  $\beta = K_{22}/K_{11}$ ,  $\gamma = (K_{12} + K_{21})/(2\sqrt{K_{11}K_{22}})$ .

Параметр  $\beta \in (0, +\infty)$  характеризует различие компонентов тензора проницаемости, расположенных на главной диагонали. Параметр  $\gamma \in [0, 1]$  показывает наличие в тензоре проницаемости компонент  $K_{12}$  и  $K_{21}$ .

Из формулы (4.13) следует, что в анизотропном грунте время  $T$  меньше времени (4.12) в случае изотропного грунта ( $T < T_0$ ) при всех значени-

ях  $|\mu| < 1$ . На рис. 2 показана зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для значений параметра  $\gamma = 0; 1/4; 1/2; 3/4$  при  $\varepsilon = 0$ . Расчет проводился по формулам (4.13), (4.14). В качестве характерного времени выбрано время  $T_0$  (при характерной

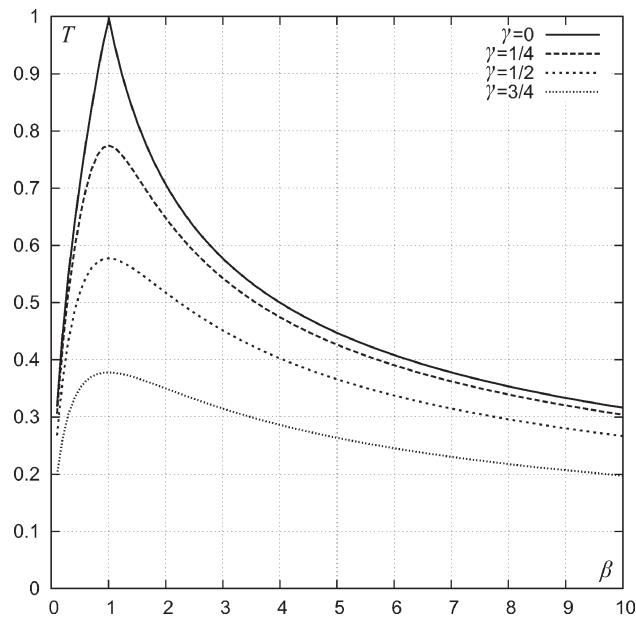


Рис. 2. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для значений параметра  $\gamma = 0; 1/4; 1/2; 3/4$ .

Все зависимости  $T(\beta)$  ограничены сверху кривой, соответствующей параметру  $\gamma = 0$ :

$$T = \begin{cases} \sqrt{\beta} T_0, & \beta \leq 1, \\ T_0 / \sqrt{\beta}, & \beta > 1. \end{cases}$$

При  $\beta = 1$  зависимость времени  $T$  от параметра  $\gamma$  имеет вид

$$T = \frac{1 - \gamma + \sqrt{1 - \gamma^2}}{1 + \gamma + \sqrt{1 - \gamma^2}} T_0.$$

Замечаем, что с увеличением параметра  $\gamma$  время  $T$  уменьшается. Эта зависимость показана на рис. 3 (кривая при  $\varepsilon = 0$ ).

Исследуем зависимость времени  $T$  от первоначального положения границы  $\Gamma_0$ . На рис. 3 дана зависимость  $T(\gamma)$  при  $\beta = 1$  для разных значений параметра  $\varepsilon$ . Видим, что с увеличением  $\varepsilon$  (граница  $\Gamma_0$  приближается к скважине) время  $T$  уменьшается. При всех значениях параметра  $\varepsilon$  с увели-

длине  $R = 1$  и дебите  $q = \pi$ ). Функция  $T(\beta)$  для всех значений параметра  $\gamma$  имеет максимум при  $\beta = 1$ , появление которого связано с изменением направления прорыва границы  $\Gamma$  к скважине. Так, при  $\beta < 1$  прорыв происходит вдоль оси  $Ox$ , а при  $\beta > 1$  – вдоль оси  $Oy$ .

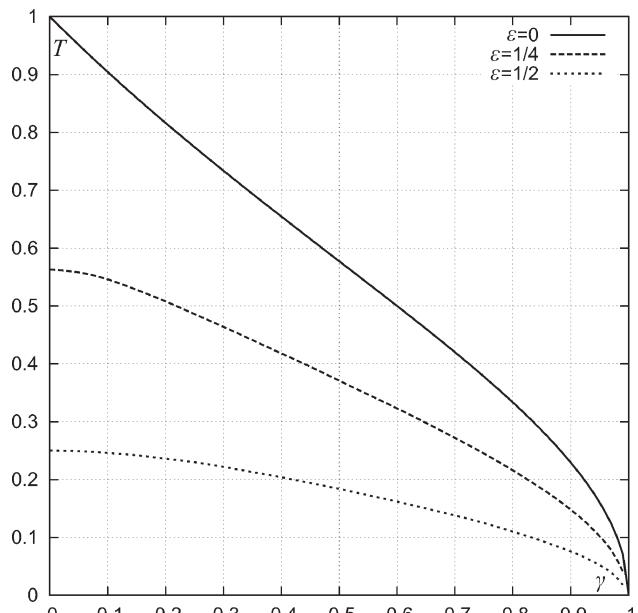


Рис. 3. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\gamma$  для значений параметра  $\varepsilon = 0; 1/4; 1/2$ .

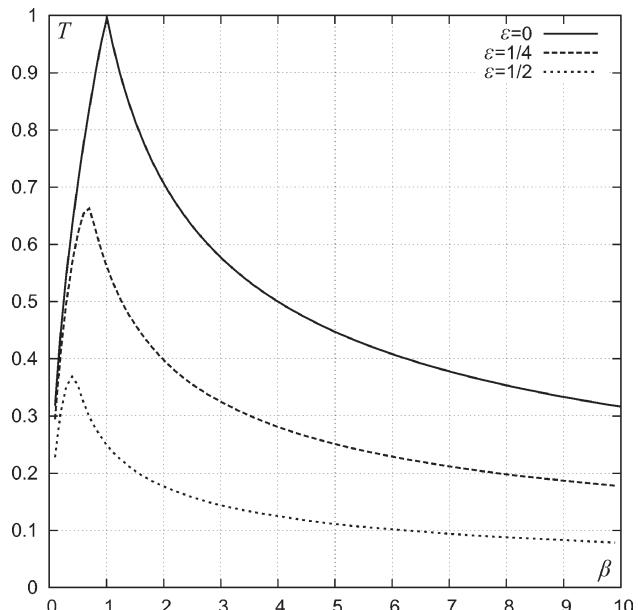


Рис. 4. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для значений параметра  $\varepsilon = 0; 1/4; 1/2$ .

чением  $\gamma$  время  $T$  уменьшается и стремится к нулю.

На рис. 4 показана зависимость  $T(\beta)$  при  $\gamma=0$  для значений  $\varepsilon = 0; 1/4; 1/2$ . Видим, что с увеличением параметра  $\varepsilon$  время  $T$  уменьшается. Кривые  $T(\beta)$  имеют максимум при значениях  $\beta \leq 1$ , причём с ростом  $\varepsilon$  максимум смещается влево.

Зависимости на рис. 3 и рис. 4 для  $\varepsilon \neq 0$  получены численно в результате решения системы уравнений (3.2) с начальными условиями (3.1). Предложенный метод позволяет исследовать эволюцию произвольной границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды.

### Библиографический список

- Пивень В.Ф. Двумерная задача эволюции границы раздела жидкостей в анизотропном слое пористой среды [Текст] / В.Ф. Пивень // Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики» / ГОУ ВПО «Орловский государственный университет». – 2009. – Вып. 7. – С. 81–91.
- Пивень В.Ф. Фундаментальные решения уравнений двумерной фильтрации в анизотропном слое пористой среды [Текст] / В.Ф. Пивень // Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики» / ГОУ ВПО «Орловский государственный университет». – 2008. – Вып. 6. – С. 86–94.
- Пивень В.Ф. Исследование граничных задач плоскопараллельных течений жидкости в анизотропной пористой среде [Текст] / В.Ф. Пивень // Дифференциальные уравнения. – 2009. – Т. 45. – № 9. – С. 1286–1297.

V.F. PIVEN, Y.S. FEDYAEV

### MATHEMATICAL MODELLING OF EVOLUTION OF THE BOUNDARY SURFACE OF «MULTI-COLOURED» FLUIDS IN THE ANISOTROPIC UNIFORM STRATUM OF THE POROUS MEDIUM

*The plane-parallel problem of evolution of a boundary surface of «multi-coloured» fluids in an anisotropic uniform stratum of a porous medium is put. Problem study is shown to a solution of a Cauchy problem for system of the differential equations. The numerical algorithm of a solution of these equations is tendered. In case of work of a single exploitation well the formula for a first passage time is received by boundary of an outline of a slit. The stratum anisotropic effect on boundary move is investigated.*

*Key words:* mathematical modelling, model of «multi-coloured» fluids, plane-parallel filtering, anisotropic porous medium.

**В.Ф. ПИВЕНЬ**, доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой теоретической физики и математического  
моделирования Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 74-79-11; oryol@au.ru

**М.А. ФРОЛОВ**, кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры математики и естественнонаучных дисциплин  
Орловского государственного института экономики и торговли  
Тел. (4862) 74-72-17, mark.75@list.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕБИТ СКВАЖИНЫ РАЗМЕРОВ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ ТРЕЩИНЫ (ЗАВЕСЫ) В ПЛАСТЕ ГРУНТА<sup>1</sup>

*Ставится плоскопараллельная граничная задача о дебите скважины при наличии полуупроницаемых трещин (завес) в пласте. Исследуется влияние на дебит скважины длины трещины (завесы). В отличие от известных исследований, где накладываются ограничения на геометрические размеры трещины и её ориентацию, 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, полуупроницаемая трещина (завеса), гидравлический разрыв пласта, численное решение задачи.

**Введение.** При проектировании водозаборов и разработке нефтяных и газовых месторождений всегда актуальна проблема интенсификации добычи флюидов. Одним из таких методов является гидравлический разрыв пласта, когда в пласте вблизи скважины создаются искусственные трещины, протяжённость которых может достигать десятков и сотен метров. При этом существенно увеличивается приведённый радиус скважины и, как следствие, повышается продуктивность скважины [1–3]. Гидравлический разрыв пласта в настоящее время является одним из самых эффективных методов повышения добычи флюидов [1].

Основоположниками теории гидравлического разрыва пласта стали русские учёные С.А. Христианович и Ю.П. Желтов. Они описали математическую модель вертикальной трещины, дали теоретическое обоснование данному методу. Их формулы до сих пор используются в расчетах проектирования трещины гидроразрыва.

Решить аналитически задачу нахождения дебита скважины в пласте, имеющем сложную геологическую структуру, часто не представляется возможным. Поэтому используют численные методы. В известных сеточных и конечно-разностных моделях [1–5], как правило, накладываются ограничения на геометрические размеры, форму, ориентацию трещин, на течение жидкости внутри трещин, расположение скважин. Развитый в работах [6–9] метод дискретных особенностей позволяет моделировать границы трещины (завесы) произвольными гладкими и кусочно-гладкими кривыми и располагать их произвольно в пласте.

© В.Ф. Пивень, М.А. Фролов

<sup>1</sup>Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 09-01-97509).

В настоящей работе рассматриваются радиальные вытянутые эллиптические трещины (завесы), большие полуоси которых расположены по радиусам от центра скважины. Исследуются зависимость дебита скважины от длины трещины (завесы) и интерференция трещин.

**Постановка задачи.** Стационарное течение несжимаемой жидкости в недеформируемой изотропной однородной пористой среде описывается законом Дарси и уравнением неразрывности, записанными в безразмерных величинах [7]:

$$\vec{v} = k \nabla \varphi, \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0, \quad (2)$$

где  $\nabla$  — оператор Гамильтона,  $\vec{v}$  — скорость фильтрации,  $\varphi$  — потенциал скорости фильтрации,  $k$  — коэффициент проницаемости среды, который является постоянной (кусочно-постоянной) величиной в случае однородной (кусочно-однородной) среды. Из (1) и (2) следует, что потенциал  $\varphi$  — гармоническая функция, так как удовлетворяет уравнению Лапласа ( $\Delta \varphi = 0$ ).

Рассмотрим плоскопараллельное течение в координатной плоскости  $Oxy$ . Пусть в некоторой точке  $M_0 = (x_0, y_0)$  области фильтрации  $D_0$  расположена совершенная эксплуатационная скважина дебита  $q$ . Контур скважины  $L_c$  — окружность малого радиуса  $R_c$ . Работу скважины будем моделировать точечным стоком мощности  $q$  (см. [9]). Контур питания скважины ограничивает область фильтрации  $D_0$ . Пусть в этой области имеется число  $p$  трещин (завес) произвольной формы, ограниченных замкнутыми контурами  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) (см. рис. 1). Пусть вне трещин (завес) — область  $D_0$ , заполнена средой с коэффициентом проницаемости  $k_0$ , а сами трещины (завесы) — области  $D_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) — средой с коэффициентом проницаемости  $k_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) (для трещины  $k_i > k_0$  и завесы  $k_i < k_0$ ,  $(i = 1, \dots, p)$ ). Потенциалы скоростей течения в областях  $D_i$  ( $i = 0, 1, \dots, p$ ) обозначим соответственно  $\varphi_i$  ( $i = 0, 1, \dots, p$ ). Контуры  $L_n$  и  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) моделируем гладкими кривыми.

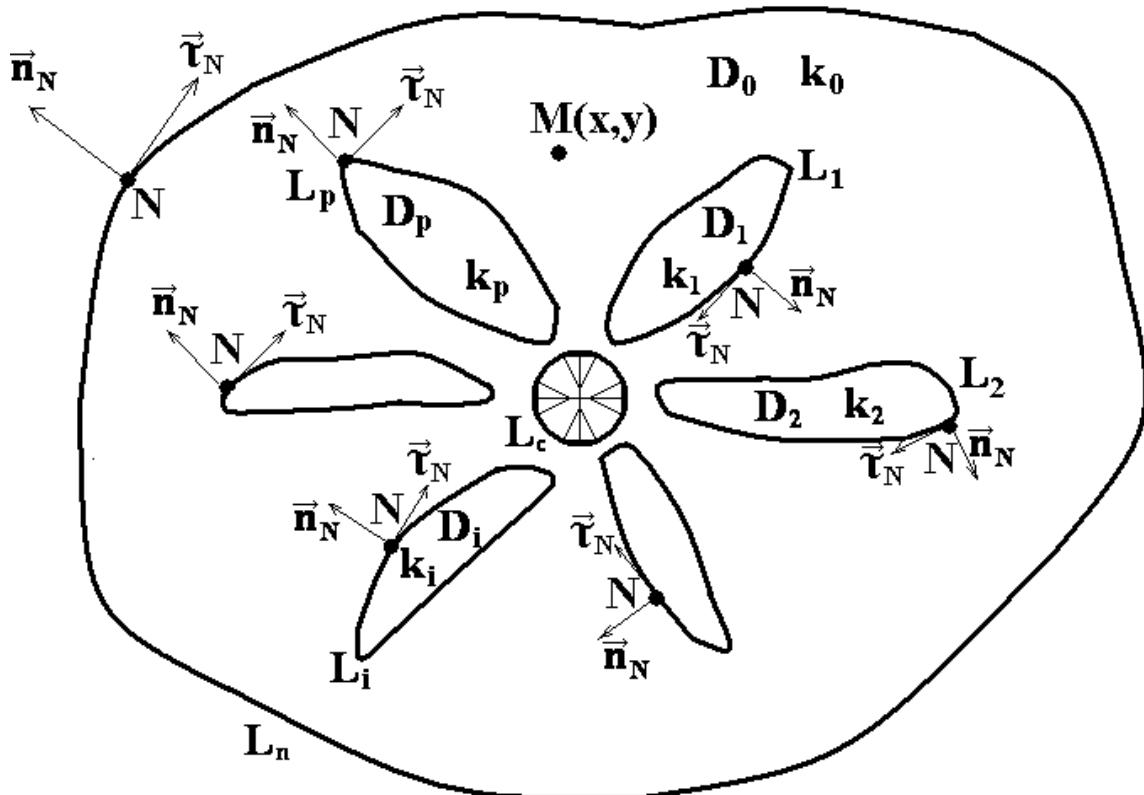


Рис. 1. Постановка задачи.

Функции  $\varphi_i (i=0,1,\dots,p)$  координат точки  $M=(x,y)$  всюду, за исключением особых точек этих

функций в области  $D = \bigcup_{i=0}^p D_i$ , ограниченной

$\Gamma = L_c \bigcup_{i=1}^p L_i \bigcup L_n$ , являются гармоническими.

На контурах  $L_i (i=1,\dots,p)$  эти потенциалы удовлетворяют условиям непрерывности давления и расхода жидкости [7–10]:

$$\begin{aligned}\varphi_0^+(M) &= \varphi_i^-(M), k_0 \left( \frac{\partial \varphi_0(M)}{\partial n_M} \right)^+ = \\ &= k_i \left( \frac{\partial \varphi_i(M)}{\partial n_M} \right)^-, M \in L_i, i = 1, \dots, p,\end{aligned}\quad (3)$$

где знаками «+» и «-» отмечены предельные значения соответствующих функций при подходе к контурам  $L_i (i=1,\dots,p)$  из областей  $D_0$  и  $D_i (i=1,\dots,p)$  (выбор ортов нормали  $\vec{n}$  и касательной  $\vec{\tau}$  см. на рис. 1).

Течение жидкости в слое происходит вследствие разности давлений на контуре питания  $L_n$  и на контуре скважины  $L_c$ . Пусть на этих контурах заданы давления. Тогда согласно [9] на контурах  $L_n$  и  $L_c$ , имеем:

$$k_0 \varphi_0(M) = \alpha(M), M \in L_n, \quad (4)$$

$$k_0 \varphi_0(M) = C, M \in L_c, \quad (5)$$

где  $C$  — произвольная постоянная,  $\alpha(M)$  — в общем случае непрерывная периодическая функция координат.

Течение жидкости к скважине в однородной безграничной среде (при отсутствии контуров

$\Gamma = L_c \bigcup_{i=1}^p L_i \bigcup L_n$ ) проницаемости  $k=1$  описывает потенциал  $\Phi(M)$  вида:

$$\Phi(M) = \frac{q}{2\pi} \ln \frac{1}{r}, \quad (6)$$

где  $r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$ .

Учтём потенциал (6) и решение задачи, следуя [7–9], представим в виде

$$\varphi_i(M) = \frac{\Phi(M) + \varphi_*(M)}{k_i}, M \in D_i, i = 0, 1, \dots, p. \quad (7)$$

Функция  $\varphi_*(M)$  — потенциал возмущения, вызванный наличием трещин (завес), контуров пита-

ния и скважины (контуров  $\Gamma = L_c \bigcup_{i=1}^p L_i \bigcup L_n$ ).

Потенциал  $\varphi_*(M)$  — гармоническая функция. Условия (3)–(5) для потенциала  $\varphi_*(M)$  примут вид

$$(1 - \lambda_i) \varphi_*^+(M) - (1 + \lambda_i) \varphi_*^-(M) = 2\lambda_i \Phi(M),$$

$$\left( \frac{\partial \varphi_*(M)}{\partial n_M} \right)^+ = \left( \frac{\partial \varphi_*(M)}{\partial n_M} \right)^-, M \in L_i, i = 1, \dots, p, \quad (8)$$

$$\varphi_*^-(M) = \alpha(M) - \Phi(M), M \in L_n, \quad (9)$$

$$\varphi_*(M) = C - \Phi(M), M \in L_c. \quad (10)$$

В условиях (8)  $\lambda_i = \frac{k_0 - k_i}{k_0 + k_i}$ ,  $\lambda_i \in (-1, 1)$ , ( $i = 1, \dots, p$ ).

В случае трещины  $\lambda_i < 0$  и завесы  $\lambda_i > 0$ .

Таким образом, чтобы найти дебит  $q$  скважины, необходимо определить потенциал  $\varphi_*(M)$ , удовлетворяющий условиям (8)–(10).

**Решение задачи.** В случае границ  $L_n$  и  $L_i (i = 1, \dots, p)$ , моделируемых гладкими кривыми класса Ляпунова, задача о дебите сводится к системе интегральных уравнений и интегральных соотношений.

Следуя [7–9], потенциал возмущения  $\varphi_*(M)$  будем искать в виде потенциала двойного слоя:

$$\begin{aligned}\varphi_*(M) &= \sum_{v=1}^p \int_{L_v} g_v(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ &+ \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N, M \in D_i, i = 0, 1, \dots, p.\end{aligned}\quad (11)$$

Здесь  $g_v(N)$  ( $v = 1, \dots, p$ ) и  $f(N)$  — плотности распределения особенностей на контурах  $L_i (i = 1, \dots, p)$  и  $L_n$  соответственно;  $\nabla_N$  — оператор Га-

милтона по координатам точки  $N$ ;  $G(N, M)$  — фундаментальное решение уравнения Лапласа или, в общем случае, функция Грина, учитывающая канонический контур питания (прямая, окружность).

Согласно [6–9] находим предельное значение потенциала двойного слоя на границе контура  $L_n$  при приближении к нему из области  $D_0$ :

$$\begin{aligned}\varphi_*^-(M) = & \sum_{v=1}^p \int_{L_v} g_v(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ & + \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N - \frac{f(M)}{2}, M \in L_n.\end{aligned}\quad (12)$$

Предельные значения потенциала двойного слоя на границах контуров  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) при приближении к ним из областей  $D_\mu$  ( $\mu = 0, 1, \dots, p$ ) будут вида:

$$\begin{aligned}\varphi_*^\pm(M) = & \sum_{v=1}^p \int_{L_v} g_v(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ & + \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N \pm \frac{g_i(M)}{2}, M \in L_i, \\ & i = 1, \dots, p.\end{aligned}\quad (13)$$

Учитывая (6) и (12), (13), удовлетворим (11) условиям (8)–(10).

Вторые условия (8) обращаются в тождества в силу непрерывности нормальных производных двойного слоя. Из первых условий (8) имеем число  $p$  интегральных уравнений на контурах  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ):

$$\begin{aligned}-2\lambda_i \left( \sum_{v=1}^p \int_{L_v} g_v(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \right. \\ \left. + \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N \right) + \\ + g_i(M) = 2\lambda_i \Phi(M), M \in L_i, i = 1, \dots, p.\end{aligned}\quad (14)$$

Из условия (9) находим интегральное уравнение на контуре  $L_n$ :

$$2 \left( \sum_{v=1}^p \int_{L_v} g_v(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \right.$$

$$+ \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N \Big) -$$

$$- f(M) = 2[\alpha(M) - \Phi(M)], M \in L_n. \quad (15)$$

Условие на контуре скважины (10) приводит к интегральному соотношению:

$$\begin{aligned}\sum_{v=1}^p \int_{L_v} g_v(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ + \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N = \\ C - \Phi(M), M \in L_c.\end{aligned}\quad (16)$$

Уравнения (14), (15) — неоднородные граничные интегральные уравнения второго рода типа Фредгольма [7].

Таким образом, для определения дебита  $q$  скважины необходимо решать систему уравнений (14)–(15) и интегрального соотношения (16).

Решить аналитически систему (14)–(16) не представляется возможным. Поэтому решим её численно, используя развитый в [6–9] подход. Сведём эту систему к системе алгебраических уравнений. Зададим контуры  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) и  $L_n$  параметрически. Для контуров  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) имеем:

$$x_N = x(t_i), y_N = y(t_i), x_M = x(t_{0i}), y_M = y(t_{0i}),$$

$$t_{0i}, t_i \in [0, S_i], N, M \in L_i; i = 1, \dots, p, \quad (17)$$

где  $t_i$  — параметр,  $t_{0i}$  — некоторое его значение,  $S_i$  — длины контуров  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ).

Параметрическим заданием для контура  $L_n$  будет

$$\begin{aligned}x_N = x(\tau), y_N = y(\tau), x_M = x(\tau_0), \\ y_M = y(\tau_0); \tau_0, \tau \in [0, S_n],\end{aligned}\quad (18)$$

где  $\tau$  — параметр,  $\tau_0$  — некоторое его значение,  $S_n$  — длина контура  $L_n$ .

Так как контуры  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) и  $L_n$  обходим в направлении ортов касательных к этим контурам (рис. 1), то согласно [6] имеем:

$$\bar{r}_{NM} = ((x(t_i) - x(t_{0i}))\vec{i} + (y(t_i) - y(t_{0i}))\vec{j}),$$

$$\vec{n}_N = \frac{-y'_{t_i} \vec{i} + x'_{t_i} \vec{j}}{\sqrt{x'_{t_i}^2 + y'_{t_i}^2}}, dS_N = \sqrt{x'_{t_i}^2 + y'_{t_i}^2} dt_i, N \in L_i,$$

$$i=1, \dots, p, \vec{r}_{NM} = ((x(\tau) - x(\tau_0))\vec{i} + (y(\tau) - y(\tau_0))\vec{j}), \\ \vec{n}_N = \frac{-y'_\tau \vec{i} + x'_\tau \vec{j}}{\sqrt{x'^2_\tau + y'^2_\tau}}, \quad dS_N = \sqrt{x'^2_\tau + y'^2_\tau} d\tau, N \in L_n. \quad (19)$$

Учитывая (19), запишем систему (14)–(16) в параметрическом виде:

$$\begin{cases} -2\lambda_i \left( \sum_{v=1}^p \int_0^{S_v} g_v(t_v) K(t_v, t_{0i}) dt_v + \int_0^{S_n} f(\tau) K(\tau, t_{0i}) d\tau \right) - g_i(t_{0i}) = \\ \qquad \qquad \qquad = 2\lambda_i \Phi(t_{0i}), t_{0i} \in [0, S_v], i = 1, \dots, p, \\ 2 \left( \sum_{v=1}^p \int_0^{S_v} g_v(t_v) K(t_v, \tau_0) dt_v + \int_0^{S_n} f(\tau) K(\tau, \tau_0) d\tau \right) - f(\tau_0) = \\ \qquad \qquad \qquad = 2(\alpha(\tau_0) - \Phi(\tau_0)), \tau_0 \in [0, S_n], \\ \sum_{v=1}^p \int_0^{S_v} g_v(t_v) K(t_v, M) dt_v + \int_0^{S_n} f(\tau) K(\tau, M) d\tau = C - \Phi(M), \\ \qquad \qquad \qquad M = (x_c, y_c) \in L_c, \end{cases} \quad (20)$$

где  $K(t_v, t_{0i}), K(t_v, \tau_0), K(\tau, \tau_0), K(t_v, M), K(\tau, M)$  ( $v = 1, \dots, p$ ,  $i = 1, \dots, p$ ) — интегральные ядра [9]:

$$\begin{aligned} K(t_v, t_{0i}) &= \left[ -\frac{\partial G(x(t_v), y(t_v), x(t_{0i}), y(t_{0i}))}{\partial x(t_v)} y'_{t_v} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial G(x(t_v), y(t_v), x(t_{0i}), y(t_{0i}))}{\partial y(t_v)} x'_{t_v} \right], \\ K(\tau, t_{0i}) &= \left[ -\frac{\partial G(x(\tau), y(\tau), x(t_{0i}), y(t_{0i}))}{\partial x(\tau)} y'_{\tau} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial G(x(\tau), y(\tau), x(t_{0i}), y(t_{0i}))}{\partial y(\tau)} x'_{\tau} \right], \\ K(t_v, \tau_0) &= \left[ -\frac{\partial G(x(t_v), y(t_v), x(\tau_0), y(\tau_0))}{\partial x(t_v)} y'_{t_v} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial G(x(t_v), y(t_v), x(\tau_0), y(\tau_0))}{\partial y(t_v)} x'_{t_v} \right], \\ K(\tau, \tau_0) &= \left[ -\frac{\partial G(x(\tau), y(\tau), x(\tau_0), y(\tau_0))}{\partial x(\tau)} y'_{\tau} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial G(x(\tau), y(\tau), x(\tau_0), y(\tau_0))}{\partial y(\tau)} x'_{\tau} \right]. \end{aligned}$$

$$K(t_v, M) = \left[ -\frac{\partial G(x(t_v), y(t_v), x(M), y(M))}{\partial x(t_v)} y'_{t_v} + \right. \\ \left. + \frac{\partial G(x(t_v), y(t_v), x(M), y(M))}{\partial y(t_v)} x'_{t_v} \right],$$

$$K(\tau, M) = \left[ -\frac{\partial G(x(\tau), y(\tau), x(M), y(M))}{\partial x(\tau)} y'_{\tau} + \right. \\ \left. + \frac{\partial G(x(\tau), y(\tau), x(M), y(M))}{\partial y(\tau)} x'_{\tau} \right].$$

Следуя [9], разобьём контуры  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) и  $L_n$  по параметрам длин дуг  $t_i$  и  $\tau$  на  $n_v$  ( $v = 1, \dots, p$ ) и  $n_0$  равных частей соответственно. Пусть шаги разбиения контуров  $h_v$  ( $v = 1, \dots, p$ ) и  $h_0$ . Пусть  $k$ ,  $m$  и  $l$  — какие-либо фиксированные номера точек из множеств разбиения контуров  $L_i$  ( $i = 1, \dots, p$ ) и  $L_n$ . Согласно [9], используя правило прямоуголь-

ников, получим систему числа  $\sum_{i=1}^p n_i + n_0 + 1$  линейных неоднородных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} -2\lambda_i \left( \sum_{v=1}^p \sum_{k=1}^{n_v} g_{vk} K(t_{vk}, t_{im}) h_v + \sum_{k=1}^{n_0} f_k K(\tau_k, t_{im}) h_0 \right) - \\ \qquad \qquad \qquad - g_{im} = 2\lambda_i \Phi(t_{im}), m = 1, \dots, n_v, i = 1, \dots, p, \\ -2 \left( \sum_{v=1}^p \sum_{k=1}^{n_v} g_{vk} K(t_{vk}, \tau_l) h_v + \sum_{k=1}^{n_0} f_k K(\tau_k, \tau_l) h_0 \right) - f_l = 2 \\ \qquad \qquad \qquad = 2(\alpha(\tau_l) - \Phi(\tau_l)), l = 1, \dots, n_0, \\ \sum_{v=1}^p \sum_{k=1}^{n_v} g_{vk} K(t_{vk}, M) h_v + \sum_{k=1}^{n_0} f_k K(\tau_k, M) h_0 = C \\ \qquad \qquad \qquad = C - \Phi(M), M = (x_c, y_c) \in L_c. \end{cases} \quad (21)$$

Решая эту систему, например, методом Гаусса, находим неизвестные величины:  $g_{vk}$  ( $k = 1, \dots, n_v$ ,  $v = 1, \dots, p$ ),  $f_k$  ( $k = 1, \dots, n_0$ ) и дебит  $q$ .

Рассмотрим случай, когда в пласте грунта имеется одна трещина (завеса), а контуром питания скважины является прямая  $y = 0$ . Используя фильтрационную теорему о прямой [10], контур питания можно учесть аналитически, подбором потенциала  $\Phi(M)$  и функции Грина  $G(N, M)$ :

$$\Phi(M) = \frac{q}{2\pi} \ln \frac{\tilde{r}}{r}, \quad G(N, M) = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{\tilde{r}}{r}, \quad (22)$$

где  $r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$ ,

$$\tilde{r} = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y + y_0)^2}.$$

Контур трещины (завесы)  $L_1$  будем моделировать эллипсом с полуосами  $a, b$  и центром в точке  $M_1 = (x_1, y_1)$ . В качестве характерного размера выберем расстояние от центра скважины до контура питания ( $y_0 = 1$ ). Зададим числовые значения:  $\lambda_1 = -0.9$ ,  $C = 1$ ,  $x_0 = 0$ ,  $R_c = 0.01y_0$ ,  $x_c = x_0$ ,  $y_c = y_0 - R_c$ ,  $x_1 = x_0$ ,  $y_1 = 0.9y_0$ ,  $a = R_c$ ,  $b = 0.08y_0$ . В таблице 1 показана практическая сходимость численного метода при выбранных числовых значениях, где

$$\eta = \frac{q_{k+1}}{q_k} - 1 \quad (k = 1, 2, \dots).$$

Таблица 1 – Практическая сходимость

$k$	1	2	3	4	5	6
$n_1$	50	100	200	400	800	1600
$q$	1.2187	1.2688	1.3014	1.3202	1.3304	1.3356
$\eta, \%$		4.11	2.57	1.45	0.77	0.39

На рис. 2 представлен график зависимости дебита скважины от длины большой полуоси  $b$  эллипса для трещины ( $\lambda_1 = -0.9$ , сплошная линия) и завесы ( $\lambda_1 = 0.9$ , пунктирная линия). Шаг разбиения  $h_1$  эллипса каждый раз выбирался одинаковым ( $h_1 \approx 0.0008 y_0$ ). Величина  $\eta = \frac{q_\lambda}{q_0} - 1$ , где  $q_\lambda$  — дебит, полученный решением системы (21) при  $\lambda_1 = -0.9$  (трещина) или  $\lambda_1 = 0.9$  (завеса), а  $q_0$  — дебит при  $\lambda_1 = 0$ .

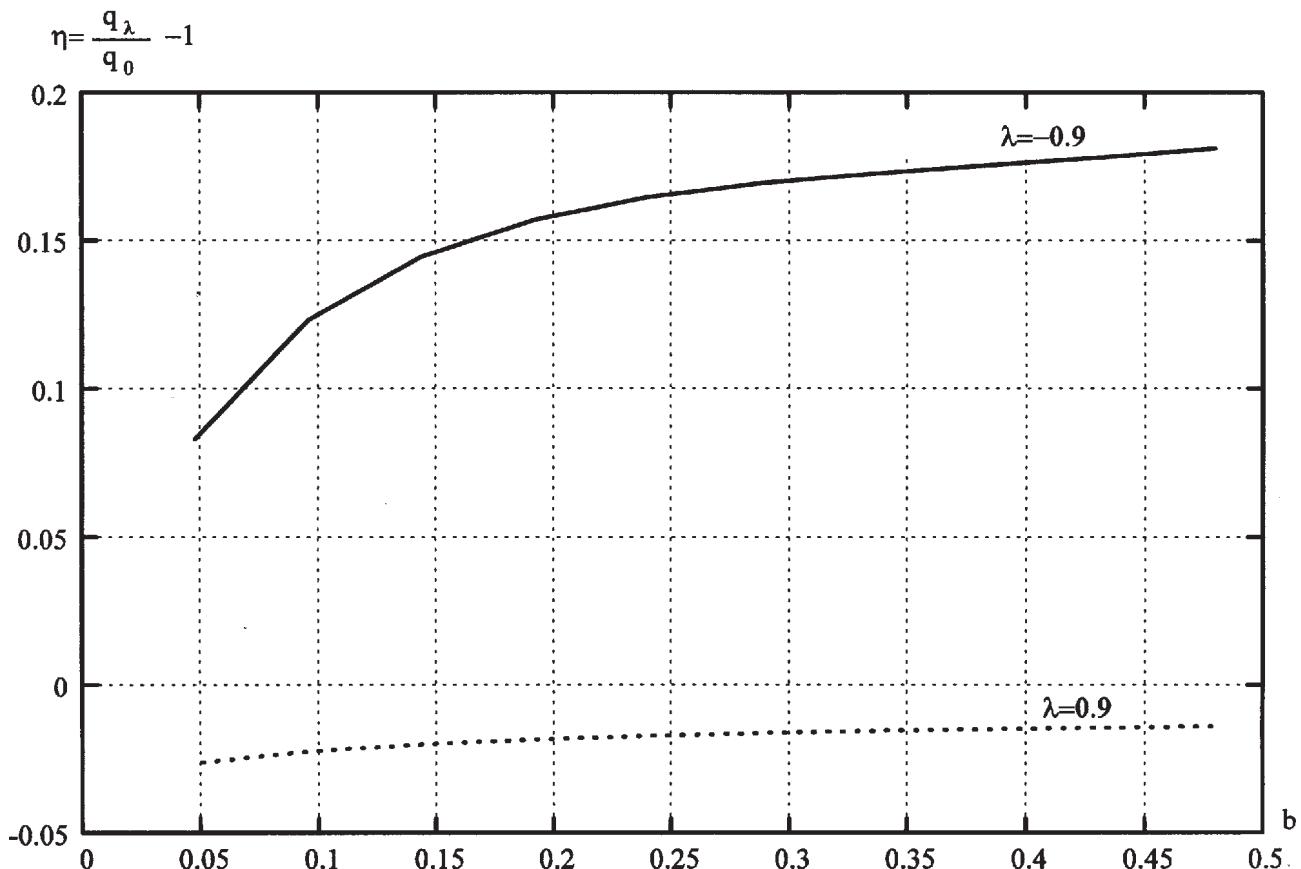


Рис. 2. Зависимость дебита скважины от большой полуоси эллиптической трещины (завесы).

Как видно из графика, при изменении длины большой полуоси трещины от  $b = 0.048y_0$  до  $b = 0.48y_0$  прирост дебита составит приблизительно 18.1%. В то же время скорость прироста дебита с увеличением параметра  $b$  уменьшается. Для завесы ( $\lambda_1 = 0.9$ ) её влиянием на дебит можно пренебречь, так как при выбранных значениях параметра  $b$  величина  $\eta < 3\%$ . В дальнейшем можно ограничиться рассмотрением только трещин, учитывая слабое влияние на дебит завес.

Исследуем, как влияет на дебит скважины интерференция (взаимное влияние) трещин. Пусть первоначально в пласте грунта имеется одна трещина, ограниченная контуром  $L_1$ . Затем по очереди будем вводить трещины с контурами  $L_2, L_3, \dots, L_p$ . Ограничимся случаем восьми трещин. Все трещины будем располагать радиально по отношению к скважине (большие полуоси эллипсов расположены по радиусам от центра скважины). Зададим числовые значения:  $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_8 = -0.9$ ,  $C = 1$ ,  $x_0 = 0$ ,  $y_0 = 1$ ,  $R_c = 0.01y_0$ ,  $x_c = x_0 + R_c$ ,  $y_c = y_0$ ,  $x_1 = -0.1y_0$ ,  $y_1 = y_0$ ,  $x_2 = 0.1y_0$ ,  $y_2 = 1$ ,  $x_3 = 0$ ,  $y_3 = -0.9y_0$ ,  $x_4 = 0$ ,  $y_4 = 1.1y_0$ ,  $x_5 = 0.071y_0$ ,  $y_5 = 1.071y_0$ ,  $x_6 = -0.071y_0$ ,  $y_6 = 0.929y_0$ ,  $x_7 = 0.071y_0$ ,  $y_7 = 1.071y_0$ ,

$x_8 = 0.071y_0$ ,  $y_8 = 0.929y_0$ ,  $a_1 = 0.08y_0$ ,  $b_1 = R_c$ ,  $a_2 = 0.08y_0$ ,  $b_2 = R_c$ ,  $a_3 = R_c$ ,  $b_3 = 0.08y_0$ ,  $a_4 = R_c$ ,  $b_4 = 0.08y_0$ ,  $a_5 = 0.08y_0$ ,  $b_5 = R_c$ ,  $a_6 = 0.08y_0$ ,  $b_6 = R_c$ ,  $a_7 = 0.08y_0$ ,  $b_7 = R_c$ ,  $a_8 = 0.08y_0$ ,  $b_8 = R_c$ . Число точек разбиения на каждом контуре  $L_1, L_2, \dots, L_8$  выберем  $n_p = 800$  ( $p = 1, \dots, 8$ ).

В таблице 2 приведена зависимость величины

$$\eta = \frac{q_{p+1}}{q_p} - 1 \quad (p = 1, \dots, 8) \text{ от числа трещин. Здесь}$$

$p$  — число трещин,  $q_p$  — дебит скважины при наличии  $p$  трещин,  $q_{p+1}$  — дебит при наличии  $p + 1$  трещины.

Как видно из таблицы, наибольший вклад в дебит даёт первая трещина ( $L_1$ , 11.19%). Далее, с ростом числа трещин в пласте грунта, суммарный вклад каждой последующей трещины в дебит уменьшается. Так, например, восьмая трещина ( $L_8$ ) увеличивает дебит скважины всего на 0.89%. Поэтому дальнейшее увеличение числа трещин в пласте грунта не приведёт к существенному изменению дебита скважины, и при заданных числовых значениях можно ограничиться числом  $p = 8$  трещин, что упрощает численные расчёты.

Таблица 2 – Влияние интерференции трещин на дебит

$p$	1	2	3	4	5	6	7	8
$q$	1.3186	1.4014	1.4836	1.5434	1.5855	1.6198	1.6455	1.6601
$\eta, \%$	11.19	6.28	5.87	4.03	2.72	2.16	1.59	0.89

Основные результаты и выводы. Исследования показали, что с ростом длины трещины дебит скважины увеличивается. Влиянием завесы на дебит скважины можно пренебречь при условии, что она расположена радиально к скважине и её ширина не превышает диаметра скважины.

Исследование интерференции трещин показало, что если ширина трещины сопоставима с диаметром скважины, то максимальное влияние на дебит оказывает первая трещина. Далее, с рос-

том числа трещин, суммарный вклад в дебит каждой последующей трещины уменьшается. Это важный для практики проведения гидроразрывов пласта результат. Зная характерные размеры трещин и свойства грунта, можно оценить число трещин, оказывающих значимое влияние на дебит. А это, в свою очередь, может служить критерием определения того, какой вид гидроразрыва пласта предпочтеть (мини, обычный, массированный [1]).

#### Библиографический список

1. Казанцев П.Ю. Исследование технологий воздействия гидроразрывом пласта на поздней стадии разработки месторождений // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. – Тюмень, 2004. – 25 с.

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. Кац Р.М., Андриасов А.Р. Математическая модель трёхфазной фильтрации в трещиновато-пористой среде // Сб. науч. тр. ВНИИ. – М., 1986. – Вып. 95. – С. 61–66.
5. Peaceman D.W. Interpretation of well-block pressures in numerical reservoir simulation. // SPE Journal. – 1978. – V. 18, №3. – P. 183–194.
6. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. – М.: ТОО «Янус», 1995. – 520 с.
7. Пивень В.Ф. Математическое моделирование двумерных задач гидродинамики в неоднородных слоях. Докт. дисс. – Орёл: Орловский гос. ун-т, 1998. – 266 с.
8. Пивень В.Ф. Интегральное уравнение граничной задачи сопряжения фильтрационных течений в неоднородной среде. Труды IX Международного симпозиума «МДОЗМФ–2000». – Орёл, 2000. – С. 343–348.
9. Фролов М.А. Исследование двумерных граничных задач о дебитах системы скважин в неоднородных слоях, проводимости которых моделируются гармоническими и метагармоническими функциями координат. Канд. дисс. – Орёл: ОГУ, 2001. – 148 с.
10. Голубева О.В. Курс механики сплошных сред. – М.: Наука, 1971. – 368 с.

V.F. PIVEN, M.A. FROLOV

### EFFECT ON A YIELD OF A CHINK OF THE DIMENSIONS OF A SEMIPERMEABLE CRACK (SCREEN) IN A LAYER OF A GROUND

*The parallel plate boundary problem about a yield of a chink is put at presence of semipermeable cracks (curtains) in a layer. As against known examinations where limitations on the geometrical dimensions of a crack and her orientation overlap, the problem is solved numerically by a method of discrete singularities that allows to model a crack (screen) the arbitrary sleek and piecewise smooth borders and to have them voluntary*

*Key words:* a yield of a chink, a semipermeable crack (screen), a pressure parting of a layer, a numerical solution of a problem.

**Ю.В. ХРИПУНОВ**, аспирант кафедры теоретической физики  
и математического моделирования

Орловского государственного университета

Тел. (4862) 76-33-78; Phyrexia@yandex.ru

**О.И. МАРКОВ**, кандидат физико-математических наук, профессор  
кафедры теоретической физики и математического моделирования

Орловского государственного университета

Тел. (4862) 43-05-73; O.I.Markov@mail.ru

**Д.А. КОРОСТЕЛЕВ**, аспирант кафедры физики  
Орловского государственного технического университета

Тел. (4862) 77-18-42; dimedrol85@list.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛА ВИСМУТА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ МОЛЕКУЛЯРНЫМ И АТОМАРНЫМ ВОДОРОДОМ

*Методом ACM проведены исследования воздействия молекулярного и атомарного водорода на поверхность кристалла висмута. Получены двухмерные и трехмерные изображения модификации различных участков поверхности кристалла висмута.*

*Ключевые слова:* монокристалл, висмут, ACM, поверхность, водород.

В последние годы в приборостроении достигнуты пределы миниатюризации рабочих элементов, что стимулирует поиск новых материалов и создание технологий их изготовления. На современном этапе разрабатываются специальные материалы с квазикристаллической, субмолекулярной, нанокристаллической и аморфно-нанокристаллической структурой [1]. Наnanoуровне начинают проявляться различные квантовые эффекты, поэтому наноматериалы обладают рядом уникальных свойств и представляют широкий практический интерес. Параметры получаемых наноматериалов определяются состоянием их поверхности. Поверхность твердого тела – один из основных дефектов трехмерной структуры кристаллов. Отличительной чертой поверхности является ее гетерогенность, что обусловлено рядом взаимосвязанных факторов: геометрической и структурной неоднородности, химической неоднородности, неоднородности электронных свойств [2]. Вследствие этого при введении поверхности в атмосферу газа адсорбционные и каталитические процессы изменяют ее конфигурацию на nanoуровне [2, 3]. Задача современной технологии состоит в том, чтобы научиться контролировать и управлять такого рода процессами с целью создания новых конструкционных материалов. Возможность получать необходимую информацию о структуре поверхности в режиме реального времени дает система методик сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ), основными компонентами которой являются сканирующая тунNELьная микроскопия (СТМ) и атомно-силовая микроскопия (АСМ) [4–7].

Висмут – полуметалл, обладающий широким спектром уникальных свойств: концентрация носителей  $\sim 10^{-5}$  на атом, малая эффективная масса  $\sim 10^{-2}m_e$ , большая диа-

магнитная восприимчивость  $\sim 10^{-5}$ , диэлектрическая проницаемость  $\sim 100$ , значение  $g$ -фактора  $\sim 200$ , высокая чувствительность зонных параметров висмута к внешним воздействиям: изменению температуры, давления, магнитного и электрического полей. Материалы, созданные на основе объемных свойств висмута, служат для создания тензодатчиков, датчиков потока тепла, кристаллизированных фотоприемных устройств для космических аппаратов, применяемых во внеатмосферной астрономии и ИК-зондировании Земли, термоэлектрических преобразователей и др. Создание наноматериалов на основе висмута остается нерешенной задачей в силу малой изученности этой области [8–10]. Целью данной работы было исследование влияния газовой среды водорода на поверхность монокристалла висмута. Исследования проводились на мультимикроскопе СММ-2000 в режиме атомно-силовой микроскопии в воздушной атмосфере. Использовались кантилеверы марки MSCT-AU различной жесткости, высота игл кантилевера составляет 3 мкм, радиус закругления – 300–600 ангстрем. Получены двух- и трехмерные кадры различных участков поверхности (рис. 1–6).

Size: [ 5.676 mkm x 5.676 mkm x 118.7 nm] (776 x 776 pt)

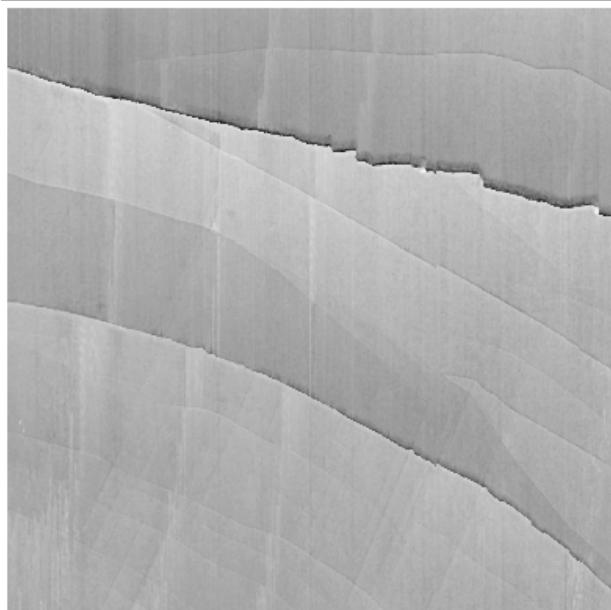


Рис. 1. ACM-кадр скола монокристалла висмута.

При комнатных температурах водород не растворяется в твердом висмуте [11]. Соединения висмута с водородом – гидриды водорода  $Bi_2H_2$  и  $BiH_3$  не образуются прямым взаимодействием висмута и водорода [11]. Молекулы водорода  $H_2$  довольно прочны, и для того, чтобы водород мог вступить в реакцию, должна быть затрачена большая энергия:  $H_2 = 2H - 432 \text{ кДж}$  [12]. Поэтому при обычных температурах водород реагирует только с очень активными металлами и может «отнимать» кислород от оксидов менее активных металлов. При этом оксиды восстанавливаются до металлов. В работах [13, 14] проведены исследования воздействия молекулярного водорода на поверхность среза (111) монокристалла висмута. Отмечалась реструктуризация поверхности среза с появлением треугольных образований тригональной плоскости висмута и аморфных структур.

Поверхность висмута представляла собой скол по плоскости (111) (рис. 1), на котором присутствуют дефекты типа террас и ступенек [10, 15]. Средняя шероховатость и среднеквадратичная шероховатость составляли менее 1 нм.

Поверхность выдерживалась в атмосфере молекулярного водорода (рис. 2).

Size: [ 3.007 mkm x 3.007 mkm x 258.8 nm] (822 x 822 pt)

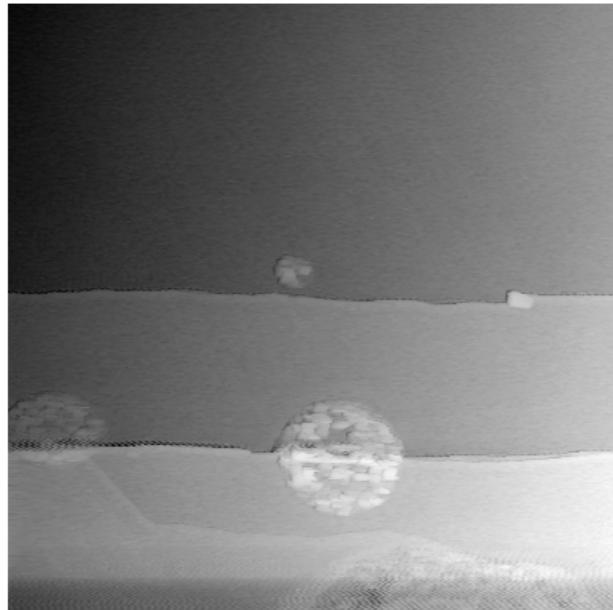


Рис. 2. ACM-кадр скола после выдержки в атмосфере молекулярного водорода.

Видны образования, локализующиеся на границах террас, представляющие, по-видимому, восстановленный из окислов висмута. Образования имеют ступенчатую структуру с явно выраженным центром. Средняя шероховатость профиля составляет порядка 8 нм, среднеквадратичная шероховатость – порядка 10–12 нм.

Для дальнейшего выяснения механизмов влияния водородной среды на поверхность монокристалла висмута скол подвергался плазмохимической обработке водородом. Обработка проводилась на специальной вакуумной установке [16]. Для получения водорода использовался генератор чи-

стого водорода ГВЧ-6. Технические параметры ГВЧ-6: чистота водорода в пересчете на сухой газ 99,995%; концентрация водяных паров при 20°C и 100кПа не более 5ppm [17]. Для получения атомов и радикалов использовался высокочастотный разряд. Для возбуждения высокочастотного разряда в качестве источника атомов в установке применялись генераторы высокой частоты УВЧ-30-2 ( $f = 40$  МГц,  $P_{\max} = 30$  Вт) и импульсный высокочастотный генератор регулируемой мощностью (0,05 – 1) кВт, частотой 40 МГц [18]. Время обработки составило 15 мин. [19]. Результаты приведены на рисунках 3–6.

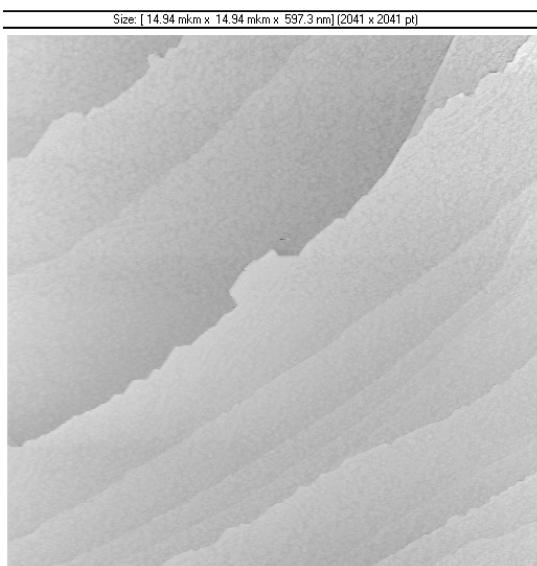


Рис. 3. ACM-кард скола после плазмохимического травления.

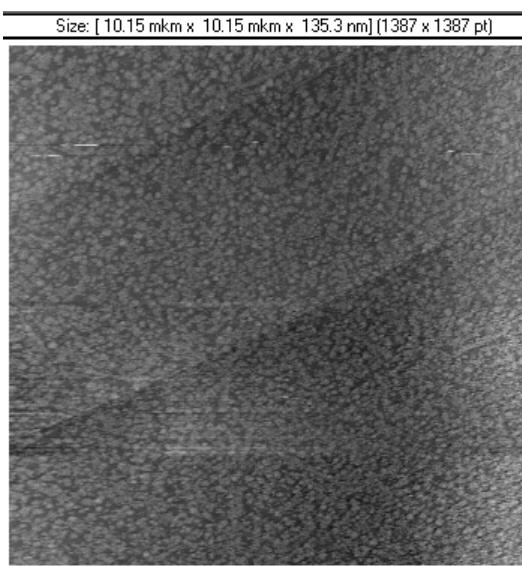


Рис. 4. ACM-кард скола после плазмохимического травления.

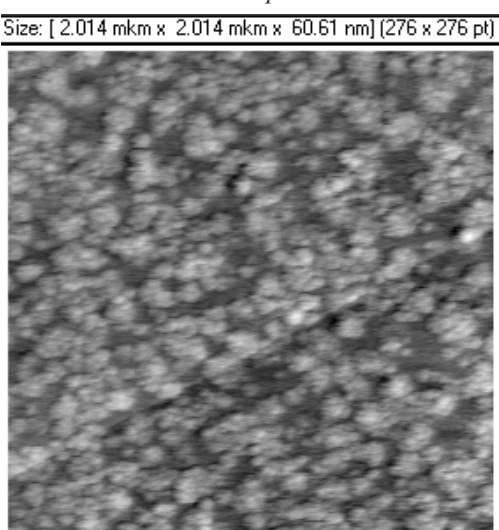


Рис. 5. ACM-кард скола после плазмохимического травления.

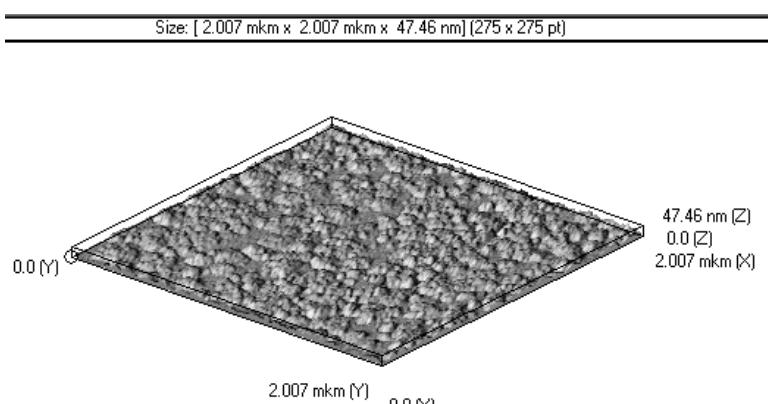


Рис. 6. Трехмерный ACM-кард после плазмохимического травления.

Анализ ACM-кадров показал наличие множества округлых образований, имеющих зернистую структуру. Перепад высот  $\sim 50$  нм. Средняя шероховатость составила 5–7 нм, среднеквадратичная шероховатость – 7–8 нм.

Фрактальный анализ кадров показал разбиение

на три участка с равным наклоном и разной фрактальной размерностью (рис. 7–9), что означает отсутствие гомогенности поверхности и присутствие трех разнородных по морфологии групп объектов. На рисунке 7 приведен фрактальный анализ макрорельефа.

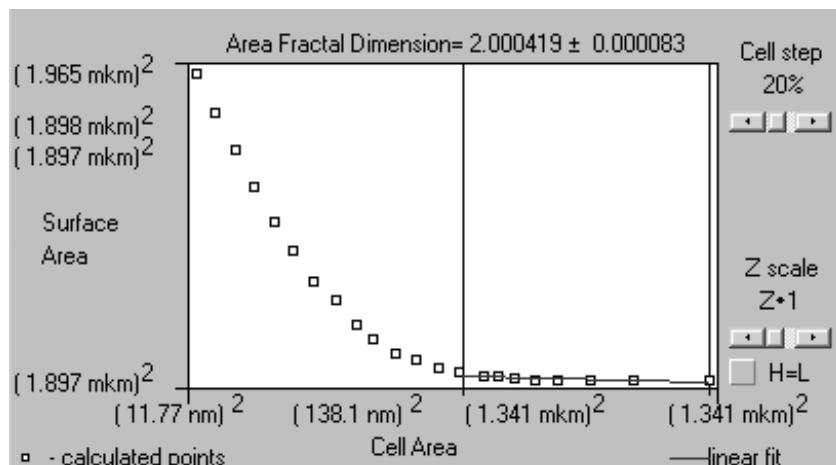


Рис. 7. Фрактальный анализ макрорельефа.

Размерность объектов лежит в интервале 138–1341 нм. Данные объекты представляют собой образования, получаемые при скальвании, – атомарно гладкие плато, ограниченные дефектами (ступеньками) [10], и имеют минимальную фрактальную размерность 2000419, что подтверждает их

малую шероховатость. Вторая группа объектов соответствует интервалу размеров 43–141 нм (рис. 8) – это кристаллические образования, полученные в результате плазмохимической обработки поверхности водородом. Образования имеют достаточно высокую фрактальную размерность 2005492.

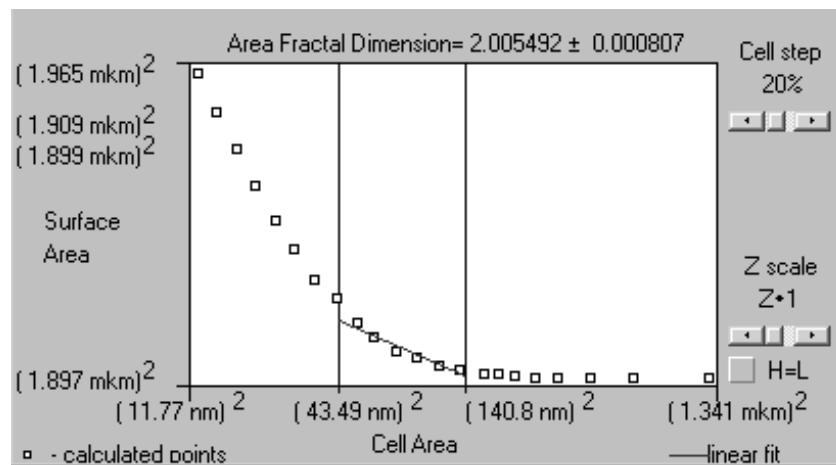


Рис. 8. Фрактальный анализ кристаллических образований.

Третья группа – объекты, лежащие в интервале размеров от 11 до 42 нм. Это зерна, из которых состоят кристаллические образования. Их фрак-

тальная размерность очень высокая – 2021919, что говорит о хаотичности и трехмерности расположения.

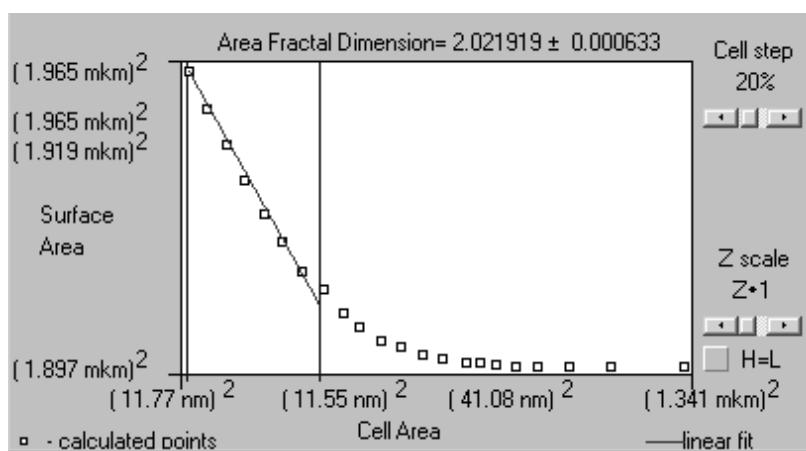


Рис. 9. Фрактальный анализ зерен кристаллических образований.

Фурье-анализ показал отсутствие какого-либо порядка расположения объектов на модифицированной поверхности [20]. Фурье-образ

поверхности и графики функций  $Rms(f)$ ,  $Rms(f,a0)$ ,  $Rms(a)$ ,  $Rms(a,f0)$  приведены на рисунках 10, 11.

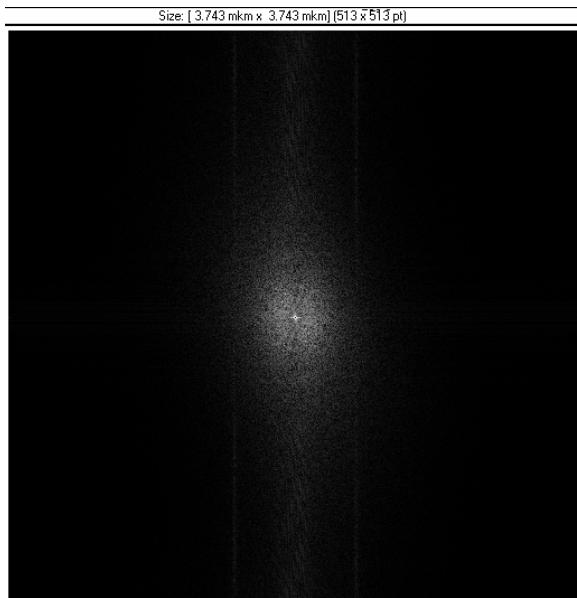


Рис. 10. Фурье-образ участка модифицированной поверхности скола монокристалла висмута.

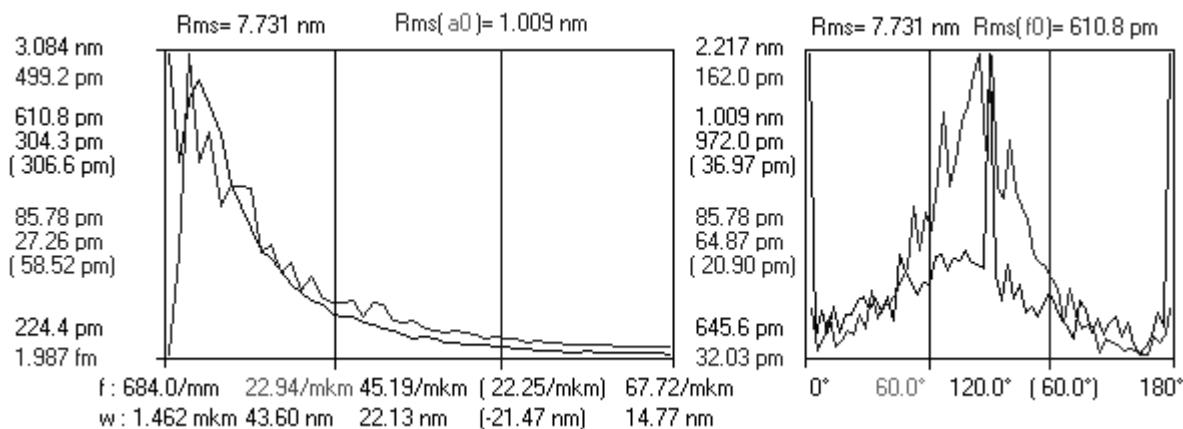


Рис. 11. Графики функций  $Rms(f)$ ,  $Rms(f,a0)$ ,  $Rms(a)$ ,  $Rms(a,f0)$  в линейном масштабе.

В результате проведенных исследований выявлено наличие модификации конфигурации поверхности скола монокристалла висмута при воздействии газовой молекулярной и плазменной сред водорода. Проведен анализ соответствующих структур.

В результате выдержки в атмосфере молекулярного водорода на поверхности скола монокристалла висмута появились редко расположенные округлые образования, локализующиеся на границах террас, с явно выраженным центром и ступенчатой структурой со средней шероховатостью ~ 8 нм. После плазмохимической обработки водородом произошло изменение интерфейса поверхности с образованием множества хаотично расположенных округлых объектов, имеющих

зернистую структуру с размером зерен до 40 нм.

Дальнейшее изучение влияния молекулярного, плазменного водорода на поверхность монокристаллов висмута позволит узнать некоторые физические, дополнить химические свойства висмута, создавать заданныеnanoструктуры с определенными свойствами, получать конструкционные и функциональные материалы, разрабатывать приборы нового поколения. Также данные исследования могут быть полезны для изучения свойств плазмохимической среды и создания и применения плазменных технологий в нанопроизводстве.

Авторы статьи выражают благодарность профессору Харламову Владимиру Федоровичу за предоставленную возможность проведения исследований.

### Библиографический список

- Поздняков В. А. Физическое материаловедение nanoструктурных материалов: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2007. – 204 с.
- Киселев В. Ф., Козлов С.Н., Зотеев А.В. Основы физики поверхности твердого тела. МГУ. – М., 1999. – 287 с.
- Кировская И. А. Адсорбционные процессы. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та. – 1995. – 304 с.
- Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии/ Российская академия наук. Институт физики микроструктур. – Н. Новгород, 2004.
- Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. – М.: Техносфера, 2004. – 377 с.
- Пул Ч.-мл., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2009. – 336 с.
- Быков В.А. Приборы и методы сканирующей зондовой микроскопии для исследования и модификации поверхности. Дис. ... д. т. н. – М.: ГНИИФП им. Ф. В. Лукина. – 2000. – 393 с.
- Офицеров А. В. Исследование электронных свойств поверхности висмута методами сканирующей тунNELьной микроскопии и спектроскопии. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – М.: ИФП им. П.Л. Капицы РАН. – 2004. – 120 с.
- Грабов В.М., Демидов Е.В., Комаров В.А., Климантов М.М. Сканирующая зондовая микроскопия поверхности кристаллов и пленок висмута // Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Чита: ЗабГПУ. – 2009. – С. 17–23.
- Хрипунов Ю.В., Марков О.И. Исследование поверхности монокристалла висмута сканирующим туннельным микроскопом//Учёные записки ОГУ. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». – 2009. – № 2(32). – С. 27–37.
- Вол А.Е. Строение и свойства двойных металлических систем. Т. 2. – М.: ГИФМЛ, 1962. – 982 с.
- Химическая энциклопедия. – Т. 1. – М.: СЭ, 1988. – 623 с.
- Хрипунов Ю.В., Марков О.И. Реструктуризация поверхности среза кристалла висмута в атмосфере водорода // Учёные записки ОГУ. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». – 2009. – № 4(34). – С. 11–15.
- Хрипунов Ю. В. Влияние выдержки в атмосфере водорода на поверхность монокристалла висмута // Труды 52-й научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук». Ч. 5 – Физическая и квантовая электроника. Т. 1. – М., 2009. – С. 79–82.
- Хрипунов Ю. В., Марков О. И. Об особенностях структуры поверхности монокристалла висмута // Альманах современной науки и образования. Грамота. – Тамбов, 2009. – № 12(31). – Ч. 1. – С. 138–141.
- Харламов В. Ф. Эмиссия электронов и фотонов при взаимодействии диссоциированных газов с твердыми телами: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Томск, 1976. – 177 с.
- Харламов В. Ф. Автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук. – Новосибирск, 1990. – 31 с.

18. Макушев И.А., Бармин А.В., Харламов В.Ф., Ануфриев К.М., Быковский М.И. Формирование «пакета» радикалов с короткой длительностью фронта нарастания их концентрации в газовой среде над поверхностью твердого тела // ПТЭ. – 2003. – № 1. – С. 1–2.
19. Яфаров Р. К. Физика СВЧ вакуумно-плазменных нанотехнологий. – М.: Физматлит, 2009. – 216 с.
20. Хрипунов Ю. В. Использование Фурье-преобразования для анализа поверхности монокристалла висмута // Труды Международных школ-семинаров. «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». Выпуск 7. – Орел: ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», Полиграфическая фирма «Картуш», 2009. – С. 113–117.

**YU.V. HRIPUNOV, O.I. MARKOV, D. A. KOROSTELEV**

**RESEARCH OF THE SURFACE OF THE SINGLE CRYSTAL OF BISMUTH AFTER  
PROCESSING BY MOLECULAR AND ATOMIC HYDROGEN**

*By method AFM are carried out researches of influence of molecular and atomic hydrogen on a surface of a crystal of bismuth. Bidimensional and three-dimensional images of updating of various sites of a surface of a crystal of bismuth are received.*

*Key words:* *single crystal, bismuth, AFM, surface, hydrogen.*



# ХИМИЯ

---

**Э.Р. ОСКОТСКАЯ**, доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой химии Орловского государственного университета  
Tel.: (4862) 777818

**Е.Н. ГРИБАНОВ**, аспирант кафедры химии  
Орловского государственного университета  
Tel.: (4862) 777818; gribanovEN@gmail.com

**Н.Н. БАСАРГИН**, доктор химических наук, профессор  
Института геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН)  
Телефон: (495) 3365668

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА

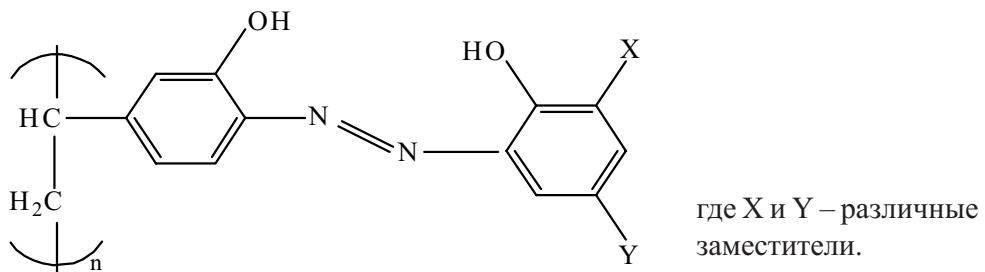
*В работе определена удельная площадь поверхности препаратов полимерных комплексообразующих сорбентов (ПКС) с o,o'-диокси-(1-азо-1')-ФАГ на основе данных о гранулометрическом составе ПКС и информации о поверхности сорбентов, исследованной методом атомно-силовой микроскопии. Полученные данные позволяют выявить влияние морфологии полимерных комплексообразующих сорбентов на аналитические характеристики сорбции, улучшить свойства сорбентов и интенсифицировать процессы с их участием.*

**Ключевые слова:** полимерные сорбенты, удельная площадь поверхности, седиментация, атомно-силовая микроскопия, гранулометрический состав.

Решение проблемы повышения эффективности химического анализа, основанного на предварительном сорбционном концентрировании, извлечении и разделении веществ, является важной аналитической задачей, диктующей необходимость улучшения аналитически важных характеристик сорбентов. Наряду с химической природой сорбента на сорбционные процессы оказывает существенное влияние морфология его поверхности [1], которую можно охарактеризовать интегральной величиной удельной площади поверхности.

В связи с возможностью установления закономерности влияния морфологии полимерных комплексообразующих сорбентов (ПКС) на их сорбционные свойства целью настоящей работы явилось определение удельной площади поверхности ПКС с o,o'-диокси-(1-азо-1')-функциональной аналитической группировкой (ФАГ).

Структурная формула сорбентов:



№ сорбента	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	H	H	H	H	SO <sub>3</sub> H	SO <sub>3</sub> H	SO <sub>3</sub> H	NO <sub>2</sub>	COOH
Y	H	Cl	SO <sub>3</sub> H	NO <sub>2</sub>	Cl	SO <sub>3</sub> H	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub> H

Исследуемые сорбенты не растворимы в воде, кислотах и щелочах [2], представляют собой порошки двух серий: гранулированные (серия № 1) и диспергированные (серия № 2) препараты. В силу подобия строения и способа получения ПКС данного класса можно говорить об идентичных морфологических характеристиках сорбентов в каждой серии.

Гранулометрический состав порошка сорбентов первой серии определяли с использованием компьютерных технологий. На белую подложку с заранее нанесенными на нее метрическими метками насыпали препарат ПКС, так чтобы его зерна не соприкасались друг с другом (для точности и удобства обработки цифрового сигнала). Делали снимок сорбента цифровым фотоаппаратом Samsung S600 с диафрагмой F2.8–F4.9 и фокусным расстоянием 35–105 мм, при этом объектив фотоаппарата располагался перпендикулярно плоскости подложки. Для устранения артефактов, связанных с неоднородностью плотности светового потока, эксперимент проводили в светонепроницаемой камере. Анализировали полученное цифровое изображение с помощью программы Adobe Photoshop CS4: определяли радиус зерен ПКС путем сравнения их диаметра с эталонными метками на подложке.

Результаты определения гранулометрического состава сорбентов серии № 1 представлены в таблице 1. Исходя из полученных данных, наблюдается наибольшее относительное содержание частиц с радиусом  $0,3 \cdot 10^{-3}$  м  $\times$   $0,4 \cdot 10^{-3}$  м.

Таблица 1 – Гранулометрический состав полимерных сорбентов серии № 1

Радиус частицы, R, мм	Содержание фракции Q, %
0,1–0,2	14,28
0,2–0,3	8,56
0,3–0,4	40,81
0,4–0,6	17,18
0,6–0,7	10,75
0,7–0,9	8,42

Препараты сорбентов второй серии получали механическим дроблением ПКС первой серии. Важными свойствами образующихся частиц являются их анизотропность и анизометричность, обусловленные способом получения.

Гранулометрический состав данных порошков определяли седиментационным методом [3].

По полученным экспериментальным данным (таблица 2) строили седиментационную кривую, отражающую зависимость массы выпавшего осадка от времени оседания частиц (рис. 1).

Таблица 2 – Данные седиментационного анализа (n=5, P=0,95)

Время оседания, t, сек.	Масса осадка, мг	S <sub>r</sub>
5	0,4±0,1	0,07
15	1,1±0,1	0,09
25	2,4±0,1	0,08
30	2,6±0,1	0,08
40	3,1±0,1	0,08
60	3,7±0,1	0,10
70	3,9±0,1	0,07
100	4,0±0,1	0,08
210	4,1±0,1	0,06
2460	4,3±0,1	0,05

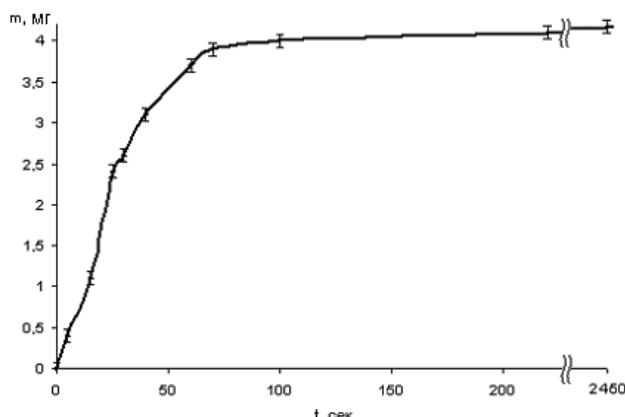


Рис. 1. Седиментационная кривая супензии ПКС в воде.

Радиус оседающих частиц исследуемого сорбента находили по уравнению Стокса:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta}{2g(\rho - \rho_0)} \cdot \frac{H}{t}}, \quad (1)$$

где H – высота оседания; t – время оседания;  $\eta$  – вязкость жидкости; g – ускорение свободного падения;  $\rho$  и  $\rho_0$  – плотность дисперсной фазы и дисперсной среды соответственно.

Данные седиментационного анализа, используемые для построения дифференциальной и интегральной кривых распределения частиц ПКС в воде, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные, используемые для построения дифференциальной и интегральной кривых распределения частиц ПКС в воде

Время оседания t, сек.	Содержание фракции Q, %	Нарастающее суммарное содержание частиц, %	Эквивалентный радиус, $r \cdot 10^5$ , м	$\Delta r \cdot 10^5$ , м	$\Delta Q, \%$	$\Delta Q/\Delta r$
5	–	0,00	22,2	9,40	41,94	4,46
15	41,94	41,94	12,8	3,75	22,58	6,02
30	22,58	64,52	9,05	2,65	25,80	9,74
60	25,80	90,32	6,40	2,98	6,45	2,16
210	6,45	96,77	3,42	2,42	3,23	1,33
2460	3,23	100,00	1,00	–	–	–

Интегральная кривая, отражающая содержание частиц с радиусом, большим данного, представлена на рисунке 2.

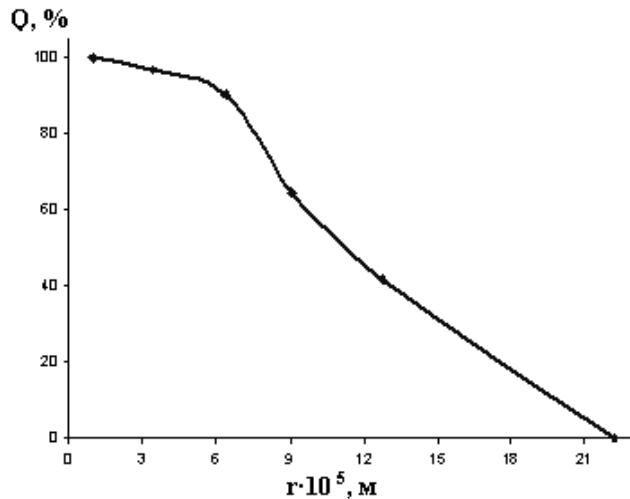


Рис. 2. Интегральная кривая распределения частиц ПКС.

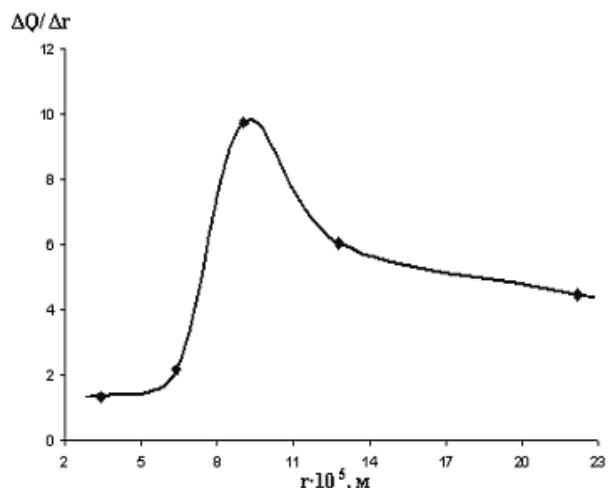


Рис. 3. Дифференциальная кривая распределения частиц ПКС.

Исходя из дифференциальной кривой (рис. 3), наибольшее относительное содержание частиц изучаемой супензии ПКС в воде находится в ин-

тервале с эквивалентным радиусом от  $7,9 \cdot 10^{-5}$  м до  $11,3 \cdot 10^{-5}$  м. Учитывая границы применимости седиментационного метода анализа ( $1 \cdot 10^{-6}$  м ×

$1 \cdot 10^{-4}$  м), по всей видимости, наблюдается отклонение реального эквивалентного радиуса для наиболее крупных частиц суспензии ПКС от определенного, что связано с влиянием турбулентного обтекания крупных частиц средой и их ускоренным движением в начале седиментации [3, 4].

Исследование поверхности полимерных комп-

лексообразующих сорбентов проводили с помощью комплекса C3M NanoEducator фирмы «НТ – МДТ». Образец, представляющий собой гранулу диаметром  $2 \cdot 10^{-3}$  м, закрепляли на специальной подложке. По причине диэлектрических свойств изучаемого образца применяли режим атомно-силовой микроскопии (ACM) [5].

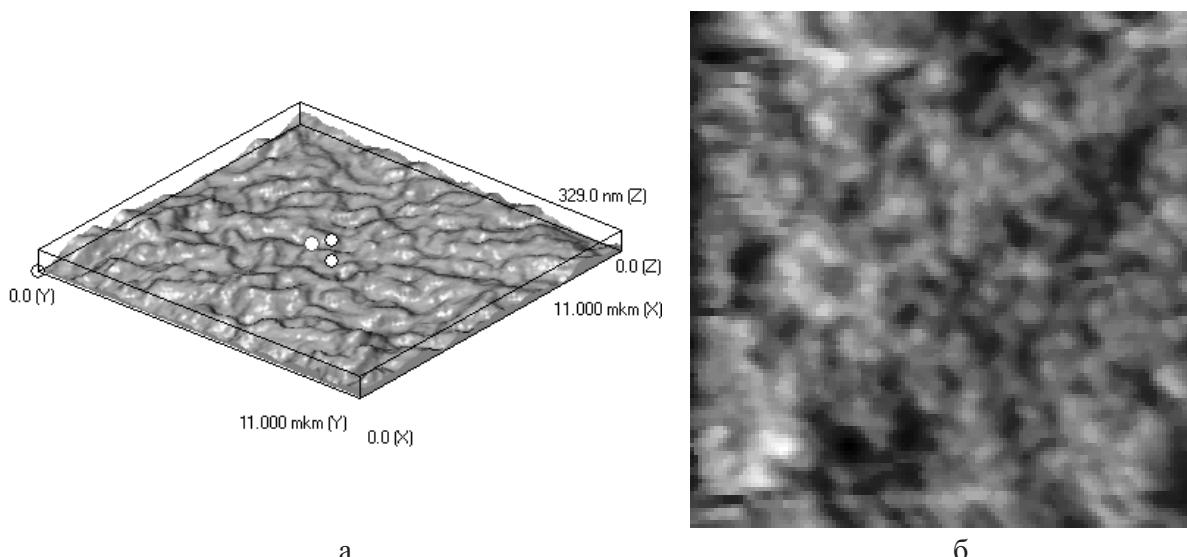


Рис. 4. ACM изображение поверхности гранулы ПКС в а) 3D, б) 2D виде. Размер скана – 11×11 мкм.

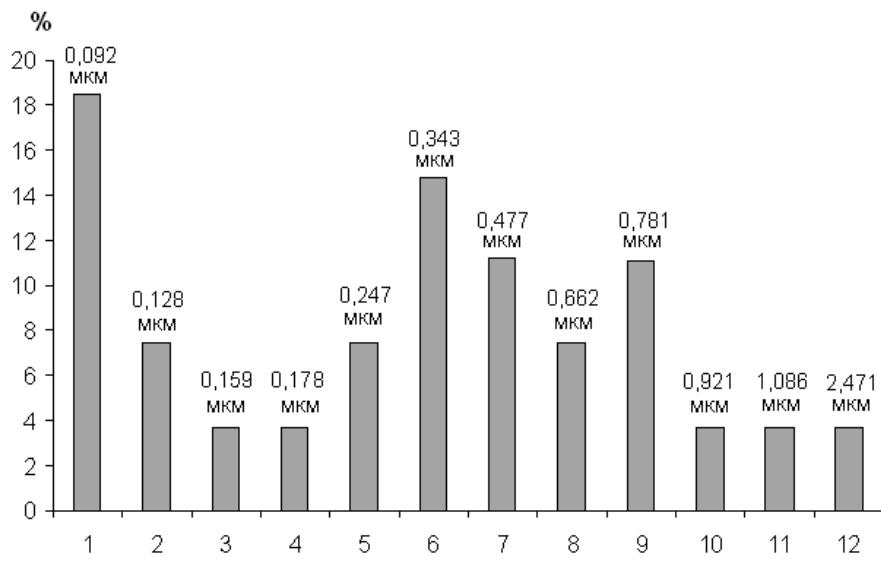


Рис. 5. Диаграмма распределения диаметра пор поверхности ПКС.

Согласно полученному изображению (рис. 4 а, б) поры изучаемого образца колеблются в интервале  $n \cdot 10^{-8} - n \cdot 10^{-6}$  м, что соответствует поверхности сорбента смешанного структурного типа, содержащего мезопоры ( $1 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-7}$  м) и макропоры ( $> 1 \cdot 10^{-7}$  м).

На рисунке 5 представлена диаграмма распределения диаметра пор поверхности ПКС, из кото-

рой видно, что наибольшее содержание пор ~19 % со средним диаметром 92 нм.

На основе информации о гранулометрическом составе препаратов полимерных сорбентов с *o,o'-диокси-(1-азо-1')*-ФАГ и результатов атомно-силовой микроскопии по формуле (2) оценена удельная площадь поверхности ( $S_{уд.}$ ) сорбентов:

$$S_{\text{уд.}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M S_{ij}}{m} \quad (2),$$

где  $S_i$ ,  $S_{ij}$  – площадь поверхности гранул и пор сорбента соответственно;  $m$  – масса сорбента.

Для гранульной формы  $S_{\text{уд.}}$  составляет  $\sim 0,68 \text{ м}^2/\text{г}$ , механическое диспергирование ПКС увеличивает  $S_{\text{уд.}}$  до  $\sim 2,23 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Таким образом, в работе определен гранулометрический состав препаратов ПКС с  $o,o'$ -диокси-(1-азо-1')-ФАГ в гранулированном и диспергиро-

ванном состоянии, исследована поверхность сорбентов методом атомно-силовой микроскопии и оценена удельная площадь поверхности ПКС. В силу подобия строения и способа получения полимерных сорбентов с комплексообразующими группами можно говорить об идентичных морфологических характеристиках данного класса соединений. Полученные данные позволяют исследовать влияние морфологии полимерных комплексообразующих сорбентов на аналитические характеристики сорбции, улучшить свойства сорбентов и интенсифицировать процессы с их участием.

### Библиографический список

- Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности: Учебник-монография / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект», 2008. – 568 с.
- Басаргин Н.Н., Оскотская Э.Р., Симакова О.Е., Дорофеева Е.А. Теоретические и практические аспекты применения полимерных хелатообразующих сорбентов  $o,o'$ -диокси-азо-функциональной аналитической группировкой в анализе объектов окружающей среды на содержание Be, Cd, Sc, Y, Co, Ni: Монография. Том 1. – Орел: ОГУ, «Картуш», 2006. – 176 с.
- Щукин Е.Д. Коллоидная химия: учеб. для университетов и химико-технол. вузов / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 445 с.
- Practicle Size Measurement; T. Allen, Chapman & Hall. 4th Edition, 1992. ISBN 0 412 35070.
- Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. ИФМ РАН. – Н. Новгород, 2004. – 110 с.

**E. R. OSKOTSKAYA, E. N. GRIBANOV, N.N. BASARGIN**

### DETERMINATION OF THE SPECIFIC SURFACE OF POLYMERIC COMPLEXING SORBENTS ON BASIS OF POLYSTYRENE

*In the paper explored specific surface of the polymeric complexing sorbent's (PCS) preparation with  $o,o'$ -dioxy-azo-functional analytic group on basis of date about granulometric composition PCS and information about surface of sorbents, which was analyzed by atomic force microscopy. Findings allows to take into account features of polymeric complexing sorbent's morfology on analytical characteristic of sorbtion, improve sorbent's property and intensify processes with their participation.*

**Key words:** *polymeric sorbents, specific surface, sedimentation, atomic force microscopy, granulometric composition.*

# БИОЛОГИЯ

---

**Л.Н. АНИЩЕНКО**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии Брянского государственного университета им. академика Петровского  
Тел. (4832)666834; Lanishchenko@mail.ru

**А.М. НИКИШИНА**, аспирантка кафедры экологии и рационального природопользования Брянского государственного университета им. академика Петровского  
Тел. (4832)666834

## ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ СФАГНОВЫХ МХОВ НА БОЛОТАХ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЮЖНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

*Приведены сведения о фитоценотической активности и распространении сфагновых мхов в фитоценозах Брянской области. Данные подкреплены синтаксономическими таблицами и коротким продромусом. Продромус синтаксонов включает 3 класса, 3 порядка, 3 союза и 4 ассоциации. Наиболее активные в фитоценотическом отношении виды района исследования – Sphagnum fallax, S. magellanicum, S. palustre. Специфику видового состава выборочных проб флоры определяют виды олиготрофных местообитаний.*

**Ключевые слова: болота, заболоченные земли, сфагновые мхи, выборочные пробы флоры, синтаксономическое пространство.**

Район исследования входит в Придеснянский физико-географический район зоны смешанных лесов Русской равнины (Физико-географическое районирование..., 1963). Значительная часть территории расположена в пределах лесной зоны, в двух подзонах: хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, юго-восток – в северной подзоне лесостепной зоны (Растительность ..., 1980). Широкое распространение сфагновых мхов наблюдается на болотах и заболоченных землях. В Брянской области болота всех типов распространены на 120,0 тыс. га, или 3,4% её площади. Наименьшую часть (около 1,5%) занимают сфагновые болота – мезо- или олиготрофные, наиболее часто регистрируемые в северных районах (Природа и природные ресурсы ..., 2001). Отличительная черта большинства болот области – небольшой размер: площадь до 100 га. Типология болот, геоботаническая характеристика растительных ассоциаций и меры по их охране в центральном и юго-восточном районах Брянской области рассмотрены Ю.П. Федотовым (1994, 1999). Специфика сфагнового компонен-

та этих болот и болотных комплексов ранее не изучалась.

Мохообразные были объектом исследования немногих авторов, особенно сфагновые мхи, из-за трудности сбора и особенно определения. Однако представители семейства сфагновых мхов занимают лидирующее положение во флоре многих сообществ, выступая эдификаторами и доминантами. Цель исследования – представить обобщенные сведения о распространении, эдификаторной, фитоценотической роли мхов семейства *Sphagnaceae* в ценозах болот и заболоченных земель Брянской области.

Изучение мохообразных проводилось на всей территории области, в камеральных условиях устанавливалась видовая принадлежность с использованием общепринятых определителей (Савич-Любицкая, 1952; Игнатов, Игнатова, 2003). Изучено 108 выборочных проб бриофлоры, географические координаты их центров установлены с использованием GPS-навигатора Garmin GPS 12

XL и нанесены на карту (рис. 1). Классификация болотных фитоценозов проведена на основе эколого-флористического критерия, широко применяемого в Западной Европе и России (Braun-Blanquet, 1964; Dierssen, 1982; Rybnicek, 1985; Moen, 1990; Боч, Смагин, 1993; Смагин, 2000). Основа для построения синтаксономии болотной растительности с участием сфагновых мхов – 250 геоботанических описаний, выполненных в период 2002–2008 гг. Обилие-покрытие видов дано по семибалльной комбинированной шкале обилия-покрытия J. Braun-Blanquet (1964): «г» – очень редко, 1–4 особи; «+» – особи разрежены и покрывают до 1% площадки; «1» – особи многочисленны, но покрывают менее 5% площадки или довольно разрежены, но с такой же величиной покрытия; «2» – покрыто 5–25% площадки; «3» – покрыто 25–50%; «4» – покрыто 50–75%; «5» – покрыто более 75%. Синэкологические оптимумы синтаксонов определены по экологическим шкалам H. Ellenberg et al. (1992).

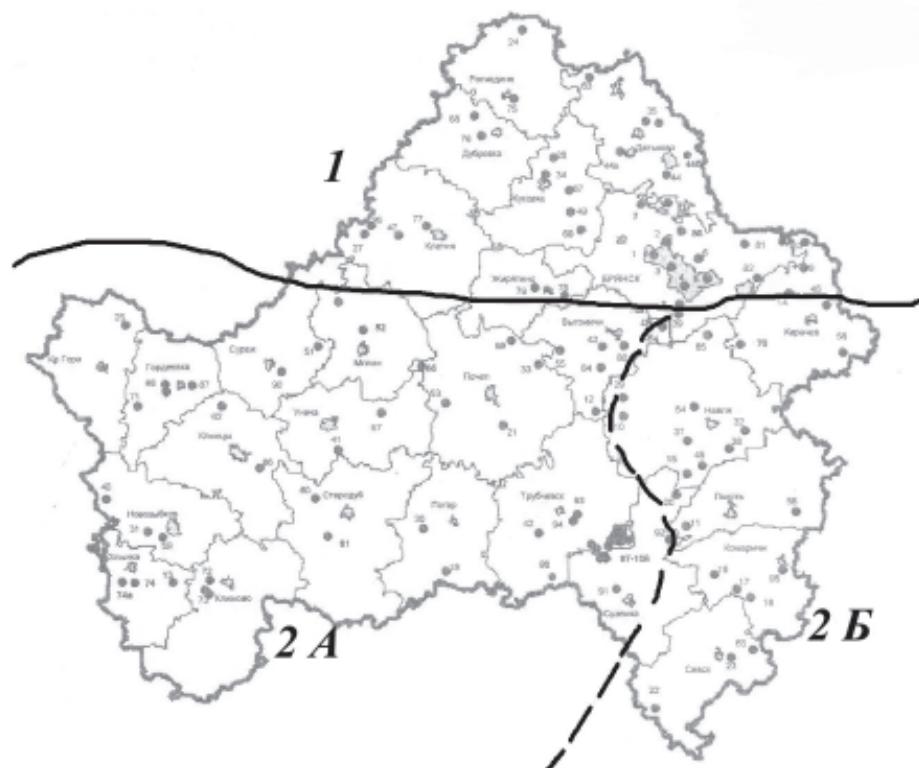


Рис. 1. Карта-схема расположения точек выборочных проб бриофлор на исследуемой территории  
 — Граница провинций; — Граница подпровинций  
 1 – Североевропейская таёжная провинция, 2 – Восточноевропейская широколиственная провинция:  
 А – Полесская, Б – Среднерусская.

Анализ фитоценотической активности видов в синтаксономическом пространстве, слагающих бриообщества, проведен на основе работы со сводными синоптическими таблицами синтаксонов моховой растительности. Была использована модифицированная шкала активности Б.А. Юрцева и В.В. Петровского (1994). Пятибалльная шкала активности: 5 баллов. Особо активные виды – класс постоянства V–IV с проективным покрытием-обилием 4–5 баллов (проективное покрытие от 50 до 1000%). 4 балла. Высокоактивные виды – III–V класс постоянства и покрытие в 2–3 балла (от 5–49%). 3 балла. Среднеактивные – II–V класс постоянства и обилие-покрытие «+» – 2 балла (проективное покрытие 1–25%). 2 балла. Малоактивные – I–II класс постоянства и проективное покрытие «+» (проективное покрытие до 1%). 1 балл. Неактивные – I класс постоянства. Единично произрастающие в сообществах отдельных ассоциаций с обилием «г» (стенотопные виды).

Названия синтаксонов соответствуют кодексу фитосоziологической номенклатуры (Weber et al., 2000). Номенклатура и объем таксонов мхов класса *Bryopsida* даны согласно списку мохобразных Восточной Европы и Северной Азии (Ignatov et al., 2006), сосудистых растений – по С.К. Черепанову (1995). Фитомасса (в ц/га) сфагнового покрова определена по общепринятым методикам (Понятовская, 1964; Родин, Базилевич, 1965; Подольский, 1967). Образцы сфагновых мхов без разделения на виды отбирали в пятикратной повторности в августе с площадок 0,2 м<sup>2</sup>. Фитомассу срезали на границе живой и мертвый частей мохового слоя, взвешивали, высушивали и результаты пересчитывали на абсолютно сухое вещество (ACB). Массу определяли на весах ВЛР–10 г.

Полный ретроспективный анализ исторических материалов по флоре мхов семейства *Sphagnaceae* крайне затруднен ввиду отсутствия систематических работ по их изучению, а также аннотированных гербарных сборов. В первых кратких сведениях о бриофитах Брянской области, представленных М.А. Алексеенко (1898), имеются сведения о пяти видах сфагнов: *Sphagnum acutifolium* Ehrh., *S. cymbifolium* Ehrh., *S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm.,

*S. squarrosum* Crome in Hoppe, *S. subsecundum* Nees ex Sturm. В. Н. Хитрово (1925) приводит семь видов подкласса *Sphagnidae*, к уже известным добавлялись *S. palustre* L., *S. angustifolium* (C. Jens. ex Russ.) C. Jens. П.З. Босек (1986) сообщал о 26 видах сфагновых мхов. Впервые для области он отметил 13: *Sphagnum papillosum* Lindb., *S. compactum* Lam., *S. teres* (Schimp.) Aongstr. ex Hartm., *S. platyphyllum* (Lindb. ex Braithw.) Warnst., *S. riparium* Aongstr., *S. majus* (Russ.) C. Jens., *S. balticum* (Russ.) C. Jens., *S. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr., *S. flexuosum* Dozy et Molk., *S. tenellum* (Brid.) Pers. ex Brid., *S. fimbriatum* Wils., *S. russowii* Warnst., *S. warnstorffii* Russ. Группу широко распространенных составляли бриофиты низинно-болотных ассоциаций: *S. angustifolium*, *S. subsecundum*, *S. fallax*, *S. teres*, *S. centrale* C. Jens., *S. girgensohnii* Russ. и др. Группа редких представлена *S. balticum*, *S. russowii*, *S. majus*, *S. tenellum*, *S. platyphyllum* (Lindb. ex Braithw.) Warnst., *S. fuscum* Klinngr., *S. wulfianum* Grid. В настоящее время на исследуемой территории не обнаружены в составе сообществ *S. papillosum*, *S. compactum*, *S. wulfianum*, *S. tenellum*, также и коллекция П.З. Босека нуждается в тщательной ревизии. В конце 90-х годов XX века для заповедных территорий Неруско-Деснянского Полесья О.И. Евстигнеевым, Ю.П. Федотовым (1997) выявлены 19 видов сфагнов и приведена их приуроченность к определенным типам водно-болотных и лесных сообществ (Федотов, Евстигнеев, 1997).

Число видов листостебельных мхов в каждой из выборочных проб флоры колеблется от 32 до 135. Видовое богатство проб бриофлоры увеличивается при продвижении с востока (45 видов) на запад (135 видов), а также с севера (32 вида) на юг (81 вид) исследуемой территории. Специфика видового состава выборочных проб бриофлоры – значительный вклад в состав проб (до 75–80%) юго-западных и северных районов области вносят сфагновые мхи.

В настоящее время достоверно установлено распространение 23 видов семейства *Sphagnaceae*, представленное одним родом *Sphagnum* (Анищенко, 2007, 2008). Для района исследования впервые приводятся виды *S. jensenii* H. Lindb., *S. rubellum* Wils. Редко распространены

стенотопные *Sphagnum balticum*, *S. jensenii*, *S. majus*, *S. rubellum* Wils., *S. fuscum*, *S. obtusum* Warnst.

Несмотря на малое распространение массивов верховых болот, флора сфагновых мхов характеризуется заметным своеобразием (табл. 1) по приуроченности к микроместообитаниям.

Таблица 1 – Приуроченность видов рода *Sphagnum* к различным типам сообществ

Виды	Водно-болотные и лесные сообщества						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Sphagnum angustifolium</i>	+	+				+	
<i>S. balticum</i>	+ <sup>0</sup>	+ <sup>0</sup>					
<i>S. capillifolium</i>			+*	+	+	+	
<i>S. centrale</i>			+			+	+
<i>S. cuspidatum</i>		+ <sup>0</sup>		+ <sup>0</sup>			+ <sup>0</sup>
<i>S. fallax</i>	+	+*		+*			
<i>S. fimbriatum</i>	+		+		+		
<i>S. flexuosum</i>	+	+		+			+
<i>S. fuscum</i>	+ <sup>0</sup>	+ <sup>0</sup>					
<i>S. girgensohnii</i>		+	+	+		+	*
<i>S. jensenii</i>	+ <sup>0</sup>					+	
<i>S. magellanicum</i>	+				+		
<i>S. majus</i>	+	+					
<i>S. obtusum</i>				+	+		
<i>S. palustre</i>	+	+*	+	+			
<i>S. platyphyllum</i>		+		+			
<i>S. riparium</i>		+*			+		
<i>S. rubellum</i>					+		
<i>S. russowii</i>	+*	+	+				
<i>S. squarrosum</i>			+	+*			+
<i>S. subsecundum</i>	+	+	+				
<i>S. teres</i>			+	+	+		
<i>S. warnstorffii</i>		+				+	
Число видов	12	14	9	10	8	7	2

Примечание. Водно-болотные и лесные сообщества. Болота: 1. сфагновые, 2. травяно-сфагновые, 3. гипновые, 4. черноольховые, 5. сосново-сфагновые. Леса: 6. заболоченные сосновые, березовые, еловые, 7. черноольховые, ясеневые. «0» – редкий вид, «\*» – широко распространенный в сообществе вид.

Наиболее богаты видами выборочные пробы бриофлор в травяно-сфагновых и сфагновых болотах, наименее – в сосново-сфагновых. Видовые композиции мезоолиготрофных и олигомезотрофных местообитаний достаточно консервативны и представлены несколькими видами:

*Sphagnum angustifolium*, *S. fallax*, *S. magellanicum*, *S. centrale*, *S. russowii*.

Эдификаторная роль сфагновых мхов наиболее ярко выражена в сообществах олиго- и мезоолиготрофных болот. Особенности фитоценозов с участием сфагновых мхов позволяют отнести изученные болота к подгруппе восточноевропейских сфагновых подтаежных болот (Юрковская, 1980). Установленная нами синтаксономия болотных фитоценозов включает 3 класса, 3 порядка, 4 союза и 4 ассоциации (таблица 2). Продромус синтаксонов включает:

Класс *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937

Порядок *Scheuchzerietalia palustris* Nordh. 1936

Союз *Caricion lasiocarpae* Vanden Bergh. in Lebr. et al. 1949

Ассоциация *Sphagno fallacis-Eriophoretum vaginatum* Fedotov 1999

Класс *Oxycocco-Sphagnetea* Br.-Bl. et Tx. 1943

Порядок *Sphagnetalia magellanici* Kastn. et Floss. 1933

Союз *Sphagnion magellanici*

Ассоциация *Ledo-Sphagnetum magellanici* Sukopp 1959

Класс *Vaccinieta uliginosi* Lohm. et Tx. 1955

Порядок *Vaccinietalia uliginosi* Tx. 1955

Союз *Betulion pubescantis* Tx. 1955

Ассоциация *Sphagnetum betulo-caricosum* (Kaks 1915) Botch et Smagin 1993

Союз *Ledo-Pinion* Tx. 1955

Ассоциация *Sphagno-Pinetum sylvestris* (Kaks 1914) Smagin 2000

Краткая характеристика сообществ ассоциаций и роль сфагновых мхов описана ниже. Все фитоценозы ассоциаций – болотные, т.к. имеют несколько эдификаторных ярусов, один из них – моховой, где присутствуют исключительно болотные виды.

Ассоциация *Sphagno fallacis-Eriophoretum vaginatum* Fedotov 1999 с диагностическими видами (д.в.) *Sphagnum fallax*, *Oxycoccus palustris* Pers, *Eriophorum vaginatum* L. Фитоценозы ассоциации – это широко распространенные открытые сфагновые сообщества. Незначительное участие в формировании ценозов принимают *Pinus sylvestris* L. и *Betula pubescens* Ehrh. В травяном

ярусе преобладает *Eriophorum vaginatum*, образуя обширные кочки. Обнаружена небольшая примесь *Carex lasiocarpa* Ehrh. Небольшими участками встречается *Ledum palustre* L., и хорошо представлена *Oxycoccus palustris*. Эдификатор болота – *Sphagnum fallax*, формирующий 90% проективного покрытия. Эти мезоолиготрофные сообщества распространены по котловинам. Надземная фитомасса сфагнового покрова –  $7,8 \pm 0,5$  ц/га АСВ. Богатство почв азотом – 3,0 (в основном бедные), кислотность – 2,9 (кислые).

Ассоциация *Ledo-Sphagnetum magellanici* Sukopp 1959 с д.в. *Andromeda polifolia* L., *S. magellanicum*, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia* L. Сообщества представлены сосновым редколесием, чаще открытыми кустарничково-сфагновыми болотами. Высота первого яруса, сложенного *Pinus sylvestris* с очень незначительным присутствием *Betula pubescens*, – 5–6,5 м, сомкнутость крон – 0,3–0,4. В кустарничково-травяном ярусе зарегистрированы олиготрофные виды: *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, с высоким постоянством *Drosera rotundifolia* и *Andromeda polifolia*. В густом моховом ярусе обильны *S. magellanicum*, *S. angustifolium*, *S. fallax*. В формировании микрорельефного комплекса принимают участие в равных долях все указанные виды сфагнов. Надземная фитомасса сфагнового покрова –  $8,7 \pm 0,3$  ц/га АСВ. Диагностированные олиготрофные сообщества распространены очень редко по котловинам пониженных участков. Богатство почв азотом – 2,1 (очень бедные минеральным азотом), кислотность – 2,5 (кислые).

Ассоциация *Sphagnetum betulo-caricosum* (Kaks 1915) Botch et Smagin 1993 с д.в. *Betula pubescens*, *Calamagrostis canescens* (Web.) Roth, *Comarum palustre* L., *S. fallax*, *Eriophorum vaginatum*. Древесный ярус образован *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens* высотой до 14 м с незначительной примесью *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Сомкнутость яруса – 0,4–0,6. Моховой покров – обильный с господством *S. fallax*, *S. magellanicum*. Эти олигомезотрофные болота довольно редко распространены по котловинным западинам. Надземная фитомасса сфагнового покрова –  $5,9 \pm 0,4$  ц/га АСВ. Богатство почв азотом – 3,2

(бедные минеральным азотом), кислотность – 3,9 (кислые или среднекислые).

Ассоциация *Sphagno-Pinetum sylvestris* (Kaks 1914) Smagin 2000 с д.в. *Pinus sylvestris*, *Ledum palustre*, *Eriophorum vaginatum*. Древостой из *Pinus sylvestris* с примесью *Betula pubescens* высотой 12–18 м. В подросте преобладает *Betula pubescens*. Сомкнутость древесного яруса – 0,5–0,6. Хорошо развит травяно-кустарничковый ярус, представленный олиготрофными видами – *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum* с небольшими примесями *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Vaccinium uliginosum* L. Моховой покров обилен и состоит из доминирующего вида *S. fallax*, содоминирующего – *S. magellanicum*, а также видов с неизначительным обилием *Polytrichum commune* Hedw., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. Олигомезотрофные болота распространены по западинам, глубина торфа – 0,5–1,9 м. Надземная фитомасса сфагнового покрова –  $4,8 \pm 0,7$  ц/га АСВ. Богатство почв азотом – 2,9 (бедные минеральным азотом), кислотность – 3,2 (кислые).

Наибольшая фитомасса сфагнов формируется в сообществах ассоциации *Ledo-Sphagnetum magellanici*, средняя – в *Sphagno fallacis-Eriophoretum vaginatum*, наименьшая – *Sphagnetum betulo-caricosum* и *Sphagno-Pinetum sylvestris*, различие достоверно между наибольшей и наименьшей фитомассами ( $t_{\text{практ}} > t_{\text{табл}}$ ,  $P = 95\%$ ). Фитомасса сфагнового покрова сообществ ассоциаций *Sphagno fallacis-Eriophoretum vaginatum* и *Ledo-Sphagnetum magellanici*, *Sphagnetum betulo-caricosum* и *Sphagno-Pinetum sylvestris* различается несущественно.

Итак, дифференцирующие виды сообществ открытых сфагновых болот – *S. balticum* (Russ.) Russ. ex C. Jens, *S. jensenii* Lindb., *Drosera rotundifolia* L., *Carex limosa* L., древесно-сфагновых – *S. cuspidatum*, *S. russowii*, *Dicranum polysetum* Sw., *Polytrichum strictum* Brid.

В олиго-, мезоолиготрофных и мезо-евтрофных местообитаниях активность мохообразных изменяется (табл. 2, 3). В типично олиготрофных и олигомезотрофных местообитаниях наибольшая фитоценотическая активность проявляется у *Sphagnum fallax*, *S. magellanicum*, *S. angustifolium* (табл. 2). Типичный олиготрофный вид *Sphagnum*

Таблица 2 – Сводная таблица синтаксонов олиго- и мезоолиготрофной болотной растительности с участием сфагновых мхов

Ассоциации	1	2	3	4
Число видов	25	24	24	19
Число описаний	23	60	47	20
ОПП мохового яруса (в %)	100	100	100	100
Δ.в. acc. <i>Sphagno-Pinetum sylvestris</i>				
<i>Pinus sylvestris</i>	IV <sup>3</sup>	V <sup>4</sup>	V <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>
Δ.в. acc. <i>Sphagnetum betulo-caricosum</i>				
<i>Comarum palustre</i>	IV <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Calamagrostis canescens</i>	III <sup>3</sup>	.	.	.
Δ.в. acc. <i>Ledo-Sphagnetum magellanicum</i>				
<i>Sphagnum magellanicum</i>	I <sup>1</sup>	IV <sup>3</sup>	III <sup>1</sup>	V <sup>4</sup>
Δ.в. acc. <i>Sphagno fallacis-Eriophoretum vaginatum</i>				
<i>Sphagnum fallax</i>	V <sup>4</sup>	IV <sup>4</sup>	V <sup>5</sup>	III <sup>3</sup>
<i>Eriophorum vaginatum</i>	IV <sup>3</sup>	IV <sup>3</sup>	V <sup>3</sup>	IV <sup>1</sup>
Δ.в. союза <i>Ledo-Pinion</i>				
<i>Pleurozium schreberi</i>	I <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>	III <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	.	I <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>	.
<i>Dicranum polysetum</i>	I <sup>1</sup>	III <sup>3</sup>	.	.
<i>Polytrichum strictum</i>	II <sup>+</sup>	IV <sup>1</sup>	.	.
Δ.в. союза <i>Sphagnion magellanicum</i>				
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	.	.	V <sup>+</sup>
Δ.в. союза <i>Caricion lasiocarpae</i>				
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	IV <sup>1</sup>	II <sup>1</sup>
Δ.в. класса <i>Oxycocco-Sphagnetea</i>				
<i>Oxycoccus palustris</i>	III <sup>3</sup>	IV <sup>2</sup>	IV <sup>3</sup>	V <sup>2</sup>
<i>Andromeda polifolia</i>	I <sup>+</sup>	.	II <sup>+</sup>	V <sup>1</sup>
Δ.в. класса <i>Vaccinietea uliginosi</i>				
<i>Ledum palustre</i>	I <sup>+</sup>	IV <sup>1</sup>	IV <sup>1</sup>	III <sup>3</sup>
<i>Betula pubescens</i>	IV <sup>1</sup>	IV <sup>1</sup>	IV <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Aulacomnion palustre</i>	.	.	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Vaccinium uliginosum</i>	I <sup>+</sup>	III <sup>1</sup>	II <sup>1</sup>	II <sup>+</sup>
<i>Polytrichum commune</i>	I <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>	V <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Sphagnum angustifolium</i>	.	IV <sup>3</sup>	.	IV <sup>2</sup>
Δ.в. класса <i>Scheuchzerio-Caricetea nigrae</i>				
<i>Helodium blandowii</i>	.	.	III <sup>1</sup>	.
<i>Sphagnum warnstorffii</i>	.	.	I <sup>1</sup>	.
Прочие виды				
<i>Alnus glutinosa</i>	I <sup>+</sup>	.	I <sup>+</sup>	.
<i>Betula pendula</i>		I <sup>1</sup>	I <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>
<i>Picea abies</i>	I <sup>+</sup>	I <sup>2</sup>	I <sup>1</sup>	.
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	I <sup>2</sup>	II <sup>1</sup>	.	.
<i>Sphagnum centrale</i>	.	I <sup>2</sup>	.	.
<i>Sphagnum russowii</i>	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	.	.
<i>Sphagnum squarrosum</i>	I <sup>+</sup>	.	.	.
<i>Sphagnum subsecundum</i>	I <sup>+</sup>	.	.	.
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	.	.	I <sup>+</sup>	.
<i>Sphagnum jensenii</i>	.	.	.	II <sup>1</sup>
<i>Sphagnum balticum</i>	.	.	.	II <sup>2</sup>
<i>Dicranum bonjeanii</i>	.	I <sup>+</sup>	.	.
<i>Calluna vulgaris</i>	I <sup>+</sup>	.	I <sup>+</sup>	.
<i>Vaccinium myrtillus</i>	I <sup>1</sup>	III <sup>1</sup>	III <sup>+</sup>	.
<i>Dryopteris cristata</i>	.	I <sup>+</sup>	.	.
<i>Molinia caerulea</i>	I <sup>2</sup>	II <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>	.
<i>Carex nigra</i>	.	.	I <sup>1</sup>	.
<i>Carex limosa</i>	.	.	I <sup>1</sup>	II <sup>1</sup>
<i>Menyanthes trifoliata</i>	I <sup>2</sup>	I <sup>+</sup>	.	.

Ассоциации: 1. *Sphagnetum betulo-caricosum* (Kaks 1915) Botch et Smagin 1993; 2. *Sphagno-Pinetum sylvestris* (Kaks 1914) Smagin 2000; 3. *Sphagno fallacis-Eriophoretum vaginatum* Fedotov 1999; 4. *Ledo-Sphagnetum magellanicum* Sukopp 1959.

*magellanicum* особо активным является на почвах, очень бедных минеральным азотом, может использоваться в качестве индикатора открытых сфагновых болот. На почвах, бедных минеральным азотом, особо активными проявляют себя остальные сфагновые мхи. *Sphagnum fallax* особо активный на кислых или среднекислых почвах, что отличает его от других видов. У *Sphagnum angustifolium* высокая активность наблюдается на бедных минеральным азотом и кислых почвах. *Sphagnum warnstorffii*, *S. cuspidatum*, *S. centrale*, *S. russowii*, *S. subsecundum*, *S. fimbriatum*, *S. jenseii*, *S. balticum* как мезоолиготрофные не показывают себя активными видами на бедных минеральным азотом и кислых почвах.

Сфагновые и другие мхи принимают участие в сложении травяного яруса в древесных и травяно-моховых мезо-евтрофных болот. Активность видов в этом случае изменяется (табл. 3) по сравнению с их ролью в сообществах олиготрофной болотной растительности. Богатство почвы минеральным азотом в сообществах анализируемых синтаксонов колеблется в нешироких пределах –

это почвы в основном со средним его содержанием. Особо активен в таких сообществах мезотрофный *Sphagnum squarrosum*, высокоактивные – *Sphagnum majus*, *S. fallax*, со средней активностью – *Sphagnum subsecundum*, *S. palustre*. Средняя фитоценотическая активность олиготрофного *Sphagnum magellanicum* проявляется только на бедных и со средним содержанием азота субстратах. В полутеневых местообитаниях повышается активность *Sphagnum squarrosum*, полуосвещенных – остальных сфагновых мхов.

Итак, особенности бриофлоры исследуемого района выражаются в различной фитоценотической активности и фитоценотической роли видов сфагновых мхов, а также в их экологической приуроченности. В целом наиболее активные в фитоценотическом отношении виды района исследования – *Sphagnum fallax*, *S. magellanicum*, *S. palustre*. Их средообразующая роль ярко проявляется в сообществах олиго- и мезоолиготрофных болот. Видовое богатство сфагновых мхов в выборочных пробах бриофлоры зависит от степени заболоченности территории и, как следствие, экотопического разнообразия на них. Спе-

Таблица 3 – Сводная синоптическая таблица синтаксонов моховой растительности древесных и травяно-моховых болот

Синтаксоны	1	2	3	4	5
Характеристика среды по шкалам Г. Элленберга					
Освещенность	5,1	5,3	6,9	7,1	6,6
Богатство минеральным азотом	5,0	5,0	4,6	5,8	4,3
Кислотность почв	6,4	6,0	7,4	4,6	4,4
Класс постоянства/обилие-покрытие					
<i>Sphagnum squarrosum</i>	IV <sup>4</sup>	V <sup>5</sup>	.	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	.	III <sup>3</sup>	.	.	.
<i>Sphagnum majus</i>	.	.	.	.	V <sup>4</sup>
<i>Aulacomnium palustre</i>	II <sup>2</sup>	.	V <sup>3</sup>	.	.
<i>Tomentypnum nitens</i>	.	.	V <sup>2</sup>	.	.
<i>Calliergonella cuspidata</i>	II <sup>1</sup>	.	.	V <sup>3</sup>	.
<i>Calliergon cordifolium</i>	.	III <sup>3</sup>	.	III <sup>2</sup>	.
<i>Climacium dendroides</i>	III <sup>3</sup>	.	III <sup>3</sup>	.	.
<i>Pleurozium schreberi</i>	IV <sup>3</sup>	.	.	.	.
<i>Sphagnum magellanicum</i>	.	.	.	.	III <sup>2</sup>
<i>Sphagnum warnstorffii</i>	III <sup>1</sup>	.	II <sup>1</sup>	.	.
<i>Sphagnum teres</i>	.	II <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Sphagnum fallax</i>	.	II <sup>1</sup>	.	.	IV <sup>2</sup>
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	II <sup>2</sup>	II <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Sphagnum subsecundum</i>	.	.	.	III <sup>3</sup>	.
<i>Helodium blandowii</i>	III <sup>3</sup>	.	II <sup>1</sup>	.	.
<i>Calliergon giganteum</i>	.	II <sup>2</sup>	.	.	.

Примечание. Ассоциации: 1 – Climacio-Betuletum pubescantis Fedotov 1999; 2 – Sphagno squarroso-Alnetum Gorn 1975; 3 – Betuletum humilis Fijalk 1959; 4 – Caricetum diandrae Jonas 1932; 5 – Caricetum limosae Osvald 1923.

цифику выборочных проб бриофлоры определяют типично олиготрофные виды – *Sphagnum balticum*, *S. jensenii*, *S. cuspidatum*, а также эвтрофный *S. platyphyllum* и *S. fuscum*. Все представленные дан-

ные рекомендованы для биомониторинговых исследований в рамках научно-исследовательской деятельности по проекту «Биоразнообразие Брянской области: изучение, сохранение и восстановление».

### Библиографический список

1. Алексеенко М.А. Материалы для бриологической флоры Черниговской и Могилевской губерний. Тр. Общества исп. природы при Харьковском ун-те, 1898–1899. Т. 33.
2. Анищенко Л.Н. Бриофлора и бриорастительность Брянской области: экобиологические, созологические и фитоиндикационные аспекты. – Брянск: Изд-во «Ладомир», 2007. – 200 с.
3. Анищенко Л.Н. К бриофлоре Брянской области // Ботан. журн. – Т. 93. – № 5. – 2008. – С. 26–38.
4. Босек П.З. О распространении сфагновых мхов в Брянской области. Биол. науки. – № 6. – 1986. – С. 63–68.
5. Боч М.С., Смагин В.А. Флора и растительность болот Северо-Запада России и принципы их охраны. – СПб., 1993. – 134 с.
6. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. Т. 1 и Т. 2. – М.: КМК, 2003.
7. Подольский А.С. Новое в фенологическом прогнозировании. – М., 1967. 144 с.
8. Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. – М. – Л., 1964. – Т. 3. – С. 209–299.
9. Природа и природные ресурсы Брянской области / Под ред. Л. М. Ахромеева. – Брянск: Изд-во Брянского госпедин-та, 2001. – 216 с.
10. Растительность европейской части СССР. – Л.: Наука, 1980. – 429 с.
11. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. – Л., 1965.
12. Савич-Любицкая Л.И. Флора споровых растений СССР. Т. 1. Листостебельные мхи (1). Сфагновые (торфяные) мхи. – М. – Л., 1952. – 254 с.
13. Смагин В.А. Ассоциации лесных болот класса Vaccinietea uliginosi на севере Европейской России // Ботан. журн. – 2000. – Т. 85. – № 3. – С. 83–94.
14. Федотов Ю.П. Флора болот заповедника «Брянский лес» // Ботан. журн. – 1993. – Т. 78. – № 7. – С. 53–63.
15. Федотов Ю.П. Сообщества олиготрофных болот юга лесной зоны (на примере юго-восточной части Брянской области) // Ботан. журн. – 1994. – Т. 79. – № 10. – С. 76–84.
16. Федотов Ю.П. Болота заповедника «Брянский лес» и Неруссо-Деснянского Полесья (флора и растительность). – Брянск, 1999. – 107 с.
17. Федотов Ю.П., Евстигнеев О.И. Ландшафтная структура и растительность Неруссо-Деснянского физико-географического района // Редкие и уязвимые виды растений и животных Неруссо-Деснянского физико-географического района. - Брянск: Границы, 1997. – С. 5–36.
18. Физико-географическое районирование Нечерноземного Центра / Под ред. Н. А. Гвоздецкого, В. К. Жучковой. – М., 1963. – 450 с.
19. Хитрово В.Н. Растительность // Природа Орловского края. – Орел, 1925. – С. 261–410.
20. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб.: Мир и семья – 95, 1995. – 992 с.
21. Юрковская Т.К. Болота // Растительность европейской части СССР. – Л., 1980. – С. 300–345.
22. Юрцев Б.А., Петровский В.В. Флора окрестностей бухты Сомнительной: сосудистые растения. Арктические флоры островов Врангеля. – СПб., 1994. – С. 7–66.
23. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. 3. Aufl. Wien; T.-Y, 1964. 668 p.
24. Dierssen K. Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Moore NW-Europas. Geneve, 1982.
25. Ellenberg H. et al. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2 Aufl. 1992.
26. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. and others. The check-list of mosses of East Europe and North Asia. Arctoa. Т. 15. 2006. 1–130 p.
27. Moen A. The plants cover of the boreal uplands of central Norway. 1. Vegetation ecology of Solenset Nature Reserve: hay-making fens and birch woodlands. Trondheim, 1990.
28. Rybnicek K. Central European approach to the classification of mire vegetation // Aquilo. 1985. Ser. Botanica. Т. 21. P. 19–31.
29. Weber H. E. et al. International Code of Phytosociological nomenclature. 3<sup>rd</sup> additional Theourillat // Journal of Vegetation Science. Vol. 11. 2000. № 5. – P. 739–768.

L.N. ANISHCHENKO, A.M. NIKISHINA

THE PHYTOCOENOICAL ACTIVITY AND DISTRIBUTION SPHAGNUM MOSES  
ON THE MIRES AND WOODLANDS IN THE SOUTHERN NON-BLACK EARTH ZONE  
OF RUSSIA (FOR EXAMPLE BRYANSK REGION)

*The phytocoenotical activity and distribution sphagnum mosses on the mires of Bryansk region is presented. The article are consist the total syntaxon table and short prodromus of mires vegetation. The floristic and phytocoenotic analysis of sphagnum mires communities is presented. The communities of mires vegetation belong 3 classes, 3 orders, 4 alliance. Species compositions in oligotrophic and mesooligotrophic habitats including some of all sphagnum mosses: Sphagnum fallax, S. magellanicum, S. palustre. Specificity of local sample of bryoflora is determined by species of oligotrophic habitats. The mires habitats with the dominance of 3 moss species. The differences in phytomass and productivity of Sphagnum cover in mires have been analysed.*

Key words: swamps, wetlands, sphagnum moss, random samples of flora, syntaxonomically space.



**Н.В. БОНДАРЬ**, кандидат биологических наук, доцент кафедры  
анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека  
Орловского государственного университета  
Тел. 8-910-264-51-36

## СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ПАТОЛОГИЯ У ШКОЛЬНИКОВ И ЗАБОЛЕВАНИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ЕЕ РАЗВИТИЮ

*Рассмотрены наиболее распространенные виды сердечно-сосудистой патологии школьников, а также заболевания, способствующие ее развитию. Представлены данные пролонгированных исследований функционального состояния сердечно-сосудистой системы подростков, а также состояния их здоровья в процессе онтогенеза (с 11 до 17 лет). Отмечено, что подростки, находящиеся в критических периодах онтогенеза, нуждаются в повышенном внимании со стороны медико-профилактических служб.*

**Ключевые слова:** *школьники, подростки, гипертония, нейроциркуляторная дистония, гипотония.*

Изучение состояния здоровья школьников в процессе роста подтверждает неблагоприятные тенденции в его изменении, что вызывает тревогу специалистов, занимающихся проблемами здоровья подрастающего поколения. Около 50% детей России больны хроническими заболеваниями [1]. Отмечается резкое падение уровня здоровья в течение первых 8 лет обучения [206]. За период обучения в школе до восьмого класса число здоровых детей снижается в четыре раза.

В России лишь 10% выпускников школ остаются здоровыми к концу обучения. По данным Минздрава РФ, из 6 млн. подростков 15–17 лет у 94,5% зарегистрированы различные заболевания, среди которых значительное место занимают болезни сердечно-сосудистой системы.

Наиболее распространенными болезнями сердечно-сосудистой системы школьников являются нейроциркуляторная или вегетососудистая дистония, гипертония и гипотония [3, 4]. Авторы отмечают, что заболевания сердечно-сосудистой системы наиболее часто диагностируются у детей в пубертатном периоде. Представляя количественное распространение заболеваний, можно отметить, что первое место занимают лица с нейроциркуляторной дистонией – 37%; второе место занимают больные гипертонической болезнью в возрасте 16–18 лет – 17%, в возрасте 15–17 лет – от 4,5 до 7,7%. На третьем месте отмечаются больные ревматизмом и приобретенным пороком сердца – 16%, на четвертом – больные инфекционно-аллергическим миокардитом – 6,7%.

Нарушение сосудистого тонуса является распространенным заболеванием среди детей и подростков. С нарушением сосудистого тонуса связана нейроциркуляторная дистония по гипо- и гипертоническому типу, а также гипотония и гипертония.

Нейроциркуляторная дистония характеризуется повышенной лабильностью артериального давления с периодическим его повышением или понижением. Для нейроциркуляторной дистонии характерна также гиперактивность системы кровообраще-

ния на различные воздействия, в связи с чем она рассматривается как один из факторов «риска» по развитию гипертонической болезни [6]. Гипертоническая форма дистонии встречается в юношеском возрасте в 10–14,4% случаев, гипотоническая – в 2,3–6,4%. Незначительное повышение артериального давления выявлено у 12–14% подростков 13–15-летнего возраста, у 18–28% отмечается значительное повышение его максимальных значений. Причем подростки 12-летнего возраста формируют группу «риска» по развитию гипертонической болезни. Распространенность вегетососудистой дистонии по гипотоническому типу у подростков и юношей колеблется от 10,7% у девушек до 16,4% у юношей, у 18-летних – от 1,7% у юношей до 4,3% у девушек [3].

Единого мнения относительно количественной оценки распространенности нейроциркуляторной дистонии не существует. Одни авторы отмечают повышение артериального давления, расцениваемое как нейроциркуляторная дистония, у 5–15% обследованных, другие отмечают встречаемость этого заболевания в 37% случаев. Некоторые авторы утверждают, что распространенность нейроциркуляторной дистонии среди детей и подростков составляет 20% [7]. Количественные оценки распространенности нейроциркуляторной дистонии для мальчиков и девочек разные. Признаки вегетососудистой дистонии по гипертоническому типу отмечены среди мальчиков у 11%, по гипотоническому типу – у 7%, среди девочек – соответственно у 7,0% и 4,4%. У девочек в возрасте 10–15 лет частота выявлений вегетососудистой дистонии по гипотоническому типу значительно больше, чем у мальчиков. Что касается возрастных периодов, для которых наиболее характерны вегетативные и сосудистые расстройства, приводящие к возникновению вегетососудистой дистонии, то ими являются препубертатный и пубертатный периоды, соответствующие 11–16 годам [9].

Относительно определения, которое наиболее приемлемо для отражения сущности данной патологии у детей и подростков, мнения противоречивы. Одни считают, что возникновение данного заболевания обусловлено расстройством сосудистого тонуса и не может считаться самостоятельной нозологической единицей. Кроме того, эти авторы

отмечают, что применительно к детям и подросткам наиболее приемлемо определение вегетососудистая дистония, т.к. нейрососудистая дистония возникает в результате нарушения поведенческой деятельности и возникновения невроза, что менее свойственно детям, чем взрослым [3]. Другие авторы также признают, что синдром вегетативной дистонии, отражая вегетативную дисфункцию различного происхождения, не является нозологическим диагнозом. Однако в патогенезе данного заболевания ведущее значение отводят дисфункциям нервной системы и отмечают недооценку роли психического фактора в происхождении вегетососудистой дистонии по сравнению с соматическими факторами, в связи с чем более склоняются к определению нейроциркуляторной дистонии. Эти авторы отмечают, что «синдром вегетативной дистонии отражает вегетативную дисфункцию различного происхождения», однако психологические причины признают основными [8].

Однако если в определении этой патологии мнения расходятся, то в определении той опасности, которая кроется в сущности этого заболевания, авторы придерживаются единого мнения. Отсутствие профилактических мероприятий, направленных на своевременное выявление и лечение данного заболевания, приводит к тому, что нейрососудистая дистония дает начало таким заболеваниям, как гипертония и гипотония. В настоящее время установлено, что гипертонические и гипотонические состояния формируются в детском и подростковом возрасте, причем подростковому возрасту в этом процессе отводится главенствующая роль [9].

Р.А. Калюжная считает, что «начало гипертонии следует искать не в период угасания гормональных функций, а в период их становления и расцвета». Это мнение разделяется и другими авторами, они также считают, что «истоки гипертонической болезни следует искать в детском и подростковом возрасте, когда формируется организм в целом и его центральная система» [3].

Распространенность гипотонических состояний среди здоровых детей и подростков составляет 7,6%, чаще встречается у детей пубертатного периода развития, особенно девочек.

Число случаев артериальной гипертонии в го-

родской местности составляет 6,8% и более чем в два раза превышает число выявленных случаев в сельской местности. Среди учащихся общеобразовательных школ гипертония отмечается в 9,6% случаев, а в специальных математических школах – от 15,7 до 23,1%. Установлено, что количество случаев артериальной гипертонии с возрастом увеличивается. У мальчиков с 7 до 17 лет количество случаев гипертонии увеличилось с 3,9 до 14,9%, а у девочек – с 4,7 до 9,5% [4, 22].

Гипертония является прогрессирующим заболеванием и в своем развитии имеет несколько фаз. Пролонгированные наблюдения лиц с первичной артериальной гипертонией показали, что у 21,8% наблюдалось прогрессирование заболевания. Первичная гипертоническая болезнь у детей и подростков развивается в 25% случаев, а вторичная симптоматическая гипертония – в 75% случаев. Исследуя состояние гемодинамики при артериальной гипертонии у детей и подростков, выявлено, что гипертония в своем развитии имеет три фазы, причем для каждой из них характерны особые гемодинамические изменения. Последнее представляет особый интерес, так как полученные данные могут быть использованы в качестве признаков для выявления каждой из фаз [10].

Одним из основных механизмов, лежащих в основе повышения артериального давления у детей и подростков, является повышение сосудистого тонуса. Повышение сосудистого тонуса отмечается у подростков, находящихся в пубертатном периоде развития и страдающих хроническими инфекционными заболеваниями. Значительная роль в развитии артериальной гипертонии принадлежит и инфекционно-аллергическим факторам.

У детей и подростков с повышенным артериальным давлением в 79,3% случаев выявились хронические инфекции.

У 40% школьников, страдающих хронической очаговой инфекцией, отмечается повышение артериального давления, в 1,5% случаев из них в последующем развивается гипертоническая болезнь. Повышенное артериальное давление в 2 раза чаще определяется у школьников с хроническими заболеваниями, ожирениями, хроническими тонзиллитами, а также невротическими расстройствами. Тот факт, что после ликвидации очаговой ин-

фекции в подавляющем числе случаев давление нормализуется, дает основание выделить хронические инфекции в качестве одного из факторов, способствующих повышению артериального давления [11]. Наряду с хроническими инфекционными заболеваниями в этиопатогенезе гипертонической болезни играют роль психогенные факторы.

Учитывая, что одними из основных факторов в патогенезе гипертонической болезни являются хронические токсикоинфекции, а также неврогенные нарушения, определенный интерес представляют сведения о распространенности данных заболеваний среди школьников, так как именно у них имеются потенциальные условия для проявления гипертонической болезни в будущем.

Наиболее распространенными хроническими заболеваниями являются хронический тонзиллит, хронический гайморит и кариес зубов. Хронический тонзиллит среди школьников различных классов отмечается в 20–34% случаев.

Обследование московских школьников в возрасте от 7 до 17 лет показало, что хронический тонзиллит встречается в 22,1% случаев. Наибольшее количество подростков, страдающих этим заболеванием, отмечается среди девочек 12, 13 и 14-летнего возраста, а также среди 16-летних мальчиков. Наибольшую встречаемость хронического тонзиллита в данных возрастных группах авторы объясняют особенностями функционального состояния организма школьников в пубертатном периоде развития [12].

Поражение зубов кариесом в большинстве случаев отмечается у мальчиков 9 лет – 94,3% и 15 лет – 73,8%, а у девочек – 9 лет – 92,9% и 13 лет – 82,2% [13].

Наряду с хроническими очаговыми инфекциями ротовой полости, способствующими развитию сердечно-сосудистой патологии у подростков, отмечается значительная распространенность нервно-психических расстройств. Возрастание доли нервно-психических расстройств в общей структуре заболеваемости школьников отмечают многие авторы. За период обучения в школе до восьмого класса число детей с нервно-психическими расстройствами увеличивается с 15 до 40% [14]. Выраженные неврозы отмечаются чаще всего у мальчиков 3–6-х классов и у девочек 10-х классов

[13]. Психоэмоциональные напряжения и невротические состояния приводят к заболеваниям сердечно-сосудистой системы у подростков [15].

Наряду с вышеперечисленными и ряд других заболеваний способствует развитию сердечно-сосудистой патологии. Отмечено, что в общей структуре заболеваемости школьников третье место занимают болезни органов пищеварения [16]. Установлено, что изменения со стороны органов пищеварения вызывают нарушения функционального состояния других органов и систем. Прежде всего это относится к психоневрологической патологии [17]. Психоневрологические расстройства, как уже отмечалось, являются одним из факторов, способствующих развитию сердечно-сосудистой патологии у детей.

При хроническом течении урологических заболеваний также страдает сердечно-сосудистая система [18].

Необходимо отметить, что заболевания сердечно-сосудистой системы являются одной из самых распространенных форм патологии, поражающих растущий организм. Связано это с тем, что болезни сердечно-сосудистой системы развиваются и проявляются не только в качестве самостоятельных нозологических форм болезней, но и в качестве сопутствующих основным заболеваниям. Сердечно-сосудистая система постепенно вовлекается в патодинамическую структуру любой из вышеперечисленных болезней. Развивающиеся болезни влияют на сердечно-сосудистую систему, вызывая расстройства функционального состояния различной степени тяжести. Функциональные расстройства сердечно-сосудистой системы, нередко оставаясь незамеченными, прогрессируют и представляют собой потенциальную угрозу развития любого сердечно-сосудистого заболевания, которое может проявиться в любой момент времени, ухудшая общее состояние болеющих детей.

Вышесказанное позволяет заключить, что сердечно-сосудистая патология значительно часто выявляется в качестве самостоятельных нозологических форм болезней у здоровых подростков, т.е. ранее не отягощенных другими заболеваниями.

Тот факт, что почти все наиболее распространенные заболевания подростков сопровождаются снижением функциональных возможностей сер-

дечно-сосудистой системы, которые усугубляются по мере прогрессирования основного заболевания, требует особой настороженности профессионалов, так как любой ребенок, страдающий той или иной болезнью, является потенциальным представителем «группы риска» по развитию сердечно-сосудистой патологии.

Необходимо особо отметить, что для детей, имеющих различные заболевания, характерно снижение адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Нами проведены пролонгированные исследования динамики состояния здоровья в процессе роста и развития у подростков с 11 до 17-летнего возраста, которые показали, что среди обследованных девочек 11- и 12-летнего возраста группу здоровых составили 60%, периодически болеющих – 17%, имеющих хронические заболевания – 22%. В последующем, начиная с 13 и до 17 лет, количество здоровых подростков значительно уменьшилось (13 лет – 30%; 15 лет – 30%; 16 лет – 29%; 17 лет – 23%).

В 17-летнем возрасте в группе здоровых остается только третья часть обследованных. С возрастом увеличивается число периодически и систематически болеющих [19]. Число здоровых детей в процессе роста, начиная с 11- до 17-летнего возраста, уменьшилось на 29,5%, а систематически болеющих увеличилось на 26,9%.

Динамика состояния здоровья подростков в процессе роста и развития у мальчиков и у девочек неодинакова. Выявлено, что количество больных девочек больше количества больных мальчиков. По мере увеличения возраста доля здоровых девочек резко уменьшается по сравнению с мальчиками. Если в младшем школьном возрасте количество здоровых мальчиков и девочек почти одинаково, то в пубертатном периоде больных девочек значительно больше, чем мальчиков.

Выявлено, что в период с 11 до 17 лет в 26,6% случаев у девочек и в 6,7% случаев у мальчиков произошло изменение группы здоровья с первой на вторую, а в 13,3% случаев у девочек и в 5,3% случаев у мальчиков – со второй на третью. В числе подростков 11-летнего возраста к III группе относилось 44% мальчиков и 20,4% девочек, а в

17 лет – соответственно 57,3% и 34,6% [21]. Численность систематически болеющих подростков к концу исследуемого периода значительно возрастает за счет периодически болеющих. Значительное уменьшение количества здоровых подростков за счет увеличения числа периодически и систематически болеющих наблюдается у школьников женского и мужского пола в 13-летнем возрасте. В последующем периоде наиболее отчетливое ухудшение состояния здоровья проявляется у девушек с 14 до 17 лет, а у юношей – в 14 и 16 лет [20, 23]. Последнее позволяет считать данные возрастные категории группами «риска».

Исследователи отмечают определенную взаимообусловленность ухудшения состояния здоровья и ухудшения функционального состояния сердеч-

но-сосудистой системы. У школьников наряду с ухудшением состояния здоровья наблюдается понижение показателей адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы [22]. Выявлено, что у школьников, представляющих группу «риска», при отсутствии признаков заболевания адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы оказались такими же низкими, как и у систематически и хронически болеющих школьников.

Подростки данных групп нуждаются в повышенном внимании медико-профилактических служб. Своевременная адресная коррекция функционального состояния сердечно-сосудистой системы подростков, относящихся к группе «риска», будет способствовать предупреждению развития сердечно-сосудистой патологии.

#### Библиографический список

1. Кураев Г.А., Сергеев С.К. Валеологическая система сохранения здоровья населения России. [Текст] / Г.А. Кураев, С.К. Сергеев // Валеология. – 1996. – № 1. – С. 9.
2. Кусова А.Р. Некоторые социально-экологические аспекты здоровья школьников: тезисы доклада IV Всероссийской научно-практической конференции. [Текст] / А.Р. Кусова, М.Б. Буланцева // Образование и здоровье. – Калуга, 2009. – С. 177–179.
3. Калюжная Р.А. Физиология и патология сердечно-сосудистой системы детей и подростков. [Текст] / Р.А. Калюжная. – М.: Медицина, 1973. – 326 с.
4. Студеникин М.Я., Абдуллаев А.Р. Гипертонические и гипотонические состояния у детей и подростков. [Текст] / М.Я. Студеникин, А.Р. Абдуллаев. – М.: Медицина, 1973. – С. 3–7.
5. Цибулина Е.А. К вопросу диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы у подростков. [Текст] / Е.А. Цибулина, Я.Н. Крохинова, С.М. Гуроковская. Сборник научных трудов. Т. 34. Вып. 3. – Волгоград, 1982. – С. 57–60.
6. Лебедьковская С.Е. Распространенность и структура артериальных гипертензий в популяции детей 6–15 лет. [Текст] / С.Е. Лебедьковская, Г.Б. Козлова // Педиатрия. – 1992. – № 4–6. – С. 76–78.
7. Зауральский Ю.С. К вопросу диагностики нейроциркуляторных дистоний и гипертонической болезни у подростков. [Текст] / Ю.С. Зауральский // Физиология и патология сердечно-сосудистой системы у детей и подростков. – Волгоград, 1987. – С. 43–45.
8. Шварков С.Б. Синдром вегетативной дистонии у детей и подростков. [Текст]: автореф. дис. ... докт. мед. наук / С.Б. Шварков. – М., 1983. – С. 25.
9. Надеждина Е.А. Профилактика, ранняя диагностика и лечение первичной артериальной гипертонии у детей и подростков. [Текст] / Е.А. Надеждина, М.К. Осколкова, Я.Т. Антонова. – М.: Медицина, 1980. – 30 с.
10. Курбатов В.С. Исходы артериальной гипертонии у детей по данным длительной диспансеризации и первичная артериальная гипертония у детей и подростков. [Текст] / В.С. Курбатов. – М.: Медицина, 1977. – С. 158–160.
11. Калюжная Р.А. Анализ факторов, определяющих уровень артериального давления у детей и подростков. [Текст] / Р.А. Калюжная // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1978. – № 1(10). – С. 28–33.
12. Рысева Е.С. Результаты массового комплексного исследования состояния здоровья школьников с 1 по 10 класс с учетом возрастно-половых различий. [Текст] / Е.С. Рысева, Л.Ф. Бережков, Н.М. Бондаренко // Состояние здоровья детей дошкольного и школьного возраста. Тезисы докладов. – М., 1975. – С. 14–85.
13. Сердюковская Г.Н Социальные условия и состояние здоровья школьников. [Текст] / Г.Н. Сердюковская. – М.: Медицина. 1979. – 35 с.
14. Чадов С.И. Эмоциональный стресс и сердечно-сосудистые заболевания. [Текст] / С.И. Чадов // Вести АМН. – 1975. – № 8. – С. 3.

15. Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса. [Текст] / К.В. Судаков. – М.: Медицина. – 1981. – 22 с.
16. Мазурин А.В. Болезни органов пищеварения у детей. [Текст] / А.В. Мазурин. – М.: Медицина. – 1984. – 665 с.
17. Скулин В.А. Пограничные психические расстройства у детей и подростков с хроническими болезнями пищеварительной системы. [Текст] : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. / В. А. Скулин. – М., 1988. – 21 с.
18. Державин В.М. Состояние сердечно-сосудистой системы у детей с хроническими урологическими заболеваниями. [Текст] / В.М. Державин, Л.Б. Иванов, Л.А. Степанов и др. // Педиатрия. – 1984. – № 5. – С. 32–35.
19. Бондарь Н.В. Исследование центральной гемодинамики у школьниц с различными состояниями здоровья в процессе роста и развития. [Текст] / Н.В. Бондарь // Тезисы доклада Всероссийской научно-практической конференции. – Липецк, 1995. – С. 21.
20. Бондарь Н.В. Экологическое просвещение и здоровье детского населения. [Текст] / Н.В. Бондарь // Актуальные проблемы медицинской экологии: тезисы доклада первой Российской научно-практической конференции. – Орел, 1998. – С. 165.
21. Бондарь Н.В. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы учащихся двенадцатилетнего возраста. [Текст] / Н.В. Бондарь // Успехи физиологических наук. – Т. 25. – № 1. – 1994. – С. 70.
22. Студеникин М.Я. Гипертонические состояния. [Текст] / М.Я. Студеникин // Актуальные проблемы педиатрии. – М.: Медицина, 1978. – С. 27–30.
23. Бондарь Н.В. Факторы, оказывающие влияние на состояние здоровья и адаптационные возможности организма школьников в процессе обучения. [Текст] / Н.В. Бондарь // Проблема адаптации студентов вузов и колледжей к профессиональной подготовке: материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. – С. 50–55.

### N.V. BONDAR

#### CARDIO-VASCULAR PATHOLOGY IN SCHOOLCHILDREN AND CONDITIONS PROMOTING ITS DEVELOPMENT

*The most common cardio-vascular pathologies of schoolchildren have been investigated as well as diseases promoting its development.*

*The data of prolonged investigations of cardio-vascular functions of teenagers are represented as well as conditions of their health in the process of ontogenesis (11–17 years of age). It is noted that teenagers in “critical” periods of ontogenesis need high attention of medical and preventive services.*

*Key words:* schoolchildrens, juvenile, hypertension, neorocirculation distonia, hypotonia.

**И.Л. БУЛГАКОВ,** аспирант кафедры ботаники  
Орловского государственного университета  
Тел. 8-919-207-98-85; 1mybox1@gmail.com

## АДВЕНТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ И ЕГО МЕСТО В СИНАНТРОПНОЙ ФЛОРЕ г. ОРЛА

*В работе характеризуются адвентивные растения и их место в синантропной флоре города Орла. На территории города обнаружено 225 видов адвентивных растений, что составляет 26,1% от всей флоры города. Адвентивные виды подразделены на три группы: по времени заноса, по способу заноса и по степени натурализации. Отмечена значимость некоторых адвентивных видов для человека.*

**Ключевые слова:** урбanoфлора, флора города Орла, синантропная флора, адвентивная флора, трансформация флоры.

В современном мире влияние антропогенного фактора на природу велико, и темпы его роста непрерывно растут. Изучая флору какого-либо города, мы сталкиваемся не только с трансформацией природной среды человеком и созданием новых, неестественных мест обитания. В ходе хозяйственной деятельности человека изменяется не только среда, но и появляются новые виды растений, чуждых, не свойственных данному региону. Ботаники давно обратили внимание на группу растений, появление и расселение которых на определенной территории обязано деятельности человека. Таким образом, в фитogeографии появляется направление – география синантропной флоры [31].

Синантропы (антропофиты, антропофилы) – растения, постоянно встречающиеся в фитоценозах или агроценозах вследствие преднамеренного или непреднамеренного влияния человека; растения, обитающие вблизи жилья человека.

Таким образом, синантропизация флоры – это, во-первых, процесс проникновения в местную флору видов растений, занесённых человеком; во-вторых, процесс изменения состава и структуры естественной флоры (растительного покрова) под влиянием антропогенного фактора.

Синантропная флора – это фрагмент, или парцелла, флоры любой территории, где есть воздействие на неё человека.

В свою очередь, синантропная флора включает в себя два элемента:

- 1 –aborигенный (или местный) апофитный,
- 2 –адвентивный (заносный).

Апофиты – это растения местной флоры, расширяющие своё распространение под влиянием деятельности человека. Особенно сильно это проявляется на нарушенных местообитаниях (на трансформированных участках).

В городах представлен весь спектр экотопов вторичных, или синантропных, местообитаний. Это дороги, улицы, дворы, пустыри, сорные места и т. д. Для них свойственна синантропная флора. Она не имеет аналогов в естественном природном окружении [3]. Эти места заселяются как аборигенными, или апофитами, так и заносными, или адвентивными, видами.

Таким образом, можно выделить в синантропной флоре две фракции: автохтонную и аллохтонную. Первая соответствует аборигенным апофитам, вторая – адвентивным видам.

Тем не менее в настоящее время термин «синантропная флора» имеет несколько трактовок и до сих пор неоднозначен. А.С. Зернов и И.В. Соколов [16] считают, что синантропными следует именовать виды, сопутствующие человеку (это очевидно из русского перевода). Вопрос состоит в том, следует ли включать сюда аборигенные и интродуцированные виды (преднамеренно занесённый человеком новый для данного региона вид) или ограничиться только видами, случайно занесёнными. На наш взгляд, аборигенные виды, появляющиеся на обрабатываемых человеком землях, несомненно, входят в состав синантропной флоры. Интродуценты же включать в синантропную флору следует лишь в том случае, если они хотя бы случайно встречаются вне мест культивирования и могут самостоятельно возобновляться.

Вряд ли в синантропную флору стоит включать все возможные экзоты, используемые для озеленения.

Несомненно, полный список культивируемых видов на территории флоры весьма полезен, и Н.Н. Цвэлев [26] прав в том, что такой перечень показывает степень синантропизации флоры, но, на наш взгляд, только тогда, когда интродуценты дичают.

Таким образом, в этом случае синантропную флору можно определить как совокупность видов растений, сопутствующих человеку, т. е. расселяемых им случайно, преднамеренно (и при этом дичающих) или самостоятельно заселяющих обрабатываемые земли и антропогенно изменённые территории.

Необходимо отметить, что «процесс синантропизации флоры», как отмечено в материалах научной конференции [21, с. 3], продолжает набирать силу. Ещё 16 лет назад профессор В.Н. Тихомиров [23] писал: «Процесс синантропизации флоры и растительности идёт во всём мире; адвентивные виды повсюду приходят на место аборигенных, а сообщества синантропных растений смениют естественные. Повернуть этот процесс вспять уже невозможно...».

В начале и середине прошлого столетия сведения по синантропной флоре СНГ были весьма скуд-

ными. В большинстве случаев это были фрагментарные данные об адвентивных растениях или немногочисленные и неполные сводки о сорняках. Недостаточность фактических данных (в том числе и гербарного материала) не позволяла сделать научно обоснованные выводы об изменениях (трансформации) флоры, происходивших под влиянием антропогенного фактора. Потребность же в такой информации возрастила, т. к. многие синантропные виды играли заметную роль в различных растительных сообществах и имели важное экономическое значение [22].

По разнообразию и объёму флористических исследований ведущая роль принадлежит странам Центральной и Средней Европы. Попытки провести инвентаризацию синантропной флоры отдельных местностей неоднократно осуществлялись ботаниками Польши, Чехословакии, Германии, Франции, Италии. Первоначальные исследователи ограничивались учётом видового состава. Но со временем стали включать в характеристики видов разнообразные сведения, которые явились основой для различных обобщений.

Большое внимание зарубежными ботаниками уделялось освещению вопросов характеристики, классификации и терминологии синантропной флоры [33, 34, 28, 29, 30, 32, 22, 7, 8, 9 и др.]. Адвентивной же фракции синантропной флоры посвящено значительное количество работ [10, 11, 12, 13, 14, 24, 27, 17, 6, 25, 1, 2, 4, 5, 15, 19, 20, 18 и др.]. Как справедливо отмечает Н.А. Ржевутская (Выюкова) [24], удобной универсальной и всеобъемлющей классификации адвентивного элемента не существует, да и вряд ли она может быть создана, поскольку чем более ее детализировать, тем менее четкими оказываются границы между группами.

Рассматривая адвентивный компонент урбинофлоры, мы основываемся на классификациях А. Теллунга [33, 34], Я. Корнася [28, 29, 30], Ф.Г. Шредера [32] с уточнениями и дополнениями В.В. Протопоповой [22], Н.А. Выюковой (Ржевутской) [12], А.В. Чичева [27], Г.С. Антипиной [3], А.Я. Григорьевской [15].

Вслед за Н.А. Ржевутской (Выюковой) [24] и А.Я. Григорьевской [15] к адвентивным растениям мы относим виды, появление которых на тер-

ритории города связано прямо или косвенно с деятельностью человека.

Для адвентивных растений мы традиционно используем три характеристики: по времени заноса на территорию, по способу заноса и по степени их натурализации.

По времени заноса выделяются следующие группы: археофиты – занесенные на нашу территорию, по-видимому, до XVI в., и кенофиты (неофиты) – занесенные в более позднее время, вплоть до наших дней. Выделение археофитов – достаточно сложная задача, так как точных данных о древних растениях-пришельцах достаточно мало. Поэтому в список археофитов мы включаем древние полевые культуры и специализированные их засорители, а также виды, занос которых на исследуемую территорию подтвержден археологическими и палеоботаническими данными.

По способу заноса подразделяем на такие группы, как:

ксенофиты — виды, появляющиеся на исследуемой территории спонтанно в результате различных видов деятельности человека, не связанных с целенаправленным переселением растений;

эргазиофигофиты – культурные растения, выращиваемые в исследуемой и сопредельных областях, впоследствии перешедшие на местообитания вне культуры – во вторичные и (или) естественные фитоценозы. Виды интродуценты, выращиваемые в специально отведенных для этого местах (сады, парки, клумбы, огор-

ды и т.д.), в состав адвентивной флоры не включаются.

Следующей одной из наиболее важных и сложных характеристик адвентивных растений является степень их внедрения во флору или степень натурализации. Мы выделяем следующие группы:

эфемерофиты — случайно занесенные растения, появляющиеся в результате периодически происходящего заноса или растянутого срока прорастания семян одного заноса, не натурализующиеся, наблюдаемые как бы случайно, то исчезающие, то вновь появляющиеся;

колонофиты — виды, более или менее прочно закрепляющиеся в местах заноса или там, где они одичали, но не расселяющиеся далее в иные места;

эпекофиты — виды, натурализующиеся во вторичных местообитаниях, но не входящие в состав естественных сообществ;

агриофиты — заносные или одичавшие растения, становящиеся полноправными компонентами естественных сообществ.

Необходимо заметить, что характеристика вида по степени натурализации не является постоянной и неизменной для большинства адвентивных растений. Вид эфемерофит на начальной стадии заноса спустя некоторое время может стать эпекофитом или даже агриофитом.

На территории города Орла нами обнаружено 225 адвентивных видов растений. Они включены в 49 семейств, преобладающими из них являются 10 семейств, что составляет 150 видов, это 66,7% от адвентивной флоры и 17,4% от всей флоры города Орла (табл. 1).

Таблица 1 – Соотношение 10 ведущих семейств адвентивной флоры городов Орла, Брянска и Воронежа

№	Адвентивная флора Орла	Виды	Адвентивная флора Брянска	Виды	Адвентивная флора Воронежа	Виды
1	Asteraceae	33	Asteraceae	39	Asteraceae	77
2	Brassicaceae	28	Brassicaceae	22	Poaceae	35
3	Poaceae	23	Poaceae	21	Brassicaceae	34
4	Rosaceae	18	Chenopodiaceae	16	Fabaceae	30
5	Fabaceae	12	Fabaceae	13	Rosaceae	28
6	Lamiaceae	11	Lamiaceae	9	Pinaceae	27
7	Chenopodiaceae	10	Rosaceae	9	Lamiaceae	26
8	Malvaceae	5	Boraginaceae	7	Chenopodiaceae	23
9	Caprifoliaceae	5	Malvaceae	7	Polygonaceae	15
10	Apiaceae	5	Polygonaceae	17	Caryophyllaceae	13
Всего:		150		160		308

Основная доля видов приходится на первые три семейства: Asteraceae, Brassicaceae, Poaceae, они включают 84 вида, или 37% от всей адвентивной флоры. Следует отметить, что эти три семейства являются общими для адвентивных флор городов Орла, Брянска и Воронежа. Сравнивая расположение 10 её ведущих семейств со всей урбanoфлорой, отмечаем увеличение роли видов семейств Brassicaceae и Chenopodiaceae в адвентивном компоненте флоры. Можно сделать вывод, что обогащение флоры адвентивными видами говорит об аридизации всей урбanoфлоры, что также характерно и для других городов, например Воронежа [15].

Распределение адвентивных видов по жизненным формам (таб. 2, 3) говорит о повышении роли древесных и особенно однолетних видов по сравнению со всей флорой города Орла.

Таблица 2 – Спектр жизненных форм по К. Раункиеру

Жизненная форма	Виды	%
фанерофит	44	19,6
хамефит	2	0,9
гемикриптофит	66	29,3
геофит	3	1,3
гидрофит	2	0,9
терофит	108	48
Всего:	225	100

Таблица 3 – Спектр жизненных форм по И.Г. Серебрякову

Жизненная форма	Виды	%
<b>Деревенеющие растения</b>		
дерево	11	4,9
кустарник	33	14,7
кустарничек	1	0,5
полукустарничек	1	0,5
Всего:	46	20,6
<b>Травянистые многолетники</b>		
длиннокорневицкий	14	6,2
короткокорневицкий	8	3,5
стержнекорневой	11	4,9
кистекорневой	7	3,1
рыхлокустовой	3	1,3
дерновидный	2	0,9
клубнеобразующий	3	1,3
Всего:	48	21,2
<b>Травянистые малолетники</b>		
двулетник	13	5,8
однолетник-двулетник	10	4,4
однолетник	108	48
Всего:	131	58,2
Общий итог:	225	100

Также следует отметить снижение роли многолетних травянистых видов. Как справедливо отмечает М.А. Березуцкий [4], древесные виды оказываются более приспособленными к антропогенной нагрузке в связи с их большей механической прочностью по сравнению с травянистыми растениями. Усиление роли однолетников связано с тем, что на сильно нарушенных и неустойчивых антропогенных биотопах виды с коротким жизненным циклом являются более приспособленными.

По времени заноса основную группу видов составляют кенофиты – 178 видов, что составляет 79,1%. Это Kochia sieversiana (Pall.) C.A. Mey., Amaranthus cruentus L., Cardaria draba (L.) Desv., Brassica juncea (L.) Czern., Lepidium sativum L., Potentilla fruticosa L. и др. Археофиты насчитывают 47 видов, что составляет 20,9% адвентивной флоры города Орла. Это следующие виды: Avena fatua L., Echinochloa crus-galli (L.) Beauv., Panicum miliaceum L., Setaria glauca (L.) Beauv., Setaria viridis (L.) Beauv., Acorus calamus L., Urtica urens L. и др.

Соотношение видов адвентивной флоры города Орла по способу заноса и степени натурализации рассматривается в таблице 4.

Таблица 4 – Виды адвентивной флоры города Орла по способу заноса и степени натурализации

Способ заноса	Степень натурализации	Виды
Ксенофит:	агриофит	21
	колонофит	1
	эпекофит	73
	эфемерофит	18
Всего ксенофитов		113
Эргазиофигофит:	агриофит	24
	колонофит	35
	эпекофит	28
	эфемерофит	25
Всего эргазиофигофитов		112
Общий итог:		225

Основные виды из непреднамеренно занесенных на территорию города (ксенофиты) широко

распростирались и натурализовались на антропогенных местообитаниях. Растения ксенофиты-агриофиты: *Elodea canadensis* Michx., *Potentilla reptans* L., *Acorus calamus* L., *Polygonum aviculare* L. s. l. и др.; ксенофиты-эпекофиты: *Anisantha tectorum* (L.) Nevski., *Apera spica-venti* (L.) Beauv., *Bromus mollis* L., *Setaria glauca* (L.) Beauv., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Atriplex hastata* L., *Atriplex oblongifolia* Waldst. et Kit., *Chenopodium rubrum* L. и др.; ксенофиты-колонофиты: *Potentilla supina* L.; ксенофиты-эфемерофиты: *Spergula arvensis* L., *Chorispora tenella* (Pall.) DC., *Sinapis dissecta* Lag., *Vicia villosa* Roth, *Reseda lutea* L., *Euphorbia helioscopia* L., *Euphorbia peplus* L. и др.

Виды – «беглецы из культуры» имеют достаточно равномерное распределение по группам, характеризующим степень натурализации. Можно сделать вывод, что в данной группе идет активный процесс освоения новых местообитаний и в ближайшее время можно ожидать переход части видов в разряд эпекофитов и агриофитов. Например, эргазиофигофиты-агриофиты: *Populus alba* L., *Salix viminalis* L., *Armoracia rusticana* Gaertn., B. Mey. et Scherb., *Cerasus vulgaris* Mill., *Crataegus sanguinea* Pall. и др.; эргазиофигофиты-эпекофиты: *Kochia scoparia* (L.) Schrad., *Kochia sieversiana* (Pall.) C.A. Mey., *Sinapis arvensis* L., *Sambucus nigra* L., *Aster salignus* Willd., *Helianthus tuberosus* L. и др.; эргазиофигофиты-колонофиты: *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch., *Thladiantha dubia* Bunge, *Ribes aureum* Pursh, *Crataegus monogyna* Jacq., *Duchesnea indica* (Andr.) Focke, *Spiraea media* Fr. Schmidt., *Sympytum asperum* Lepech., *Viburnum lantana* L. и др.; эргазиофигофиты-эфемерофиты: *Oxalis corniculata* L., *Hyoscyamus niger* L., *Avena sativa* L., *Panicum miliaceum* L., *Papaver somniferum* L., *Brassica juncea* (L.) Czern., *Brassica oleracea* L., *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus* L., *Amaranthus cruentus* L. и др.

Рассматривая экологические группы адвентив-

ной флоры по отношению к водному фактору (табл. 5), следует отметить увеличение доли ксеромезофитов и мезофитов и снижение доли гигрофильного компонента. Это также подтверждает тенденцию к аридизации флоры.

**Таблица 5 – Спектр экологических групп адвентивной флоры по отношению к водному фактору**

Экологическая группа	Виды	%
гидатофит	1	0,5
гидрофит	1	0,5
гигрофит	1	0,5
гелофит	3	1,3
гигромезофит	13	5,8
мезогигрофит	1	0,5
мезофит	142	63
мезоксерофит	1	0,5
ксеромезофит	48	21,2
ксерофит	14	6,2
Всего	225	100

Таким образом, в городе Орле обнаружено 225 адвентивных видов, или 26% от всей урбинофлоры. На территории города представлены все группы адвентивных растений. Они встречаются как на искусственных, так и на естественных местообитаниях. Такие растения, как *Acer negundo* L., *Solidago canadensis* L., *Phalacroloma annuum* (L.) Dumort., настолько широко натурализовались в естественных биотопах, что вытесняют местные виды и становятся доминантами. Определенную опасность представляют такие виды, как *Ambrosia artemisiifolia* L. – сильный аллерген и широко распространяющаяся по искусственным местообитаниям. Найдки такого агрессивного адвентика, как *Heracleum sosnowskyi* Manden., в городе Орле пока что немногочисленны. Учитывая его способность к быстрому расселению по новой территории, рекомендуется применять меры по его уничтожению, т. к. он может нанести вред не только естественным фитоценозам, но и здоровью человека.

#### Библиографический список

- Агафонов В.А., Абрамова Л.Н. Адвентивный компонент флоры антропогенно-трансформированных фитоценозов г. Воронежа и его окрестностей // Геоботаника XXI века: Материалы Всерос. науч. конф. – Воронеж, 1999. – С. 158–161.

2. Агафонов В.А., Барабаш Г.И., Камаева Г.М. Адвентивный элемент агростофлоры города Воронежа // Проблемы ботаники на рубеже XX — XXI веков: Тез. докл., представленных II (Х) съезду Русского ботанического общества, 26–29 мая 1998 г., Санкт-Петербург. — СПб., 1998. — Т. II. — С. 218.
3. Антипина Г.С. Урбинофлора Карелии: Монография. — Петрозаводск, 2002. — 200 с.
4. Березуцкий М.А. Антропогенная трансформация флоры южной части Приволжской возвышенности // Автореф. дис. ... док. биол. наук. — Воронеж, 2000. — 36 с.
5. Березуцкий М.А., Шляхтин Г.В., Забалуев С.А. Тolerантность ведущих семейств Magnoliophyta к условиям техногенных экотопов // Проблемы изучения краевых структур биоценозов: Тез. докл. Всерос. семин. Саратов, 16–17 сент. 1997 г. — Саратов, 1997. — С. 32–33.
6. Борисова Е.А. Адвентивная флора Ивановской области // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1993. — 16 с.
7. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. — Киев: Наук. думка, 1991. — 168 с.
8. Бурда Р.И. Биологическое разнообразие фитобиоты в антропогенно преобразованных ландшафтах (проблемы и опыт изучения) // Ботаника и микология на пути в третье тысячелетие: Межвуз. сб. статей, посвящ. 70-летию академика НАНУ К.М. Сытника. — Киев: Ин-т ботаники НАНУ, 1996. — С. 119–128.
9. Бурда Р.И. Критерии адаптации региональной флоры к антропогенному влиянию // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. IV рабоч. совещания по сравнительной флористике. Березинский биосферный заповедник, 1993 г. — СПб.: НИИХ СПбГУ, 1998. — С. 260–272.
10. Вьюкова Н. А. Ареалографическая характеристика адвентивного субэлемента флоры Липецкой области // Природные особенности заповедника «Галичья гора»: Сб. науч. тр. — Воронеж, 1991. — С. 17–24.
11. Вьюкова Н.А. Адвентивная флора Липецкой и сопредельных областей / Липец. пед. ин-т. — 1983. — 22 с. — Деп. в ВИНТИ 21 дек. 1983, № 6927–83.
12. Вьюкова Н.А. Адвентивная флора Липецкой и сопредельных областей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1985. — 16 с.
13. Вьюкова Н.А. К характеристике адвентивных растений Липецкой области // Состояние и перспективы исследования флоры средней полосы европейской части СССР. — М., 1984. — С. 73–74.
14. Вьюкова Н.А. Приуроченность адвентивных растений к фитоценозам Липецкой области // Растительный покров Центрального Черноземья и его охрана. — Воронеж, 1987. — С. 29–33.
15. Григорьевская А.Я., Стародубцева Е.А., Хлызова Н.Ю., Агафонов В.А. Адвентивная флора Воронежской области: исторический, биogeографический, экологический аспекты. Монография. — Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. — 320 с.
16. Зернов А.С., Соколов И.В. О синантропной флоре филиала Ботанического сада МГУ «Аптекарский огород» // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Матер. науч. конф. Тула, 15–17 мая 2003 г. / Под ред. В.С. Новикова и А.В. Щербакова. — М.: Изд-во Ботан. сада МГУ; Тула: Гриф и К°, 2003. — С. 46–47.
17. Игнатов М.С., Макаров В.В., Чичев А.В. Конспект флоры адвентивных растений Московской области // Флористические исследования в Московской области. — М., 1990. — С. 5–105.
18. Максимов А.А. Флора города Архангельска: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2006. — 21 с.
19. Панасенко Н.Н. Урбинофлора юго-западного Нечерноземья России (на примере городов Брянской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Брянск, 2002. — 19 с.
20. Панасенко Н.Н. Флора сосудистых растений города Брянска // Ботан. журн. — 2003. Т. 88. № 7. — С. 45–52.
21. Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Матер. науч. конф. Тула, 15–17 мая 2003 г. / Под ред. В.С. Новикова и А.В. Щербакова. — М.: Изд-во Ботан. сада МГУ; Тула: Гриф и К°, 2003. — 139 с.
22. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. — Киев: Наук. думка, 1991. — 204 с.
23. Тихомиров В. Н. Актуальные задачи изучения адвентивных и синантропных растений // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР: Материалы совещ., 1—3 февр. 1989 г. — М., 1989. — С. 3–6.
24. Флора Липецкой области / К. И. Александрова, М. В. Казакова, В. С. Новиков, Н. А. Ржевутская, В. Н. Тихомиров. — М.: Аргус, 1996. — 376 с.
25. Хорун Л.В. Адвентивная флора Тульской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1998. — 18 с.
26. Цвелёв Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). — СПб.: Изд-во СПХФА, 2000. — 781 с.
27. Чичев А.В. Адвентивная флора железных дорог Московской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1985. — 24 с.
28. Kornas J. Geograficzno-historyczna klasyfikacja roślin synantropijnych // Mater. Zakl. Fitosocjal. Stosowanej U. W. — 1968. — № 25. — S. 33–41.
29. Kornas J. Analiza flor synantropijnych // Wiad. bot. — 1977. — T. 21, zesz. 2. — S. 85–91.

30. Kornas J. Remarks in the analysis of a synanthropic flora // Acta bot. Slov. Ser. A. – 1978. – № 3. – S. 385–394.
31. Rikli M. Antropohoren und Formenkreis des Nasturtium palustre DC // Achter Bericht Zurich. Bot. Gesellschaft. – 1901–1903. – 13. S.
32. Schroeder F.-G. Zur Klassifizierung der Anthropochoren // Vegetatio. – 1969. – Bd 16, № 5/6. – S. 225–238.
33. Thellung A. Pflanzenwanderungen unter dern Einfluss des Menschen // Bot. Jahrb. Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. – Leipzig, 1915. – № 116. – P. 37–66.
34. Thellung A. Zur Terminologie der Adventiv und Ruderalflora // Allg. Bot. Z. Syst. – 1918–1919. – № 24. – P. 36–42.

I.L. BULGAKOV

## ADVENTIVE A COMPONENT AND HIS PLACE IN SINANTROPIC TO FLORA OF CITY OF THE OREL

*There are the adventives plants and their place in sinantropic flora of the city Orel is characterized. In the territory of the city were researched 225 species of adventives plants. It makes 26,1% from all flora of the city. Adventives species are subdivided into 3 groups: on time of invasion, on a way of an invasion and on time of naturalization. The importance of the some adventives plants for the people was noted.*

Key words: *adventives plants, sinantropic flora, flora of the city Orel.*



**О.Г. ВОЛОБУЕВА**, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева  
Тел. 8-926-463-72-49; ovolobueva@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ ЭПИНА НА СОДЕРЖАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ И СИМБИОТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ СОИ РАЗНЫХ СОРТОВ

*Прослежена динамика содержания фитогормонов растений сои сортов Магева и Свапа при обработке эпином. Установлена корреляция между содержанием отдельных фитогормонов в вегетативных органах растений сои и нитрогеназной активностью. Показана сортовая реакция растений на обработку эпином.*

**Ключевые слова:** соя, ризобии, эпин, симбиотическая азотфиксация, фитогормоны, нитрогеназная активность.

Формирование бобово-ризобиального симбиоза обусловлено специфическими механизмами сигнальных взаимодействий и взаимной метаболической интеграцией микросимбионта (ризобиями) и макросимбионта (растением) [1, 16]. В бобово-ризобиальной системе связи между клубеньковым бактериями и растением очень сложны. Каждый из них выделяет биологически активные вещества, стимулирующие и как бы самообеспечивающие и себя, и своего партнера. Однако самообеспечение в отношении факторов роста у ризобий не слишком совершенно и, по-видимому, в значительной степени зависит от растительного партнера.

В настоящее время важной и мало разработанной проблемой в области симбиотической азотфиксации является её гормональная регуляция. Одним из условий успешного образования и эффективного функционирования симбиотических микробно-растительных систем может служить использование биопрепараторов и регуляторов роста.

В связи с этим целью настоящей работы было изучение влияния регулятора роста эпина на содержание и соотношение фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками и симбиотическую активность растений сои разных сортов.

**Объекты и методы.** В работе были использованы растения сои сортов Магева и Свапа. Магева – сорт селекции Рязанской ГО с/х, выведен методом индивидуального отбора из мутантной популяции, раннеспелый, содержание белка в зерне – 40, жира – 19% (соответственно). Сорт слабовосприимчив к бурой ржавчине, масса 1000 семян – 141,4 г. Свапа – сорт селекции ВНИИЗБК (г. Орел), скороспелый, имеет детерминантный тип стебля, высокотехнологичный, отличается неосыпаемостью семян и нерастрескиваемостью бобов, содержание белка – 38,5, жира – 22,4% соответственно. Масса 1000 семян – 150 г.

Растения выращивали в условиях вегетационного домика лаборатории азотного обмена ИФР РАН имени К.А. Тимирязева (г. Москва) в сосудах с 6 кг кварцевого песка на модифицированной безазотной питательной смеси Кнопа. Азот использовали в виде стартовой дозы 430 мг  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  на сосуд, микроэлементы вносили по Ринькису [14, с. 232].

Семена сои сортов Магева и Свапа замачивали в течение 3 час. в растворе эпина в концентрации  $10^{-6}$ М, непосредственно перед посевом обрабатывали ризоторфином по схеме: инокуляция ризоторфином (1-й вариант); семена обработаны эпином на фоне инокуляции ризоторфином (2-й вариант). Повторность пятикратная, в каждом сосуде по 10 растений.

Ризоторфин (*Bradirhizobium japonicum*), содержащий штамм 634, эффективный для сои, получен из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург). Биопрепарат ризоторфин рекомендуется для предпосевной обработки семян бобовых растений, его применение обеспечивает высокую эффективность фиксации молекулярного азота симбиотической системой [2, 17].

Эпин – фитогормон широкого диапазона действия, действующее вещество эпибрасинолид (ЭПБ) вызывает широкий спектр клеточных ответов, включая рост растений, прорастание семян, фиксацию азота, повышение устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам [19, 21, 27, 30].

Содержание фитогормонов (ИУК – индолилуксусная кислота, ЦК – цитокинины, АБК – абсцизовая кислота) в листьях, стеблях, корнях с клубеньками определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по методике, разработанной в лаборатории регуляторов роста и развития сельскохозяйственных растений РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева [15]. Биологическую активность ГК (гибберелловая кислота) определяли по росту гипокотиляй салата сорта Берлинский, содержание ГК – по калибровочной кривой, для построения которой использовали гибберелловую кислоту (Россия).

Условия хроматографирования для определения ИУК: детектор флуоресцентный RF–350 (Shimadzu), Em – 350 nm, Ex – 280 nm, колонка Lichrosorb RP – 18,6 mkm, 4×250. Подвижная фаза – 40%-й водный раствор метанола, скорость потока – 0,6 мл/мин., время удерживания – 11 мин. Идентификацию ИУК проводили сравнением времени удерживания синтетической ИУК (Sigma) с природной. Минимальная регистрируемая концентрация ИУК составила 5,0 нг в аликвоте пробы (50 мкл).

Условия хроматографирования для определения АБК: детектор ультрафиолетовый (модель ВТ

3030), длина волны – 254 nm, колонка Lichrosorb RP – 18,6 mkm, 4×250. Подвижная фаза – 40%-й водный раствор метанола, скорость потока – 0,5 мл/мин., время удерживания АБК – 22 мин. АБК идентифицировали, сравнивая время удерживания синтетической АБК (Calbiochem) с природной. Минимальная регистрируемая концентрация АБК составила 7,5 нг в аликвоте пробы (50 мкл).

Условия хроматографирования для определения цитокининов: детектор ультрафиолетовый (модель ВТ 3030), длина волны – 268 nm, колонка Lichrosorb RP – 18,6 mkm, 4×250. Подвижная фаза: ацетонитрил–вода–уксусная кислота (V/V – 55:44:1), скорость потока – 0,9 мл/мин., время удерживания – 12 мин. Зеатин идентифицировали, сравнивая время удерживания синтетического зеатина (Calbiochem) с природным. Минимальная регистрируемая концентрация зеатина составила 25,0 нг в аликвоте пробы (50 мкл). Ошибка определения содержания фитогормонов не превышала 20%. Содержание фитогормонов определяли в fazu плодообразования – период высокой азотфикссирующей активности у сои. В процессе вегетации проводили фенологические наблюдения за динамикой роста и развития растений сои, учитывали массу и количество клубеньков. Активность нитрогеназы в клубеньках определяли на газовом хроматографе «Цвет-106» [9]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica for Microsoft Windows.

### Результаты и обсуждение.

Анализ полученных данных показал, что у растений сои сорта Магева содержание ИУК в листьях при обработке ризоторфином и совместной обработке ризотофином и эпином не изменялось, уменьшалось в стеблях при обработке эпином на фоне инокуляции и значительно возрастало в корнях с клубеньками при обработке только ризоторфином (рис. 1). Вероятно, это связано с тем, что сами клубеньковые бактерии участвуют в синтезе ИУК. Ауксины ризобий в дополнение к ауксинам растений меняют ритмику клеточного деления.

Существенная функция этого соединения связана в значительной степени с его способностью при местном повышении содержания вызывать приток и перераспределение пластических веществ, необходимых для осуществления интенсив-

ного нарастания ткани. В литературе имеются данные [10–12], что ауксин, содержащийся в корнях, является как продуктом собственного синтеза, так и результатом притока из надземной части растений. Поэтому можно полагать, что часть ИУК транспортировалась из листьев и стеблей в корни. Проявились сортовые особенности сортов сои на действие эпина. Содержание ИУК при совместной обработке эпином и ризоторфином растений сорта Свала уменьшалось в листьях, не менялось в стеблях и значительно увеличивалось в корнях с клубеньками.

Ауксины кроме функции регуляции роста необходимы также для реализации активности цитокининов. Известно [7], что высоковирулентные штаммы *Rhizobium* обладают повышенной способностью продуцировать цитокинины, и именно им отводится важная роль в формировании клубенька. Цитокинины повышают аттрагирующую способность клеток макросимбионта, что обусловлено их

влиянием на функциональную активность клеточных мембран [4, 6].

Наибольшее содержание ЦК у растений сои сорта Магева наблюдалось при обработке ризоторфином, особенно в корнях с клубеньками, а также в листьях и стеблях. Этот факт подтверждает [24–26, 28], что основным местом синтеза ЦК служат апикальные меристемы корней, оказывающие влияние на развитие и функционирование ассимиляционного аппарата. Возможно, наибольшее содержание ЦК в корнях с клубеньками объясняется тем, что некоторые бактерии, ассоциированные с растениями, способны синтезировать большие количества фитогормонов, в том числе цитокининов [7].

Проявлялась сортоспецифичность действия эпина на содержание цитокининов. Так, у растений сои сорта Свала при совместной обработке эпином и ризоторфином содержание ЦК повышалось в листьях и стеблях (в 3 и 1,2 раза соответственно) и снижалось в корнях с клубеньками (рис. 1).

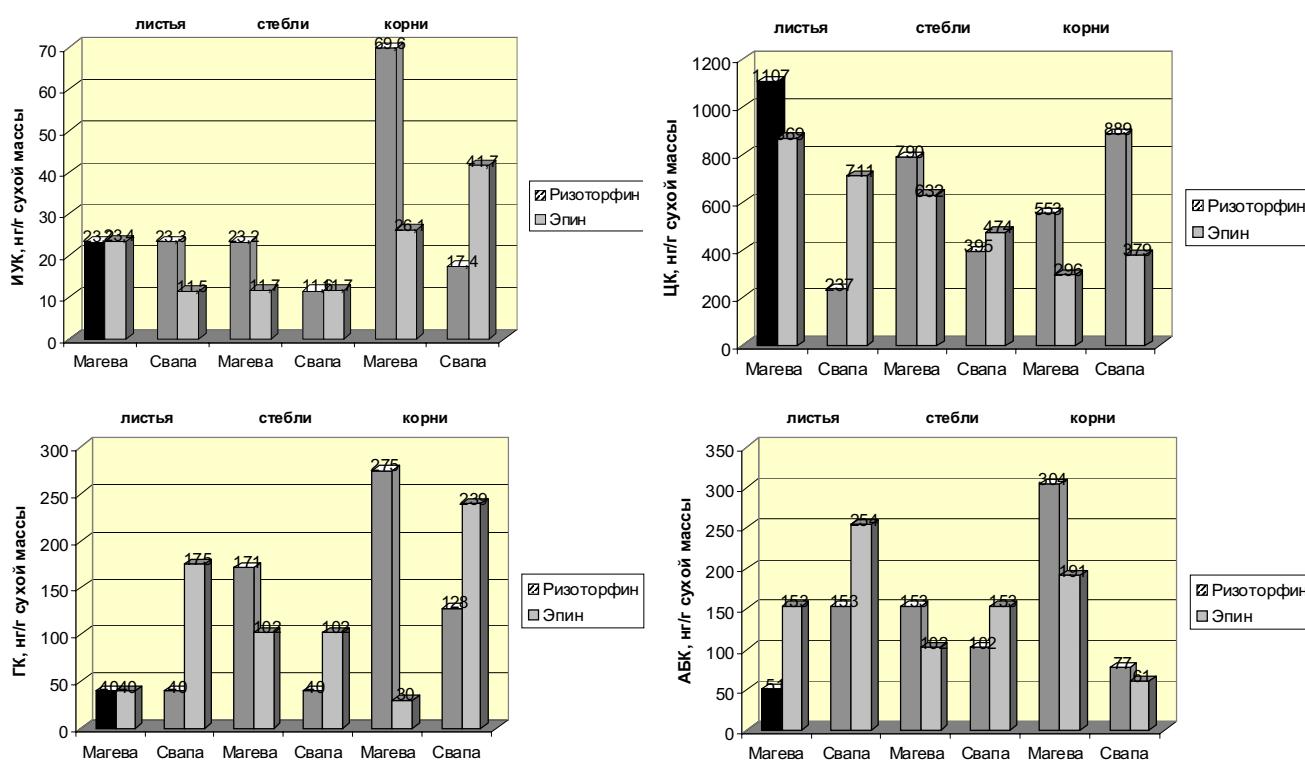


Рис. 1. Содержание фитогормонов в вегетативных органах растений сои сортов Магева и Свала.

Гиббереллины в отличие от ауксинов и цитокининов в меньшей степени дезорганизуют деятельность меристемы, хотя и усиливают мито-

тическую активность. Обычно ГК способствуют увеличению количества эндогенных ауксинов в растениях, под влиянием ГК усиливается также син-

тез белка и действие ЦК. Гиббереллины стимулируют удлинение побегов, но очень слабо или совсем не влияют на рост корней. Молекулярные механизмы действия гиббереллинов, их структурные особенности и функциональное действие свидетельствуют, что они не только синтезируются во многих органах растений, но могут также передвигаться в растениях в акро- и базипетальном направлениях [ 11, 29].

Содержание ГК у растений сои сорта Магева при совместной обработке эпином и ризоторфином не изменялось в листьях и снижалось в стеблях и корнях с клубеньками в 1,7 и 9 раз соответственно. В этом варианте у растений сои сорта Свапа содержание ГК повышалось в листьях, стеблях и корнях с клубеньками в 4,4; 2,5 и 2 раза соответственно.

Содержание АБК у растений сои сорта Магева в варианте с обработкой эпином на фоне инокуляции ризоторфином повышалось в листьях и снижалось в стеблях и корнях с клубеньками. В этом варианте у растений сои сорта Свапа содержание АБК повышалось в листьях и стеблях в 1,6 и 1,5 раза соответственно и незначительно уменьшалось в корнях с клубеньками (рис. 1). АБК – ингибитор роста, играющий ведущую роль в регулировании покоя, тормозит ростовые процессы в растении.

Торможение роста сопровождается подавлением синтетических процессов и ускорением старения тканей. АБК выступает антагонистом ИУК, ЦК и ГК [8, 22].

Анализ данных по влиянию ризоторфина и эпина на показатели роста и азотфикссирующую активность растений сои сорта Магева выявил (табл. 1), что обработка семян этих растений только ризоторфином приводила к повышению надземной массы, высоты растений, массы корней с клубеньками и массы клубеньков, а также к увеличению активности фермента нитрогеназы (рис. 2). Это происходило на фоне увеличения ИУК в корнях с клубеньками; ЦК – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками; ГК и АБК – в стеблях и корнях с клубеньками.

Проявились сортовые особенности реакции растений сои на обработку эпином. У сорта Свапа совместная обработка эпином и ризоторфином приводила к увеличению надземной массы, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков и активности фермента нитрогеназы по сравнению с вариантом обработки семян сои только ризоторфином (табл. 1, рис. 2). Эти процессы наблюдались на фоне увеличения ИУК в корнях с клубеньками, ЦК и АБК – в листьях и стеблях, ГК – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками.

**Таблица 1 – Показатели роста и азотфикссирующая активность растений сои сортов Магева и Свапа**

Вариант	Надземная масса, г/растение	Высота, см	Масса корней с клубеньками, г/растение	Количество клубеньков	Масса клубеньков, мг/растение
Магева, ризоторфин	4,8 ± 1,57 <sup>1</sup>	24 ± 3,5	1,7 ± 0,9	24 ± 3,5	345 ± 13,2
	8 ± 2,02 <sup>2</sup>	30,4±3,9	2,6 ± 1,2	36 ± 4,2	660 ± 18,4
	15,2± 2,8 <sup>3</sup>	54 ± 5,2	4,9 ± 1,5	21 ± 3,2	1403±26,7
Магева, эпин	4,7 ± 1,5 <sup>1</sup>	23,7±3,4	2,1 ± 1,04	16 ± 2,8	289 ± 12,1
	5 ± 1,5 <sup>2</sup>	33,7±4,1	3 ± 1,24	27 ± 3,7	460 ± 15,3
	13,9±2,6 <sup>3</sup>	40 ± 4,5	2,8 ± 1,2	21 ± 3,2	1203±24,7
Свапа, ризоторфин	4,6 ± 1,5 <sup>1</sup>	32 ± 4,04	2,7 ± 1,1	26 ± 3,6	463 ± 15,4
	5,7 ± 1,7 <sup>2</sup>	39 ± 4,4	3,7 ± 1,3	38 ± 4,4	620 ± 17,7
	9,3 ± 2,1 <sup>3</sup>	70 ± 5,9	3,1 ± 1,2	27 ± 3,7	882 ± 21,2
Свапа, эпин	6,4 ± 1,8 <sup>1</sup>	31,4±4,0	2,7 ± 1,1	30 ± 3,9	550 ± 16,7
	7,5 ± 1,9 <sup>2</sup>	36,4±4,3	4,9 ± 1,5	42 ± 4,6	724 ± 19,2
	13,9±2,6 <sup>3</sup>	66 ± 5,8	4,3 ± 1,5	33 ± 4,1	1163±24,3

Примечание: <sup>1</sup> – фаза бутонизации, <sup>2</sup> – фаза цветения, <sup>3</sup> – фаза плodoобразования

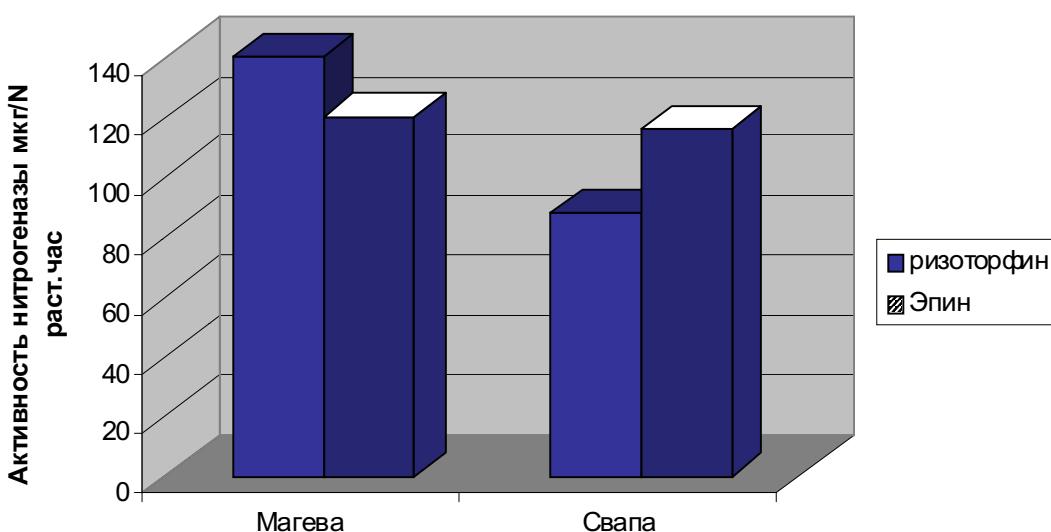


Рис. 2. Влияние ризоторфина и эпина на нитрогеназную активность растений сои сортов Магева и Свапа.

Определение содержания эндогенных фитогормонов приобретает первостепенную важность при рассмотрении их регуляторной роли. При этом надо иметь в виду, что физиологическое проявление действия гормона в разных органах растения бывает неоднозначным. Как известно, это может зависеть от количественного и качественного соотношения фитогормонов [3, 5, 20]. Сравнение показателей роста и азотфикссирующей активности растений с содержанием и соотношением четырех основных групп фитогормонов показало, что эти процессы зависят от соотношения фитогормонов (табл. 2).

Так, наивысшие показатели роста и активности нитрогеназы у сорта сои Магева при обработке ризоторфином наблюдались на фоне увеличения соотношения ЦК/АБК и ГК+ЦК+ИУК/АБК в листьях и корнях с клубеньками. У растений сои сорта Свапа при совместной обработке эпином и ризоторфином наивысшие показатели роста и азотфикссирующей активности растений наблюдались на фоне увеличения соотношения ЦК/АБК и ГК+ЦК+ИУК/АБК – в листьях; ГК/АБК – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками; ИУК/АБК – в корнях с клубеньками (табл. 2).

Таблица 2 – Соотношение фитогормонов в растениях сои сортов Магева и Свапа

Вариант	Органы растения	Соотношение фитогормонов			
		ЦК/АБК	ГК/АБК	ИУК/АБК	ГК+ЦК + ИУК/АБК
Магева, ризоторфин	Листья	21,7	0,8	0,5	22,9
	Стебли	5,2	1,1	0,2	7,8
	Корни	1,8	0,9	0,2	3
Магева, эпин	Листья	5,7	0,3	0,2	6,1
	Стебли	6,2	1	0,1	7,3
	Корни	1,6	0,2	0,1	1,9
Свапа, ризоторфин	Листья	1,6	0,3	0,2	2
	Стебли	3,9	0,4	0,1	4,4
	Корни	11,6	1,7	0,2	13,5
Свапа, эпин	Листья	2,8	0,7	0,05	3,5
	Стебли	3,1	0,7	0,08	3,8
	Корни	6,2	3,9	0,7	10,8

В зависимости от органа растения меняется не только содержание отдельных гормонов, но и их соотношение. Высокий уровень цитокининов в период наивысшей азотфикссирующей активности растений сои сорта Магева в листьях, стеблях и корнях с клубеньками говорит об интенсивности процессов метаболической деятельности в этих органах.

Изменение соотношения гормонов обеспечивалось в большей степени существованием так называемых метаболических вилок [20]. Эта особенность обмена веществ организмов, на которую впервые указал Д.Н. Прянишников (1951), заключается в наличии общих предшественников при образовании двух или трех разных веществ, осуществляющих, как правило, альтернативные пути обмена. Это положение в полной мере проявляется при изучении фитогормонов.

Установлена сортовая реакция растений на обработку эпином: наибольшей отзывчивостью характеризовался сорт Свапа. У растений этого сорта на фоне повышения ИУК в корнях с клубеньками, ЦК и АБК в листьях и стеблях и ГК во всех вегетативных органах происходило увеличение надземной массы, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков, активности фермента нитрогеназы.

Таким образом, обработка семян растений сои разных сортов ризоторфином и эпином приводила

к изменению уровня фитогормонов, что, возможно, оказало влияние на показатели роста и нитрогеназную активность. Вызывая изменения в гормональном балансе макросимбионта, эпин оказал влияние на бобово-ризобиальный симбиоз растений сои. Отчетливо проявлялась сортоспецифичность действия эпина. Наибольшей отзывчивостью характеризовался сорт Свапа. У растений сои сорта Магева в большей степени проявлялось действие ризоторфина. В бобово-ризобиальном симбиозе клубеньковые бактерии (ризобии) вступают в тесные сигнальные взаимодействия с макросимбионтом, обеспечивая его азотным питанием. Большинство ризобий не фиксируют азот *ex planta*, и синтез нитрогеназы для них, как и для растений-хозяев, – симбиотическая функция [13]. Инокуляция ризобиями, возможно, вызывала изменение активности собственных гормональных систем растений, а сами ризобии выступали как сигнальные молекулы на экзогенное внесение регулятора роста [18, 23].

Полученный нами экспериментальный материал показал, что растения сои разных сортов проявили разную чувствительность к экзогенной обработке эпином. Это дает возможность направленно регулировать гормональный баланс, а следовательно, и физиологические процессы, происходящие в органах и целом в растении, включая бобово-ризобиальный симбиоз.

#### Библиографический список

1. Архипова Т.Н., Анохина Н.Л. Влияние инокуляции цитокинин-продуцирующими микроорганизмами на рост растений пшеницы при повышении уровня минерального питания // Физиология растений. – 2009. – № 6. – С. 899–905.
2. Волобуева О.Г., Скоробогатова И.В., Шильникова В.К. Влияние биопрепарата альбит на содержание фитогормонов в растениях фасоли разных сортов и эффективность симбиоза // Известия ТСХА. – 2010. – № 1. – С. 105–113.
3. Кефели В.И. Физиологические основы конструирования габитуса растений. – М.: Наука, 1994. – 269 с.
4. Кулаева О.Н. Цитокинины, их структура и функции. – М.: Наука, 1973. – 263 с.
5. Курапов П.Б. Гормональный баланс растений: Автореф. дис. .... докт. биол. наук. – М., 1996. – 47 с.
6. Медведев С.С. Физиология растений. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004.
7. Мишиустин Е.Н., Шильникова В.К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. – М., 1988. – 236 с.
8. Новикова Г.В., Степанченко Н.С., Носов А.В., Мошков И.Е. В начале пути: восприятие АБК и передача её сигнала у растений // Физиология растений. – 2009. – № 6. – С. 806–823.
9. Орлов В.П., Орлова И.Ф., Щербина Е.А. и др. Методика оценки активности симбиотической азотфиксации селекционного материала зернобобовых культур ацетиленовым методом. – Орел, 1984.
10. Полевой В.В. Роль ауксина в системах регуляций растений. – Л.: Наука, 1986.
11. Полевой В.В. Фитогормоны. – Л.: Изд-во ЛУ, 1982. – 248 с.
12. Пиневич А. Микробиология. Биология прокариотов. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2007. – 452 с.

13. Рудиковская Е.Г., Акимова Г.П., Федорова Г.А., Соколова М.Г., Дударева Л.Д., Рудиковский А.В. Динамика накопления фенольных соединений в корнях гороха при взаимодействии с симбиотическими бактериями *Rhizobium leguminosarum* // Физиология растений. – 2010. – № 2. – С. 266–272.
14. Ринькис Г.Я. Оптимизация минерального питания растений. – Рига: Зинатне, 1972. – 355 с.
15. Скоробогатова И.В., Захарова Е.В., Карсункина Н.П., Курапов П.Б., Соркина Г.Л., Кислин Е.Н. Изменение содержания фитогормонов в проростках ячменя в онтогенезе и при внесении регуляторов, стимулирующих рост // Агрохимия. – 1999. – № 8. – С. 49–53.
16. Тихонович И.А., Борисов А.Ю., Цыганов В.Е., Овцына А.О., Долгих Е.А., Проворов Н.А. Интеграция генетических систем растений и микроорганизмов при симбиозе // Успехи современной биологии. – 2005. – № 3. – С. 227–238.
17. Тихонович И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве. – М., 2005. – С. 29–35.
18. Федина Е.О., Каримова Ф.Г., Тарчевский И.А., Торопыгин И.Ю., Хрипач В.А. Влияние эпибрассинолида на фосфорилирование по тирозину некоторых ферментов цикла Кальвина // Физиология растений. – 2008. – № 2. – С. 210–218.
19. Хайят Ш., Ядав С., Али Б., Ахмад А. Взаимодействие окиси азота и брашинстероидов при их влиянии на фотосинтез и антиоксидантную систему томата // Физиология растений. – 2010. – № 2. – С. 224–233.
20. Якушкина Н.И. Физиологические особенности гормональной регуляции роста растений на разных этапах онтогенеза и в различных условиях среды // Влияние антропогенных факторов на функционирование биоценозов и их отдельные компоненты. – М.: МГОУ, 2005. – С. 5–42.
21. Ali B., Hayat S., Ahmad. 28-Homobrassinolide Ameliorates the Saline Stress in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) // Environ. Exp. Bot. 2007. V. 59. P. 217–223.
22. Bano A., Hilman I.R. Endogenous free and conjugated abscisic acid in Faba vulgaris vicia faba and Alnus gulinosa // Crop. Res. 1989. V. 29. № 2. P. 65–76.
23. Verna D.P.S. Signals in Root Nodule Organogenesis and Endocytosis of Rhizobium // Plant Cell. 1992. V. 4. P. 373–382.
24. Vysotskaya L.B., Timergalina L.N., Simonyan M.V., Veselov S. Yu., Kudoyarova G.R. Growth Rate, IAA and Cytokinin Content of Wheat Seedlings after Root Pruning // Plant Growth Regul. 2001. V. 33/ P. 51–57.
25. Kuiper D., Schuit J., Kuiper P.J.C. Effect of Internal and External Cytokinin Concentration on Root Growth and Shoot to Root Ration on *Plantago major* sp. *Pleiosperma* at Different Nutrient Conditions // Plant Soil. 1988. V. 111. P. 231–236.
26. Mercier H., Kerbauy G.B. Effects of Nitrogen Source on Growth Rates and Levels of Endogenous Cytokinins and Chlorophyll in Protocorms of *Epidendrum conopseum* // Plant Physiol. 1991. V. 138. P. 195–199.
27. Sasse J.M. Physiological Actions of Brassinosteroids: An Update // J. Plant Growth Regul. 2003. V. 22. P. 276–288.
28. Sakakibara H. Nitrate Specific and Cytokinin-Mediated Nitrogen Signaling Pathways in Plants // J. Plant Res. 2003. V. 116. P. 253–257.
29. Frankland D., Wareing P.F. Effect of gibberellin acid on hypocotyl growth of lettuce seedling // Natura. 1990. V. 185. № 4708. P. 255–256.
30. Hasan S.A., Hayat S., Ali B., Ahmad A. 28-Homobrassinolide Protects Chickpea (*Cicer arietinum*) From Cadmium Toxicity by Stimulating Antioxidants // Environ. Pollut. 2008. V. 151. P. 60–66.
31. Hwang I., Sakakibara H. Cytokinin Biosynthesis and Perception // Physiol. Plant. 2006. V. 126. P. 528–539.

### O.G. VOLOBUEVA

#### THE EPIN INFLUENCE ON THE PHYTOHORMONES CONTENT AND SYMBIOSIS ACTIVITY OF DIFFERENT VARIETIES SOYA PLANTS

*The dynamics of the soya phytohormones content of Mogeva and Svapa varieties by the Epin treatment has been revealed. The correlation between the phytohormones content in the vegetative plant parts of soya plants and nitrogenase activity has been studied. The response of varieties to the Epin treatment has been revealed.*

*Key words:* soya, rhizobium, epin, symbiotic nitrogen-fixing, phytohormone, nitrogenase activity.

**С.В. ВОЛОБУЕВ**, студент 5-го курса кафедры ботаники  
Орловского государственного университета  
Тел. 8-909-230-50-08; [sergvolobuev@mail.ru](mailto:sergvolobuev@mail.ru)

## МИКОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ГЕРБАРИЯ ИМЕНИ В.Н. ХИТРОВО (ОННІ) ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА: ТРАДИЦИОННЫЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ

*В статье приведены сведения о коллекции макромицетов, основанной в 2008 году в фондах Гербария им. В.Н. Хитрово Орловского государственного университета. Описаны используемые приемы и способы хранения образцов грибов, структура электронной базы данных об имеющихся сборах. Выполнен таксономический анализ образцов афиллофороидных грибов в микологической коллекции ОННІ.*

***Ключевые слова:*** микологическая коллекция, афиллофороидные базидиомицеты, гербарий грибов, электронная база данных, Орловская область.

Интенсивное экономическое развитие мирового сообщества на рубеже XX и XXI веков сопровождалось не только созданием новых производственных технологий, но и вовлечением в хозяйственное использование колоссального количества природных ресурсов. Глобализация и стремительные темпы развития человечества во многом нарушили нормальное протекание и развитие естественных биосферных процессов [1]. Возрастающие потребности быстро увеличивающегося числа людей часто приводят к принятию краткосрочной тактики при эксплуатации природных ресурсов. Результат данного подхода выражается значительным перечнем опасностей и разрушений, включая эрозию почв, опустынивание, потерю сельскохозяйственных угодий, загрязнение, обезлесение, деградацию и разрушение экосистем, вымирание видов и сообществ.

Сохранение биологического разнообразия входит в число важнейших задач Всемирной стратегии охраны природы и Концепции перехода общества к устойчивому развитию, принятой на Международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 году и получившей поддержку на саммите ООН в Йоханнесбурге в 2002 году [2]. Сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышения качества жизни, улучшения здоровья населения также являются одними из приоритетов экологической доктрины Российской Федерации (2002).

В настоящее время степень изученности различных таксонов органического мира остается весьма неодинаковой, и грибы относятся к одному из наименее исследованных царств живой природы. Крайняя недостаточность данных по распространению видов грибов в разных регионах России затрудняет как оценку биоразнообразия в масштабах страны, так и разработку стратегии сохранения ключевых экосистем и отдельных редких и исчезающих видов [3]. Орловская область наряду со многими

субъектами РФ принадлежит к числу практически не изученных в микологическом отношении территорий [2].

Создание научных коллекций, в частности гербариев, является основой для объединения усилий по изучению и сохранению естественного разнообразия растений и грибов [1] как на региональном, так и на мировом уровне.

Термин «гербарий» в известной степени является многозначным, объединяющим представления о коллекциях высушенных растений или грибов, обработанных определенным образом, и научных учреждениях, работающих с гербарными коллекциями. Существенной особенностью гербариев является наличие полноценных, правильно изготовленных и оформленных образцов. Каждый гербарный образец должен быть долговечным, «легко читаемым» и информативным документом. Гербарный образец, собранный в качестве документации для одной работы, в дальнейшем становится исходным материалом для многих других исследований. Разнообразие возможностей использования, многофункциональность – очень важные свойства гербарной коллекции. Извлечение из одного и того же гербарного образца новой по мере развития науки информации не исключает возможности проверки ранее сделанных заключений [4]. Так, макро- и микроскопические структуры плодовых тел грибов продолжают играть ведущую роль в практической систематике, хотя в последнее время в оценке эволюционных связей, происхождения и родства таксонов различных рангов в качестве главного чаще выступает молекулярно-генетический критерий [5], основанный на проведении ПЦР-анализа и последующей интерпретации результатов исследования гербарных образцов. Принципиальное преимущество и незаменимость гербария перед прочими видами документации четко осознал и подчеркнул уже Карл Линней: «Гербарий имеет превосходство над любым изображением и необходим каждому ботанику» [4].

Россия обладает не только колоссальными природными ресурсами, но и ценнейшим гербарным фондом, документально отражающим её растительные и грибные богатства. Важно отметить, что нижнего предела размеров гербария не существует. Любая гербарная коллекция имеет цен-

ность, если она должным образом собрана, оформлена и, конечно же, доступна для научного использования.

Микологическим гербарием называют коллекцию высушенных плодовых тел макромицетов, т.е. грибов, имеющих плодовые тела величиной более 1 мм, видимых невооруженным глазом. Коллекция фиксированных грибов представляет собой систематизированное определенным образом собрание образцов, подвергнутых закреплению в жидких консервантах с целью длительного хранения, представляющее научный, учебный и иной интерес [6].

Цели и задачи гербариев в науке разнообразны. Микологический гербарий используется для изучения морфологии грибов, их географической, экологической и индивидуальной изменчивости. Гербарий грибов служит основой исследований в области систематики, биохимии и молекулярной биологии грибных и грибоподобных организмов, поскольку бесспорно свидетельствует об исследовании конкретных образцов. Цели и задачи коллекций высушенных и фиксированных грибов определяются их типом. Основные типы гербариев включают общие (международные, региональные, локальные) гербарии, содержащие исчерпывающий круг таксонов в масштабах всего мира, страны или конкретного региона, типовые и другие исторически ценные образцы, а также специальные гербарии, создаваемые с определенной целью и обычно имеющие небольшой объем [7].

Микологическая коллекция Гербария имени В.Н. Хитрова Орловского госуниверситета относится к числу специальных региональных гербариев. Самые ранние гербарные сборы высших растений, выполненные преподавателями Орловского кадетского корпуса А.С. Тарачковым и Ф. Поганко, датируются 1850 годом, признанным годом основания гербария [8]. Гербарий имени профессора В.Н. Хитрова Орловского государственного университета входит в международный Союз гербариев мира, и ему присвоен акроним – ОННІ. В настоящее время гербарий сосудистых растений насчитывает около 22 тыс. листов.

Микологическая коллекция была организована в 2008 году и насчитывает на сегодняшний день около 800 образцов афиллофороидных базидиоми-

цетов, собранных в ходе научно-исследовательских экспедиционных работ и учебно-полевых практик на территории Дмитровского, Знаменского, Кромского, Малоархангельского, Мценского, Орловского, Хотынецкого, Шаблыкинского районов Орловской области (рис. 1). Кроме того, коллекция макромицетов Гербария им. В.Н. Хитрова со-

держит интересные образцы грибов, собранные автором за пределами региона – из ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург), заказника Верх-Кважва (Пермский край, Добрянский район) и Никитского ботанического сада НАН Украины (Ялта, Крым).



Рис. 1. Расположение точек сбора образцов афиллофороидных макромицетов в административных районах Орловской области.

Обязательное условие создания хорошего микологического гербария заключается в быстром высушивании собранных образцов, так как при этом лучше сохраняются их форма и цвет, а также предотвращается порча [5]. Для изготовления микологической коллекции ОННІ используются традиционное высушивание в постоянном потоке теплого воздуха (примерно 40°C) и лиофильная сушка, или «freeze-dry», сводящаяся к высушиванию в замороженном состоянии. Хранение образцов осуществляется в специальных гербарных конвертах (рис. 2), закручивающихся путем подворачивания краев под низ. Размеры пакетов составляют 12–15 x 9–11 см. Сухие образцы макромицетов сначала помещаются в герметичные полиэти-

леновые пакеты, а затем вкладываются внутрь бумажных конвертов.

Каждый гербарный образец сопровождается чистовая этикетка установленной формы с указанием акронима гербария (ОННІ) и порядкового номера (рис. 3). Оформленный материал размещается в папки формата А4 из тонкого картона с указанными названиями родов.

Важнейшую проблему в гербариях грибов составляет предохранение образцов макромицетов от воздействия неблагоприятных условий и вредителей [9]. В микологической коллекции ОННІ для этого периодически (1–2 раза в год) предпринимаются меры защиты от насекомых-вредителей (глубокое промораживание в морозильной камере не менее 3 суток).

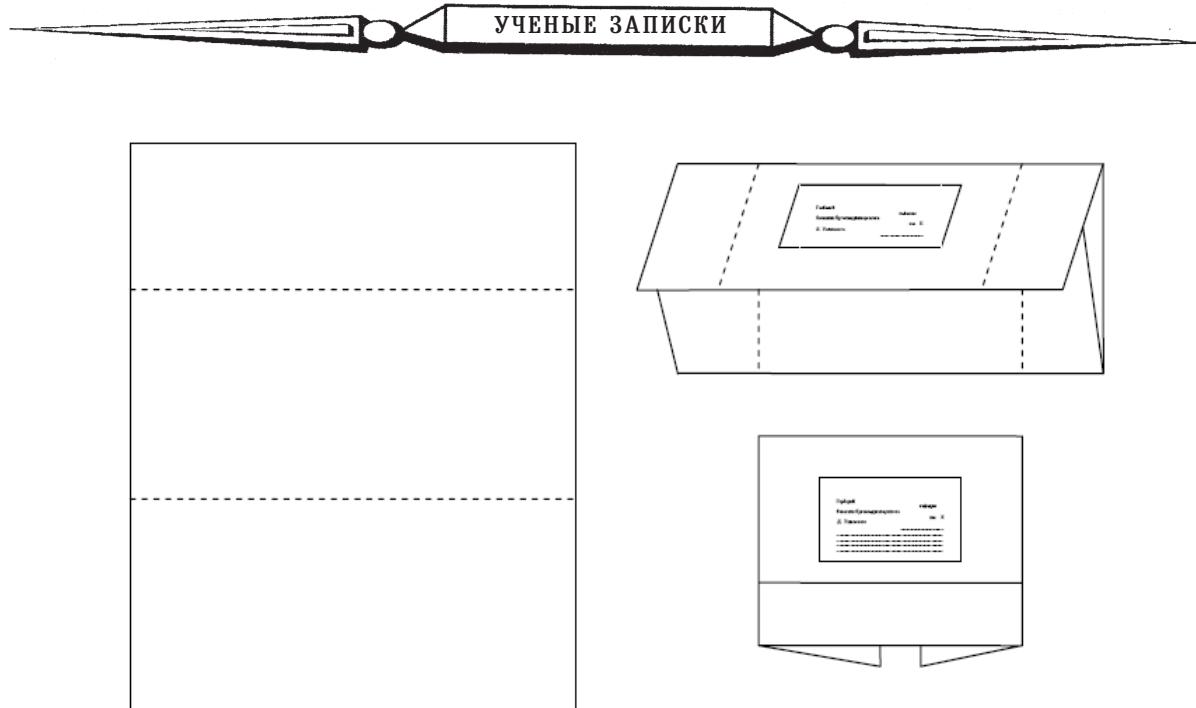


Рис. 2. Гербарный конверт для образцов грибов, используемый в микологической коллекции ОННІ.

Микологическая коллекция Гербария им. В.Н. Хитрова предусматривает расположение таксонов в алфавитном порядке и использование видовых названий, приведенных в соответствии с электронным ресурсом Index Fungorum ([www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org)). Коллекция грибов включает представителей распространенных видов, относящихся к родам *Antrodia*, *Antrodiella*, *Bjerkandera*, *Coltricia*, *Coriolopsis*, *Daedalea*, *Daedaleopsis*, *Datronia*, *Fomes*, *Fomitopsis*, *Ganoderma*, *Gloeoporus*, *Hapalopilus*,

*Hymenochaete*, *Hypodontia*, *Inonotus*, *Laetiporus*, *Oxyporus*, *Phellinus*, *Piptoporus*, *Polyporus*, *Schizopora*, *Steccherinum*, *Stereum*, *Trametes*, *Trichaptum* и другим. Наряду с образцами вышеперечисленных родов в микологической коллекции хранятся единичные сборы таких видов, как *Climacodon septentrionalis* (Fr.) P. Karst., *Gloeoporus taxicola* (Pers.) Gilb.&Ryvarden, *Peniophora quercina* (Pers.) Cooke, *Thelephora anthocephala* (Bull.) Fr. и некоторых других.

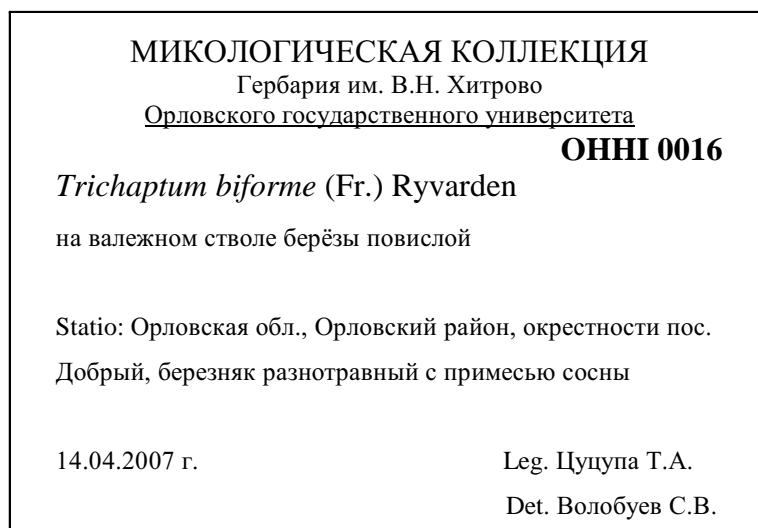


Рис. 3. Пример этикетки для гербарного образца из микологической коллекции ОННІ.

Наиболее представленными в коллекционных фондах по числу видов являются порядки *Hypodermatales*, *Coriolales*, *Fomitopsidales*, *Hymenochaetales*, *Thelephorales*, *Schizophyllales*, *Hericiales*, *Phanerochaetales*, *Xenasmatales*. Объём данных таксонов, за небольшими изменениями, принимается в соответствии с системой, принятой в североевропейской сводке «Nordic Macromycetes» [10] и являющейся одной из наиболее детализированных систем последнего времени.

В современных условиях стремительно нарастающих темпов развития информационных технологий возникает необходимость создания таких общедоступных источников информации, как базы данных, справочники и электронные версии коллекций биологических объектов, для использования их в научных исследованиях и учебном процессе. Опираясь на опыт создания подобных информационных систем по отдельным таксонам высших растений, начаты работы по организации электронной базы данных грибов с особым вниманием к афиллофороидным базидиомицетам в программе Microsoft Office Excel 2003 [11]. Примером реализации подобных проектов является создание баз данных «Коллекции грибов гербария БИН РАН (LE)» и «Микобиота России. Агарикоидные базидиомицеты» в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова Российской академии наук [12].

На сегодняшний день в базе данных для характеристики образцов макромицетов использовано десять признаков, учитывающих морфологию, систематику и экологию вида. Названия видов и подвидовых таксонов располагаются в алфавитном порядке, что делает удобным поиск нужного объекта и весьма важно в связи с отсутствием единой точки зрения на систему грибов. Каждый

образец сопровождают сведения о географической привязке, среде обитания и субстрате, а также фамилии коллектора и автора определения вида. В дальнейшем планируется дополнить базу данных ссылками на фотографии грибов в природной среде, что позволит использовать её при создании мультимедийных обучающих курсов [11]. Учитывая регулярное пополнение гербария новыми находками макромицетов, следует отметить, что формируется постоянно обновляемая база данных с возможностью поиска и обобщения накопленной информации для изучения биологического разнообразия грибов (прежде всего на территории Орловской области) и их экологических характеристик.

Создание микологической коллекции Гербария им. В.Н. Хитрова (ОНН) и электронной базы данных по афиллофороидным грибам позволит повысить качество научно-исследовательской и учебной работы, популяризаторской деятельности, ускорит подготовку к выпуску печатных изданий (бульетов, атласов, пособий и др.). Коллекционный материал, а также информация о гербарных образцах в электронной форме будут востребованы при подготовке и проведении лекционных и практических курсов по микологии, систематике грибов, микогеографии, экологии растений, фитоценологии, лесоведению, фитомониторингу и другим дисциплинам.

Автор выражает глубокую признательность доценту кафедры ботаники Орловского государственного университета, к.б.н. Т.А. Цуцупа за всестороннюю поддержку в работе, а также главному научному сотруднику Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, профессору, д.б.н. М.А. Бондарцевой за ценные советы и проведенные консультации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 09-04-01064-а).

### Библиографический список

1. Гапиенко О.С., Шапорова Я.А. Национальный гербарий MSK-грибы Института экспериментальной ботаники // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Труды Международной конференции. Том 1. – СПб., 2005. – С. 141–145.
2. Волобуев С.В. Изучение афиллофороидных грибов в Орловской области // Изучение грибов в биогеоценозах: сборник материалов V Международной конференции / Науч. ред. Л.Г. Переведенцева, Т.Л. Егошина, В.Г. Стороженко. – Пермь: Пермский гос. пед. университет, 2009. – С. 45–48.

3. Коваленко А.Е., Бондарцева М.А., Каратыгин И.В., Мельник В.А., Новожилов Ю.К., Попов Е.С., Пыстрина К.А. Состояние изученности и оценка видового разнообразия грибов и микромицетов России // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Труды Международной конференции. Том 1. – СПб., 2005. – С. 267–270.
4. Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – М.: Наука, 1977. – 199 с.
5. Бондарцева М.А. Экоморфы грибов: эволюция и конвергенция // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: сборник материалов VII Международной конференции / Науч. ред. Л.Г. Переведенцева, В.Г. Стороженко, Т.Л. Егошина. – Пермь: Пермский гос. пед. университет, 2009. – С. 28–32.
6. Лазарева О.Л., Зимина Т.А., Федорова Л.Ф. Методика организации гербария и коллекции фиксированных грибов-макромицетов в вузе и школе // Ярославский педагогический вестник. – № 1. – 2007.
7. Чадаева Н.Н. Гербарное дело. Учебно-методическое пособие. – Орел: Труд, 2003. – 52 с.
8. Радыгина В.И. Гербарий имени В.Н. Хитрова // Флора и растительность Средней России: Материалы научной конференции. – Орёл, 1997. – С. 6–7.
9. Коваленко А.Е. Микологический гербарий Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (ЛЕ) // Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность. Труды Международной конференции. – СПб.: Изд-во СПбГХФА, 2000. – С. 152–157.
10. Hansen L., Knudsen H. eds. Nordic Macromycetes. Vol. 3: heterobasidiod, aphyllophoroid and gastromycetoid Basidiomycetes. Copenhagen: Nordsvamp, 1997. 445 p.
11. Волобуев С.В. Создание электронной базы данных по афиллофороидным макромицетам (*Aphyllophorales*) Орловской области // Проблемы и перспективы применения количественных методов в естествознании: Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2008. – С. 134–135.
12. Коваленко А.Е., Новожилов Ю.К. База данных о Микологическом гербарии БИН РАН (ЛЕ) // II Совещание «Компьютерные базы данных в ботанических исследованиях». Тезисы докладов. – СПб., 1995. – С. 20–22.

S.V. VOLOBUEV

**MYCOLOGICAL COLLECTION OF THE ORYOL STATE UNIVERSITY'S HITROVO HERBARIUM (OHHI): TRADITIONAL AND MODERN APPROACH TO THE ORGANIZATION**

*In the article data on a collection of macromycetes based in 2008 in funds of the Oryol state university's Hitrovo Herbarium are resulted. Used receptions and ways of storage of mushrooms' samples, structure of the electronic database about available gathering are described. The taxonomical analysis of aphyllophoroid fungi's samples in mycological collection OHHI is executed.*

*Key words:* mycological collection, aphyllophoroid basidiomycetes, herbarium of fungi, electronic database, Oryol region.

**А.Ф. ДУЛИН,** кандидат биологических наук, профессор кафедры  
экологии Дальневосточного государственного  
гуманитарного университета  
Тел. (4212) 21-01-00; d-Frolin@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННОЙ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОКОЙ И ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН С МОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ ТИПАМИ ПОКОЯ

*Применение салициловой кислоты способствовало выходу семян *Padus avium*, *Shisandra chinensis*, изолированных зародышей *Fraxinus mandshurica*, *Microcerasus tomentosa* из состояния покоя и стимулировало их прорастание. Опрыскивание соцветий растворами салициловой кислоты уменьшало глубину покоя у зародышей *Acer mono*, увеличивало – у *Fraxinus mandshurica* и семян *Aralia elata*.*

**Ключевые слова:** салициловая кислота, покой зародышей, прорастание семян.

Состояние покоя и процесс прорастания семян находятся под контролем гормональной системы. Ведущую роль исследователи отводят абсцизовой и индолилуксусной кислотам, обеспечивающим переход в состояние покоя, гиббереллинам и цитокининам, необходимым для регуляции процессов выхода семян из состояния покоя и начала прорастания. Обсуждается роль этилена, фузикокцина, жасмоновой кислоты [1, 2, 3]. В настоящее время не вызывает сомнения гормональная природа салициловой кислоты (СК) [4, 5], однако вопросы роли СК в регуляции этапов онтогенеза изучены недостаточно.

В задачу нашей работы входило экспериментальное изучение возможной роли СК в прорастании семян с органическим типом покоя некоторых видов дальневосточных растений.

Объектами исследования являлись: вишня войлочная *Microcerasus tomentosa* (Thunb.) Eremin et Juschev. сем. Rosaceae, яблоня ягодная *Malus baccata* (L.) Borch. сем. Rosaceae, черемуха азиатская *Padus avium* Mill. сем. Rosaceae, клен мелколистный *Acer mono* Maxim, сем. Aceraceae (тип покоя семян физиологический); ясень маньчжурский *Fraxinus mandshurica* Rupr. сем. Oleaceae, лимонник китайский *Shisandra chinensis* (Turcz.) сем. Shisandraceae, аралия высокая *Aralia elata* (Mig.) Seem. сем. Araliaceae (тип покоя семян морфофизиологический). Время сбора семян: вишени войлочной – июль, лимонника китайского – сентябрь, аралии высокой, ясеня маньчжурского, клена мелколистного – октябрь, черемухи азиатской – август. Опрыскивание цветков ясения маньчжурского, клена мелколистного, аралии высокой проводили водой (контроль) и растворами СК 0,0005 М и 0,001 М (опытные варианты). Покой оценивали по способности семян и изолированных зародышей к прорастанию, его продолжительности. Для проращивания семена и изолированные зародыши раскладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу соответственно по сто и пятьдесят

сят штук в трехкратной биологической повторности и помещали в холодильник (темнота, температура 3–5 градусов, условия холодной стратификации) или на рассеянный дневной свет при комнатной температуре. Критерии прорастания изолированных зародышей: рост корня, изгиб гипокотиля, раскрывание и зеленение семядолей. Статистическая обработка данных включала определение средней арифметической, среднеквадратичного отклонения от средней арифметической и коэффициент достоверности разницы между двумя арифметическими средними.

В процессе холодной стратификации семена выходят из состояния покоя и начинают прорастать: у черемухи азиатской – через полтора месяца, а у яблони ягодной, имеющей менее глубокий покой, – уже через две недели (табл. 1). Предварительное замачивание семян в растворах салициловой кислоты по-разному сказалось на этих процессах. Все три концентрации СК на сроке 1,5 месяца на 15–40% тормозили проклевывание корешка у семян яблони ягодной. Через два месяца процент проросших семян был во всех вариантах одинаков. СК в концентрациях 0,00005М и 0,0001М стимулировала выход из покоя и прорастание семян черемухи азиатской и через два, и через три месяца стратификации. Более высокая концентрация 0,0005М, напротив, тормозила эти процессы. Выход из состояния покоя, открывание семян во всех исследуемых концентрациях СК стимулировала у семян лимонника китайского, зародыш которых находится в стадии сердца (оптимальная концентрация 0,0001М). Так как открывание семени у этого растения происходит после того, как недоразвитый зародыш достигает нормальных размеров, можно заключить, что СК стимулировала доразвитие зародыша. Стимуляцию прорастания семян, нуждающихся в холодной стратификации, обнаружили ранее и для других фитогормонов – гибберелловой кислоты, цитокининов. Холодную стратификацию удалось заменить обработкой гиббереллина для семян с физиологическим типом покоя (клюква крупноплодная, сирень обыкновенная и др.) и морфофизиологическим (виноград, жимолость татарская, лимонник китайский и др.) [6]. Проращивание стратифицированных семян лимонника китайского на растворах СК при комнатной температуре показало, что две концен-

трации 0,00002М и 0,0001М не влияли на ход прорастания, 0,0002М – несколько стимулировала, а 0,001М – тормозила этот процесс (табл. 2). Факт стимуляции СК прорастания семян может иметь практическое значение для предпосевной подготовки семян. Семена в почве подвергаются воздействию патогенной микрофлоры, температурному стрессу, а СК повышает устойчивость растений к паразитарным грибам и бактериям, стрессовым факторам [4]. Как видно из данных таблицы 3, помещение изолированных зародышей ясения маньчжурского, находящихся в стадии позднего торпедо, на растворы СК в концентрациях 0,001М и 0,005М сопровождалось значительной стимуляцией их прорастания, что говорит и о стимуляции выхода зародышей из состояния покоя. Прорастание зародышей вишненки войлочной, находящихся в глубоком физиологическом покое, стимулировали все три исследуемые концентрации СК, оптимальной же, как и в случае ясения маньчжурского, являлась 0,001М. Ранее проведенные исследования на растениях аралии высокой и элеутерококка колючего показали, что обработка соцветий растворами 6-бензиламинопурина, индолилмасляной кислоты, эпина способствовала формированию пула семян с меньшей пустосемянностью; выполненные семена прорастали быстрее, обладали меньшей глубиной покоя [7]. Обработка СК цветков ясения маньчжурского не сказалась на анатомо-морфологических показателях сформировавшихся семян. И в контролльном, и в опытных вариантах масса тысячи семян составила 32,8–31,5 г, отношение длины зародыша к длине семени – 0,57. Длина и ширина семян были также одинаковыми. Не отличались по длине, ширине, массе от контрольных семена клена мелколистного в варианте с обработкой цветков СК 0,0002М. Несколько иную картину наблюдали на растениях аралии высокой. Соцветия, опрыскиваемые раствором СК 0,0002М, продуцировали на 5% больше выполненных семян. Однако морфологические показатели у них были меньше по сравнению с контролем: масса семени – на 32%, длина – на 14% и ширина – на 9%. Результаты влияния обработки цветков растений на покой семян и зародышей представлены в таблице 4. Применение концентраций СК, которые или не влияли, или стимулировали прорастание изолированных

зародышей (0,0005М и 0,001М), приводило к формированию семян, зародыши которых имели большую глубину покоя по сравнению с контрольным вариантом и прорастали медленнее. Значительное увеличение глубины покоя наблю-

дали у семян аралии высокой (цветки были обработаны раствором СК 0,0005М). Концентрация СК 0,001М не повлияла на глубину покоя зародышей клена мелколистного, а 0,0005М снижала этот показатель.

**Таблица 1 – Влияние салициловой кислоты на прорастание семян в процессе холодной стратификации**

Время прорастания, сутки	Проросших (А), открывшихся (Б) семян, %			
	Вода	СК 0,00005 м	СК 0,0001 м	СК 0,0005 м
<b>Malus baccata (А)</b>				
16	2±1	0	0	0
46	71 ± 4	37 ± 3	39± 3	55 ± 1
60	87 ± 2	89 ± 2	95± 3	86± 4
<b>Padus avium (А)</b>				
60	18±3	21±3	29±2	20±5
90	61±3	83±5	84±7	48±5
<b>Schizandra chinensis (Б)</b>				
75	4±2	6±1	5±2	4±1
100	73±3	85±2	91±3	85±5

**Таблица 2 – Влияние салициловой кислоты на прорастание стратифицированных зародышей**

Время прорастания, сутки	Проросших семян, %				
	Вода	СК 0,00002 м	СК 0,0001 м	СК 0,0002 м	СК 0,001 м
2	12 ± 2	21 ± 1	19 ± 1	23 ± 1	6 ± 1
3	27 ± 1	27 ± 1	28 ± 3	32 ± 2	8 ± 1
4	53 ± 1	55 ± 1	56 ± 1	68 ± 1	25 ± 2
5	68 ± 3	68 ± 2	72 ± 1	79 ± 1	32 ± 1
7	80 ± 2	84 ± 1	87 ± 1	88 ± 2	85 ± 2

**Таблица 3 – Влияние салициловой кислоты на прорастание изолированных зародышей**

Время прорастания, сутки	Проросших изолированных зародышей, %			
	Вода	СК 0,0005 м	СК 0,001 м	СК 0,005 м
<b>Fraxinus mandshurica</b>				
7	20 ± 3	15 ± 1	29 ± 1	27 ± 2
10	25 ± 2	25 ± 3	54 ± 1	55 ± 3
14	37 ± 2	32 ± 1	63 ± 3	68 ± 3
19	42 ± 1	40 ± 4	81 ± 2	85 ± 2
24	47 ± 3	51 ± 2	98 ± 3	95 ± 1
32	68 ± 2	73 ± 3	–	–
62	99 ± 2	97 ± 2	–	–
<b>Microcerasus tomentosa</b>				
6	13 ± 2	15 ± 2	31 ± 3	17 ± 1
7	23 ± 1	27 ± 2	48 ± 1	33 ± 3
8	34 ± 1	40 ± 3	67 ± 2	42 ± 1
9	37 ± 3	46 ± 2	77 ± 1	50 ± 2
13	40 ± 3	51 ± 1	89 ± 1	53 ± 2
23	47 ± 2	63 ± 3	90 ± 1	64 ± 2

Примечание: семена хранились 1 месяц в сухом состоянии при комнатной температуре.

Таблица 4 – Влияние обработки цветков салициловой кислотой на глубину покоя семян

Время прорастания, сутки	Проросших семян, изолированных зародышей, %		
	Вода	СК 0,0005 м	СК 0,001 м
<b>Изолированные зародыши семян <i>Fraxinus mandshurica</i></b>			
10	18 ± 2	20 ± 3	7 ± 2
12	42 ± 3	28 ± 3	15 ± 2
14	63 ± 2	43 ± 4	41 ± 3
16	71 ± 4	57 ± 3	50 ± 3
26	88 ± 6	90 ± 5	85 ± 3
<b>Семена <i>Aralia elata</i></b>			
26	9 ± 1	0	–
31	14 ± 3	3 ± 1	–
36	47 ± 2	8 ± 2	–
41	52 ± 3	11 ± 1	–
46	65 ± 3	11 ± 1	–
<b>Изолированные зародыши <i>Acer mono</i></b>			
4	0	27 ± 2	6 ± 2
6	21 ± 3	40 ± 3	18 ± 2
8	35 ± 2	73 ± 4	24 ± 3
10	35 ± 2	80 ± 3	29 ± 2
14	35 ± 2	94 ± 5	52 ± 3

Примечание: семена хранились 5 месяцев в сухом состоянии при комнатной температуре.

По мнению М.Г. Николаевой с сотр., «...именно супероптимальное содержание ИУК ответственно за покой семян (вынужденный или органический). АБК если и оказывает на семена какое-то действие, то только дополнительное тормозящее» [1]. Результаты ряда исследований привели к выводу, что становление органического покоя семян происходит в фазу созревания. Семена пшеницы и подсолнечника (покой физиологический неглубокий) входят в состояние покоя с наступлением зрелости, яблони домашней – в конце второй и начале третьей фазы, а миндаля сладкого – в третьей-четвертой фазе созревания; незрелые семена клена татарского характеризовались более

глубоким покоем, чем зрелые [8]. Именно на этапе созревания удалось с помощью фотопериодического воздействия, качества света повлиять на глубину покоя семян с неглубоким физиологическим типом [9]. Обработка растений экзогенным гормоном приводит не только к возрастанию эндогенного уровня именно этого соединения, но и изменяет содержание других гормонов и их соотношение [10]. Можно полагать, что обработка цветков гормонами, в том числе и СК, сказывается не только на гормональном статусе завязей начальных этапов формирования семени, но и продолжается на последующие этапы, включая созревание.

#### Библиографический список

1. Николаева М.Г., Лянгузова И.В., Поздова Л.М. Биология семян. – СПб.: НИИ химии СПбГУ, 1999. – 232 с.
2. Baskin C.C. Baskin J.M. Ecology biogeography and evolution of dormancy and germination. – New York: Acad.Press, 1998. – 666 р.
3. Антилова О.В., Бартова Л.М., Вобликова В.Д., Калашникова Т.С., Муромцев Г.С., Обручева Н.В. Фузикокцин-подобные лиганда в осевых органах семян конского каштана // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – С. 29–33.
4. Raskin I. Role of salicylic acid in plants//Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1992. – № 43. – Р. 439–463.
5. Романов Г.А., Обручева Н.В., Новикова Г.В., Машков И.А. Семнадцатая международная конференция по ростовым веществам растений//Физиология растений. – 2002. – № 2. – С. 330–336.
6. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 347 с.

7. Дулин А.Ф., Степанова Т.А. Влияние регуляторов роста на прорастание семян аралии высокой и элеутерококка колючего // Агрохимия. – 2002. – № 4. – С. 42–47.
8. Роль температуры и фитогормонов в нарушении покоя семян/ Под ред. М.Г. Николаевой. – Л.: Наука, 1981. – 160 с.
9. Видавер У. Свет и прорастание семян. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / Под ред. М.Г. Николаевой. – М.: Колос, 1982. – С. 211–225.
10. Пузина Т.И. Гормональная регуляция как основа целостности и продуктивности растительного организма: Автoref. дис. ... докт. биол. наук. – М.: МСХА, 1999. – 36 с.

DULIN A.F.

**THE INFLUENCE OF EXOGENOUS SALICYLIC ACID ON THE DORMANCY AND  
GERMINATION OF SEEDS WITH MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL TYPES OF  
THE DORMANCY**

*The application of salicylic acid promoted the exit of seeds of *Padus avium*, *Shisandra chinensis*, isolated embryo of *Fraxinus mandshurica*, *Microcerasus tomentosa* from the state of dormancy and stimulated their germination. The inflorescence spraying of solutions of salicylic acid was had decreased the depth of embryo dormancy of *Acer mono*, was had increased – at *Fraxinus mandshurica* and the seeds of *Aralia elata*.*

*Key words:* Salicilic acid, embryo dormancy, germination of seeds



**Л.Л. КИСЕЛЕВА**, кандидат биологических наук, доцент кафедры  
ботаники Орловского государственного университета  
Тел.: (4862) 59-10-14, моб. 8-906-665-26-41; LLKiseleva@yandex.ru

**О.М. ПРИГОРЯНУ**, кандидат географических наук, доцент кафедры  
ботаники Орловского государственного университета  
Тел. 8-903-029-98-87; ecolog67@yandex.ru

**Е.А. ПАРАХИНА**, кандидат биологических наук, ведущий  
специалист-эксперт Федеральной антимонопольной службы, г. Москва  
Тел. 8-960-654-65-30; eparachina@mail.ru

## КЛЮЧЕВЫЕ БОТАНИЧЕСКИЕ ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Дана характеристика пяти ключевых ботанических территорий (1 федерального и 4 регионального значения). Они характеризуются наибольшим разнообразием видов зональных типов растительности: лесов и луговых степей, а также редких и охраняемых растений. На их территориях произрастают девять видов, охраняемых на государственном уровне, и 41 вид (97,6%), охраняемый на региональном уровне.*

*Ключевые слова:* Орловская область, ключевые ботанические территории, национальный парк «Орловское Полесье», Нарышкинский природный парк, памятники природы.

Глобальная стратегия сохранения растений предполагает в 2010 г. обеспечить охрану 50% важнейших для растений территорий во всем мире. Ключевые ботанические территории (Important Plant Areas) – территории, имеющие большое значение для находящихся под угрозой исчезновения видов, мест их обитания и растительного разнообразия в целом, которые можно выявить, сохранить и которыми можно управлять как территориями [8].

Орловская область относится к староосвоенным территориям европейской части России. В настоящее время большая часть ее площади занята сельскохозяйственными землями и только 15% приходится на естественную растительность. Поэтому выявление ключевых ботанических территорий имеет большое значение. В процессе создания схемы экологической сети Орловской области были проанализированы территории с сохранившимся высоким флористическим разнообразием, которые затем вошли в состав 34 экологических ядер [1, 11, 12].

Целью данной работы является характеристика наиболее значимых ключевых ботанических территорий Орловской области. Для выполнения данной цели были поставлены следующие задачи: 1) дать оценку современного состояния флористического разнообразия этих территорий; 2) проанализировать количество редких и охраняемых на российском и региональном уровнях видов сосудистых растений, отмеченных на этих территориях.

Из всех особо охраняемых территорий (ООПТ) Орловской области только национальный парк «Орловское Полесье» имеет федеральный статус, осталь-

ные ООПТ (Нарышкинский природный парк и памятники природы) имеют региональный статус.

Национальный парк «Орловское Полесье»

был создан в 1994 г., располагается на крайнем северо-западе области (рис. 1), в Знаменском и Хотынецком районах, и граничит с Калужской и Брянской областями.



Рис. 1. Картосхема расположения пяти наиболее значимых ключевых ботанических территорий Орловской области: 1 – национальный парк «Орловское Полесье»; 2 – Нарышкинский природный парк; 3 – Шаблыкинский лес; 4 – памятник природы «Балка Непрец»; 5 – памятник природы «Урочище Кузилинка».

Орловское Полесье – самая крупная особо охраняемая территория Орловской области. Площадь парка составляет 84 тыс. 583 га. Здесь преобладают смешанные леса, в состав которых в различных сочетаниях входят сосна обыкновенная, ель обыкновенная, дуб черешчатый, березы белая и повислая, осина, липа мелколистная, клен остролистный, реже – ясень обыкновенный и ольха клейкая.

Сведения о современном состоянии флоры и растительности национального парка содержатся во многих работах [5, 9, 13, 14]. В настоящее время на территории Орловского Полесья произрастают 862 вида сосудистых растений [4]. Только на территории парка встречается 29 видов природной флоры Орловщины, например линнея северная

– *Linnaea borealis* L., плаун топяной – *Lycopodium inundatum* L., плаун трехколосковый – *L. tristachyum* Pursh, багульник болотный – *Ledum palustre* L., турча болотная – *Hottonia palustris* L. и др. 23 вида внесены в Красную книгу Орловской области [3]. Из них три вида имеют статус 1 – находящиеся под угрозой исчезновения виды: волчеядник обыкновенный – *Daphne mezereum* L., пальчатокоренник Траунштейнера – *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soo, рогульник плавающий – *Trapa natans* L.; 13 видов имеют статус 2 – сокращающиеся в численности виды: ветреница дубравная – *Anemone nemorosa* (L.) Holub, двулепестник парижский – *Circaeae lutetiana* L., кувшинка чистобелая – *Nymphaea candida* J. et C. Presl, любка зеленоцветковая – *Platanthera chlorantha* (Cust.)

Reichenb., наперстянка крупноцветковая – *Digitalis grandiflora* Mill., пальчатокоренник балтийский – *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova, подлесник европейский – *Sanicula europaea* L., прострел раскрытый – *Pulsatilla patens* (L.) Mill., рябчик шахматный – *Fritillaria meleagris* L., турча болотная – *Hottonia palustris* L., фиалка топяная – *Viola uliginosa* Bess, хохлатка Маршалла – *Corydalis marschalliana* Pers., хохлатка полая – *Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Koerte; 7 видов имеют статус 3 – редкие виды: пальчатокоренник Фукса – *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo, козелец пурпурный – *Scorzonera purpurea* L., колокольчик широколистный – *Campanula latifolia* L., купальница европейская – *Trollius europaeus* L., лилия саранка – *Lilium martagon* L., овсяница высокая – *Festuca altissima* All., шпажник черепитчатый – *Gladiolus imbricatus* L. Из этих видов три – пальчатокоренник балтийский, пальчатокоренник Траунштейнера и рябчик шахматный – внесены в «Перечень (список) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, по состоянию на 1 июня 2005 г.» [10].

Нарышкинский природный парк был создан в 2001 г., его площадь – 5 тыс. 120 га. Располагается в центре Урицкого района (рис. 1) в 40 км западнее г. Орла, между реками Орлица и Цон. В состав парка входят 4 лесные угодья: Нарышкинская дача, Капустино, Холм и Городищенский лес. Самое крупное из них – Нарышкинская дача (площадь 3 тыс. 31 га). Большая часть этого угодья занята вторичными лесами – березняками и осинниками и лишь небольшая часть – молодыми дубравами. Вдоль лесных ручьев произрастают черноольховники.

В результате анализа литературных источников и полевых исследований 2004–2005 гг. на территории Нарышкинского природного парка нами выявлено 479 видов сосудистых растений [2]. Из них 8 видов внесены в Красную книгу Орловской области: лилия саранка, прострел раскрытый, венерин башмачок настоящий – *Cypripedium calceolus* L., пальчатокоренник Фукса, кувшинка чисто-белая, шпажник черепитчатый, купальница европейская, двулепестник парижский. Венерин башмачок настоящий внесен в «Перечень..., 2005 г.» [10].

Шаблыкинский лесной массив находится севернее п. Шаблыкино в Шаблыкинском районе (рис. 1). Площадь Шаблыкинского леса составляет 5,5 тыс. га. Северо-восточная часть этого лесного массива взята под охрану и представляет собой лесной памятник природы «Хотьковская дача» (площадь 503 га). Основную часть Шаблыкинского леса составляют дубравы порослевого происхождения 80–90-летнего возраста с участием осины, березы повислой, клена остролистного, липы мелколистной, ясения обыкновенного. Часть лесного массива занята березняками и осинниками.

В результате полевых исследований флоры и растительности Шаблыкинского лесного массива в июне-июле 2007 г. и анализа литературных источников было выявлено 242 вида сосудистых растений [7], из которых венерин башмачок настоящий, пальчатокоренник балтийский, колокольчик широколистный, любка зеленоцветковая, касатик безлистный – *Iris aphylla* L., наперстянка крупноцветковая внесены в Красную книгу Орловской области [3]. Касатик безлистный охраняется на государственном уровне [10].

Из девяти ботанических памятников природы Орловской области особое место занимают «Балка Непрец» и «Урочище Кузилинка».

Памятник природы «Балка Непрец» представляет собой участок размером 200 на 300 метров (площадь 6 га), расположенный в средней части балки «Непрец». Урочище «Балка Непрец» располагается в 1,5 км юго-восточнее границы г. Орла (рис. 1) и включает балку «Непрец», лог «Верхний» и лог «Носков верх». С флористической точки зрения интерес представляет не только территория памятника природы, но и все урочище общей площадью 370 га [6].

Несмотря на длительную историю антропогенного влияния, флора и растительность урочища «Балка Непрец» до настоящего времени сохранили уникальный характер. Так, разнотравно-типчаковые, разнотравно-низкоосоковые и разнотравно-ковыльные ассоциации (фото 1) имеют наибольшие площади на склоне южной экспозиции лога «Верхний», а также на склонах юго-западной экспозиции балки «Непрец» и лога «Носков верх». Среди ковылей наиболее часто доминирует ковыль перистый – *Stipa pennata* L., который

отмечен на всех перечисленных выше склонах. Другие виды ковылей (ковыль красивейший – *Stipa pulcherrima* C. Koch, ковыль волосатик – *S. capillata* L. и ковыль узколистный – *S. tirsia* Stev.) отмечены нами только на склоне южной экспозиции лога «Верхний». На склонах других экспозиций отмечались лишь единичные куртины ковыля перистого. Среди разнотравья в разные периоды вегетации доминантами являются такие

виды, как адонис весенний – *Adonis vernalis* L., прострел раскрытый – *Pulsatilla patens* (L.) Mill., ветреница лесная – *Anemone sylvestris* L., таволга обыкновенная – *Filipendula vulgaris* Moench, шалфей луговой – *Salvia pratensis* L., шалфей поникающий – *Salvia nutans* L., девясил шершавый – *Inula hirta* L., венечник ветвистый – *Anthericum ramosum* L., василек шероховатый – *Centaurea scabiosa* L. и др.



Фото 1. Разнотравно-ковыльная степь на склоне южной экспозиции лога «Верхний».

Из 311 видов сосудистых растений, отмеченных в урочище «Балка Непрец» [6], 4 вида внесены в «Перечень ..., 2005 г.» [10] – ковыль перистый, ковыль красивейший, касатик безлистный, касатик карликовый – *Iris pumila* L. Кроме этих видов еще 9 являются редкими и охраняемыми на региональном уровне [3]: шпажник черепитчатый, купальница европейская, адонис весенний, прострел раскрытый, василек русский, живокость клиновидная – *Delphinium cuneatum* Stev. ex DC., горечавка крестовидная – *Gentiana cruciata* L., шалфей поникающий, козелец пурпурный.

Урочище «Кузилинка» располагается в Ливенском районе на юго-востоке области, на границе с Липецкой областью (рис. 1). Оно представляет собой крутой известняковый левый берег р. Олыма юго-восточной экспозиции (фото 2). Площадь памятника природы, расположенного на этом склоне, составляет 2 га. В южной части к урочищу примыкает лог «Богатый». Общая площадь урочища «Кузилинка» и прилегающей лугово-степной балки – 225 га. Эта территория характеризуется высоким флористическим разнообразием (здесь отмечено 187 видов сосудистых растений).



Фото 2. Склон юго-восточной экспозиции левого берега р. Олым – урочище «Кузилинка».

Уникальность этого лугово-степного участка растительности заключается прежде всего в том, что урочище «Кузилинка» является продолжением Северо-Донского реликтового района Липецкой области с характерными для него такими видами, как лук неравный – *Allium inaequale* Janca, солонечник узколистный – *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., гиацинт беловатый – *Hyacinthella leucophaea* (C. Koch) Schur, шлемник приземистый – *Scutellaria supina* L., оносма простейшая – *Onosma simplicissima* L. и др. Кроме того, известняковые склоны урочища являются единственными на территории области с большим скоплением редких видов, встречающихся только на крайнем юго-востоке области, а 6 видов пока отмечены только здесь. Это лук неравный, колокольчик алтайский – *Campanula altaica* Ledeb., солонечник узколистный, оносма простейшая, заразиха песчаная – *Orobanche arenaria* Borkh. и заразиха синеватая – *O. coeruleascens* Steph. Три вида – кизильник алаунский – *Cotoneaster alaunicus* Golits, касатик безлистный и ковыль перистый внесены в «Перечень ..., 2005 г.» [10]. Кроме этих видов в Красную книгу Орловской области [3] внесены адонис весенний, козелец пурпурный, шалфей поникающий, оносма простейшая, ломонос цельнолистный – *Clematis integrifolia* L., василек русский, шлемник приземистый, астра ромашковая – *Aster*

*amellus* L., миндаль низкий – *Amygdalus nana* L., лук неравный, прострел раскрытый, горечавка крестовидная.

#### Выводы:

1. К ключевым ботаническим территориям Орловской области, имеющим федеральный статус, относится только национальный парк «Орловское Полесье». Он имеет самую большую площадь – 84 тыс. 583 га, самое высокое флористическое разнообразие (862 вида сосудистых растений) и наибольшее количество редких и охраняемых растений (23 вида).

2. Остальные ключевые ботанические территории (Нарышкинский природный парк и памятники природы) имеют региональный статус. Из них наибольший интерес представляют территории с преобладанием зональных типов растительности – широколиственных лесов (например, Нарышкинский природный парк, Шаблыкинский лес) или луговых степей (например, ботанические памятники природы «Балка Непрец» и «Урочище Кузилинка»). Эти участки характеризуются наибольшим разнообразием видов неморального или лугово-степного флористических комплексов, а также редких и охраняемых растений.

3. На пяти рассмотренных ключевых ботанических территориях отмечено произрастание

9 видов, охраняемых на государственном уровне, и 41 вид, охраняемый на региональном уровне, что составляет 97,6% видов основного списка Красной книги Орловской области.

#### Библиографический список

1. Киселева Л.Л. Методика выделения ядер экологической сети Орловской области по ботанико-географическому признаку / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну // Флора и растительность Центрального Черноземья (материалы научной конференции). – Курск, 2002. – С. 56–60.
2. Киселева Л.Л. Новые виды сосудистых растений Нарышкинского природного парка / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну, Ю.П. Марушкина // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2005 (материалы научной конференции 24 марта 2005 г.). – Курск, 2005. – С. 41–43.
3. Киселева Л.Л. Отдел Покрытосеменные / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну // Красная книга Орловской области. Грибы. Растения. Животные / Отв. ред. О.М. Пригоряну. – Орел: Издатель А.В. Воробьев, 2007. – С. 22–105.
4. Киселева Л.Л. Редкие и охраняемые растения / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну // Туристический атлас национального парка «Орловское Полесье» / Под ред. О.М. Пригоряну. – Орел, 2007. – С. 14–15.
5. Киселева Л.Л. Дополнения к флоре национального парка «Орловское Полесье» / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну // Изучение и сохранение экосистем национального парка «Орловское Полесье»: Сборник научных трудов / Под ред. О.М. Пригоряну. – Орел, 2007. – С. 71–76.
6. Киселева Л.Л. Антропогенное влияние на флору и растительность урочища «Балка Непрец» / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну, Ю.Л. Белоусью // Антропогенное влияние на флору и растительность. Материалы II научно-практической региональной конференции. – Липецк, 2007. С. 32–38.
7. Киселева Л.Л. Новые виды сосудистых растений для Шаблыкинского района Орловской области / Л.Л. Киселева, Н.Н. Чаадаева, А.Ф. Артамонова // Современное состояние, проблемы и перспективы региональных ботанических исследований: Мат. межд. науч. конф. – Воронеж: ВГУ, 2008. – С. 160–162.
8. Ключевые ботанические территории. Европейская Россия. – М.: IUCN – Всемирный союз охраны природы, 2004. – 14 с.
9. Орловское Полесье (фотоальбом о национальном парке) / Л.Л. Киселева, Нат. В. Вышегородских, Е.В. Вышегородских, Ник. В. Вышегородских, О.М. Пригоряну // Под ред. О.М. Пригоряну. – Словения: «Гореньски Тиск», 2001. – 300 с.
10. Перечень (список) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, по состоянию на 1 июня 2005 г. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации № 289 от 25 октября 2005 г.
11. Пригоряну О.М. Биogeографические основы экологической сети Орловской области // Дис. . . . канд. геогр. наук. – М., 2005. – 205 с.
12. Пригоряну О.М. Территориальное планирование охраны природы региона с использованием ГИС-технологий (на примере Орловской области) / О.М. Пригоряну, Л.Л. Киселева // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». – Орел, 2008. Вып. № 2. – С. 233–239.
13. Радыгина В.И. Очерк о растительном покрове национального парка «Орловское Полесье» / В.И. Радыгина, М.Н. Абадонова // Изучение и сохранение экосистем национального парка «Орловское Полесье»: Сборник научных трудов / Под ред. О.М. Пригоряну. – Орел, 2007. – С. 56–70.
14. Сосудистые растения национального парка «Орловское Полесье» / В. И. Радыгина, А. В. Щербаков, С. В. Полевова, Л. Л. Киселева, О. М. Пригоряну. – М., 2003. – 91 с. [Флора и фауна нац. парков. Вып. 3].

**L.L. KISELEVA, O.M. PRIGORYANU, E.A. PARAKHINA**

#### **IMPORTANT PLANT AREAS OF THE ORYOL REGION**

*The characteristic is given to 5 Important Plant Areas (1 federal and 4 regional values). They are characterized by the greatest variety of species of zone types of vegetation: woods and meadow steppes, and also rare and protected plants. In their territories grow 9 species, protected at the state level, and 41 species (97,6%), protected on a regional level.*

*Key words:* The Oryol area, key botanical territories, national park, «Oryol Polesye», Naryshkinsky natural park, nature sanctuaries.

**Т.И. ПУЗИНА**, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 77-78-18 (раб.), (4862) 42-79-87; TIPuzina@gmail.com

**М.А. ЦУКАНОВА**, аспирант кафедры ботаники Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 77-78-18

**Н.С. ТРОТ**, аспирант кафедры ботаники Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 77-78-18

**А.Ю. РУССУ**, магистрант кафедры ботаники Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 77-78-18

## ТРАНСМЕМБРАННЫЙ ПОТОК ВОДЫ ЧЕРЕЗ АКВАПОРИНЫ И ЕГО РЕГУЛЯЦИЯ СЕЛЕНИТИОНОМ У SOLANUM TUBEROSUM

*Исследовали физиологический механизм действия селенит-иона на транспорт воды через аквапорины на примере Solanum tuberosum L. Применение ингибитора водных каналов мембран 100 мкМ HgCl<sub>2</sub> показало увеличение потока воды через аквапорины в листьях растений, обогащенных селеном. В опытах с 100 мкМ NaF – ингибитором фосфатаз, дефосфорилирующих аквапорины, показано, что это происходило за счет открытия водных каналов. С другой стороны, селен, по-видимому, способствовал экспрессии генов аквапоринов, повышая уровень гиббереллинов и ауксинов.*

**Ключевые слова:** аквапорины, селенит-ион, гиббереллины, ауксины, транспорт воды.

Ряд физиологических функций в растении, таких как рост клеток растяжением, осморегуляция, доставка минеральных и органических веществ к различным органам и тканям, обусловлен транспортом воды. Поэтому исследование факторов, контролирующих перенос воды через клеточные мембранные растений, представляет собой важную физиологическую проблему. В последнее время считают, что проницаемость мембран растительной клетки для воды зависит не только от состояния липидного бислоя, но и водных каналов, образованных белками – аквапоринами [1]. Скорость водного транспорта через аквапорины определяется прежде всего их количеством, зависящим от экспрессии генов, ответственных за их биосинтез, а также их активностью (пребыванием в открытом или закрытом состоянии) [2]. Несомненно, что транспорт воды через аквапорины зависит от целостности мембраны. Активные формы кислорода, образующиеся в большом количестве в процессе метаболизма и особенно при стрессе, приводят к перекисному окислению липидов мембран. Как известно, антиоксидантная система растения стабилизирует этот процесс. Однако на сегодняшний день отсутствуют сведения, касающиеся участия антиоксидантов в трансмембранным переносе воды через аквапорины. Микроэлемент селен является

одним из компонентов активной антиоксидантной системы живых организмов. Он входит в состав глутатионпероксидазы, утилизирующей перекись водорода.

Цель работы состояла в исследовании участия антиоксиданта селена в регуляции транспорта воды через водные каналы мембран – аквапорины в листьях *Solanum tuberosum*.

Для растений картофеля, имеющих слаборазвитую корневую систему по сравнению со злаками, изучение транспорта воды имеет особый физиологический смысл.

Объектом исследования служили растения картофеля сорта Удача селекции ВНИИКХ (Коренево, Россия), выращиваемые в почвенной культуре на серой лесной среднесуглинистой почве в условиях агробиостанции Орловского государственного университета.

Влажность почвы в сосудах в оптимальных условиях водоснабжения составляла 60% полной влагоемкости. Засуху создавали путем прекращения полива растений через 15 дней после появления всходов. Продолжительность почвенной засухи составляла 9 суток.

Часть опытов проводили в условиях лаборатории. Клубни помещали в ящики с увлажненными опилками и прорашивали вначале в темноте, а после появления всходов на поверхности субстрата побегов возобновления – в люминостате «Флора-1» при температуре  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  и 14-часовом освещении.

Варианты опыта включали предобработку посадочных клубней (замачивание на 6 часов)  $5,8 \cdot 10^{-3}$  М раствором  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , содержащим  $2,6 \cdot 10^{-3}$  М селена. Контрольные клубни обрабатывали водой.

В качестве блокатора водных каналов использовали хлорид ртути, который, как известно, явля-

ется достаточно эффективным в отношении большинства аквапоринов [3]. Для этого непарный сегмент листа картофеля выдерживали в течение 20 минут в 100 мкМ растворе  $\text{HgCl}_2$ .

Содержание фитогормонов ауксинов в листьях определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа [4] с использованием реактивов фирмы «Уралинвест» (Уфа, Россия). Содержание гибберелловой кислоты ( $\text{GA}_3$ ) определяли методом биологической пробы. Биотестом служили проростки гороха сорта Шустрик (ВНИИ ЗБК, Орел). В качестве стандартных растворов фитогормонов были взяты ИУК («Serva», Германия),  $\text{GA}_3$  («Phylaxia», Венгрия).

В таблицах и рисунках представлены средние арифметические из пяти биологических повторностей и их стандартные ошибки.

Фитогормоны имеют большое значение в регуляции водного обмена растений [5]. Содержание фитогормонов определяли в листьях седьмого яруса срединной формации. Обогащение посадочных клубней селеном достоверно увеличило (на 40%) количество ауксинов (ИУК) в листьях (табл. 1). Возможно, это связано с ингибированием селеном активности фермента ауксинового метаболизма – ИУК-оксидазы. В литературе имеются такие сведения [6]. Селенит-йон вызвал повышение уровня гибберелловой кислоты (почти на 50%) в листьях растений. Положительный эффект селенита на уровень гибберелловой кислоты представляет интерес в связи с тем, что гибберелловая кислота блокирует активность ИУК-оксидазы [7]. Поэтому увеличение количества ИУК под воздействием селенит-иона может быть связано не только с прямым ингибированием селеном активности ИУК-оксидазы, но и повышением содержания гиббереллина.

**Таблица 1 – Влияние селенита натрия на содержание ауксинов и гиббереллинов в листьях при выращивании растений картофеля в оптимальных условиях водоснабжения и при почвенной засухе, мкг/г сырой массы**

Вариант	Оптимальные условия водоснабжения		10 суток после 9-дневной засухи	
	ИУК	$\text{GA}_3$	ИУК	$\text{GA}_3$
Контроль	$13.24 \pm 0.93$	$159.16 \pm 11.12$	$7.19 \pm 0.50$	$65.74 \pm 4.60$
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	$18.70 \pm 1.45$	$273.01 \pm 19.10$	$13.36 \pm 0.62$	$174.73 \pm 12.23$

В условиях почвенной засухи (табл. 1) количество изучаемых групп фитогормонов снизилось, особенно гиббереллинов (в 1,8 раза – ИУК и в 2,4 раза – ГА<sub>3</sub>). Селен сдерживал падение уровня ИУК и гибберелловой кислоты (в полтора-два раза).

Особый интерес представляют полученные результаты, показывающие, как на гормональном фоне, изменённом селенит-ионом, осуществлялся процесс транспорта воды через мембранны. Для этого проводили опыты с использованием 100 мкМ раствора HgCl<sub>2</sub>, блокирующего работу аквапоринов (табл. 2). Отмечено торможение поступления воды под воздействием хлористой ртути. В контрольном варианте оно составило 34%, а в варианте, где растения были обогащены селеном, – 45%. Расчёты показывают, что селенит-ион увеличил долю поступления воды через аквапорины с 212,9 до 407,3 мг/г сырой массы листьев, то есть в 1,9 раза (рис. 1).

**Таблица 2 – Влияние HgCl<sub>2</sub> – ингибитора водных каналов мембранны на поглощение воды листьями растений картофеля**

Вариант	Условия проведения опыта	Поглощение воды, мг/г сырой массы
Контроль	H <sub>2</sub> O	612.22 ± 48.97
	HgCl <sub>2</sub>	399.30 ± 31.74
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	96.24 ± 71.68
	HgCl <sub>2</sub>	488.85 ± 39.10

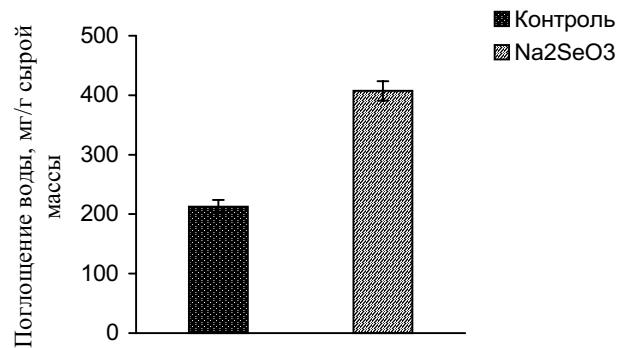


Рис. 1. Поступление воды через аквапорины при нормальных условиях водоснабжения растений.

В условиях 9-дневной засухи сохранилась стимуляция потока воды через аквапорины под воз-

действием селенит-иона. Однако доля поступления воды через аквапорины в данном варианте была ниже, чем в нормальных условиях водоснабжения (рис. 2).

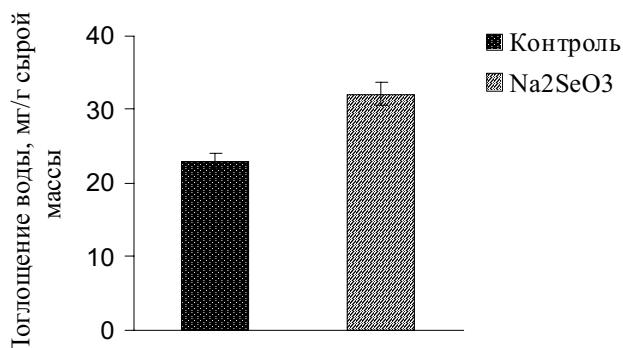


Рис. 2. Поступление воды через аквапорины в условиях 9-дневной засухи.

Известны два пути увеличения потока воды через аквапорины: за счёт возрастания как количества аквапоринов, так и их активности [8]. Для проверки участия селена в регуляции активности аквапоринов применили ингибитор фосфатазы – фтористый натрий. Фосфатаза гидролизует сложно-эфирные связи фосфорной кислоты в аквапоринах и, как следствие, инактивирует их. 100 мкМ раствора NaF стимулировал поступление воды в ткань листьев, причём в варианте с селенитом – в большей степени (табл. 3). Так, в контрольном варианте увеличение поглощения воды под влиянием NaF составило 30%, а в варианте с селенит-ионом – 48%. Это может свидетельствовать о том, что селенит увеличивает степень фосфорилирования аквапоринов и, как следствие, повышает их активность.

**Таблица 3 – Влияние NaF на поступление воды через аквапорины в листья побегов возобновления растения картофеля**

Вариант	Условия проведения опыта	Поглощение воды листьями, мг/г сырой массы	Поступление воды через аквапорины, мг/г сырой массы
Контроль	H <sub>2</sub> O	588,6 ± 47,0	181,7 ± 12,7
	NaF	770,3 ± 65,4	
Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	610,0 ± 42,7	292,4 ± 20,4
	NaF	902,4 ± 63,1	

Стимуляция селенит-ионом трансмембранный потока воды через аквапорины, по-видимому, отчасти связана со специфическим изменением гормонального статуса *Solanum tuberosum* и прежде всего повышением содержания гиббереллинов (табл. 1). По данным [9], гиббереллины ( $GA_3$  и  $GA_4$ ) усиливают экспрессию генов аквапоринов, в частности TIP1. В наших предыдущих исследований показано, что в условиях засухи селенит-ион существенно повышает накопление абсцисовой кислоты в листьях картофеля [10]. На растении арабидопсиса показана экспрессия генов аквапоринов PIP в растущих органах при обработке АБК [11]. Поэтому в нашем случае большая доля транспорта воды через аквапорины в условиях 9-дневной засухи в варианте с селенитом также может быть связана с увеличением количества аквапоринов. Что касается ауксинов, то их роль в транспорте воды через аквапорины не изучена. Однако хорошо известным фактом является сти-

муляция поступления воды в растительные клетки под влиянием данной группы фитогормонов.

Не исключено, что положительный эффект селена на транспорт воды через водные каналы мембран связан с его антиоксидантными свойствами – снижением перекисного окисления липидов мембран и, тем самым, сохранением их целостности, что отмечалось нами ранее [10].

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют заключить, что селенит-ион участвует в регуляции трансмембранный потока воды через аквапорины путем их активации, то есть открытия водных каналов. Одновременно предполагается, что селен может оказывать воздействие на экспрессию генов, ответственных за синтез белков аквапоринов, через увеличение уровня эндогенных гиббереллинов. По-видимому, селен как антиоксидант, снижая ПОЛ мембран, сохраняет транспорт воды через водные каналы.

#### Библиографический список

1. Maurel C. Aquaporins and Water Permeability of Plant Membranes // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1997. V. 48. P. 399–429.
2. Шапигузов А.Ю. Аквапорины: строение, систематика и особенности регуляции // Физиология растений. – 2004. – Т. 51. – С. 142–152.
3. Javot H., Maurel C. The Role of Aquaporins in Root Water Uptake // Ann. Bot. 2002. V.90. P. 301–313.
4. Веселов С.Ю. Использование антител для количественного определения, очистки и локализации регуляторов роста растений. – Уфа: Изд. Башкирского госуниверситета, 1998. – 136 с.
5. Жолкевич В.Н., Пустовойтова Т.Н. Рост листьев *Cucumis sativus* L. и содержание в них фитогормонов при почвенной засухе // Физиология растений. – 1993. – Т. 40. – С. 676–680.
6. Kwid S.C., Faraji B., Levander O.A. Mechanism of indole-3-acetic acid oxidation by plant peroxidases: anaerobic stopped – flow spectrophotometric studies on horseradish and tobacco peroxidases // J. Biochemistry. 1989. V. 3. P. 305 – 312.
7. Авакян Э.Р., Алешин Е.П., Алешин Н.Е. Теория механизма действия гиббереллина на рис // Регуляторы роста и развития растений. – М.: МСХА, 1997. – С. 70–71.
8. Веселова Т.В., Веселовский В.А. Возможность участия аквапоринов в поглощении воды семенами гороха разного качества // Физиология растений. – 2006. – Т. 53. – № 1. – С. 106–112.
9. Phillips A.L., Huttly A.K. Cloning of Two Gibberellin – regulated cDNAs from *Arabidopsis thaliana* by Subtractive Hybridization: Expression of the Tonoplast Water Channel,  $\gamma$  – TIP, is increased by  $GA_3$  // Plant Mol. Biol. 1994. V. 24. P. 603–615.
10. Пузина Т.И., Цуканова М.А. Влияние почвенной засухи на гормональную и антиоксидантную систему *Solanum tuberosum* в зависимости от обработки селенитом // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». – 2008. – № 2. – С. 51–56.
11. Kaldenhoff R., Krelling A., Meyers V., Karmann U., Ruppel G., Richter G. The Blue Light – Responsive  $AthH_2$  Gene of *Arabidopsis thaliana* is Primarily Expressed in Expanding as Well as in Differentiating Cells and Encodes a Putative Channel Protein of the Plasmalemma // Plant J. 1995. V. 7. P. 87–95.

T.I. PUZINA, M.A. TSUKANOVA, N.S. TROT, A.JU. RUSSU

THE TRANSMEMBRANE TRANSPORT OF WATER DURING THE AQUAPORINS AND  
THERE REGULATION BY SELENIT-ION AT *SOLANUM TUBEROSUM L.*

*It was studied the physiological mechanism of action of selenit-ion on the transport of water during the aquaporins for example of Solanum tuberosum L. The application of inhibitor of water inflow during the aquaporins in the leaves, enriched of selenium. In the experiments with 100 mkM NaF – the inhibitor of phosphotases , dephosphorylated the aquaporins, was have shown, that this was due to open water channels. On the other hand selenium, apparently, contributed to the expression of genes – aquaporins, increasing gibberellins and auxins.*

Key words: *aquaporins, selenit-ion, gibberellins, auxins, water transport.*



**О.М. ПРИГОРЯНУ,** кандидат географических наук, доцент кафедры  
ботаники Орловского государственного университета  
Тел. 8-903-029-98-87; [ecolog67@yandex.ru](mailto:ecolog67@yandex.ru)

**Л.Л. КИСЕЛЕВА,** кандидат биологических наук, доцент кафедры  
ботаники Орловского государственного университета  
Тел.: (4682) 59-10-14, 8-906-665-26-41; [LLKiseleva@yandex.ru](mailto:LLKiseleva@yandex.ru)

## СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ»

*Созданная в программной оболочке MapInfo географическая информационная система (ГИС) «Природные ресурсы Орловской области» состоит из трех структурных блоков тематических слоев: 1) географических; 2) биологического и ландшафтного разнообразия; 3) экологической сети Орловской области. В статье более детально рассмотрено содержание тематических слоев второго и третьего блоков. Показаны практические аспекты применения региональной ГИС.*

**Ключевые слова:** географическая информационная система, Орловская область, природные ресурсы, экологическая сеть, биоразнообразие.

Разработка территориальных схем рационального использования природных ресурсов регионального уровня предполагает использование, обработку и анализ очень большого количества картографической и фактологической информации, а делать это эффективно невозможно без использования современных геоинформационных технологий. При этом созданная обширная база данных и массив структурированной картографической информации, объединенные в специально разработанную геоинформационную систему, в дальнейшем могут быть использованы для поддержки принятия решений в различных областях природоохранной и административной деятельности в регионе.

Географическая информационная система (ГИС) на современном этапе необходима для получения комплексной пространственно привязанной информации о территории Орловской области, обеспечения администрации региона актуальной, достоверной и комплексной информацией для оперативного принятия, всестороннего исследования, оценки и обоснования управленческих решений, организации системы проведения научных исследований, обеспечения территориальной охраны природы и эффективного природопользования. В связи с этим создание ГИС «Природные ресурсы Орловской области» является очень актуальной задачей.

Целью данной работы явилось раскрытие структуры и содержания ГИС «Природные ресурсы Орловской области». Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1) обосновать выбор геоинформационной системы MapInfo; 2) провести сбор, инвентаризацию и структурирование в рамках ГИС общегеографической и специальной тематической информации на Орловскую область (на основе

разработки структуры слоев ГИС и связанных с ними реляционных таблиц фактологических данных); 3) провести анализ и картографирование территории исследования с позиций оценки ее природного потенциала (биологического и ландшафтного разнообразия); 4) провести пространственную оценку антропогенной трансформации территории и выявить потенциальные в природоохранном отношении территории; 5) провести пространственный анализ и выделение функциональных зон экологической сети Орловской области.

Работа над созданием ГИС «Природные ресурсы Орловской области» была начата в 1999 г. При выборе геоинформационной системы нами были проанализированы следующие продукты, присутствующие на рынке России: ArcInfo, ArcView, MicroStation, AutodeskWorld, TNTmips, MapInfo, а также GRASS. Мы остановились на MapInfo, которая на сегодняшний день является наиболее популярным и активно развивающимся пакетом на рынке настольных геоинформационных систем. MapInfo имеет встроенным языком программирования MapBasic, который обладает возможностью создавать приложения, ориентированные на конкретные задачи пользователя и снабженные меню, разработанными специально для этого приложения; поддерживает обмен данными между процессами (DDE, DLL, RPC, XCMP, XFCN), что дает возможность проводить анализ во внешних программах (базах данных, экспертных системах, мат. моделировании) и «подшивать» такие программы

«незаметно» для пользователя; встроенный язык SQL позволяет манипулировать данными на профессиональном уровне. MapBasic является Basic-подобным языком программирования (что важно, поскольку синтаксис Basic-подобного языка понятен и не программисту).

MapInfo дает возможность встраивать карту в документы OLE-программ и передавать картографическому объекту подмножество своих функций. Из OLE-контейнера Microsoft Word, Microsoft Excel, Corel Draw и других можно осуществлять операции непосредственно с картой. В последних русских версиях MapInfo имеются: построение трехмерной модели, редактирование объектов (проверки и корректировки топологии), библиотека условных знаков и поддержка русских шрифтов (принятых в Российской Федерации) и др.

После выбора программной оболочки следующим этапом работы было наполнение баз данных существующим картографическим содержанием. Были обработаны следующие картографические материалы: геологическая карта, карта четвертичных отложений, почвенная карта, карта землеустройства и лесоустройства. Кроме того, была приобретена в Госгисцентре топографическая основа из двадцати двух слоев (горизонтали рельефа, гидросеть и гидроооружения; транспортная сеть; линии электропередачи; населенные пункты и др.). Все перечисленные картографические материалы были объединены в единой геоинформационной системе на основе оболочки MapInfo (табл. 1).

**Таблица 1 – Структура и содержание географической информационной системы  
«Природные ресурсы Орловской области»**

<b>1 блок. Физико-географические тематические слои</b>	<b>2 блок. Тематические слои биологического и ландшафтного разнообразия</b>	<b>3 блок. Тематические слои экологической сети</b>
1. Административное деление 2. Геологическое строение 3. Четвертичные отложения 4. Геоморфологическая карта 5. Почвенная карта 6. Карта лесоустройства 7. Гидрографическая сеть 8. Карта землеустройства 9. Карта численности населения	1. Редкие и охраняемые растения и грибы 2. Места встреч редких видов наземных позвоночных животных 3. Особо охраняемые природные территории 4. Ландшафтная карта 5. Карта охотоустройства	1. Ботанические ядра экологической сети 2. Зоологические ядра экологической сети 3. Ландшафтные ядра экологической сети 4. Потенциально природоохраняемые территории экологической сети 5. Схема экологических коридоров 6. Итоговая схема экологической сети Орловской области

Ниже приводится краткое описание оригинальных тематических геоинформационных слоев:

**«Редкие и охраняемые растения и грибы Орловской области».** Этот тематический слой состоит из атрибутивной информации о 425

редких и охраняемых видах сосудистых растений и 5 видах грибов [2], сведенной в таблице (код вида, латинское и русское названия вида и семейства, местонахождение, год, автор, гербарный фонд и т.д.), и картографической основы с точками 3150 местонахождений (рис. 1).

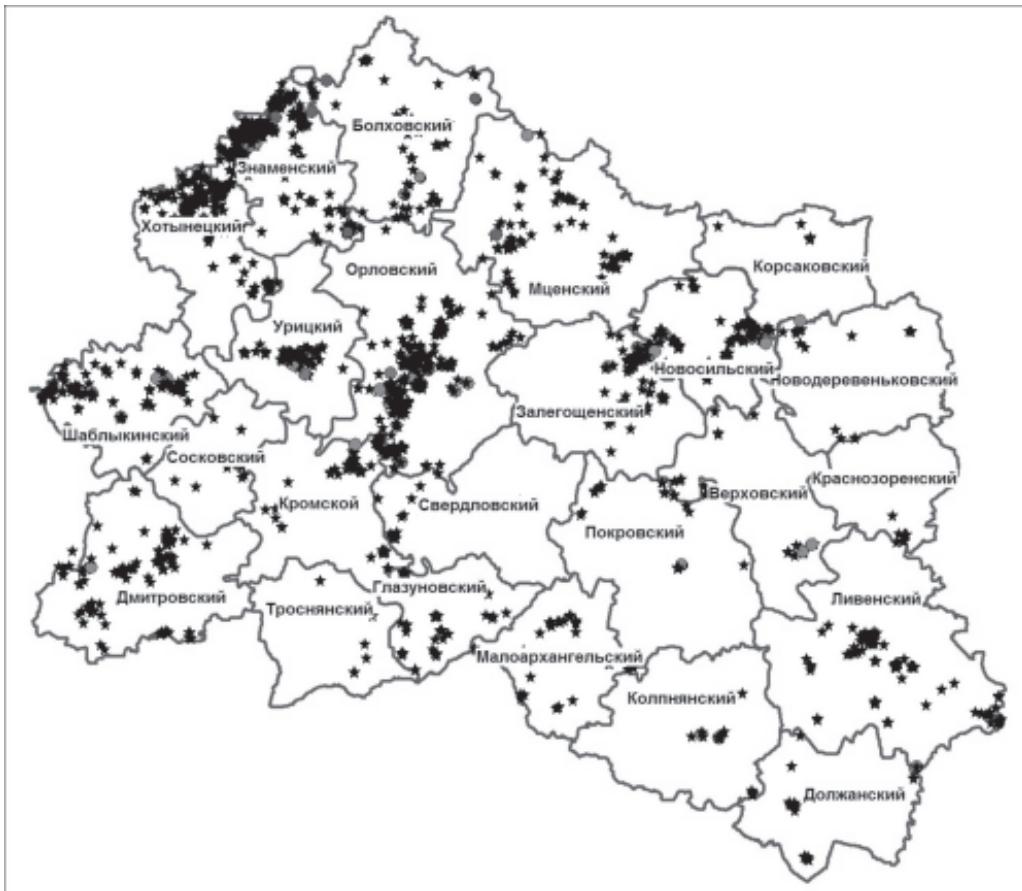


Рис. 1. Картосхема местонахождений редких и охраняемых растений и грибов Орловской области (куружками отмечены виды Красной книги Орловской области [5]).

**«Особо охраняемые природные территории Орловской области».** Этот тематический слой состоит из атрибутивной информации о национальном парке «Орловское Полесье», Нарышкинском природном парке и 132 памятниках природы [3], сведенной в таблице (название ООПТ, административный район, профиль, площадь, год создания, объекты охраны, описание и т.д.), и картографического слоя местонахождений их на территории Орловской области.

**«Ботанические ядра экологической сети Орловской области».** Этот картографический слой создан в результате анализа совмещенных в среде ГИС двух оригинальных слоев – «Редкие и

охраняемые растения и грибы Орловской области» и «Особо охраняемые природные территории Орловской области». Для корректного отображения границ ботанических ядер с различными типами растительности были использованы три тематических слоя: геоморфологический, лесов, а также рек и акваторий. Таблица с атрибутивной информацией содержит сведения о 100 ботанических ядрах: название ботанического ядра, статус (региональный или федеральный), административный район, наличие редких видов, наличие ООПТ, основной тип растительности.

Тематический слой «Ботанические ядра экологической сети Орловской области» (рис. 2) имел

своей целью показать в картографической форме распространение наиболее сохранившихся участ-

ков естественной растительности с высокой концентрацией редких видов растений [4].



Рис. 2. Ботанические ядра экологической сети Орловской области.

**«Места встреч редких видов наземных позвоночных животных Орловской области».** Этот тематический слой содержит информацию о местах встреч 130 редких видов наземных позвоночных животных Орловской области [1, 8]. Каждому местонахождению соответствует информационная строка в таблице (код вида животного, русское и латинское названия, категория охраны, статус, автор). Картографический слой редких видов животных в настоящее время содержит 507 точек встреч редких животных.

**«Зоологические ядра экологической сети Орловской области».** Этот картографический слой создан в результате анализа совмещенных в среде ГИС четырех картографических слоев: Геоморфологического слоя - для корректного отображения границ местообитания (прежде всего безлесных); Слоя лесов Орловской области; Слоя существующих ООПТ Орловской области; Слоя

точек встреч редких наземных позвоночных животных Орловской области. В результате анализа этих слоев, совмещенных в среде ГИС, было выделено 44 зоологических ядра экологической сети Орловской области. Атрибутивная таблица этого слоя содержит следующую информацию: название зоологического ядра, статус (федеральный или региональный), основной биотоп, описание, режим охраны, виды животных, площадь [1, 8].

**«Ландшафтные ядра экологической сети Орловской области».** Выявление ландшафтных ядер проводилось по результатам натурных исследований ключевых территорий и осуществлялось с помощью сопряженного анализа топографических, геологических, геоморфологических, почвенных, ландшафтных и дорожных карт [6, 7]. В результате было выделено 33 ландшафтных ядра, из которых 24 имеют районное подчинение, 9 – областное подчинение (по числу физико-

географических районов области) и одно ядро имеет федеральное подчинение, это «Орловское Полесье» – единственный национальный парк на территории области, отличающийся уникальным разнообразием лесных биоценозов на моренно-водноледниковых равнинах и в широкопойменных долинах р. Вытебети и ее притоков. Атрибутивная таблица к тематическому слою «Ландшафтные ядра экологической сети Орловской области» содержит следующую информацию: номер, статус, описание.

**«Потенциально природоохранные территории»** были выделены в результате сопряженного картографического анализа на основе представлений о «поляризованном ландшафте» [10]. Для оценки распределения зон антропогенной нагрузки на территории области был проведен со-

пряженно-картографический анализ со следующими тематическими слоями ГИС: карта административного деления территории; карта размещения населения (населенные пункты разделены на группы по количеству проживающих в них человек); карта транспортной сети (автомобильные и железные дороги); карта землепользования.

В результате комплексной оценки территории Орловской области методом территориальных сетей [10] были выделены 38 зон, наиболее перспективных с точки зрения создания особо охраняемых природных территорий и сохранения биоразнообразия. Атрибутивная таблица тематического слоя «Потенциально природоохранные территории» содержит следующую информацию: название, население, землепользование, особенности геоморфологии, геологии, почв и др.

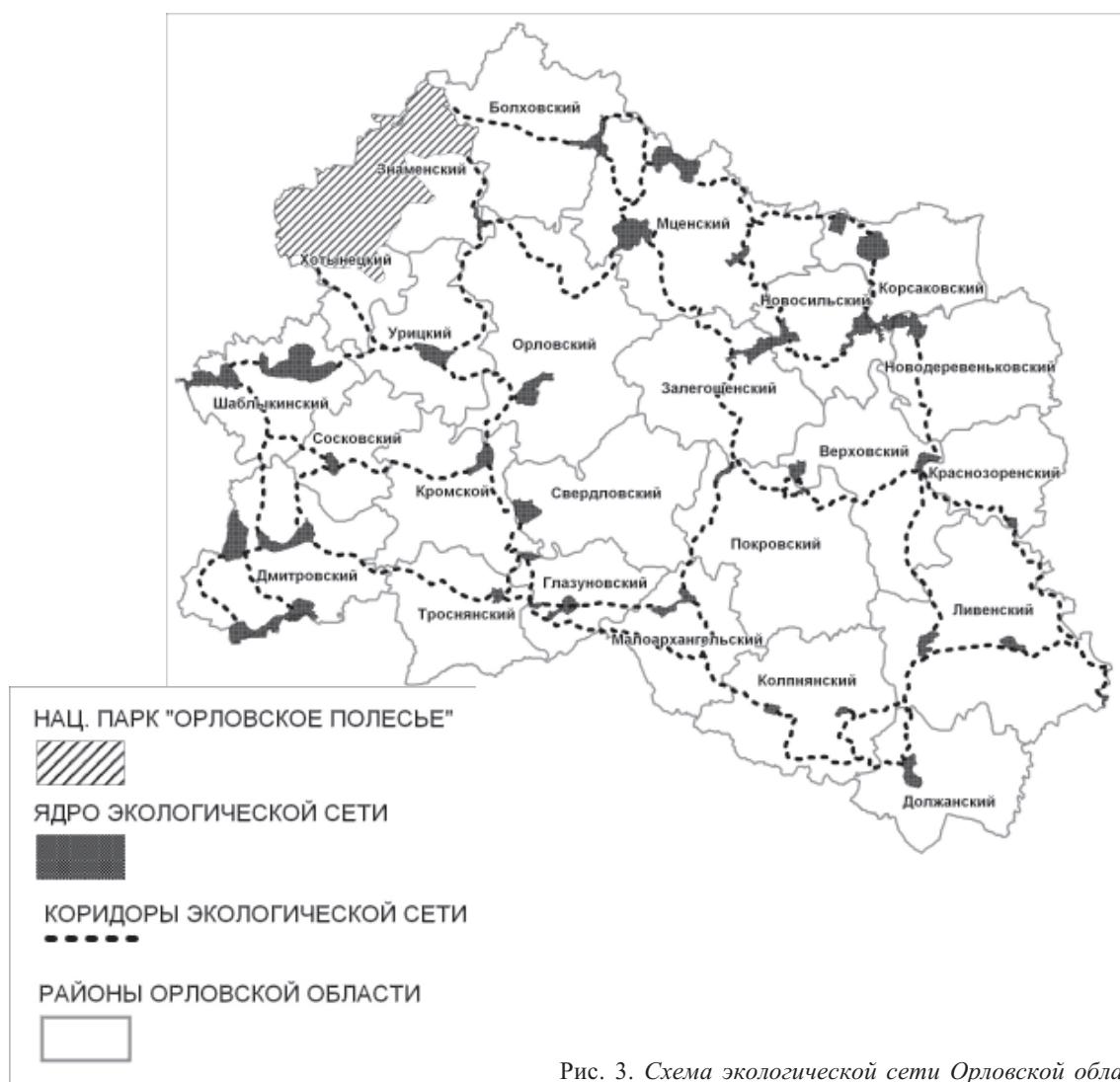


Рис. 3. Схема экологической сети Орловской области.

**«Итоговая схема экологической сети»** (рис. 3) является территориальной схемой охраны природы Орловской области и состоит из комплексных ядер, соединенных экологическими коридорами. Комплексные экологические ядра были выделены в результате сопряженного картографического анализа размещения четырех типов тематических ядер: ботанических, зоологических, ландшафтных и ППТ (перспективных в природоохранном отношении территорий) [8, 9]. Они отнесены к двум категориям: к первой – ядра с уже выявленным высоким биологическим и экотопическим разнообразием, ко второй – ядра, статус которых требует дополнительных исследований и верификации уже имеющихся данных. В результате итоговая схема экологической сети Орловской области состоит из 34 комплексных экологических ядер (15 – первой категории и 19 – второй категории). В таблице атрибутивных данных по экологическим ядрам содержится краткая информация о тематических ядрах, послуживших основанием для их выделения, и о числе редких растений и животных, отмеченных на данной территории.

Второй составной частью экологической сети являются экологические коридоры. Они представляют собой полосы определенной ширины (не менее 30–50 метров), внутри которых должны существовать условия, приближенные к естественным для той группы экосистем, где они проходят. Оптимальными путями для перемещения биоты могут служить речные долины и овражно-балочная система, водоохраные зоны, прибрежные защитные полосы лесов и кустарников, пастбища высоких пойм и низких надпойменных террас. Основные функции экологических коридоров, с одной стороны, – обеспечение свободной миграции животных и растений, а с другой – предупреж-

жение деградации ландшафтов (в первую очередь защита от ветровой и водной эрозии).

### Выводы:

1. В результате сравнительного анализа различных географических информационных систем была выбрана программная оболочка MapInfo, которая наиболее полно, на наш взгляд, соответствует парадигме тематической картографии.

2. Созданная в программной оболочке MapInfo геоинформационная система «Природные ресурсы Орловской области» состоит из трех структурных блоков: 1) Физико-географических тематических слоев (цифровая топооснова, геологическая и почвенная карты, карта четвертичных отложений и др.); 2) Тематических слоев биологического и ландшафтного разнообразия («Редкие и охраняемые растения и грибы Орловской области», «Места встреч редких наземных позвоночных животных Орловской области» и др.); 3) Тематических слоев экологической сети Орловской области («Ботанические ядра экологической сети», «Зоологические ядра экологической сети», «Итоговая схема экологической сети» и др.).

3. ГИС «Природные ресурсы Орловской области» является основой для мониторинга биологического и ландшафтного разнообразия региона; активно используется в образовательном процессе студентов специальностей «Экология», «Биология» и «География» в Орловском государственном университете; востребована специалистами Службы по экологическому контролю и природопользованию по Орловской области при проведении экологических экспертиз.

Создание ГИС «Природные ресурсы Орловской области» было поддержано грантами РПО ВВФ № RU 0077.1. и РФФИ № 05-07-96400-р\_цпр\_в.

### Библиографический список

1. Вышегородских Н.В. Зоологические ядра как структурные элементы экологической сети. Автореф. дис... канд. биол. наук. – Воронеж, 2005. – 24 с.
2. Киселева Л.Л. Анализ распределения редких и охраняемых растений по районам Орловской области / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну, Е.А. Паракина // Материалы региональной научно-практической конференции «Человек и географическая среда». – Орел, 2001. – С. 13–16.
3. Киселева Л.Л. Памятники природы Орловской области как ядра планируемой экологической сети / Л.Л. Киселе-

- ва, О.М. Пригоряну // Труды Международной конференции по фитоценологии и систематике высших растений, посвященной 100-летию со дня рождения А.А. Уранова. – М., 2001. – С. 84–85.
4. Киселева Л.Л. Методика выделения ядер экологической сети Орловской области по ботанико-географическому признаку / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну // Флора и растительность Центрального Черноземья (материалы научной конференции). – Курск, 2002. – С. 56–60.
  5. Киселева Л.Л. Отдел Покрытосеменные / Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну // Красная книга Орловской области. Грибы. Растения. Животные / Отв. ред. О.М. Пригоряну. – Орел: Издатель А.В. Воробьёв, 2007. – С. 22–105.
  6. Пригоряну О.М. Природные комплексы как основа построения экологической сети «Эконет» в Орловской области / О.М. Пригоряну, А.В. Чернов, Н.В. Тимошенко // География и регион. II Физико-географические основы хозяйствования, здоровья и отдыха. Материалы междунар. научно-практ. конф. – Пермь, 2002. – С. 65–68.
  7. Пригоряну О.М. Опыт создания территориальной экологической сети / О.М. Пригоряну, А.В. Чернов, Н.В. Тимошенко и др // Вестник Удмуртского университета. – Ижевск, 2003. – С. 3–22.
  8. Пригоряну О.М. Биогеографические основы экологической сети Орловской области // Дис. ... канд. геогр. наук. – М., 2005. – 205 с.
  9. Пригоряну О.М. Территориальное планирование охраны природы региона с использованием ГИС-технологий (на примере Орловской области) / О.М. Пригоряну, Л.Л. Киселева // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». – Орел, 2008. Вып. № 2. – С. 233–239.
  10. Родоман Б. Б. Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов / Б. Б. Родоман // Ресурсы, среда, расселение. – М., 1974. – С. 81–88.

O.M. PRIGORYANU, L.L. KISELEVA

**STRUCTURE AND MAINTENANCE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM  
«NATURAL RESOURCES OF THE ORYOL REGION»**

*Created in program environment MapInfo, geographical information system (GIS) «Natural resources of the Oryol region» consists of three structural blocks of thematic layers: 1) geographical; 2) a biological and landscape variety; 3) an ecological network of the Oryol region. In article the maintenance of thematic layers of the second and third blocks is in more details considered. Practical aspects of application regional GIS are shown.*

*Key words:* geographical information system, The Oryol area, natural resources, ecological network, biodiversity.

**Н.Н. ЧААДАЕВА**, кандидат биологических наук, доцент кафедры  
ботаники Орловского государственного университета  
Тел. 8 920 827 68 08; n\_chaadaeva@list.ru

**О.А. БОЙЦОВА**, аспирант кафедры ботаники  
Орловского государственного университета  
Тел. 8 919 2631933; olga\_dolzhikova@mail.ru

## АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ *THYMUS SERPYLLUM* L., ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Тимьян ползучий является видом одной из самых сложных в систематическом отношении групп и представляет интерес как лекарственное растение. В ходе исследования изучено анатомическое строение его листовой пластинки и черешка листа, стебля, чашелистика и лепестка цветка. Полученные данные позволяют выявить ряд особенностей: 1) извилистые стенки клеток эпидермиса листа и чашелистика цветка; 2) диацидный тип устьичного аппарата в эпидермисе; 3) эфиромасличные 8-клеточные желёзки в эпидермисе листа, стебля, чашелистика и лепестка цветка; 4) преобладающий тип волосков: простые булавовидные, конусовидные, многоклеточные суставные; головчатые; 5) сосочковидные выросты эпидермиса всех частей цветка. Всё это даёт возможность для установления диагностических признаков других видов рода.*

**Ключевые слова:** вид, тимьян ползучий, Орловская область, лекарственное сырьё, анатомическое строение, лист, стебель, цветок, эпидермис, устьице, волоски, железки, выросты, типы, форма, размер.

Род *Thymus* представляет собой очень сложную в систематическом отношении группу [2, 8]. Постоянно приходится сталкиваться с существованием большого числа трудноразличимых форм. Одни авторы выделяют множество мелких видов [9, 10], а другие предлагают определить их в подвиды и гибридогенные формы [14]. Характеристика видов остаётся весьма сложной в силу изменчивости не только морфологических, но и химических признаков вида рода [1, 3, 5, 22, 24].

На территории Орловской области род *Thymus* представлен пятью видами: *Th. marschallianus* Willd., *Th. pallasianus* H. Br., *Th. pulegioides* L., *Th. serpyllum* L., *Th. loevyanus* Opiz (*Th. marschallianus* Willd. Ч *Th. pulegioides* L.) [6, 21]. В целом распространение видов рода тимьяны на рассматриваемой территории подчиняется природно-географическим и эколого-фитоценотическим закономерностям. Указанные виды приурочены в основном к открытым песчаным и реже щебнистым карбонатным субстратам и сообществам лесостепной зоны с невысокой напряженностью конкурентных отношений.

Представители рода *Thymus* обладают характерным для этих растений неповторимым ароматом и ценным эфирным маслом [17].

В медицине используется в качестве лекарственного сырья трава тимьянов, обла-

дающая отхаркивающим, противовоспалительным, спазмолитическим действием [15, 23, 25], а также болеутоляющим, седативным, ранозаживляющим и глистогенным действием [11, 13].

Жидкий экстракт тимьяна ползучего входит в состав препарата «Пертуссин» [12, 15, 18], а также «Алталекс», «Антисептин», «Витаон», «Ментоклар гель», «Ментоклар карманный ингалятор», «Соматон» [25], «Мелрозум», «Стопал», БАД (Накрофит, Фолиум С, Фолиум-ЗМ (900), Сосудистый доктор, Байкальский чай-10, Витабнос-Лянж, Фиточай Стоп алкоголь, Пари-Эвалар, Антиник) [19].

*Thymus serpyllum L.* – многолетний моноподиально нарастающий стержнекорневой кустарничек шпалерного типа. Образует мелкие куртины. Скелетные оси обычно сильно ветвятся и укореняются, тонкие, 4-гранные, высотой 12–13 см, более или менее покрыты пушком или короткими волосками. Ортотропные неветвящиеся генеративные побеги отходят от узлов этих осей. Стебель в нижней части деревянистый. Листья супротивные, мелкие (5–10 мм длины и 1,5–3,5 мм ширины), эллиптические или продолговато-эллиптические, цельнокрайние, суженные в короткий реснитчатый черешок. На нижней стороне пластинки листа хорошо заметны выпуклые жилки и многочисленные точечные желёзки. Соцветие – открытый тирс. Цветки зигоморфные, мелкие, обоеполые или женские. Чашечка неопадающая, колокольчатая, двугубая, с 10-продольными волосистыми рёбрышками; верхняя губа широкая, отогнутая, 3-зубчатая, нижняя губа узкая, до основания 2-раздельная, с шиловидными дольками. Венчик опадающий, неясно двугубый, с прямой трубкой, которая почти равна или немного длиннее чашечки; верхняя губа плоская прямостоящая, продолговато-ovalьная, на верхушке выемчатая, нижняя – широкая, глубоко-3-лопастная. Цветет в июне – августе. Плод – ценобий, состоящий из 4-х эремов, или орешков; шаровидный, с ямчато-шереховатой поверхностью, которые заключены в остающуюся чашечку. Диаметр плода 0,5–0,6 мм. Цвет стеблей от красновато-бурого до бурого; окраска листьев от светло-зелёной на нижней стороне листа до зелёной на верхней стороне листа; цветки розово-лиловые; чашечка и прицветные листья зеленовато-пурпурные или пурпурно-фиолетовые;

венчик светло-пурпурный, у основания белый; семена чёрно-бурые [20, 26].

**Целью** наших исследований является определение возможности использования в качестве лекарственного сырья других видов рода *Thymus*, произрастающих на территории Орловской области. Для этого первоначально нами было проведено изучение анатомического строения *Thymus serpyllum L.*, произрастающего именно на территории Орловской области, для последующего его сравнения с анатомическим строением других видов этой области и выявления диагностических признаков рекомендуемых видов.

### Материалы и методы исследований

Объектом исследований явились растения вида *Thymus serpyllum L.*, произрастающего на территории Мценского, Орловского, Хотынецкого и Шаблыкинского районов Орловской области.

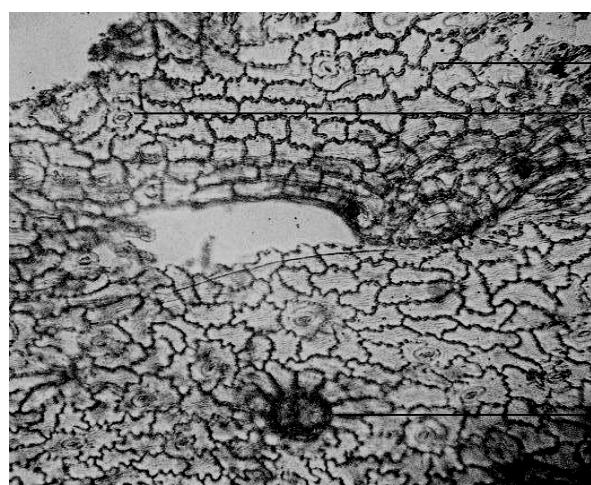
Материал для препаратов был взят от живых растений, произрастающих в естественных условиях.

Анатомическое исследование проводили на временных микропрепаратах, приготовленных из свежего, фиксированного смесью спирта и глицерина и сухого материала, приготовленных по методике ГФ XI издание [4], с последующей микрофотосъемкой.

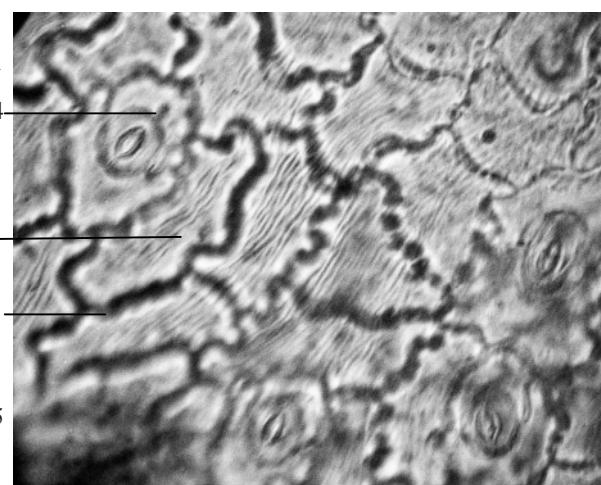
Иллюстративный материал получали с использованием цифровой камеры Canon Power Shot A510 и редактировали в программе Adobe Photoshop CS [16].

### Результаты исследований и их обсуждение

**Анатомическое строение листа.** При рассмотрении препаратов листа с поверхности под микроскопом видно, что клетки эпидермиса с верхней стороны имеют извилистые стенки. Размер этих клеток: длина – 30–65 мкм, ширина – 15–45 мкм. На верхней стороне листа заметны продольная морщинистость и чётко видное утолщение стенок клеток. Форма устьиц овальная; околоустьицовых клеток две, общая стенка которых ориентирована перпендикулярно устьичной щели (диацитный тип); форма устьичных клеток чечевицевидная. Длина устьиц – 20–25 мкм, ширина – 10–15 мкм. Желёзки при рассмотрении сверху круглые, с 8 выделительными клетками, расположенными радиально (тип яснотковые), диаметром 35–80 мкм (рис. 1).



(Увел. x 150)

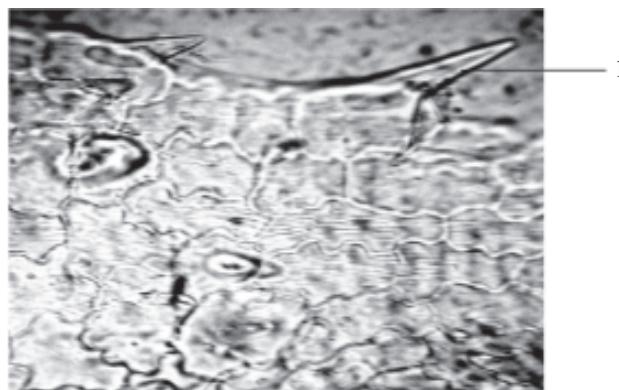


(Увел. x 200)

Рис. 1. Фрагмент верхнего эпидермиса листа тимьяна ползучего:

- 1 – клетки эпидермиса с извилистыми стенками;
- 2 – клетки эпидермиса с продольной морщинистостью;
- 3 – клетки эпидермиса с четко видным утолщением;
- 4 – устьице;
- 5 – желёзка.

Волоски на эпидермисе листа двух типов: простые и головчатые. Простые волоски конусовидные и простые, многоклеточные суставные волоски расположены по краю листа (рис. 2). На поверхности листа встречаются и головчатые волоски, но чаще встречаются простые конусовидные и простые суставные волоски, чем головчатые.



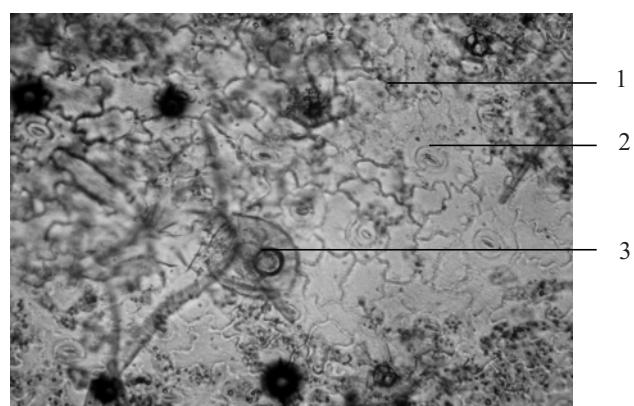
(Увел. x 200)

Рис. 2. Фрагмент верхнего эпидермиса листа тимьяна ползучего:

- 1 – простой конусовидный волосок.

Клетки нижнего эпидермиса листа с извилистыми стенками. Размер этих клеток: длина – 25–

60 мкм, ширина – 15–40 мкм. Форма устьиц, количество околоустьицких клеток, форма замыкающих клеток устьичного аппарата соответствуют характеристике диацитного типа устьичного аппарата, имеющего место в верхнем эпидермисе листа. По всей поверхности листа на нижнем эпидермисе расположены эфиромасличные 8-клеточные желёзки (тип яснотковые) (рис. 3).

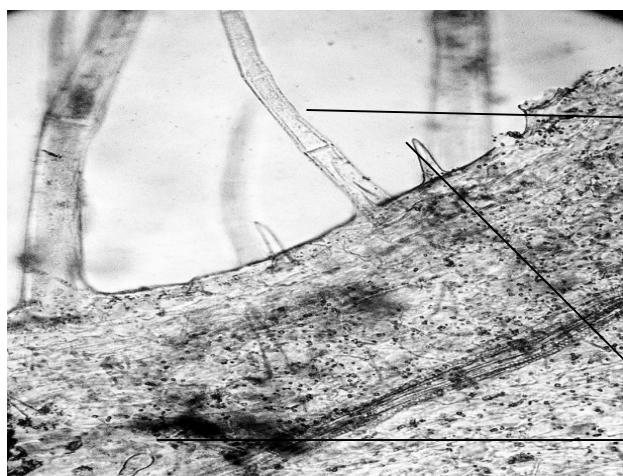


(Увел. x 150)

Рис. 3. Фрагмент нижнего эпидермиса листа тимьяна ползучего:

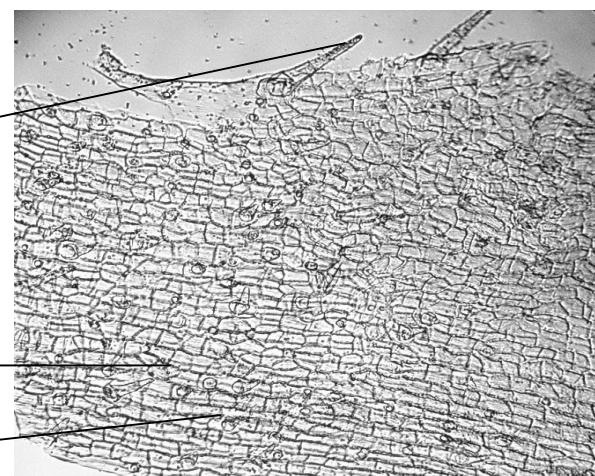
- 1 – клетки эпидермиса с извилистыми стенками;
- 2 – устьице;
- 3 – желёзка.

На поверхности слабо выраженного черешка листа чаще встречаются простые конусовидные волоски,



*A* (Увел. x 150)

реже головчатые. По краю черешка имеются простые многоклеточные суставные волоски (рис. 4).



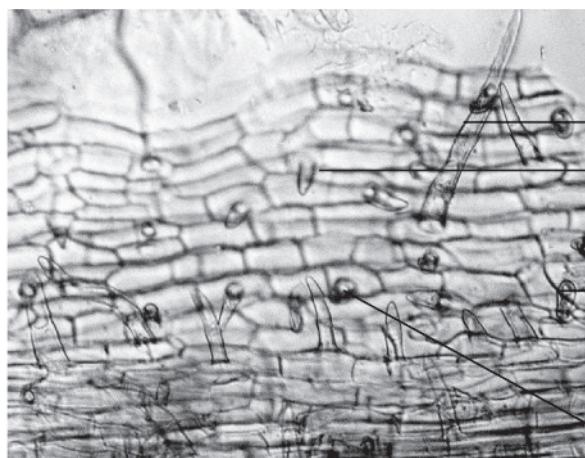
*B* (Увел. x 200)

Рис. 4. Фрагмент верхнего (*A*) и нижнего (*B*) эпидермиса черешка листа тимьяна ползучего:

- 1 – простой многоклеточный суставной волосок;
- 2 – простой конусовидный волосок;
- 3 – головчатый волосок.

*Анатомическое строение стебля.* Клетки эпидермиса стебля прямоугольной формы, с прямыми, равномерно утолщёнными, вытянутыми по длине стебля стенками; размер клеток: длина – 15–60 мкм, ширина – 10–25 мкм. На поверхности

стебля встречаются устьица, желёзки, головчатые и простые волоски. На эпидермисе стебля по ребру и по межреберью обнаруживаются с одинаковой частотой встречаемости как простые конусовидные, так и головчатые волоски (рис. 5).



*A* (Увел. x 200)



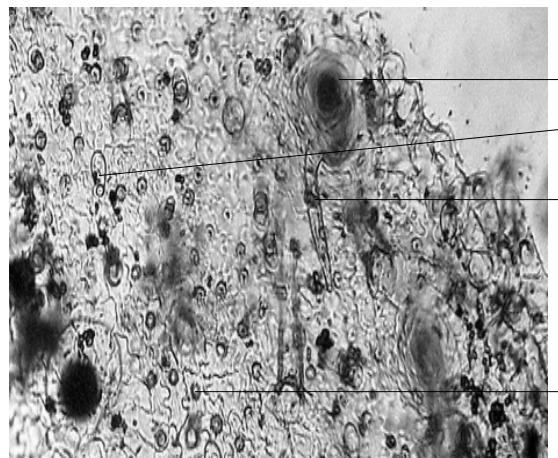
*B* (Увел. x 200)

Рис. 5. Фрагмент эпидермиса стебля по ребру и по межреберью тимьяна ползучего:

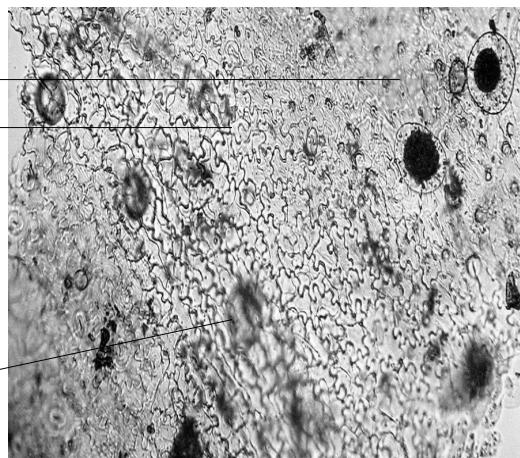
- А* – клетки эпидермиса стебля по ребру (увел. x 200)
- Б* – клетки эпидермиса стебля между ребрами (увел. x 150)
- 1 – простой многоклеточный суставной волосок;
- 2 – простой конусовидный волосок;
- 3 – головчатый волосок;
- 4 – желёзка.

*Анатомическое строение чашелистика.*  
Клетки верхнего и нижнего эпидермиса ча-  
шелистика со слабоизвилистыми стенками.

Здесь встречаются устьица диацитного  
типа, желёзки, головчатые и простые воло-  
соки (рис. 6).



(Увел. x 200)



(Увел. x 200)

Рис. 6. Фрагмент верхнего и нижнего эпидермиса чашелистика тимьяна ползучего:

- 1 – желёзка;
- 2 – головчатый волосок;
- 3 – простой конусовидный волосок;
- 4 – клетки со слабоизвилистыми стенками.

Край верхней 3-зубчатой губы чашечки по-  
крыт мелкими простыми конусовидными воло-  
соками, а край нижней 2-зубчатой губы чашечки

особенно густо усеян простыми многоклеточны-  
ми суставными волосками по выемке, чем по её  
краю (рис. 7).



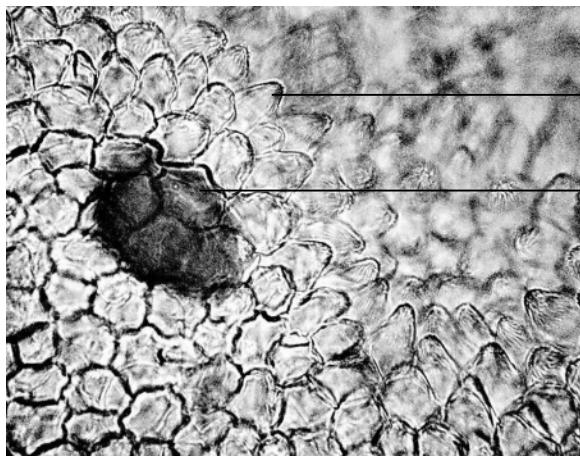
(Увел. x 200)

Рис. 7. Фрагмент нижнего края 2-зубчатой губы чашечки цветка тимьяна ползучего:

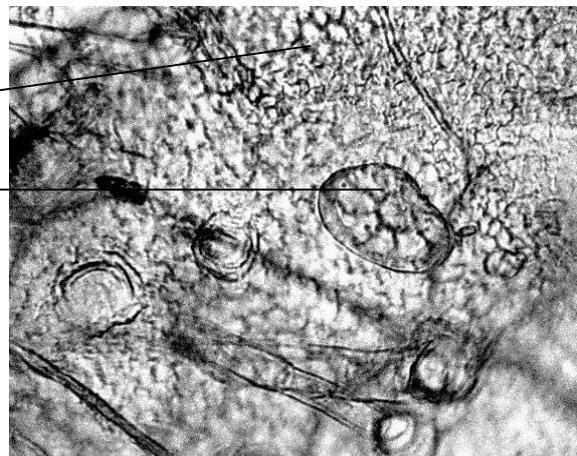
- 1 – простой конусовидный волосок;
- 2 – простой многоклеточный суставной волосок.

*Анатомическое строение лепестка.*  
Клетки эпидермиса лепестка в области зева

отгиба имеют сосочковидные выросты с обеих сторон (рис. 8).



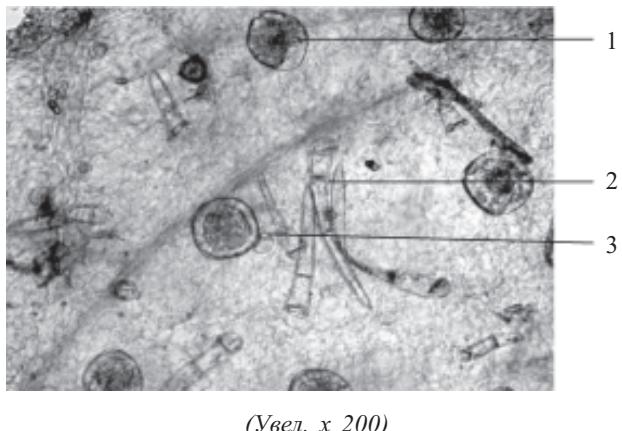
(Увел. x 200)



(Увел. x 200)

Рис. 8. Фрагмент эпидермиса в области отгиба лепестка тимьяна ползучего:  
1 – клетки эпидермиса с сосочковидными выростами;  
2 – желёзка.

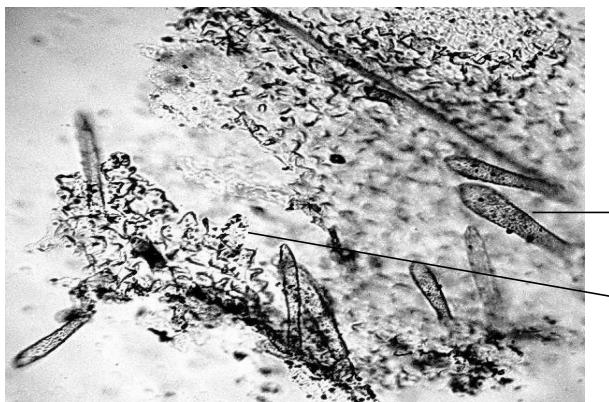
На нижнем и верхнем эпидермисе зева лепестка встречаются головчатые, простые многоклеточные суставные волоски и желёзки типа яснотковые. Желёзки встречаются реже, чем головчатые и простые волоски (рис. 9).



(Увел. x 200)

Рис. 9. Фрагмент эпидермиса в области зева лепестка цветка тимьяна ползучего:  
1 – желёзка; 2 – простой многоклеточный суставной волосок;  
3 – головчатый волосок.

На верхнем эпидермисе трубки лепестка встречаются простые одноклеточные булавовидные волоски (рис. 10).



(Увел. x 200)

Рис. 10. Фрагмент эпидермиса в области трубы лепестка цветка тимьяна ползучего:  
1 – клетки эпидермиса с сосочковидными выростами;  
2 – простые булавовидные волоски.

#### Выводы:

Полученные данные позволяют выявить ряд особенностей:

- 1) извилистые стенки клеток эпидермиса листа и чашелистика цветка;
- 2) диацитный тип устьичного аппарата в эпидермисе;

- 3) эфиро-масличные 8-клеточные желёзки в эпидермисе листа, стебля, чашелистика и лепестка цветка;
- 4) преобладающий тип волосков: простые булавовидные, конусовидные, многокле-
- точные суставные; головчатые;
- 5) сосочковидные выросты эпидермиса всех частей цветка.
- Всё это даёт возможность для установления диагностических признаков других видов рода.

### Библиографический список

1. Атлас лекарственных растений СССР [Текст] / Под ред. А.И. Баньковского. – М., 1962. – С. 562–563.
2. Гогина Е.Е. Изменчивость и формообразование в роде Тимьян. [Текст]. – М.: Наука, 1990. – 208 с.
3. Горяев М.И. Эфирные масла флоры СССР. [Текст]. – Алма-Ата, 1952. – С. 177–179.
4. Государственная фармакопея СССР. [Текст]. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырьё МЗ СССР. – 11-е изд., доп. – М.: Медицина, 1989. – 278 с.
5. Гурвич Н.Л. Опыт классификации эфиромасличных растений [Текст] // Тр. БИН АН СССР. Сер. 5. Растительное сырьё. – М.; Л., 1960. Вып. 6. – С. 7–126.
6. Еленевский А.Г., Радыгина В.И. Определитель сосудистых растений Орловской области. [Текст]. 2-е изд. – М., 2005. – 214 с.
7. Ильина Т.А. Лекарственные растения России. [Текст]. – М.: Эксмо, 2006. – 192 с.
8. Клоков М.В. Расообразование в роде тимьянов – *Thymus* L. на территории Советского Союза. [Текст]. – Киев, 1973.
9. Клоков М.В. Флора СССР. [Текст]. – М.; Л., 1954. – С. 537–538.
10. Клоков М.В., Шостенко Н.А. Чабрецы европейской части СССР [Текст] // Труды Н. – Д. Інституту Ботаніки. Том III (Учені записки Харківського державного університету ім. О. М. Горького, книга 14). Харків, 1938. – С. 107–157.
11. Кортиков В.Н., Кортиков, А.В. Справочник лекарственных растений. [Текст]. – Ростов-на-Дону: Издательский дом «Проф-Пресс», 2002. – 800 с.
12. Лекарственные растения: Растения-целители [Текст] / Гаммерман А.Ф., Кадаев Г.Н., Шупинская М.Д., Яценко-Хмелевский А.А. – М.: Высш. шк., 1975.
13. Машковский М.Д. Лекарственные средства. [Текст]. В 2-х частях. – М.: Медицина, 1993.
14. Меницкий Ю.Л. Род 35. Тимьян – *Thymus* L. [Текст] // Флора европейской части СССР. – Л.: Наука, 1978. Т. 3. – С. 191–204.
15. Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев, Г.П. Фармакогнозия. [Текст]. – М.: ОАО Изд-во «Медицина», 2007. – 656 с.
16. Наумов С.Ю., Соколов И.Д. Досвід використання цифрових пристроїв у біології [Текст] // Науковий вісник Волинського державного університету ім. Л. Українки. – Луцьк: РВВ «Вежа», 2004. – № 4. – С. 76–79.
17. Николаевский В.В. Ароматерапия: Справочник. [Текст]. – М.: Медицина, 2000. – С. 21–23.
18. Носаль М.А., Носаль И.М. Лекарственные растения и способы их применения в народе. [Текст]. – Л.: Научный центр проблем диалога, 1991. – С. 110–111.
19. Нужный В.П., Рошанец В.В., Ефремов А.П. Лекарственные растения и фитокомпозиции в наркологии. [Текст]. – М.: КомКнига, 2006. – 512 с.
20. Онтогенетический атлас лекарственных растений. Учебное пособие. [Текст]. – Йошкар-Ола, МарГУ, 1997. – С. 55–56.
21. Радыгина В.И., Цуцула Т.А., Абадонова М.А., Булгаков И.Л. Материалы к флоре Орловской области [Текст] // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2009. – Т. 114, вып. 6. – С. 67.
22. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование семейства Hippuridaceae – Lobeliaceae. [Текст]. – СПб.: Наука, 1991. – С. 106–107.
23. Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям (фитотерапия). [Текст]. – М.: Наука, 1987. – С. 236–238.
24. Сур С.В., Тулюпа Ф.М., Толок А.Я., Пяресыпкина Т.Н. Состав эфирных масел травы чабреца [Текст] // Хим.-фарм. журн. – 1988. – № 11. – С. 1361–1366.
25. Турищев С.Н. Фитотерапия. [Текст]. – М.: Издат. центр «Академия», 2003. – С. 273–274.
26. Флора средней полосы России: Атлас-определитель [Текст] / Киселёва К.В., Майоров С.Р., Новиков В.С. Под ред. проф. В. С. Новикова. – М.: ЗАО «Фитон+», 2010. – 544 с.

N.N. CHAADAEVA, O.A. BOJTSOVA

**ANATOMICAL FEATURES OF THE STRUCTURE OF THYMUS SERPYLLUM L.,  
GROWN IN THE TERRITORY OF THE OREL REGION**

*Creeping thyme is kind of one of the most complex in the systematic targeting groups and is of interest as a medicinal plant. The study examined the anatomical structure of its leaf blades and petioles, stems, sepals and petals. These data reveal several features: 1) serpentine walls of leaf epidermal cells and the flower sepals and 2) diatsitny type of stomata in the epidermis, and 3) ether-Shrove 8-cell glands in the epidermis of leaves, stems, sepals and petals, 4) dominant type of hairs: simple club-shaped, conical, multi-articular; capitate, 5) papillary growths of the epidermis of all parts of the flower. All this provides an opportunity to establish the diagnostic characters of other species.*

*Key words:* appearance, creeping thyme, Orel region, medicinal raw materials, anatomy, leaf, stem, flower, epidermis, stomata, hairs, glands, growths, types, shapes and sizes.



**Е.И. ЮШКОВА**, доцент, кандидат химических наук, профессор кафедры общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 76-09-60, 43-72-00, kin1@orel.ru

**А.А. ТАКАНАЕВ**, профессор, доктор биологических наук, профессор кафедры общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 76-09-60, 54-20-93

## ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВ И ПЕПТИДОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОМАССЫ ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ ВЛАДИМИРСКИЙ ГИБРИД «СТАРАТЕЛЬ», НА СТРУКТУРНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ МЕМБРАН

*Исследование влияния белково-пептидных фракций, выделенных из биомассы дождевого червя Владимирский гибрид «Старатель», на структурную организацию искусственных мембран показало, что активность коррелируется гидрофобностью фракций. Отдельные белково-пептидные фракции влияют на физико-химические свойства мембран и могут быть в дальнейшем использованы для исследования тканевого обмена.*

**Ключевые слова:** белково-пептидные фракции, липидные системы, клеточные мембранны, гидрофобная хроматография, микрокалориметрия.

Одним из факторов, определяющих биологическую специфичность природных клеточных мембран, является их липидный состав, который весьма различен в зависимости от вида клеточного органоида, типа клеток и т.д. [1]. Однако при всем многообразии липидного состава физико-химические свойства бислойной липидной мембраны в известных отношениях сходны. По-видимому, это объясняется тем, что один из основных компонентов мембраны – фосфатидилхолин (ФХ) – образует при обычной температуре и нейтральных pH стабильную ламеллярную мезафазу [1, 3]. Смеси ФХ с другими фосфолипидами – фосфатидилэтаноламином (ФЭ), кардиолипином (КЛ) и другими – могут при определенных условиях формировать различные полиморфные и небислойные структуры, способные изменять ионную проводимость мембран [4, 5].

В состоянии геля углеводородные цепи насыщенных липидов плотно упакованы под некоторым углом или перпендикулярно к плоскости мембран [1, 6]. Угол наклона цепей определяется стерическими требованиями совпадения проекций полярных частей и плотно упакованных углеводородных цепей молекул фосфолипидов [9, 10]. При повышении температуры гидратированных липидных систем цепи принимают перпендикулярное направление к плоскости бислоя еще до достижения температуры fazового перехода. Это явление в литературе названо «препереходом» и [8, 1, 6] может быть вызвано кроме изменения наклона цепей также и складчатостью бислоя [11]. Предпереход обычно характерен для дисперсий, сформированных из однородных по

химическому составу молекул фосфолипидов. В случае гетерогенного состояния предпереход обычно не наблюдается.

Термотропный фазовый переход представляет собой кооперативный процесс, происходящий в узком диапазоне температур, зависящем от чистоты липида. Некоторая конечная ширина фазового перехода обусловлена возможностью одновременного существования доменов «твёрдой» и «жидкой» фаз, а также тем, что скорость полного фазового превращения зависит от дефектов структуры бислоя, нарушающих кооперативность процесса [8, 12].

При переходе липида из псевдокристаллического (гелевого) в жидкокристаллическое состояние вращение углеводородных цепей резко ускоряется и в то же время цепи становятся менее жесткими. При этом подвижность сегментов цепей быстро растет с увеличением расстояния в глубь бислоя [8, 13]. В центральной части бислоя движение метильных звеньев можно считать изотропным и соответствующим жидкому состоянию предельных углеводородов [13]. Кроме центральной – изотропной – зоны бислоя можно выделить область цепей ( $C_1 - C_8$ ), примыкающих к полярным группам, в которых они остаются жесткими, приближаясь к кристаллическому состоянию [13, 14]. Промежуточным сегментам углеводородных цепей невозможно приписать определенную конформацию из-за быстрой транс-гош-изомеризации. Преобладание гош-конформеров значительно уменьшает толщину бислоя с одновременным увеличением площади сечения одной цепи при переходе из геля в жидкокристаллическое состояние [1, 2, 3]. В случае ДМФХ происходит утончение бислоя от  $50,7 \pm 0,5$  Å при  $15^\circ\text{C}$  до  $29,8 \pm 1,3$  при  $30^\circ\text{C}$  с увеличением площади на одну молекулу от  $45,3 \pm 3,6$  Å до  $74,7 \pm 3,7$  Å [14]. Дальнейшее повышение температуры сопровождается еще большим сокращением толщины бислоя, так как с ростом температуры увеличивается вероятность существования гош-конформеров [1, 2, 3, 13].

В связи с тем, что основным местом локализации фосфолипидов являются биологические мембранны, представляется целесообразным привести некоторые данные о методах исследования влияния белков и пептидов на структуру мембран.

В основном различают три вида взаимодействия белков с липидным бислоем: а) взаимодействие молекул белка с полярными группами фосфолипидов без нарушения упаковки углеводородных цепей; б) то же с изменением упаковки жирнокислотных цепей и в) проникновение молекулы белка в бислой на ту или иную глубину [1, 6, 7, 8]. Чаще всего встречаются комбинации указанных типов взаимодействия.

Адсорбция белка на поверхности бислоя может быть обусловлена как электростатическим взаимодействием, так и специфическим связыванием посредством водородных связей. Связывание может сопровождаться возникновением доменной структуры мембран, которое может происходить даже в том случае, когда бислой однороден [7]. Преимущественно с поверхностью бислоя взаимодействует, например, глобулярный белок – цитохром С. Он способен взаимодействовать с заряженными липидами [15], однако незначительное взаимодействие отмечено с электронейтральным бислом [6].

Характер взаимодействия мембраноактивных белков с бислом зависит не только от заряда, но и от природы липида. Так, с помощью  $^{31}\text{P}$ -ЯМР установлено, что цитохром С способен индуцировать небислойные структуры в смесях КЛ – ФЭ [16].

Взаимодействие периферических белков с бислом ограничивается в основном взаимодействием с полярными группами липидов. Полиморфные перестройки гидрофобных областей бислоя [7, 15, 16] являются следствием нейтрализации заряда и изменения упаковки полярных групп.

Методами  $^{31}\text{P}$ - и  $^2\text{H}$ -ЯМР изучено [17] взаимодействие мембраноактивных антибиотиков: полимиксина В, грамицидина S и валиномицина с липидными мембранами, состоящими как из ДМФХ, так и из смеси липидов, состав которых аналогичен составу внешней мембраны грамотрицательных бактерий. Показано, что взаимодействие всех трех изученных антибиотиков с цвиттерионными фосфолипидами незначительно, в то время как с отрицательно заряженными существенное и приводит к проникновению их во внутреннюю область мембранны.

Взаимодействие с белками обычно приводит к фазовому разделению липидов и полиморфным

перестройкам бислоя за счет нейтрализации зарядов его полярной области.

Известно, что значительная часть белков по своей природе амфи菲尔на и имеет протяженные участки, преимущественно состоящие из гидрофобных аминокислотных остатков. Различными методами показано, что эти участки полипептидной цепи погружаются в гидрофобную область липидного бислоя и вызывают значительные структурные изменения мембранный организаций. Таким белкам свойственно двухэтапное взаимодействие: адсорбция на поверхности бислоя (за счет электростатических сил) и проникновение в гидрофобную область [18, 19].

Необходимо отметить, что, несмотря на имеющуюся общность во взаимодействии белков с липидами, характер и эффективность взаимодействия сильно различаются и в каждом конкретном случае зависят как от липидного состава бислоя, так и от особенностей строения молекулы белка.

Черви Владимирский гибрид «Старатель» получены от фирмы ОАО «Межрегиональная научно-производственная корпорация «ПИКЬ». 100 г биомассы червей отмывали дистиллированной водой для освобождения от биогумуса, выдерживали в 1 литре 0,05 М цитратного буфера pH=6,0 при температуре 10° С в течение 3 часов, промывали дистиллированной водой и гомогенизировали сначала в измельчителе тканей, а затем в гомогенизаторе Поттера. К гомогенату добавляли 0,025 М аммоний-ацетатный буфер pH=6,5 в соотношении 1:2. Гомогенат центрифугировали 30 минут при 6000 об/мин. К полученному супернатанту добавляли охлажденный ацетон в соотношении 1:1 и выдерживали 10 часов при температуре 4°C. Для более четкого разделения полученные фракции центрифугировали 30 минут при 600 об/мин. Полученные фракции были освобождены от ацетона на роторном испарителе и лиофилизированы.

Все использованные реагенты имели квалификацию ХЧ или ЧДА.

Фракционирование супернатанта и осадочной фракции проводилось с использованием гидрофобной хроматографии на сорбенте полихром-1, на колонке 1,5x50 см со ступенчатым градиентом концентрации изопропанола (20%, 40%, 60%, 80%).

Скорость потока – 60 мл/ч, поглощение – 280 нм. Были проведены гомогенизация биомассы червей и разделение гомогената. Получены три фракции: F<sub>1</sub> – суммарная, F<sub>2</sub> – супернатант и F<sub>3</sub> – осадок. Далее была предпринята попытка дальнейшего разделения последних двух фракций. Фракция F<sub>2</sub> была разделена на субфракции A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, а фракция F<sub>3</sub> – на A<sub>3</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>, D<sub>3</sub>.

Суспензию мультиламеллярных липосом для калориметрических измерений готовили высушиванием раствора смеси липидов в этаноле под вакуумом. К высушенному остатку липидов добавляли Трис-HCl буфер (10мM, pH 7,5) и выдерживали образец 5 минут при температуре выше фазового перехода, встряхивали 2 минуты, выдерживали 10 минут при той же температуре и снова в течение 1 часа выдерживали при температуре выше фазового перехода липида для устранения дефектов бислойных структур. Затем к образцу добавляли полученные фракции и проводили микрокалориметрию на микрокалориметре ДАСМ-4.

В эксперименте исследовали влияние полученных субфракций из фракции F<sub>3</sub> на искусственные мембранны, в частности на термотропное поведение ФХ мультиламеллярных дисперсий. Для сравнения были использованы фракции F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> и F<sub>3</sub>.

Добавление суммарной фракции F<sub>1</sub> приводит к смещению температур пиков предперехода и основного фазового перехода липидов в область высоких температур. При этом наблюдается слабое увеличение величины T предперехода и основного фазового перехода, что свидетельствует о нарушении кооперативности перехода. Величина H, свидетельствующая об общей энталпии, практически не меняется. Это говорит об участии всех липидов в процессе плавления (табл. 1, 2).

При добавлении фракции F<sub>2</sub> препарата происходит исчезновение пика предперехода и смещение температур пика основного фазового перехода в область высоких температур, при этом кооперативность перехода не меняется, но значительно уменьшается величина H, что свидетельствует об изъятии из процесса плавления 15% липидов. Данные эффекты связаны скорее всего с присутствием фосфолипазы, наличие которой подтверждается биохимическими методами (табл. 1, 2).

Фракция  $F_3$  вызывает сильные изменения в термограммах. Наблюдается резкое смещение температур пика основного фазового перехода до  $26,2^{\circ}\text{C}$ , образование новой высокотемпературной

фазы липидов, которая плавится при температуре  $28,3^{\circ}\text{C}$ . Данные процессы сопровождаются резким увеличением величины  $\Delta T_{1/2}$  и падением величины  $\Delta H$  (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Изменение величины общей энталпии плавления ДМФХ

№	Материал	$\Delta H_{\text{пп}}$	$\Delta H/\Delta H_{\text{оп/пп}}$	$\Delta H_{\text{пп}}$	$\Delta H/\Delta H_{\text{оп}}$
1	F1	0,0175	1,75	0,184	1,005
2	F2	0,0035	0,35	0,156	0,852
3	F3	0,008	0,8	0,168	0,918

Таблица 2 – Изменение величины кооперативности плавления ДМФХ

№	Материал	$\Delta T_{\text{пп}}$	$\Delta T/\Delta T_{\text{оп/пп}}$	$\Delta T_{\text{пп}}$	$\Delta T/\Delta T_{\text{оп}}$
1	F1	30	2	8	1,35
2	F2	10	0,66	6	1
3	F3	24	1,6	17	2,83

В связи с тем, что наиболее активной по отношению к термотропному поведению липидов является фракция  $F_3$ , а влияние фракции  $F_2$  обусловлено наличием фосфолипазы, дальнейшие исследования проводились с фракциями, полученными из  $F_3$ :  $A_3$ ,  $B_3$ ,  $C_3$ ,  $D_3$ . Фракция  $A_3$  вызывает очень слабые температурные эффекты, проявляемые в смещении температур предперехода и основного фазового перехода в высокотемпературную область.

Фракция  $B_3$  способствует полному исчезновению предперехода и смещению температуры основного фазового перехода к  $24,7^{\circ}\text{C}$ . Величина  $\Delta T_{1/2}$  увеличивается в 1,5 раза, но количество липидов, участвующих в процессе плавления, не меняется.

Фракция  $C_3$  – предпереход не наблюдается, происходит смещение температур в низкотемпературную область до  $22,8^{\circ}\text{C}$ , энталпия  $\Delta H$  не меняется,  $\Delta T_{1/2}$  увеличивается в 1,5 раза.

Фракция  $D_3$  – предпереход отсутствует, пик основного фазового перехода смещается до  $23,5^{\circ}\text{C}$ , и образуется фаза липидов с температурой перехода  $24,75^{\circ}\text{C}$ . Кооперативность перехода увеличива-

ется в 2 раза, из процесса плавления изымается 30% липидов.

Таким образом, выяснено, что наиболее активной в плане влияния на термотропное поведение липидов является фракция  $D_3$ . Вероятно, это связано с тем, что она наиболее гидрофобна и соответственно обладает большим сродством к модельной мембране. Фракция  $A_3$  наименее гидрофобна и мембраноактивна. Фракции  $B_3$  и  $C_3$  по влиянию на мембрану аналогичны, так как не вызывают изменения  $\Delta H$ , увеличивают  $\Delta T_{1/2}$  в 1,5 раза и исключают предпереход. Их различие заключается в смещении температуры основного фазового перехода: фракции  $C_3$  – в высокотемпературную, а фракции  $B_3$  – в низкотемпературную область.

Таким образом, исследование влияния белково-пептидных фракций на структурную организацию искусственных мембран показало, что активность коррелируется гидрофобностью фракций. Отдельные белково-пептидные фракции влияют на физико-химические свойства мембран и могут быть в дальнейшем использованы для исследования тканевого обмена.

### Библиографический список

- Ивков В.Г., Берестовский Г.И. Липидный бислой биологических мембран. – М.: Наука, 1982. – 292 с.
- Сим Э. Биохимия мембран. – М., 1985. – 110 с.
- Кагава Л. Биомембранны. – М.: Высшая школа, 1985. – 303 с.

4. Руденко С.В. Увеличение проницаемости бислойных липидных мембран // Биофизика. – 1986, в. 31. – С. 59–63.
5. Вышинская Т.В., Пасечник В.И. Проводимость и структурные переходы бислойных липидных мембран // Биофизика. – 1986, в. 31. – С. 43–47.
6. Антонов В.Ф. Липиды и ионная проницаемость мембран. – М.: Наука, 1982. – 151 с.
7. Марголис Л.Б., Бергельсон Л.Д. Липиды и их взаимодействие с клетками. – М.: Наука, 1981. – 296 с.
8. Ивков В.Г., Берестовский Г.Н. Динамическая структура липидного бислоя. – М.: Наука, 1981. – 296 с.
9. Mc. Intosh T.J. Differens in hydrocarbon chain fit between hydrared phosphatidylethanolamin and phosphatidylcholine bilayers. A molecular packing model // Biophys. J., 1980. – V. 28. – P. 237–245.
10. Cameron D.G., Gudgin E.E., Manhsch U.U. Dependence of acyl chain packing of phospholipids on the head group and acyl chain length // Biochem, 1981. – V. 20. – P. 4496–4500.
11. Janiak M.J., Small D.M. Nature of the thermal pretransition of synthetics phospholipids: dimiristoil and dipalmitoyllecitin // Biochem, 1983. – V. 731. – P. 217–221.
12. Mauritsen O. G. Studies on the lack cooperativity in the melting of the lipid bilayers // Biochem. Biophys. Acta, 1983. – V. 731. – P. 217–221.
13. Ивков В.Г. Расчет скачков энтропии при фазовых переходах в липидном бислое у предельных углеводородов // Биофизика, 1986, в. 31. – С. 245–251.
14. Watts A., March D., Knoules P.F. Characterisation of dimiristoilphosphatidylcholine vesicles and their dimensional changes thought the phase transition: molecular control of membrane morphology // Biochem, 1978. – V. 17. – P. 1792–1801.
15. Kimellberg H.K., Papahadjopoulos D. Interaction of basic protein with phospholipids membranes. Binding and changes in the sodium permeability of phosphatidylserine vesicles, J. Boil. – Chem, 1977, 246. – P. 1142–1148.
16. De Kruijff B., Gulles P.R., Cytochrome C specifically induces nonbilayer structures in cardiolipin containing model membranes. – Biochem. Biophys. Acta, 1980. – P. 6026 477–490.
17. Zidovetzki R., Banerjea U., birde R.R., Chan S.I., Nuclear magnetic resonance study of the interaction of phospholipids bilayers with polypeptide antibiotics. – Dabechen, 18–24 Aug. 1985; Budapest, 1986. – P. 501–520.
18. Therets A., Rans J.L., Jocanne J.P., Polymixine B-induced phase separation and acyl chain interaction in phosphatidylcholine/phosphatidylglycerol mixtures, Biochem. Biophys. Acta, 1983, 732, – P. 499–508.
19. Knowless P.F., Watts A., March D., Spin-label studies of head group specificity in interaction of phospholipids with yeast cytochrome c Oxidase, Biochem, 1981, 20. – P. 5888–5894.

E.I. YUSHKOVA, A.A. TAKANAEV

**INFLUENCE OF PROTEINS AND PEPTIDES ISOLATED FROM THE BIOMASS  
EARTHWORMS VLADIMIRSKY HYBRID «STARATEL» ON THE STRUCTURAL  
ORGANIZATION OF MEMBRANES**

*The influence of protein and peptide fractions isolated from biomass of the earthworm Vladimirsksy hybrid «STARATEL» on the structure of artificial membranes indicated that the activity is correlated hydrophobic fractions. Individual protein-peptide fraction affect the physical and chemical properties of membranes and can be further used to study tissue metabolism.*

**Key words:** protein-peptide fraction, the lipid system, cell membranes, hydrophobic chromatography, microcalorimetry.

# МЕДИЦИНА

---

*А.Б. ГОРПИНИЧ, академик РАН, доктор медицинских наук,  
профессор, заведующий кафедрой общей хирургии и анестезиологии  
медицинского института  
Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 453728; goralex@rekom.ru*

*А.В. МАМОШИН, кандидат медицинских наук, доцент кафедры  
общей хирургии и анестезиологии медицинского института  
Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 453728; dr.mamoshin@mail.ru*

*А.Л. АЛЬЯНОВ, кандидат медицинских наук, доцент кафедры  
общей хирургии и анестезиологии медицинского института  
Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 453728; tantoras@mail.ru*

## ЖЕЛЧНЫЙ КАМЕНЬ КАК ПРИЧИНА ОСТРОЙ ТОНКОКИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТИ

*Приведены данные двух клинических наблюдений лечения острой тонкокишечной непроходимости, вызванной желчным конкрементом. Особенность первого наблюдения заключается в том, что остшая обтурационная кишечная непроходимость возникла через 20 лет после холецистэктомии и внутреннего дренирования внепеченочных желчных протоков. Во втором наблюдении имевший место камень в желчном пузыре вызвал пролежень стенки с формированием соустия между пузырем и кишкой.*

*Ключевые слова:* **желчный камень, остшая тонкокишечная непроходимость.**

Вопросы диагностики и лечения острой кишечной непроходимости (ОКН) остаются одной из наиболее сложных и далеко не решенных проблем в экстренной абдоминальной хирургии. На долю острой кишечной непроходимости приходится от 1,2 до 9,4% от общего числа всех острых хирургических заболеваний [5, 8, 9], а показатели летальности, несмотря на интенсивное внедрение в практику новых медицинских технологий, остаются стабильно высокими, достигая 15–25% [1, 6, 10].

Желчнокаменная кишечная непроходимость – это довольно редкий вид кишечной непроходимости. В 97% наблюдений камни в желчные протоки мигрируют из желчного пузыря. Их первичное образование в желчных протоках встречается не более чем у 1–3% больных [4, 7].

Анализируя сведения, опубликованные за 100 лет (с 1893 по 1993 г.), К.Л. Бохан [2] обнаружил 750 наблюдений желчнокаменной кишечной непроходимости (билиарного илеуса) в нашей стране и установил, что первым в России больного с билиарным илеусом оперировал Н.В. Склифосовский в 1893 г.

Известно, что попадание камня в просвет кишки возможно лишь двумя путями: через внутренний желчный свищ или через большой сосочек двенадцатиперстной кишки (БСДК). Б.С. Брискин и соавт. [3] считают точку зрения о прохождении конкремента, вызывающего обтурацию кишки через БСДК, малообоснованной, поскольку размеры камня, вышедшего естественным путём, слишком незначительны, чтобы вызвать непроходимость. Однако авторы не исключают возможности роста конкремента, вышедшего через БСДК, за счёт осаждения на нём кишечных масс с превращением желчного камня в желчно-кишечный.

В первом нашем наблюдении прохождение конкремента размером 5x3,5 см через сформированный 20 лет назад холедохоеюноанастомоз представляется также маловероятным, что подтверждает точку зрения Б.С. Брискина и соавт. [3] о возможном увеличении конкремента в просвете кишки.

Мы располагаем двумя клиническими наблюдениями лечения острой тонкокишечной непроходимости, вызванной желчным конкрементом. Приводим краткие выписки из историй болезни.

1. Больная М., 82 года, поступила в хирургическое отделение 01.02.04 г. с диагнозом: острый панкреатит. Со слов больной, 29.01 появились интенсивные боли в эпигастральной области, многократная рвота с примесью желчи. В 1983 г. она оперирована по поводу желчнокаменной болезни, механической желтухи. При осмотре состояние тяжелое. Тахикардия. Живот умеренно вздут, при пальпации мягкий, болезненный в эпигастральной области и правом подреберье. Перисталтические шумы обычные, положительный симптом «шума плеска». При обзорной рентгенографии брюшной полости выявлены четкие горизонтальные уровни жидкости в проекции тонкой кишки. Больная экстренно оперирована с диагнозом: острая спаечная кишечная непроходимость. Во время операции выявлено, что к послеоперационному рубцу подпаяны петли тонкой кишки, сальник. Произведен энтеролиз. В брюшной полости определяется до 300 мл мутной жидкости. Желчный пузырь отсутствует. Обнаружен ранее наложенный холедохоеюноанастомоз с брауновским соусием. Приводящая петля резко расширена, содержит химус и

желчный камень размером 5x3,5 см, который вызывает тонкокишечную непроходимость (см. рисунок). Петли тонкой кишки ниже энтеро-энтероанастомоза спавшиеся. Произведена поперечная энтеротомия, и камень удален. Разрез стенки кишки ушил двухрядным швом. Брюшная полость осушена, дренирована. Больная выписана из стационара 14.02.



2. Больная С., 78 лет, поступила в хирургическое отделение 20.11.05 г. с диагнозом: острая кишечная непроходимость. Со слов больной, 17.11 появились интенсивные боли в животе, тошнота, многократная рвота с примесью желчи. При осмотре состояние тяжелое. Тахикардия. Живот участвует в акте дыхания ограниченно, умеренно вздут, при пальпации мягкий, болезненный в эпигастральной области и правом подреберье. Перисталтические шумы обычные, положительный симптом «шума плеска». При обзорной рентгенографии органов брюшной полости выявлены четкие горизонтальные уровни жидкости в проекции тонкой кишки. Больная экстренно оперирована с диагнозом: острая кишечная непроходимость. Во время операции в брюшной полости определяется до 400 мл мутной жидкости. В подпеченочном пространстве выявлен плотный инфильтрат, в котором находятся желчный пузырь, большой сальник, желудок и двенадцатиперстная кишка. Элементы печеночно-двенадцатиперстной связки в плотном инфильтрате не дифференцируются. На протяжении 80 см от связки Трейца петля кишки резко расширена, содержит химус и желчный ка-

мень размером 3,5x2,0 см, который вызывает тонкокишечную непроходимость. Петли тонкой кишки ниже препятствия спавшиеся. Произведена поперечная энтеротомия, и камень удален. Разрез стенки кишки ушит двухрядным швом. Брюшная полость осушена, дренирована. Больная выписана из стационара 02.12.

Особенность первого наблюдения заключается в том, что острая обтурационная кишечная непроходимость возникла через 20 лет после холецистэктомии и внутреннего дренирования внепеченочных желчных протоков. По-видимому,

имевший место резидуальный камень прошёл через холедохеоанастомоз, в последующем увеличился за счёт осаждения на нём кишечных масс и превратился из желчного в желочно-кишечный.

Во втором наблюдении пациентка ранее не оперирована на желчевыводящих путях. Можно предположить, что имевший место камень в желчном пузыре вызвал пролежень стенки с формированием соустья между пузырём и кишкой, через которое прошёл в кишку и также превратился в желочно-кишечный.

### Библиографический список

1. Белоконев В.И. Тактика и лечение острой кишечной непроходимости неопухолового генеза // IX Всероссийский съезд хирургов: Тезисы.—Волгоград, 2000. — С. 145.
2. Бохан К.Л. Два наблюдения желчнокаменной непроходимости // Вестн. хир. — 1996. — № 1. — С. 92–93.
3. Брискин Б.С., Розанов И.Б., Филонов А.В., Капров И.Б. Диагностика и лечение кишечной непроходимости, вызванной желчными камнями // Клин. мед. — 1986. — № 10. — С. 48–53.
4. Гальперин Э.И., Волкова Н.В. Заболевания желчных путей после холецистэктомии. — М.: Медицина, 1988. — 168 с.
5. Ким В.Ю., Карапшурев С.Е. Актуальные проблемы лечения острой кишечной непроходимости // IX Всероссийский съезд хирургов: Тезисы.— Волгоград, 2000. — С. 178.
6. Красильников Д.М., Миргасимова Д.М., Миннегалиев М.М. Диагностика и лечение больных с острой кишечной непроходимостью // Там же. — С. 148.
7. Нечай А.И. Постхолецистэктомический синдром // Анн. хир. гепатол.— 2006. — № 3. — С. 32–33.
8. Bromenshenkel J., Newcomb M., Thompson J. Continuous quality improvement efforts decrease postoperative ileus rates // J. Health Qual. — 2000. — Vol. 22, № 2. - P. 4–7.
9. Fevang B.T., Fevang J., Stangeland L. et al. Complications and death after surgical treatment of small bowel obstruction: A 35 – year institutional experience // Ann. Surg. — 2000. — Vol. 231, № 4. — P. 529–537.
10. Johannet H., Traxer O. Acute occlusions of the small intestine caused by adhesions. Indications and results // Ann. Chir. — 1999. — Vol. 53, № 9. — P. 859–864.

**A.B. GORPINICH, A.V. MAMOSHIN, A.L. ALYANOV**

### GALLSTONE AS A CAUSE OF ACUTE SMALL INTESTINAL OBSTRUCTION

*Data of two clinical observations of acute small intestinal obstruction treatment caused by biliary concrements are presented. The main problem of the first observation is that acute small intestinal obstruction has arisen in 20 year after cholecystectomy and internal drainage of extrahepatic bile-ducts. In the second observation the gallstone has caused a bedsores of the wall with the formation of fistula between the gall bladder and the intestine.*

*Key words:* gallstone, acute small intestinal obstruction.

**М.В. ГОРЕЛОВА, аспирант кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии медицинского института**

**Орловского государственного университета,  
зав. гистологической лабораторией ЗАО «Ретиноиды»  
Тел. (4862) 43-07-09; orelhistret@orl.ru**

## **НАПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ЭПИДЕРМИСА КОЖИ ВОЛОСИСТОЙ ЧАСТИ ГОЛОВЫ МУЖЧИН С УЧЁТОМ ПРОЛИФЕРАЦИИ КЕРАТИНОЦИТОВ**

*На аутопсийном материале изучена кожа височной области волосистой части головы 66 мужчин в возрасте от 10 до 75 лет. Максимальная толщина межфолликулярного эпидермиса и пик пролиферативной активности его кератиноцитов наблюдаются в 22-летнем возрасте; к 75 годам эти показатели снижаются в 2–3 раза.*

***Ключевые слова:*** *кожа мужчин, толщина эпидермиса, пролиферация кератиноцитов.*

Сведения об изучении толщины эпидермиса и митотической активности кератиноцитов в постнатальном онтогенезе можно встретить лишь в единичных исследованиях, проведённых на лабораторных животных [5]. Аналогичные исследования, выполненные на коже человека, в доступной литературе обнаружить не удалось. В предварительных сообщениях в краткой форме мы приводили сведения, что с возрастом высота эпидермиса и способность его клеток к делению снижаются [1, 2, 6]. В настоящей работе представлены все имеющиеся на сегодняшний день в нашем распоряжении факты, касающиеся обсуждаемого вопроса, которые получены на аутопсийном материале кожи человека.

### **Материалы и методы**

Изучено 66 образцов кожи височной области мужчин в возрасте от 10 до 75 лет. Аутопсийный материал получали из Бюро судебно-медицинской экспертизы и патолого-анатомических отделений городов Орла и Москвы. Материал забирали от трупов мужчин не позднее 12–14 часов после смерти, наступившей преимущественно от травм и в меньшей степени – от общесоматических заболеваний. Материал фиксировали в 10 % нейтральном формалине и заливали в парафин. Срезы толщиной 4–5 мкм получали на микротоме Microm HM 400 R (Германия) с использованием одноразовых лезвий. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Толщину базального и шиповатого слоёв межфолликулярного эпидермиса измеряли на аппаратно-программном комплексе «ДиаМорф» (Россия). О митотической активности кератиноцитов судили по фактору пролиферации Ki-67; Ki-67-позитивные клетки выявляли иммуногистохимическим методом [3, 4]. Депарафинирование, дегидратацию и демаскировку антигенов проводили кипячением срезов в растворе Trilogy (Cell marque, США) под повышенным давлением. Использовали моноклональные антитела, выпускаемые той же фирмой. Визуализацию результатов проводили с помощью полимерной системы Histofine Simple Stain MAX PO (Multi) (Япония), после чего срезы докрашивали гема-

токсилином К. Подсчёты делали на микроскопе AxioStar 2 (Zeiss, Германия). Статистическую обработку материала осуществляли с помощью программы «Statistica», версия 6.1.

### Результаты собственных исследований и их обсуждение

При обзорной микроскопии гистологических срезов отмечено, что у детей и подростков межфолликулярный эпидермис кожи волосистой части головы представлен в основном кератиноцитами, формирующими базальный и шиповатый слои; по-

верхностные слои эпидермиса представлены скучно, клетки базального и частично шиповатого слоёв формируют слабо развитые гребешки. К 20 годам эпителиальный пласт отличается максимальной толщиной, эпидермальные гребешки интенсивно развиты и глубоко внедряются в дерму, поверхностные слои эпидермиса развиты слабо. С возрастом эпидермис истончается преимущественно за счёт клеток шиповатого слоя; гребешки небольшие или полностью отсутствуют; зернистый, блестящий и роговой слои также плохо выражены (рис. 1 А–Г).

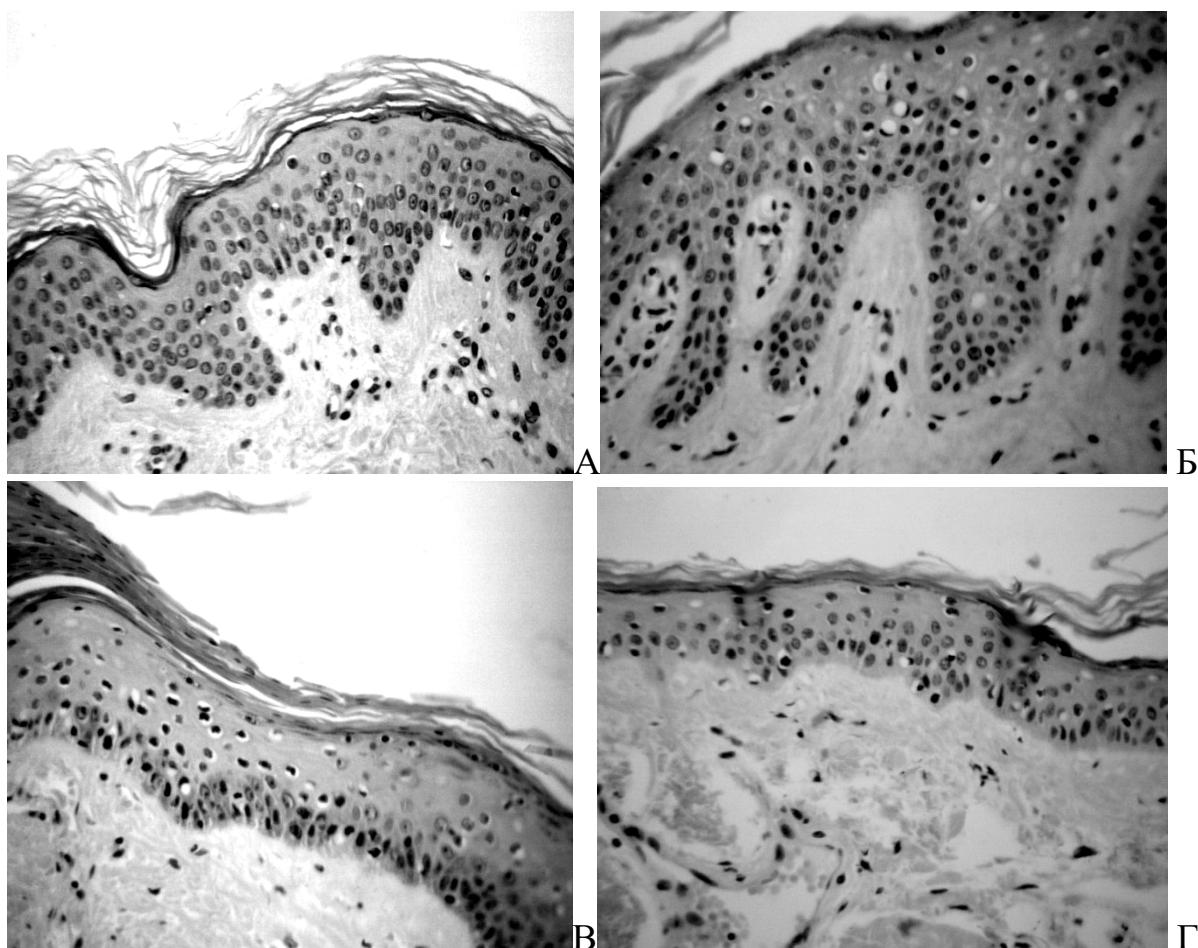


Рис. 1. Межфолликулярный эпидермис и сосочковый слой дермы кожи мужчин в возрасте 10 (А), 19 (Б), 43 (В) и 74 (Г) лет. Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: об. 20, ок. 10.

Показатели толщины эпителиально-клеточного пласта межфолликулярного эпидермиса у мужчин после 20 лет демонстрируют устойчивую, хотя и неравномерно выраженную тенденцию к его истончению с возрастом (рис. 2). Дополнительные

расчёты показали, что между возрастом и толщиной интерфолликулярного эпидермиса кожи мужчин имеется определённая зависимость: в возрасте от 25 до 45 лет истончение эпидермиса идёт интенсивнее, чем в возрасте от 46 до 74 лет.

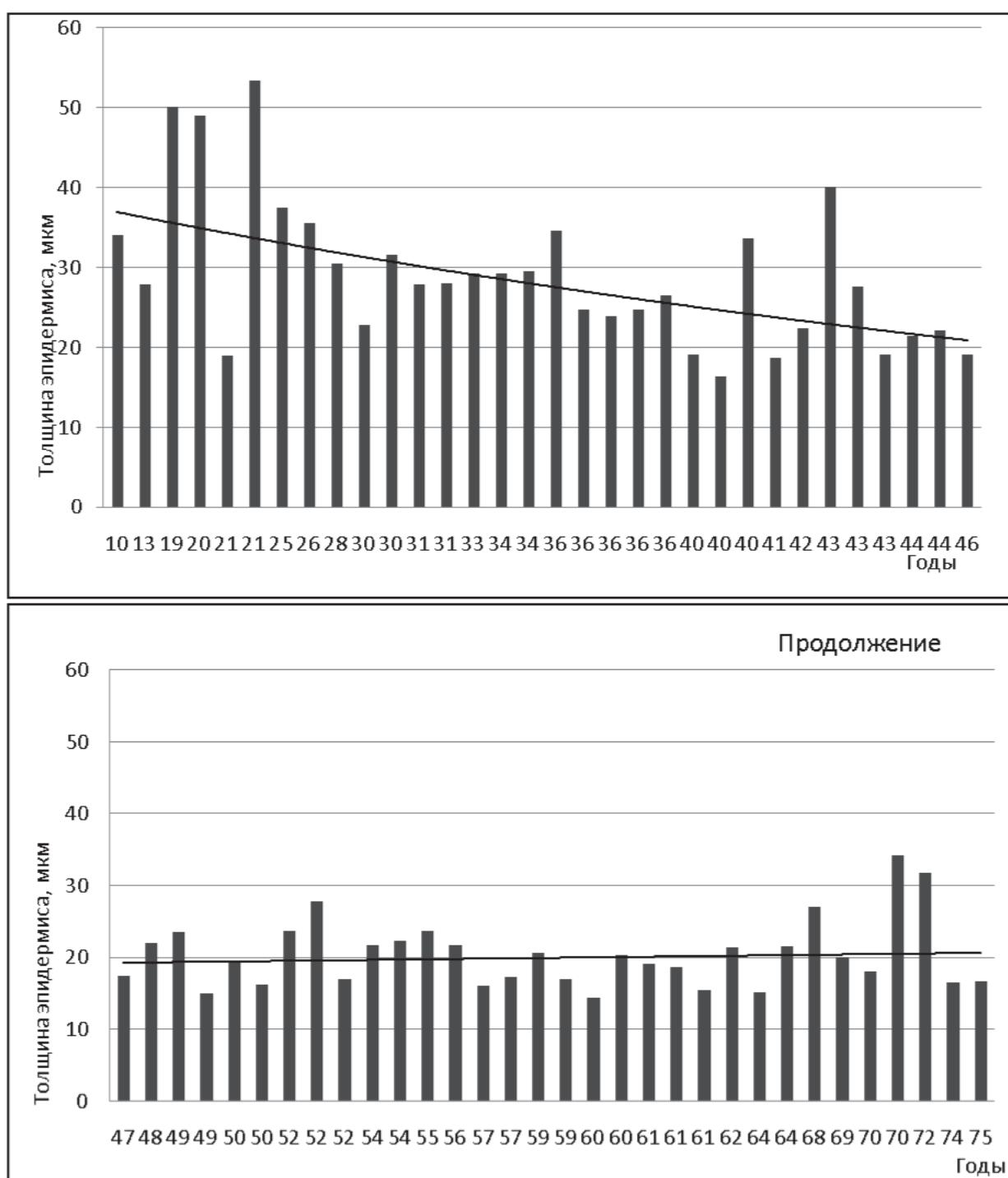


Рис. 2. Толщина межфолликулярного эпидермиса височной области кожи мужчин в возрасте от 10 до 75 лет.  
Сплошная линия – общее направление изменения (линия тренда).

Из данных, суммированных в табл. 1, видно, что объединение морфометрических показателей в возрастные группы с шагом в 5 лет в значительной степени нивелирует индивидуальные различия в тол-

щине эпителиально-клеточного пласта и позволяет с большей убедительностью выявить общее направление изменения эпидермиса: от его утолщения в молодом возрасте к истончению в старом.

Таблица 1 – Толщина базального и шиповатого слоёв межфолликулярного эпидермиса кожи височной области мужчин в различных возрастных группах (мкм)

№ группы	Возрастные группы (годы)	Количество наблюдений	Общее количество измерений	$M \pm m$
1	10–15	2	93	$31,19 \pm 1,08$
2	16–20	2	129	$49,54 \pm 1,97^*$
3	21–25	3	206	$37,15 \pm 1,32$
4	26–30	4	228	$30,04 \pm 0,78$
5	31–35	6	287	$28,79 \pm 0,61^*$
6	36–40	8	387	$25,43 \pm 0,44$
7	41–45	6	259	$24,50 \pm 0,51$
8	46–50	8	332	$18,97 \pm 0,31^*$
9	51–55	6	264	$22,32 \pm 0,40$
10	56–60	7	185	$17,74 \pm 0,40$
11	61–65	6	218	$18,61 \pm 0,37$
12	66–70	4	114	$26,43 \pm 0,86$
13	71–75	3	218	$21,05 \pm 0,47$

\* $p<0,001$  между сравниваемыми группами (2–5; 2–8; 5–8).

О том же свидетельствуют средние величины толщины эпителиально-клеточного пласта с учё-

том возрастных групп и линия, отражающая их тренд (рис. 3).

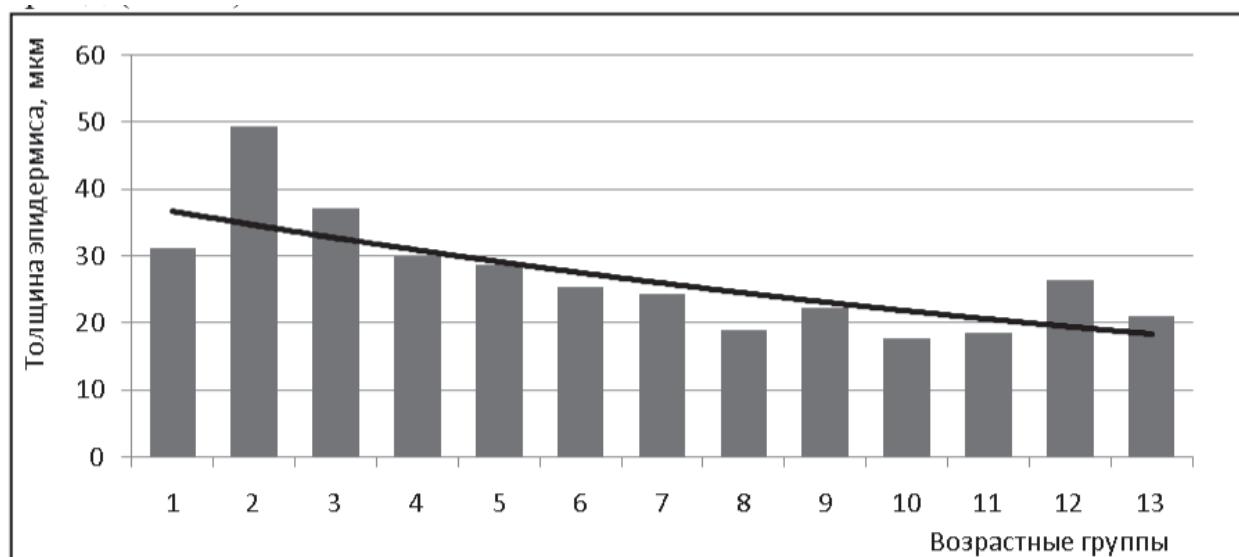


Рис. 3. Толщина базального и шиповатого слоёв межфолликулярного эпидермиса височной области кожи мужчин в различных возрастных группах. Приведены средние величины ( $M$ ) и линия их тренда. Обозначения: 1 – 10–15 лет; 2 – 16–20 лет; 3 – 21–25 лет; 4 – 26–30 лет; 5 – 31–35 лет; 6 – 36–40 лет; 7 – 41–45 лет; 8 – 46–50 лет; 9 – 51–55 лет; 10 – 56–60 лет; 11 – 61–65 лет; 12 – 66–70 лет; 13 – 71–75 лет.

В табл. 2 и на рис. 4 представлены результаты анализа количества Ki-67-позитивных клеток эпителиально-клеточного пласта кожи височной области волосистой части головы у мужчин в возрастном

аспекте: в молодом возрасте количество пролиферирующих клеток нарастает, достигая своего максимума к 22 годам; в дальнейшем происходит постепенное снижение показателя, к старости – в 3 раза.

Таблица 2 – Содержание Ki-67-позитивных клеток (%) в межфолликулярном эпидермисе кожи височной области мужчин в возрасте от 21 до 75 лет

Возраст (годы)	Содержание Ki-67-позитивных клеток (%), $M \pm m$
21	14,68±1,8
22	15,81±2,1
25	9,57±0,9
34	9,89±1,4
34	10,83±2,0
35	6,59±1,0
43	7,49±1,3
43	5,99±0,9
43	7,25±0,9
73	3,90±0,7
75	3,35±0,54

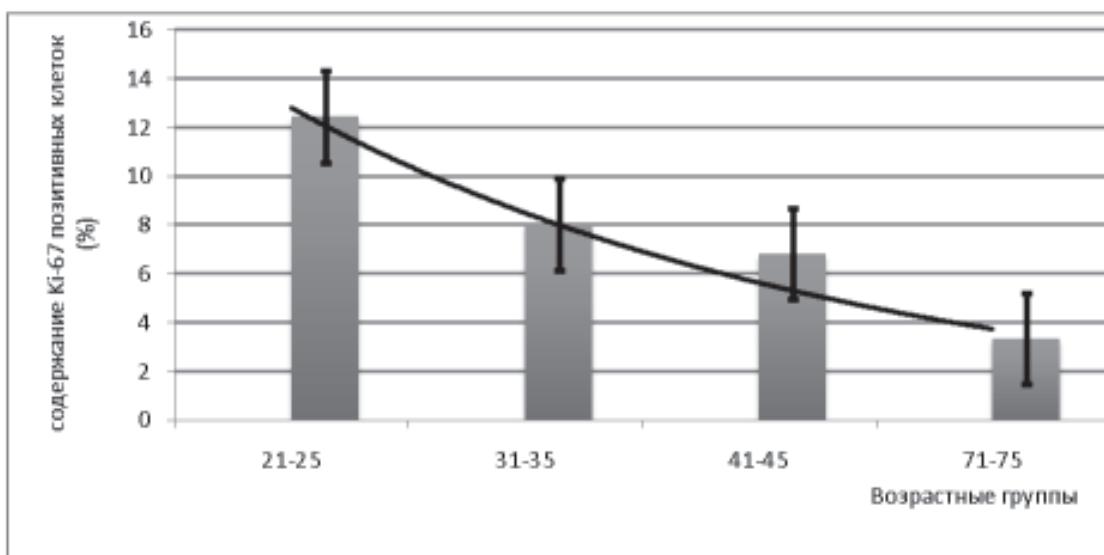


Рис. 4. Содержание Ki-67-позитивных клеток (%) в межфолликулярном эпидермисе кожи височной области мужчин разных возрастных групп. Приведены средние величины ( $M \pm m$ ) и линия их тренда.

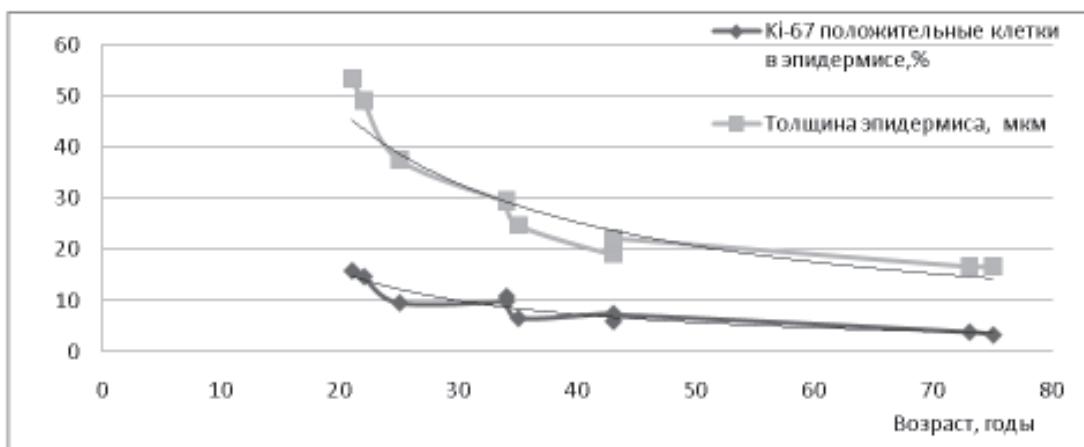


Рис. 5. Зависимость толщины межфолликулярного эпидермиса (мкм) и содержания в нём Ki-67-позитивных клеток (%) от возраста. Приведены абсолютные величины и линия их тренда ( $K_{\text{корр.}} = 0,955$ ).

Сопоставив результаты изучения толщины эпидермиса в области виска, пролиферативной активности его кератиноцитов с учётом возраста мужчин (рис. 5), можно утверждать, что эти параметры связаны между собой ( $K_{\text{корр.}} = 0,955$ ) и отражают изменения физиологической регенерации эпидермиса волосистой части головы – возрастание в молодые годы и снижение к старости.

### Заключение

Морфометрическое исследование базального и шиповатого слоёв межфолликулярного эпидермиса кожи височной области волосистой части головы мужчин в возрасте от 10 до 75 лет позволило

установить, что наибольшей толщины эпителиальный пласт клеток достигает к 20–25 годам. С возрастом эта величина убывает и к 75 годам составляет меньше половины от соответствующего показателя у молодых мужчин. Пик числа размножающихся клеток приходится приблизительно на тот же возраст; к 75 годам величина показателя снижается в 3 раза. Сравнительная оценка толщины эпидермиса и пролиферативной активности кератиноцитов у мужчин различных возрастных групп даёт основание утверждать, что физиологическая регенерация этой части кожи достигает своего максимума к 20–25 годам и существенно снижается к старости.

### Библиографический список

- Горелова М.В. Пролиферативная активность интерфолликулярного эпидермиса кожи височной области мужчин 20–45 лет // Морфология. – 2010. – № 3 (в печати).
- Горелова М.В., Алексеев А.Г., Жучков С.А. Изучение пролиферативной активности кератиноцитов интерфолликулярного эпидермиса кожи височной области мужчин в возрастном аспекте // XVII Российской научный конгресс «Человек и лекарство» (12–16 апреля 2010). – Сб. материалов конгресса. – М., 2010. – С. 598.
- Жучков С.А. Состояние кератиноцитов интерфолликулярного эпидермиса при аппликации 13-цис-ретиноевой кислоты (иммуноцитохимический анализ) // Морфология. – 2007. – № 4. – С. 68–72.
- Кирик О.В., Безнин Г.В., Коржевский Д.Е. Маркеры пролиферации, применяемые в гистологических исследованиях // Морфология. – 2009. – № 6. – С. 95–100.
- Ноздрин В.И., Барашкова С.А., Семченко В.В. Гистофизиология кожи. – Омск–Орел: Изд. Омской государственной медицинской академии, 2008. – 279 с.
- Ноздрин В.И., Горелова М.В., Алексеев А.Г., Банин В.В. Морфологические особенности эпидермиса и волосистых фолликулов кожи височной области мужчин в возрастном аспекте // Морфология. – 2010. – № 3 (в печати).

M.V. GORELOVA

### THE DIRECTION OF THE CHANGE OF THE THICKNESS OF THE EPIDERMIS OF THE MEN'S SCALP WITH REGARD FOR PROLIFERATION OF KERATINOCYTES

*The skin of the temporal region of the scalp of 67 men aged from 10 to 75 years was studied on the autopsy material. The maximum thickness of the interfollicular epidermis and the peak of proliferative activity of its keratinocytes are observed at the age of 22; by 75 years these figures are reduced 2–3 times.*

**Key words:** men's skin, the thickness of the epidermis, the proliferation of keratinocytes.

**В.Д. ЗАТОЛОКИН**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом факультетской хирургии, заслуженный деятель науки РФ, Академик АМН РФ медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

**М.С. НОВИКОВ**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом факультетской хирургии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

**Н.Н. ШЕВЕРДИН**, аспирант кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом факультетской хирургии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

**А.Н. МИХАЙЛОВА**, ассистент кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом факультетской хирургии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЛЕВОГО, СЕГМЕНТАРНЫХ И СЕКТОРАЛЬНЫХ ПРОТОКОВ ЛЕВОЙ ДОЛИ ПЕЧЕНИ

*В статье представлен анализ результатов топографо-анатомического исследования сосудисто-желчных образований левой доли печени, проведенного на 170 препаратах. Приведены данные о вариантах формирования долевого, сегментарных и секторальных протоков левой доли печени.*

**Ключевые слова:** печень, левый долевой печеночный проток, секторальные протоки, сегментарные протоки.

Общеизвестно, что варианты формирования сегментарных и секторальных печеночных протоков имеют важное значение в области практической хирургии. Оперативные вмешательства при высокой непроходимости желчных путей до настоящего времени принадлежат к окончательно не решенной проблеме [4].

Отсутствие ориентиров проекции крупных внутриорганных желчных протоков на поверхности печени вынуждает хирургов искать их без учета анатомических данных [5].

В связи с этим возникла особая потребность в детальном изучении топографии внутрипеченочных желчных протоков, прежде всего учитывая их долевое, сегментарное и секторальное распределение.

Целью наших исследований являлось изучение особенностей образования левого долевого печеночного протока, а также формирование сегментарных и секторальных протоков.

### Материалы и методы

Нами проведено комплексное исследование на 170 органокомплексах (печень, печеночно-двенадцатиперстная связка, нижняя полая вена и тонкая кишечка), использовалась рентгеновазохолангия, изготавливались топографо-анатомические (120) и коррозионные препараты (50).

В работе была использована схема деления печени по портальной системе [11], согласно которой в органе выделено: 2 портальные доли (правая и левая), 5 секторов и 8 сегментов.

Топографо-анатомическая препаратовка была выполнена на 120 препаратах печени по методике [10]. Она позволила четко установить взаимоотношения сосудисто-желчных образований (желчных протоков, вен и артерий) и свести до минимума риск повреждения протоков и сосудистой системы.

### Результаты исследования

Взаимоотношения сосудистых и желчных образований следует четко учитывать при выделении желчных протоков. Поэтому мы детально остановимся на особенностях топографии сосудистых структур.

Наши наблюдения показали, что в формировании левой долевой глиссоновой ножки принимают участие левая воротная вена, левая печеночная артерия и желчный проток левой портальной доли печени.

Ствол воротной вены левой портальной доли печени постоянно присутствует в левой долевой глиссоновой ножке. Мы наблюдали, как и другие исследователи [9, 12], укорочение или удлинение левой воротной вены в связи со смещением в воротах печени места бифуркации общего портального ствола вправо или влево. Место бифуркации общей воротной вены обычно располагалось у правого края квадратной доли печени (90% случаев). Однако в 10% случаев оно было смешено вправо и соответствовало середине ложа желчного пузыря. От левой воротной вены по ходу ее обычно берут начало лишь сег-

ментарные ветви. Но на 3 препаратах из 120 нами был обнаружен вариант смещения начала ветви правого парамедианного сектора справа налево, на левую воротную вену, при котором начало ветви находилось в пределах внутренней половины ствола левой воротной вены.

Наши исследования показали, что от левого долевого портального ствола отходят последовательно сегментарные разветвления к I, II и IV сегментам печени. Ветви к хвостатой доле (I сегмент), количество которых варьируется от 1 до 3, возникают от задненижней поверхности левой воротной вены. Зона отхождения их непостоянна. Они начинаются и вблизи места бифуркации основного ствола воротной вены, и у места деления ее на секторальные разветвления. К квадратной доле от левой долевой воротной вены отходят 1–2 мелкие ветви. Они берут начало от верхней поверхности ствола сосуда, в наружной половине ее.

Левый долевой печеночный проток образуется при слиянии желчных протоков секторов и сегментов левой портальной доли. Анализ нашего материала показал, что левый печеночный долевой проток в большинстве наблюдений образовался путем слияния желчного протока латерального левого сектора с желчным протоком сегмента IV (81% случаев). На этих препаратах желчный проток латерального левого сектора формировался путем слияния желчных протоков II и III сегментов печени. Желчный проток IV сегмента представлен по существу желчным протоком парамедианного левого сектора. Значительно реже (15% наблюдений) левый долевой печеночный проток возникал при слиянии печеночного протока II сегмента с печеночным протоком парамедианного левого сектора. На этих препаратах желчный проток парамедианного левого сектора был сформирован слиянием печеночных протоков III и IV сегментов, а желчный проток латерального левого сектора отсутствовал.

В двух наблюдениях левый долевой печеночный проток образовался при слиянии желчного протока III сегмента с желчным протоком парамедианного левого сектора. В этих случаях желчный проток парамедианного левого сектора сформировался атипично – путем слияния протоков II и IV сегментов.

Отток желчи от II, III и IV сегментов происходит в основном в левый долевой печеночный проток. Сравнительно редко (6% случаев) левый долевой печеночный проток (помимо дренирования левой портальной доли) отчасти осуществляет отток желчи и от сегментов V, VII, VIII правой портальной доли.

При изучении архитектоники желчных протоков латерального левого сектора проток был обнаружен в 91% случаев. А в 9% случаев он дренировал только II сегмент. Желчный проток латерального левого сектора, как правило, осуществляет отток желчи от II и III сегментов.

На наших препаратах желчные протоки латерального левого сектора формируются при слиянии двух сегментарных протоков (C II, C III). Такую архитектонику желчных протоков C II и C III (левая классическая доля печени) мы наблюдали в 91% случаев. В этих случаях левый долевой печеночный проток был образован типично – при слиянии желчных протоков секторов левой портальной доли печени (путем слияния желчного протока парамедианного левого сектора с желчным протоком латерального левого сектора).

Желчный проток парамедианного левого сектора дренирует IV сегмент, а желчный проток латерального левого сектора был сформирован при слиянии желчных протоков II и III сегментов.

Установлено, что желчный проток парамедианного левого сектора образовывался обычно за счет слияния желчных протоков IV сегмента печени. Такое типичное формирование желчного протока

парамедианного левого сектора наблюдалось в 91% случаев. Формирование желчного протока парамедианного левого сектора из двух желчных протоков III и IV сегментов нами было обнаружено в 8% случаев. Сравнительно редко (1 случай) желчный проток парамедианного левого сектора формировался путем слияния желчных протоков IV и II сегментов печени. Детальное изучение места впадения желчного протока парамедианного сектора показало, что в основном (98% наблюдений) этот проток впадает в печеночный долевой проток. Только в 2% случаев желчный проток парамедианного левого сектора впадает в общий печеночный проток.

Детальное изучение зоны впадения желчного протока II сегмента показало, что этот проток в 91% случаев сливался с желчным протоком II сегмента, – типичное впадение. В 9% случаев желчный проток II сегмента впадал в левый печеночный долевой проток справа от борозды пупочной вены.

Нами установлено, что желчный проток III сегмента печени может впадать в следующие желчные протоки: сливается с желчным протоком II сегмента (желчный проток латерального левого сектора), в желчный проток парамедианного левого сектора и в левый долевой печеночный проток.

На нашем материале желчный проток III сегмента печени в 90% случаев сливался с желчным протоком парамедианного левого сектора органа. Очень редко (2% случаев) желчный проток III сегмента печени впадает в левый долевой печеночный проток.

#### Библиографический список

1. Боровков С.А. Сегментарное строение печени и его значение в хирургии // Вест. хир. – 1968. – № 6. – Стр. 30–34.
2. Виноградов В.В., Островерхов Г.Е., Забродская В.Ф. Проекционная и ориентирная анатомия внутрипеченочных желчных протоков // Хирургия. – 1966. – № 6.
3. Войленко В.Н. Особенности топографии общего печеночного и желчного протоков при патологии и их значение в хирургии. Хирургическая анатомия и восстановительная хирургия органов пищеварительного тракта. – Киев, 1968. – Стр. 120–121.
4. Герасименко А.А. Проекция желчных протоков на поверхность печени // Вестник хирургии. – 1965. – № 4. – Стр. 39–43.
5. Krakovskiy A.I. Проекции крупных внутрипеченочных желчных протоков на поверхности печени и оперативные доступы к ним // Вестник хирургии. – 1968. – № 4. – Стр. 46–50.
6. Ланцетова Л.С. К методике изготовления коррозионных препаратов сосудов / Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1955. – № 1. – Стр. 67.

7. Лебединец Н.Г. Внутрипеченочные желчные протоки и сегментарное строение печени человека / Труды Харьковского мед. института. – Вып. 62. – 1964. – Стр. 472–479.
8. Мифтахов Н.А. Анатомо-хирургические данные о распределении внутрипеченочных желчных путей / Материалы юбилейной научной конф. Казанского мед. института, посвященной 150-летию со дня основания института. – Казань, 1964. – Т. XIV. – Стр. 237–238.
9. Нечунаев Л.М. К вопросу о интраорганной топографии кровеносных сосудов и желчных путей печени человека // Дис. ... канд. – Казань, 1960.
10. Парфентьев В. Ф. Архитектоника кровеносных сосудов печени. – Кишинев, 1960.
11. Couinaud C. Les enveloppes vasculo-biliaires du foie ou capsule de Clisson. Lyon chir. 1954. 4, 5, 589–607.
12. Couinaud C. Etude de la veine porte intrahepatique Presse. Med., 1953, 14–31.

**V. ZATOLOKIN, M. NOVIKOV, N. SHEVERDIN, A. MIKHAILOVA**

**SOME QUESTION OF SHAPING OF LOBULAR, SEGMENTAL AND SECTARIAN CHANNELS OF THE LEFT SHARE OF LIVER**

*In this article is presented the analysis of results of topographer – anatomical study of vascular – biliary formations of the left share liver, called on 170 preparations. Here are brought the information about variants of shaping of lobular, segmental and sectarian channels of the left share of liver.*

*Key words:* liver, left lobular channel, segmental channels, sectarian channels.

**В.Д. ЗАТОЛОКИН**, доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий кафедрой анатомии человека, оперативной хирургии и  
топографической анатомии с курсом факультетской хирургии  
медицинского института Орловского государственного университета,  
заслуженный деятель науки РФ, академик АМН РФ  
Тел. (4862) 43-21-87

**М.А. ХАЛИЛОВ**, кандидат медицинских наук, доцент доцент кафедры  
анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с  
курсом факультетской хирургии медицинского института  
Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

**А.С. МОШКИН**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры  
анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом  
факультетской хирургии медицинского института  
Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

**О.А. ЮДИНА**, клинический ординатор кафедры анатомии человека,  
оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом  
факультетской хирургии кандидат медицинских наук  
Тел. (4862) 43-21-87

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ МЕТОДИКИ ЛЕЧЕНИЯ ГНОЙНЫХ РАН В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

*В статье рассматриваются вопросы современных подходов к лечению гнойных ран. Приводятся результаты изучения влияния водных дисперсий оксидных наноструктур металлов на течение гнойных ран в экспериментах на крысах.*

*Ключевые слова:* гночная рана, наноструктура, антисептик.

Увеличение объема и сложности оперативных вмешательств, рост травматизма и увеличение контингента больных с иммунодефицитами ведут к увеличению числа больных с различными формами хирургической инфекции. Одним из главных научно-практических направлений в решении данной проблемы является разработка стратегии и тактики комплексного лечения гнойных хирургических заболеваний.

В настоящее время в клинической практике используется множество антисептических препаратов. Наиболее распространенными антисептиками в широкой хирургической практике для лечения гноино-воспалительных заболеваний остаются галоиды, перекись водорода, борная и салициловая кислота. К поверхностно-активным веществам для местного применения используется хлоргексидин, характеризующийся широким спектром antimикробного действия и относительно малой токсичностью. А также широко используются в лечении гнойных ран растворы гипохлорита натрия.

С развитием научно-технического прогресса и применением методов импульсного элек-

трического разряда для обеззараживания воды были получены водные дисперсии оксидных наноструктур металлов, проявившие высокую биологическую и антисептическую активность, вопросы использования данной группы веществ в медицинских целях продолжают оставаться малоизученными.

Совместно с Институтом электрофизики и электроэнергетики РАН нами было проведено изучение влияния водных дисперсий оксидных наноструктур металлов на течение гнойных ран в экспериментах на крысах.

Экспериментальные исследования были проведены на 133 белых крысах линии «Вистар» обоих полов в равных количествах массой  $170 \pm 30$  г. Все животные содержались в индивидуальных клетках. Режим содержания и питания был одинаков во всех группах животных.

В качестве средства, обладающего антисептическими свойствами, изучалась водная дисперсия оксидных наноструктур металлов, полученных методом электроимпульсной обработки воды (патент «Способ обеззараживания воды» RU 2286951 C2, 09.07.2004) с использованием медь-серебряных электродов и суммарной энергии 10 Дж/мл, при этом содержание продуктов эрозии электродов достигало (4,5 мг/мл.). С целью изучения антисептических свойств использовались растворы через 2 месяца после их приготовления и хранения в обычных условиях для разрушения высококоактивных соединений и стабилизации структуры.

Все животные с экспериментальной гнойной раной распределены на серии, представленные в таблице № 1.

**Таблица 1 – Распределение животных по сериям в эксперименте**

Серии	Метод лечения	Количество животных
I	Животные без лечения (спонтанное заживление). Контрольная группа.	31
II	Местное применение раствора NaOCl (600 мг/л). Группа сравнения.	51
III	Местное применение водных дисперсий оксидных наноструктур металлов меди и серебра. Группа сравнения.	51
	ВСЕГО:	133

Эффективность водных дисперсий оксидных наноструктур металлов в качестве антисептиков

и пролонгированное сохранение биологической активности подтверждены посевами растворов на питательные среды с целью подтверждения их стерильности при хранении в обычных условиях (стерильность была подтверждена в течение 7 месяцев после выработки растворов).

Экспериментальная оценка активности водных дисперсий оксидных наноструктур металлов показала их достаточную эффективность в сравнении с группой контроля и применением раствора гипохлорита натрия 600 мг/л.

Проведенные нами исследования показали, что сроки очищения ран в опытных сериях животных, у которых использовали водную дисперсию оксидных наноструктур металлов (меди и серебра), составили  $4,3 \pm 0,2$  сут., сроки появления грануляций при использовании водных дисперсий оксидных наноструктур металлов – на  $4,2 \pm 0,2$  сут., сроки выполнения раны грануляциями в опытных сериях животных при применении водных дисперсий оксидных наноструктур металлов – на  $5,9 \pm 0,2$  сут. Начало краевой эпителизации в опытных сериях животных при применении водных дисперсий оксидных наноструктур металлов определялось на  $6,3 \pm 0,1$  сут. Данные морфодинамики заживления ран в контрольной группе и группах сравнения приведены в табл. 2.

**Таблица 2 – Морфодинамика течения раневого процесса при исследовании ( $M \pm m$ )**

Клинические признаки (сутки)	Серии экспериментов		
	контроль без лечения	применение NaOCl	применение ВДОНМ
Сроки очищения ран	$9,1 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,2$
Сроки появления грануляций	$8,3 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,2$
Сроки выполнения раны грануляциями	$13,0 \pm 0,3$	$6,0 \pm 0,1$	$5,9 \pm 0,2$
Начало краевой эпителизации	$10,6 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,1$

На основании данных методов планиметрии впервые установлено, что уменьшение площадей ран и скорость заживления при использовании водных дисперсий оксидных наноструктур металлов оказываются сравнимыми с результатом при применении раствора гипохлорита натрия (600 мг/л), значительно опережая группу контроля на протяжении всего периода наблюдения.

Результаты бактериологического исследования подтвердили достаточную эффективность, сравнимую с современными антисептиками, в результате чего к 7-м суткам отмечалась стерильность раневых биоптатов во всех группах сравнения в отличие от контрольной группы.

Для подтверждения эффективности контроля морфодинамики гнойных ран в нашем исследовании был использован метод гистологического исследования раневых биоптатов, взятых в разные сроки лечения, а результаты при наблюдении гнойных ран среди групп сравнения оказались близки.

Фаза воспаления, выражаясь в трансформации струпа, его демаркации, формирование грануляционной ткани, а также воспалительная инфильтрация подлежащих жизнеспособных тканей дна раны при применении антисептиков групп сравнения сокращаются до пяти суток, а в контроле без лечения выражены до 14-х суток.

С 5-х суток в опытных группах животных при использовании водных дисперсий оксидных наноструктур и гипохлорита натрия на остаточные явления фазы воспаления наслаждается фаза регенерации, характеризующаяся развитием грануляционной ткани, главным источником которой служит подкожная ткань. При этом она начинает формироваться в виде отдельных островков на дне и стенках раны и далее постепенно выполняет весь дефект раны в опытных сериях животных к 7-м суткам, а в контроле без лечения – в виде отдельных островков, чему способствует наличие в большом количестве тучных клеток, выделяющих

биологически активные вещества, макрофагов и плазматических клеток.

В опытных сериях животных при лечении к 10–14-м суткам активно происходят процессы эпителизации, ведущие к активно формирующемуся пласту к 10–14-м суткам. В контроле без лечения данных явлений не отмечается.

Таким образом, полученные данные экспериментальных планиметрических, микробиологических, гистологических методов исследования раневого процесса у животных опытных групп и групп сравнения свидетельствуют о том, что при использовании водных дисперсий оксидных наноструктур металлов в местном применении на гнойные раны в качестве антисептика отмечается достаточная эффективность в сравнении с раствором гипохлорита натрия.

Проведенные исследования доказывают достаточную эффективность использования водных дисперсий оксидных наноструктур в качестве антисептика при местном применении, что позволяет рекомендовать их в качестве средств комплексной профилактики и лечения раневой инфекции. К настоящему времени получено уведомление о поступлении и регистрации заявки на изобретение «Способ лечения гнойных ран» от 15.10.2008, регистрационный номер 2008140685.

Опыт успешного применения водной дисперсии оксидных наноструктур металлов меди и серебра в экспериментах позволяет рекомендовать данную методику для дальнейшего изучения в клинической практике.

#### Библиографический список

1. В.А. Коликов, В.Е. Курочкин, Л.К. Панина, Ф.Г. Рутберг. Импульсные электрические разряды и пролонгированная микробная устойчивость воды. Доклады Академии наук. – Т. 403. – № 4. – 2005. – С. 561–563.
2. Д.Н. Федоров, А.Н. Иващенко, В.В. Шинин, А.В. Васильев, А.А. Иванов. Морфологическая и иммунологическая характеристика репаративных процессов в длительно не заживающих ранах. Архив патологии. – Т. 64. – № 12. – 2002. – С. 8–11.
3. А.Н. Ляпунов, Б.М. Даценко, Н.А. Мохерт и др. Теория и практика местного лечения гнойных ран (Проблемы лекарственной терапии). – Киев, 1995. – С. 132–196.
4. В.А. Коликов, В.Е. Курочкин, Л.К. Панина, Ф.Г. Рутберг, А.Ю. Строгов. Пролонгированная микробная устойчивость воды, обработанной импульсными электрическими разрядами. – ЖТФ. – Т. 77. – Вып. 2. 2007. – Стр. 118–125.

**V.D. ZATOLOKIN, M.A. KHALILOV, A.S. MOSHKIN, O.A. JUDINA**

#### EXPERIENCE OF APPLICATION OF A NEW TECHNIQUE OF TREATMENT OF PURULENT WOUNDS IN EXPERIMENTAL CONDITIONS

*In article questions of modern approaches to treatment of purulent wounds are considered. Results of studying of influence of water dispersions оксидных nanostructur metals on a current of purulent wounds in experiments on rats are resulted.*

*Key words:* a purulent wound, antisepticss, nanostructure.

**В.Д. ЗАТОЛОКИН**, доктор медицинских наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ, академик АМН РФ, заведующий  
кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом  
факультетской хирургии медицинского института  
Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

**А.А. ПЕРЬКОВ**, соискатель кафедры оперативной хирургии и  
топографической анатомии с курсом факультетской хирургии медицинского  
института Орловского государственного университета  
Тел. (4712) 56-13-02

**Н.В. ЛУНЕВА**, кандидат медицинских наук,  
старший преподаватель кафедры пропедевтики  
Курсского государственного медицинского университета  
Тел. (4712) 50-01-17

## АНТИОКСИДАНТНАЯ ТЕРАПИЯ ИШЕМИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ПЕЧЕНИ ПРИ ЕЕ РЕЗЕКЦИИ

Выполнено экспериментальное исследование на 45 собаках с целью изучения влияния антиоксидантного противоишемического лечебного комплекса, состоящего из мексикора с временным портокавальным шунтированием, на выраженность ишемического повреждения ткани печени после пережатия печеночно-двенадцатиперстной связки на 20, 30, 40 минут. Животные разделены на 3 серии. Установлено, что в группах без антиоксидантной защиты наиболее выражено развитие цитолитического, холестатического и гепатодепрессивного синдромов. В экспериментальных группах с коррекцией ишемии мексикором биохимические показатели были достоверно ниже контрольных, с последующей их нормализацией. Результаты исследования свидетельствуют о том, что применение мексикора уменьшает тяжесть поражения печени вследствие гипоксии, предотвращает развитие ишемических изменений в органе.

**Ключевые слова:** мексикор®, ишемия, печень, противоишемическая защита.

В настоящее время одной из важнейших в хирургии печени является проблема гемостаза. Массивное кровотечение, стоящее в ряду наиболее опасных осложнений, нередко приводит к летальному исходу. Предотвратить это можно применением наиболее оптимального и эффективного способа – пережатием печеночно-двенадцатиперстной связки (ПДС) [1]. Но при этом могут развиться портальная гипертензия [3], гипоксия и ишемия печени, дестабилизироваться гемодинамика, что после 15-минутного (и более) воздействия приводит к необратимым морфофункциональным изменениям в печени, вплоть до появления в ее ткани некротических участков [5, 7, 9].

Для улучшения микроциркуляции в печени и с целью позитивного воздействия на ткани органа можно применять препараты антиоксидантной направленности [8], которые, влияя на диффузию и утилизацию кислорода, способствуют улучшению анаэробного и аэробного энергообмена, уменьшают тканевую гипоксию и энергодефицит, повышают оксигенацию тканей и стимулируют репаративно-регенеративные процессы [4]. Одним из перспективных препаратов этой группы является мексикор [2, 6], применение которого при ишемии печени мало исследовано, но может благоприятствовать улучшению клинических результатов.

В связи с этим целью данной работы являлась оценка эффективности лечебного и профилактического воздействия мексикора в эксперименте на выраженность ишемических и реперфузионных поражений печени.

### Материалы и методы

Экспериментальные исследования выполнены на 45 беспородных собаках обоего пола весом от 9 до 18,5 килограмма в возрасте от 2 до 5 лет. Выбор животных был обусловлен тем, что печень и остальные органы у собак значительных размеров и удобны для манипуляций. Микроструктура достаточно схожа с таковой печени человека. Все исследования проводились в одинаковый временной интервал.

У всех животных до операции и после через 30 минут и на 1, 3, 7, 14 и 30-е сутки определяли уровни трансамина (АСТ и АЛТ) – активности аспартат- и аланинаминотрансфераз в сыворотке крови – по методу Райтмана-Френкеля, лактатдегидрогеназы (ЛДГ) – по Савелю, остаточного азота – по методу Раппопорта-Эйхгорна, мочевины – диацетилмонооксимным методом, холестерина – по Ильку,  $\beta$ -липопротеидов – по Бурштейну, концентрации билирубина – по методу Ендрашика. Определяли уровни щелочной фосфатазы, общего белка, протромбинового индекса, фибриногена. Также ставили тимоловую пробу. Индикаторами цитолитического синдрома являлись лактатдегидрогеназа, активность аланин- и аспартатамино-

трансфераз, показателями синдрома холестаза – активность щелочной фосфатазы, концентрация билирубина, холестерина и бета-липопротеидов. Индикаторами гепатодепрессивного синдрома служили концентрация общего белка, содержание фибриногена и протромбиновый индекс (ПТИ); мезенхимально-воспалительного синдрома – тимоловая проба.

Под внутривенным гексеналовым наркозом (30 мг/кг веса животного) с премедикацией атропином 0,1 мл 0,1% раствора и димедролом 0,2 мл 1% раствора, которые вводили внутримышечно, осуществляли верхнесрединную лапаротомию. Для предупреждения выраженных гемодинамических нарушений у животных осуществляли разгрузку portalной системы путем наложения временного экстракорпорального портокавального шунта из силиконовой трубы между тонкокишечной веной большого диаметра (веной portalного бассейна) и подкожной веной передней конечности собаки (система верхней полой вены). Перед работой шунт заполняли 5% раствором глюкозы с гепарином, который вводили из расчета 120 Ед/кг веса животного. Ишемию печени вызывали пережатием печеночно-двенадцатиперстной связки эластическим зажимом на 20, 30 и 40 минут с предварительной ее инфильтрацией 10 мл 0,25% раствора новокаина. После снятия зажима с ПДС производили перевязку канюлируемых вен. Резекцию левой доли печени с наложением гемостатических швов и укрытием культи печени участком большого сальника на ножке выполняли по нашей методике. Мобилизовали левую долю печени, перевязывали элементы глиссоновой и кавальной систем левой наружной доли с последующим отделением ее тупым и острым путем. Производили дополнительный гемостаз на крупных сосудисто-желчных образованиях, которые мы прошивали и перевязывали лавсаном. Затем участком большого сальника на ножке окутывали раневую поверхность печени и накладывали косые П-образные гемостатические швы с перехлестом каждого последующего шва по отношению к предыдущему на 1/3. После контроля гемостаза обе послеоперационные раны

— лапаротомную и на конечности животного — ушивали наглухо. У всех животных на протяжении хирургического вмешательства проводили инфузционную терапию 5% раствором глюкозы и физиологическим раствором в объеме от 150 до 250 мл.

Первая серия экспериментов (контроль) состояла из трех интактных животных, которым оперативное вмешательство не производили. Эти собаки служили нам образцом нормы для всех биохимических показателей функции печени.

Вторая серия (24 животных) состояла из трех групп экспериментов: в каждой на 8 собаках производили портокавальное шунтирование и моделирование 20-, 30- и 40-минутной ишемии печени посредством наложения эластического зажима на ПДС, резекцию левой наружной доли печени.

В третьей серии экспериментов (24 собаки), также включавшей в себя три группы опытов по 8 животных в каждой, выполняли портокавальное шунтирование с пережатием ПДС на 20, 30 и 40 минут и резекцию левой наружной доли печени. В этой серии животным вводили мексикор внутривенно струйно в виде 5% раствора в дозе 10 мг/кг веса животного за 2 часа до операции и в течение 7 дней после операции с интервалом в 24 часа.

Всем животным в послеоперационном периоде проводили симптоматическую терапию сердечными средствами и анальгетиками (коргликон 0,2–0,3 мл 0,06% раствора, кардиамин по 1–2 мл в/м, строфантин К по 0,5 – 1 мл 0,05% раствора в/в медленно в 10 мл 20% р-ра глюкозы, димедрол до 1,0 – 1% раствора в сутки, анальгин до 2,0 50% раствора в сутки). Выбор разовых и курсовых доз, способа введения фармакологических препаратов основывался на экспериментальных данных, приведенных в литературе, а также соответствовал рекомендациям из аннотаций к препаратам.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась путем вычисления

средних арифметических (M) и средних ошибок средних (m). Достоверными считали различия при вероятности ошибки менее 5% ( $p < 0,05$ ).

### Результаты исследования и их обсуждение

Для изучения воздействия 20-минутной ишемии как без введения мексикора, так и на фоне его применения нами были проведены экспериментальные исследования на 16 собаках. Все они выжили, удовлетворительно перенесли оперативное вмешательство, послеоперационный период протекал без осложнений.

При биохимическом исследовании сыворотки крови экспериментальных животных после 20-минутной ишемии печени без применения мексикора отмечались признаки развития цитолитического и в меньшей степени холестатического и гепатодепрессивного синдромов. По прошествии 30 минут реинфузии без воздействия мексикора достоверно повышалась активность трансаминаз и билирубина (табл. 1), достигая своих максимальных значений на третий сутки после операции: цифровые выражения АЛТ и АСТ изменились соответственно в 4,39 и 4,56 раза, ЛДГ – в 2,32 раза, билирубина – в 1,86 раза по сравнению с контрольными данными. Изменения показателей холестатического и гепатодепрессивного синдромов были характерными для каждого из них. И лишь к 30-м суткам после операции эти параметры возвращались к своим исходным значениям. Подобные изменения бывают свойственны острым поражениям печени, к которым относится и ее ишемия, особенно если они сопровождаются стазом желчи во внутрипеченочных протоках. У животных, которым проводилась коррекция ишемии мексикором, наблюдалось достоверное снижение активности трансаминаз при всех сроках наблюдения: АЛТ – в 1,93 раза, АСТ – в 2,43 раза, ЛДГ – в 1,44 раза с нормализацией этих показателей к концу второй недели (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение биохимических показателей у животных при 20-минутной ишемии печени ( $M \pm m$ )

Условия опыта	Время после ишемии (сут.)	АЛТ	АСТ	ЛДГ	Билирубин
1. Контроль	–	0,74±0,08	0,46±0,06	1,37±0,15	13,46±0,27
2. Ишемия	30 минут	1,47±0,12 <sup>*1</sup>	1,14±0,07 <sup>*1</sup>	1,69±0,19 <sup>*1</sup>	18,44±0,79 <sup>*1</sup>
3. Ишемия; мексикор	30 минут	1,08±0,07 <sup>*1,2</sup>	0,81±0,06 <sup>*1,2</sup>	1,40±0,17 <sup>*1,2</sup>	13,98±0,83 <sup>*1,2</sup>
4. Ишемия	1	2,95±0,15 <sup>*1,2</sup>	1,72±0,09 <sup>*1,2</sup>	2,48±0,11 <sup>*1,2</sup>	30,12±1,04 <sup>*1,2</sup>
5. Ишемия; мексикор	1	1,57±0,13 <sup>*1,3</sup>	0,98±0,11 <sup>*1,3</sup>	1,77±0,08 <sup>*1,3</sup>	15,87±0,83 <sup>*1,3</sup>
6. Ишемия	3	3,25±0,26 <sup>*1-4</sup>	2,10±0,29 <sup>*1-4</sup>	3,19±0,21 <sup>*1-4</sup>	25,11±1,64 <sup>*1-4</sup>
7. Ишемия; мексикор	3	1,43±0,17 <sup>*1-6</sup>	1,12±0,08 <sup>*1-6</sup>	1,97±0,14 <sup>*1-6</sup>	14,18±0,87 <sup>*1-6</sup>
8. Ишемия	7	2,81±0,09 <sup>*1-6</sup>	1,54±0,07 <sup>*1-6</sup>	2,72±0,18 <sup>*1-6</sup>	20,24±0,73 <sup>*1-6</sup>
9. Ишемия; мексикор	7	1,19±0,15 <sup>*1-8</sup>	0,97±0,09 <sup>*1-8</sup>	1,76±0,08 <sup>*1-8</sup>	13,76±0,85 <sup>*1-8</sup>
10. Ишемия	14	1,35±0,03 <sup>*1-9</sup>	0,92±0,04 <sup>*1-9</sup>	1,39±0,05 <sup>*1-9</sup>	17,42±0,91 <sup>*1-9</sup>
11. Ишемия; мексикор	14	0,79±0,07 <sup>*1-10</sup>	0,48±0,05 <sup>*1-10</sup>	1,31±0,09 <sup>*1-10</sup>	13,34±1,46 <sup>*1-10</sup>
12. Ишемия	30	0,80±0,03 <sup>*1-11</sup>	0,46±0,06 <sup>*1-11</sup>	1,30±0,18 <sup>*1-11</sup>	15,01±1,34 <sup>*1-11</sup>
13. Ишемия; мексикор	30	0,71±0,04 <sup>*1-12</sup>	0,44±0,08 <sup>*1-12</sup>	1,29±0,07 <sup>*1-12</sup>	13,27±1,42 <sup>*1-12</sup>

Примечание. Единицы измерения: АЛТ, АСТ, ЛДГ – ммоль/(ч·л); билирубин – мкмоль/л; цифры рядом со звездочкой указывают, по отношению к показателю какой группы различия достоверны с уровнем значимости  $p<0,05$ ;  $n$  – количество животных в группе; в группах «ишемия»  $n=8$ ; в группах «ишемия; мексикор»  $n=8$ .

Достоверных изменений уровней холестерина,  $\beta$ -липопротеидов, ЩФ, мочевины и тимоловой пробы не отмечалось на всех сроках наблюдения.

Двадцатиминутное выключение печени из кровотока сопровождалось также незначительным снижением ПТИ, общего белка и фибриногена, повышением содержания билирубина в течение первых трех суток после операции с полным восстановлением к 14 суткам (табл. 1).

При 30-минутной ишемии печени без фармакологической защиты в послеоперационном периоде в течение недели у животных отмечались вялость, отсутствие аппетита, что указывало на тяжесть изменений в организме собак. Выживаемость у них составила 50%.

После блокады ПДС продолжительностью 30 минут на фоне введения мексикора послеоперационный период протекал удовлетворительно, наблюдалась 87,5% выживаемость животных.

При 30-минутной ишемической аноксии печени

цитолитический, холестатический и гепатодепрессивный синдромы протекали одновременно, о чем свидетельствовали результаты биохимических исследований. Так, после 30 минут обескровливания через полчаса реинфузии подъем цифровых значений трансаминаз и билирубина сыворотки крови был значительно выше, чем при 20-минутной блокаде ПДС (табл. 2).

В таком же временном интервале увеличивалось содержание и щелочной фосфатазы, одновременно сопровождаясь убылью количества фибриногена и ПТИ (табл. 3). Наиболее выраженные изменения этих показателей пришлись на период с 3-х по 7-е сутки от начала эксперимента. По сравнению с контрольными данными повышенеие значений АЛТ и АСТ на третью сутки составило 6,98 и 6,93 раза соответственно, ЛДГ – 3,07 раза, причем до 7-го дня включительно явной тенденции к снижению не наблюдалось, что говорит о выраженности цитолитического синдрома (табл. 2).

Таблица 2 – Изменение биохимических показателей у животных при 30-минутной ишемии печени (M + m)

Условия опыта	Время после ишемии (сут.)	АЛТ	АСТ	ЛДГ	Билирубин	Мочевина
1. Контроль	–	0,74±0,08	0,46±0,06	1,37±0,15	13,46±0,27	3,82±0,29
2. Ишемия	30 мин.	1,95±0,11 <sup>*1</sup>	1,11±0,04 <sup>*1</sup>	2,09±0,07 <sup>*1</sup>	22,94±0,83 <sup>*1</sup>	4,02±0,43 <sup>*1</sup>
3. Ишемия; мексикор	30 мин.	1,16±0,07 <sup>*1,2</sup>	0,67±0,09 <sup>*1,2</sup>	1,66±0,08 <sup>*1,2</sup>	16,72±0,34 <sup>*1,2</sup>	3,91±0,18 <sup>*1,2</sup>
4. Ишемия	1	3,44±0,36 <sup>*1-3</sup>	1,71±0,17 <sup>*1-3</sup>	3,98±0,14 <sup>*1-3</sup>	35,18±0,47 <sup>*1-3</sup>	5,73±0,29 <sup>*1-3</sup>
5. Ишемия; мексикор	1	2,21±0,09 <sup>*1-4</sup>	0,96±0,08 <sup>*1-4</sup>	2,09±0,16 <sup>*1-4</sup>	19,94±0,71 <sup>*1-4</sup>	4,58±0,33 <sup>*1-4</sup>
6. Ишемия	3	5,17±0,28 <sup>*1-5</sup>	3,19±0,14 <sup>*1-5</sup>	4,21±0,12 <sup>*1-5</sup>	39,53±0,92 <sup>*1-5</sup>	7,51±0,27 <sup>*1-5</sup>
7. Ишемия; мексикор	3	2,32±0,14 <sup>*1-6</sup>	1,48±0,11 <sup>*1-6</sup>	2,87±0,17 <sup>*1-6</sup>	23,96±0,85 <sup>*1-6</sup>	4,84±0,32 <sup>*1-6</sup>
8. Ишемия	7	5,11±0,17 <sup>*1-7</sup>	3,08±0,15 <sup>*1-7</sup>	4,13±0,15 <sup>*1-7</sup>	30,05±0,73 <sup>*1-7</sup>	6,93±0,34 <sup>*1-7</sup>
9. Ишемия; мексикор	7	1,87±0,15 <sup>*1-8</sup>	1,22±0,13 <sup>*1-8</sup>	2,03±0,12 <sup>*1-8</sup>	18,69±0,69 <sup>*1-8</sup>	3,95±0,21 <sup>*1-8</sup>
10. Ишемия	14	2,34±0,21 <sup>*1-9</sup>	1,71±0,14 <sup>*1-9</sup>	2,31±0,16 <sup>*1-9</sup>	21,13±0,81 <sup>*1-9</sup>	4,72±0,27 <sup>*1-9</sup>
11. Ишемия; мексикор	14	1,12±0,18 <sup>*1-10</sup>	0,85±0,07 <sup>*1-10</sup>	1,49±0,14 <sup>*1-10</sup>	14,87±1,48 <sup>*1-10</sup>	3,87±0,29 <sup>*1-10</sup>
12. Ишемия	30	1,30±0,11 <sup>*1-11</sup>	0,60±0,08 <sup>*1-11</sup>	1,47±0,07 <sup>*1-11</sup>	18,36±0,72 <sup>*1-11</sup>	3,76±0,31 <sup>*1-11</sup>
13. Ишемия; мексикор	30	0,73±0,08 <sup>*1-12</sup>	0,47±0,11 <sup>*1-12</sup>	1,38±0,15 <sup>*1-12</sup>	13,51±0,83 <sup>*1-12</sup>	3,81±0,33 <sup>*1-12</sup>

Примечание. Единицы измерения: АЛТ, АСТ, ЛДГ – ммоль/(ч·л); билирубин – мкмоль/л; мочевина – ммоль/л; цифры рядом со звездочкой указывают, по отношению к показателю какой группы различия достоверны с уровнем значимости p<0,05; n – количество животных в группе; в группах «ишемия» n=8; в группах «ишемия; мексикор» n=8.

В этот же отрезок времени содержание билирубина увеличивалось в 2,94 раза на 3-й день с отсутствием какой-либо отчетливой положительной динамики к 7-м суткам. Постишемический 3-суточный период характеризовался также ростом значений щелочной фосфатазы в 2,02 раза, β-липопротеидов – в 1,47 раза и снижением концентрации холестерина в 1,35 раза по сравнению с контролем. Через 7 суток после начала эксперимента ясных изменений в сторону нормализации показателей все еще не наблюдалось,

что свидетельствует о развитии синдрома холестаза (табл. 3). Гепатодепрессивный синдром на исходе трех суток послеоперационного периода проявлялся количественным уменьшением фибриногена в 1,91 раза, ПТИ – в 1,82 и общего белка – в 1,16 раза по сравнению с исходными данными с отсутствием тенденций к повышению этих значений на 7-е сутки эксперимента (табл. 3).

Таблица 3 – Изменение биохимических показателей у животных при 30-минутной ишемии печени (M + m)

Условия опыта	Время после ишемии (сут.)	Щелочная фосфатаза	Холестерин	β-липо-протеиды	Фибриноген	ПТИ	Общий белок
1. Контроль	–	2,46±0,29	3,94±0,42	0,32±0,017	3,88±0,18	81,7±2,11	70,1±1,12
2. Ишемия	30 мин.	3,81±0,27 <sup>*1</sup>	3,87±0,57	0,35±0,026	2,64±0,13 <sup>*1</sup>	71,9±2,21	68,5±1,92 <sup>*1</sup>
3. Ишемия; мексикор	30 мин.	2,92±0,18	3,93±0,36	0,28±0,019	3,41±0,12	80,8±1,73	69,3±2,03
4. Ишемия	1	4,08±0,39 <sup>*1,2</sup>	3,64±0,89	0,39±0,031	2,12±0,25 <sup>*1</sup>	58,7±1,39 <sup>*1,2</sup>	61,3±1,29 <sup>*1</sup>
5. Ишемия; мексикор	1	3,84±0,19 <sup>*1,2</sup>	3,89±0,43	0,34±0,027	3,24±0,17	76,2±1,26	67,4±1,23
6. Ишемия	3	4,96±0,32 <sup>*1,2</sup>	2,92±0,13 <sup>*1,2</sup>	0,47±0,033 <sup>*1,2</sup>	2,03±0,15 <sup>*1,2</sup>	44,8±1,28 <sup>*1,2</sup>	60,2±1,15 <sup>*1</sup>

Продолжение табл. 3

Условия опыта	Время после ишемии (сут.)	Щелочная фосфатаза	Холестерин	$\beta$ -липопротеиды	Фибриноген	ПТИ	Общий белок
7. Ишемия; мексикор	3	2,89±0,27	3,81±0,39	0,33±0,029	2,97±0,19 <sup>*1,2</sup>	75,2±1,31 <sup>*1,2</sup>	66,2±2,17
8. Ишемия	7	3,83±0,33 <sup>*1</sup>	2,83±0,23 <sup>*1,2</sup>	0,38±0,027 <sup>*1</sup>	2,11±0,21 <sup>*1</sup>	53,6±1,48 <sup>*1,2</sup>	67,8±1,11
9. Ишемия; мексикор	7	2,75±0,31	3,72±0,51	0,32±0,019	3,15±0,18 <sup>*1,2</sup>	76,9±1,36	68,2±2,34
10. Ишемия	14	2,57±0,32	3,48±0,44	0,30±0,025	3,46±0,22	62,4±1,21 <sup>*1,2</sup>	70,1±1,68
11. Ишемия; мексикор	14	2,41±0,21	3,83±0,52	0,36±0,032	3,74±0,19	80,2±1,15	71,3±1,82
12. Ишемия	30	2,35±0,19	3,84±0,47	0,27±0,019	3,75±0,25	78,8±1,64	72,5±1,93
13. Ишемия; мексикор	30	2,44±0,17	3,93±0,23	0,31±0,021	3,87±0,21	82,4±1,37	71,7±1,42

Примечание. Единицы измерения: фибриноген – мг/л, ПТИ – %, общий белок – г/л; холестерин – ммоль/л, щелочная фосфатаза – ммоль/(ч·л),  $\beta$ -липопротеиды – г/л; цифры рядом со звездочкой указывают, по отношению к показателю какой группы различия достоверны с уровнем значимости  $p<0,05$ ;  $n$  – количество животных в группе; в группах «ишемия»  $n=8$ ; в группах «ишемия; мексикор»  $n=8$ .

На протяжении двух недель все еще оставалось высоким содержание мочевины с пиком значений на 3–7-е сутки после операции (табл. 2). Достоверных изменений тимоловой пробы на всех сроках наблюдения не фиксировалось. Примечательно, что окончательного возвращения изучаемых показателей к исходным значениям не наступало даже на 30-е сутки.

Под воздействием мексикора при получасовой окклюзии ПДС аминотрансферазы изменялись менее динамично и с меньшей амплитудой цифровых значений, что становится заметным уже через 30 минут реперфузии (табл. 2).

Сопоставляя данные, полученные на сроках, аналогичных предыдущим сериям опытов, но без введения препарата, становится очевидным, что максимум активности исследуемых ферментов также приходится на 3-и сутки послеоперационного периода. И хотя по сравнению с контролем показатели АЛТ, АСТ, ЛДГ вырастали в 3,14; 3,22 и 2,09 раз соответственно, в то же время они ниже значений, полученных при 30-минутной ишемии печени без введения мексикора: АЛТ – в 2,23 раза, АСТ – в 2,16 раза, ЛДГ – в 1,47 раза. К 14-м суткам содержание АЛТ, АСТ, ЛДГ в сыворотке крови снизились в 2,07; 1,74 и 1,93 раза соответственно (в среднем в 1,91 раза, то есть почти двукратно) с полной нормализацией к 30-му дню после операции.

При биохимическом исследовании содержания билирубина (табл. 2) наибольший уровень в сыворотке крови был отмечен на 3-и сутки наблюдения за оперированными животными, по сравнению с контролем увеличение составляло 1,78 раза. Затем, параллельно с трансаминазами, к 14-м суткам происходило заметное его снижение в 1,61 раза относительно максимальных значений, достигнутых на 3-и сутки. К концу эксперимента разницы с нормальными значениями уже не было.

Достоверных изменений холестерина,  $\beta$ -липопротеидов, щелочной фосфатазы и тимоловой пробы на всех сроках наблюдения не отмечалось (табл. 3).

Также наблюдалось незначительное снижение фибриногена, ПТИ и общего белка на протяжении первых 7 суток после операции (табл. 3).

Содержание мочевины в сыворотке крови характеризовалось повышением ее уровня в 1,27 раза на 3-и сутки с постепенным снижением до нормы к исходу 14-х суток (табл. 2).

Таким образом, практически все показатели начиная с седьмых суток имели тенденцию положительной динамики вплоть до полной нормализации их значений к 30-м суткам наблюдения.

40-минутное выключение печени из кровообращения без использования антиоксиданта сопровождалось 100%-ной летальностью подопытных животных в течение первых двух суток после начала эксперимента.

Ишемическая аноксия печени в течение 40 минут с коррекцией ее путем введения мексикора характеризовалась 75%-ной выживаемостью животных. Послеоперационный период у них протекал достаточно тяжело: на протяжении первой недели собаки были вялыми, адинамичными, у них отсутствовал аппетит.

При 40-минутной окклюзии ПДС наблюдалось более выраженное их развитие в сравнении с 20- и

30-минутным ишемическим воздействием. Серьезные биохимические сдвиги начинались уже с первых минут эксперимента. В течение первых суток изменения определяемых показателей относительно исходных значений имели следующую динамику. Рост АЛТ, АСТ и ЛДГ составил с 2,99-, 3,63- и 1,54-кратного по истечении 30 минут реинфузии до 9,22, 8,87 и 3,66 раз соответственно к исходу первых суток (табл. 4).

**Таблица 4 – Изменение биохимических показателей у животных при 40-минутной ишемии печени (M + m)**

Условия опыта	Время после ишемии (сут.)	АЛТ	АСТ	ЛДГ	Билирубин	Мочевина
1. Контроль	–	0,74±0,08	0,46±0,06	1,37±0,15	13,46±0,27	3,82±0,29
2. Ишемия	30 мин.	2,21±0,13 <sup>*1</sup>	1,67±0,19 <sup>*1</sup>	2,61±0,07 <sup>*1</sup>	43,17±1,72 <sup>*1</sup>	4,01±0,33 <sup>*1</sup>
3. Ишемия; мексикор	30 мин.	1,54±0,11 <sup>*1,2</sup>	0,82±0,07 <sup>*1,2</sup>	1,89±0,21 <sup>*1,2</sup>	32,79±1,67 <sup>*1,2</sup>	3,93±0,24 <sup>*1,2</sup>
4. Ишемия	1	6,82±0,29 <sup>*1-3</sup>	4,08±0,25 <sup>*1-3</sup>	5,01±0,13 <sup>*1-3</sup>	83,62±1,15 <sup>*1-3</sup>	9,86±0,39 <sup>*1-3</sup>
5. Ишемия; мексикор	1	3,23±0,24 <sup>1-4</sup>	1,79±0,19 <sup>*1-4</sup>	3,21±0,19 <sup>*1-4</sup>	38,12±1,29 <sup>*1-4</sup>	5,68±0,27 <sup>*1-4</sup>
6. Ишемия; мексикор	3	4,32±0,27 <sup>*1-5</sup>	2,55±0,28 <sup>*1-5</sup>	4,39±0,28 <sup>*1-5</sup>	47,18±1,27 <sup>*1-5</sup>	5,83±0,31 <sup>*1-5</sup>
7. Ишемия; мексикор	7	3,71±0,19 <sup>*1-6</sup>	2,24±0,23 <sup>*1-6</sup>	3,98±0,31 <sup>*1-6</sup>	35,72±1,24 <sup>*1-6</sup>	5,23±0,28 <sup>*1-6</sup>
8. Ишемия; мексикор	14	2,11±0,22 <sup>*1-7</sup>	1,49±0,21 <sup>*1-7</sup>	1,92±0,16 <sup>*1-7</sup>	20,01±1,13 <sup>*1-7</sup>	3,92±0,31 <sup>*1-7</sup>
9. Ишемия; мексикор	30	0,98±0,24 <sup>*1-8</sup>	0,52±0,09 <sup>*1-8</sup>	1,41±0,18 <sup>*1-8</sup>	14,07±1,24 <sup>*1-8</sup>	3,83±0,27 <sup>*1-8</sup>

Примечание. Единицы измерения: АЛТ, АСТ, ЛДГ – ммоль/(ч·л); билирубин – мкмоль/л, мочевина – ммоль/л; \* цифры рядом со звездочкой указывают, по отношению к показателю какой группы различия достоверны с уровнем значимости  $p<0,05$ ; n – количество животных в группе; в группах «ишемия» n=8; в группах «ишемия; мексикор» n=8.

Содержание билирубина увеличивалось в 3,20 и 6,21 раза (табл. 4), активность щелочной фосфатазы возрастила от 1,60 до 2,02 раза, повышение уровня мочевины составило от 1,05 до 2,58 раза (табл. 4). Снижение фибриногена, протромбинового

индекса и общего белка в соответствии со сроками наблюдения составило 1,54 и 1,93; 1,37 и 2,0; 1,13 и 1,55 раза (табл. 5). Определение значений холестерина,  $\beta$ -липопротеидов и тимоловой пробы достоверных изменений не выявило (табл. 5). Та-

**Таблица 5 – Изменение биохимических показателей у животных при 40-минутной ишемии печени (M + m)**

Условия опыта	Время после ишемии(сут.)	Щелочная фосфатаза	Холестерин	$\beta$ -липо-протеиды	Фибриноген	ПТИ	Общий белок
1. Контроль	–	2,46±0,29	3,94±0,42	0,32±0,017	3,88±0,18	81,7±2,11	70,1±1,12
2. Ишемия	30 мин.	3,94±0,18 <sup>*1</sup>	3,88±0,53	0,39±0,013	2,52±0,18 <sup>*1</sup>	59,5±1,37 <sup>*1,2</sup>	61,8±1,29 <sup>*1</sup>
3. Ишемия; мексикор	30 мин.	3,21±0,12	3,91±0,46	0,34±0,012	3,21±0,14 <sup>*1</sup>	73,8±1,39 <sup>*1,2</sup>	67,4±1,21
4. Ишемия	1	4,97±0,15 <sup>*1,2</sup>	3,72±0,64	0,37±0,014	2,01±0,23 <sup>*1,2</sup>	40,9±1,42 <sup>*1,2</sup>	45,1±1,38 <sup>*1,2</sup>
5. Ишемия; мексикор	1	3,54±0,16	3,83±0,59	0,33±0,017	3,04±0,28 <sup>*1</sup>	71,1±1,18 <sup>*1,2</sup>	63,2±1,24 <sup>*1</sup>

Продолжение табл. 5

Условия опыта	Время после ишемии(сут.)	Щелочная фосфатаза	Холестерин	$\beta$ -липо-протеиды	Фибриноген	ПТИ	Общий белок
6. Ишемия; мексикор	3	3,46±0,11 <sup>*1</sup>	3,78±0,84	0,38±0,019	2,57±0,16 <sup>*1</sup>	68,3±1,29 <sup>*1,2</sup>	59,4±1,19 <sup>*1</sup>
7. Ишемия; мексикор	7	3,13±0,08 <sup>*1</sup>	3,81±0,73	0,37±0,015	2,89±0,13 <sup>*1</sup>	75,8±1,31 <sup>*1,2</sup>	62,1±1,17 <sup>*1</sup>
8. Ишемия; мексикор	14	2,69±0,22	3,83±0,61	0,33±0,018	3,61±0,17	79,7±1,46	67,5±1,28
9. Ишемия; мексикор	30	2,46±0,17	3,91±0,86	0,31±0,014	3,76±0,21	83,4±1,68	69,3±1,27

Примечание. Единицы измерения – фибриноген – мг/л, ПТИ – %, общий белок – г/л; холестерин – ммоль/л, щелочная фосфатаза – ммоль/(ч·л),  $\beta$ -липо-протеиды – г/л; цифры рядом со звездочкой указывают, по отношению к показателю какой группы различия достоверны с уровнем значимости  $p<0,05$ ;  $n$  – количество животных в группе; в группах «ишемия»  $n=8$ ; в группах «ишемия; мексикор»  $n=8$ .

ким образом, на прерывание кровотока по сосудам печеночно-двенадцатиперстной связки наиболее активно отклинулись увеличением своего содержания в сыворотке крови трансаминазы, ЛДГ и билирубин. Реакция щелочной фосфатазы, фибриногена, ПТИ и общего белка хотя была и менее выраженной, но все равно ощутимой.

На фоне антиоксидантной коррекции мексикором при том же сроке ишемического воздействия активность ферментов также росла, но значительно меньшими темпами по сравнению с опытами предыдущей серии (табл. 4). Так, увеличение их числовых значений по сравнению с контролем составляло от: АЛТ – 2,08, АСТ – 1,78, ЛДГ – 1,38 раз (через полчаса после операции) до: АЛТ – 4,36, АСТ – 3,89, ЛДГ – 2,34 раза на первые сутки, достигая своего максимума в 5,84; 5,54; 3,20 раза соответственно к третьим суткам с последующим постепенным умеренным снижением к тридцатому дню до цифр, сопоставимых с показателями ложной операции. В то же время их подъем на рубеже первых суток у животных на фоне введения мексикора, в отличие от особей, лишенных антиоксидантной защиты, был ощутимо меньше: АЛТ – в 2,11 раза, АСТ – в 2,28 раза и ЛДГ – в 1,56 раза.

Реакция билирубина и мочевины (табл. 4) складывалась из резкого накопления их в сыворотке крови к 3-м суткам, достигая здесь вершины своих значений, и плавного, без скачков,

снижения своих показателей на протяжении остальных 27 дней.

Достоверных изменений холестерина,  $\beta$ -липо-протеидов, щелочной фосфатазы и тимоловой пробы не регистрировалось на всех сроках наблюдения (табл. 5). Динамика снижения и последующего восстановления фибриногена, ПТИ и общего белка не отличалась наглядностью, однако она полностью укладывалась в создавшуюся картину (табл. 5).

### Заключение

Таким образом, воздействие мексикора на фоне 20-минутной ишемии печени способствовало выраженной нормализации биохимических процессов, предотвращало развитие ишемических изменений в органе, значительно снижало тяжесть возможного поражения печени вследствие кислородного голодания и обеспечивало не только защитный, но и лечебный эффект. При 30-минутной ишемии печени введение мексикора препятствует развитию выраженных функциональных изменений, приводит к коррекции биохимических показателей и возвращению их до исходного уровня к 30-м суткам после операции. Ишемическое воздействие на печень в течение 40 минут резко изменяет биохимические показатели крови, и в организме возникают, как правило, необратимые функциональные и морфологические нарушения. Применение антиоксиданта мексикора не только предупреждает, но и купирует развитие функциональных изменений.

### Библиографический список

1. Андрейман Л.А., Меерсон Л.Г., Бренце А.А. Острая ишемия печени в эксперименте. // В кн.: Острая ишемия органов и меры борьбы с постишемическими расстройствами. – М., 1983. – С. 132–134.
2. Голиков А.П., Давыдов Б.В., Руднев Д.В. и соавт. Влияние мексикора на окислительный стресс при остром инфаркте миокарда // Кардиология. – 2005. – № 7. – С. 21–26.
3. Израелашвили М.Ш. Временное выключение афферентных сосудов одной половины печени // Хирургия. – 1983. – С. 50–53.
4. Меньщикова Е.Б., Зенков Н.К. Антиоксиданты и ингибиторы радикальных окислительных процессов // Успехи совр. биологии. – 1993. – Т. 113. – Вып. 4. – С. 442–455.
5. Новиков В.Е., Катунина Н.П. Фармакология и биохимия гипоксии // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2002. – Т. 1. – С. 73–87.
6. Оковитый С.В. Клиническая фармакология антигипоксантов (часть II) // ФАРМиндекс-Практик, 2004. – № 7. – С. 48–63.
7. Шнейвайс В.Б., Левин Г.С. Роль свободнорадикального окисления в патогенезе острого некроза печени при висцерально-ишемическом шоке // Патол. физиология и эксперим. терапия. – 1996. – № 2. – С. 39–43.
8. Halliwell B. Antioxidants in human health and disease / B. Halliwell // Ann. Rev. Nutr. – 1996. – Vol. 16. – P. 33–50.
9. Rosser B.G., Gores G.J. Liver cell necrosis: cellular mechanisms and clinical implications // Gastroenterology. – 1995. – Vol. 108. – P. 252–275.

**V.D. ZATOLOKIN, A.A. PERKOV, N.V. LUNEVA**

#### ANTIOXIDANT THERAPY AT ISHEMIC LIVER INJURY DURING RESECTION

*The experiment involved 45 dogs. The research is devoted to the influence of antioxidant anti-ischemic treatment complex which consists of mexicor® with temporary porto-caval shunting. The idea was to learn it's impact on the intensity of ischemic injury of hepatic tissue after hepatic-duodenum ligaments clamping to 20, 30, 40 minutes. The animals were devived into 3 series. The results showed that animals of the experimental groups without antioxidant protection suffered the development of cytolytic, cholestatic and hepatodepressive syndroms. In the groups with correction of ischemia by mexicor, presented low changes of biochemical showings with following normilized. The conclusion of the experiment is concentrated in idea that the use of mexicor®, reduces the level of liver injury caused by hypoxia, prevents the development of ischemic modification in the organ.*

*Key words:* **mexicor®, hepar, ischemia, anti-ischemic protection.**

**В.Д. ЗАТОЛОКИН**, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик АМН РФ, заведующий кафедрой анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом факультетской хирургии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-87

**А.А. ПЕРЬКОВ**, соискатель кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом факультетской хирургии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4712) 56-13-02

**Н.В. ЛУНЕВА**, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры пропедевтики Курского государственного медицинского университета  
Тел. (4712) 50-01-17

## ВОЗМОЖНОСТИ АНТИОКСИДАНТНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ КОРРЕКЦИИ ИШЕМИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ПЕЧЕНИ

*Выполнено экспериментальное исследование на 17 собаках. Изучалось влияние антиоксидантного противоишемического лечебного комплекса, состоящего из мексикора и актовегина, на фоне временного портокаального шунтирования, на выраженность ишемического повреждения ткани печени после блокады печеночно-двенадцатиперстной связки. Установлено, что без комплексной защиты развитие цитолитического, холестатического и гепатодепрессивного синдромов было резко выражено. Коррекция ишемии способствовала значительно меньшим изменениям биохимических показателей с нормализацией их к седьмым суткам наблюдения. Применение противоишемического комплекса уменьшает гемодинамические изменения, снижает тяжесть поражения печени вследствие кислородного голодаания, предотвращает развитие ишемических изменений в органе и обеспечивает защитный и лечебный эффекты.*

**Ключевые слова:** мексикор®, актовегин®, ишемия печени, противоишемическая защита.

До настоящего времени важнейшей проблемой хирургической гепатологии являются вопросы гемостаза, так как одним из наиболее опасных осложнений при резекции печени является массивное кровотечение, нередко приводящее к летальному исходу. С помощью пережатия печеночно-двенадцатиперстной связки (ПДС) можно не только достичь быстрого и эффективного гемостаза, но и применять его с профилактической целью. Однако при этом развивается портальная гипертензия, гипоксия и ишемия печени, дестабилизируется гемодинамика, что в конечном итоге может привести к необратимым моррофункциональным изменениям в печени [1, 14, 17]. Эти обстоятельства диктуют необходимость изучения проблемы и разработки совре-

менных адекватных и эффективных методов профилактики и лечения ишемического поражения печени, для чего исследуются возможности применения препаратов с антиоксидантной направленностью [8], способных увеличить резистентность гепатоцитов к кислородному голоданию [11, 12, 15, 16]. Тем не менее полностью решить проблему не удается, поскольку эффективность их не всегда может удовлетворить практическую медицину.

В числе препаратов с антиоксидантными и противоишемическими свойствами обращают на себя внимание мексикор [2, 3, 4, 6, 9] и актовегин [10].

Целью данной работы являлось изучение биохимических показателей сыворотки крови и изменений гемодинамики после применения антиоксидантного противоишемического лечебного комплекса для коррекции ишемии печени.

### **Материалы и методы исследования**

Экспериментальные исследования выполнены на 17 беспородных собаках обоего пола весом от 8 до 12 килограммов в возрасте от 2 до 5 лет (возраст определяли по зубам) [5]. У всех животных до операции и после через 30 минут, на 1, 3, 7-е сутки определяли уровни трансамина (АСТ и АЛТ) в сыворотке крови по методу Райтмана–Френкеля, мочевины – диацетилмонооксимным методом, концентрацию билирубина – по методу Ендрашика, уровни щелочной фосфатазы (ЩФ), общего белка, протромбинового индекса (ПТИ). Индикаторами цитолитического синдрома являлись активность АЛТ и АСТ; синдрома холестаза – активность щелочной фосфатазы, концентрация билирубина; гепатодепрессивного синдрома – концентрация общего белка и ПТИ [7].

Проводили измерение артериального давления (АД) внутрисосудистым способом посредством канюлирования бедренной артерии с регистрацией на биомониторе БМТ-701.

Для профилактики и лечения ишемии и гемодинамических изменений, возникающих при резекции печени в условиях временного ее выключения из кровообращения и купирования реперфузионных расстройств, мы применяли разработанный нами способ коррекции названных нарушений. За 2 часа до операции животному (собаке) внутривенно

струйно вводили мексикор в виде 5% раствора в дозе 10 мг/кг веса; за 1 час до операции также внутривенно струйно вводили актовегин в виде раствора для инъекций в дозе 10 мг/кг веса. Всем животным под гексеналовым наркозом (30 мг/кг веса) выполняли верхнеспинную лапаротомию. Затем накладывали временный экстракорпоральный портокавальный шунт между тонкокишечной веной большого диаметра (портальный бассейн) и подкожной веной передней конечности собаки (система верхней полой вены). Ишемию печени вызывали пережатием печеночно-двенадцатиперстной связки эластическим зажимом на 30 минут с предварительной ее инфильтрацией 10 мл 0,25% раствора новокаина. После устранения блокады ПДС шунт снимали, производили перевязку канюлируемых вен. Обе раны – лапаротомную и на конечности животного – ушивали наглухо. В послеоперационном периоде каждый из препаратов вводили 1 раз в сутки на протяжении 7 дней. Интервал между их введениями составлял 12 час: мексикор вводили в 8.00, актовегин – в 20.00. 14 животным проводилась комплексная противоишемическая защита по предложенной нами схеме, 3 собаки составили группу без коррекции ишемии. Наблюдение проводилось до 7-х суток включительно.

Всем животным в послеоперационном периоде проводили симптоматическую терапию сердечными средствами и анальгетиками (коргликон 0,2–0,3 мл 0,06% раствора, кардиамин по 1–2 мл в/м, строфантин К по 0,5–1 мл 0,05% раствора в/в медленно в 10 мл 20% р-ра глюкозы, димедрол до 1,0 1% раствора в сутки, анальгин до 2,0 50% раствора в сутки). Выбор разовых и курсовых доз, способа введения фармакологических препаратов основывался на экспериментальных данных, приведенных в литературе, а также соответствовал рекомендациям, приведенным в аннотациях к препаратам.

Полученные цифровые данные обрабатывались с помощью встроенных алгоритмов пакета анализа приложения для персонального компьютера путем вычисления средних арифметических ( $M$ ) и средних ошибок средних ( $m$ ). Статистически значимыми считали различия при вероятности ошибки менее 5% ( $p < 0,05$ ).

## Результаты исследования и их обсуждение

Биохимическое исследование сыворотки крови экспериментальных животных показало, что отсутствие коррекции ишемии печени сопровождалось признаками развития цитолитического и в меньшей степени холестатического и гепатодепрессивного синдромов (табл. 1).

Через 30 минут реперфузии возрастала активность трансаминаз (АЛТ, АСТ) с достижением своих максимальных значений на 3-и сутки после операции. Возвращения их к исходным значениям до окончания эксперимента не отмечалось. Коррекция ишемии печени по предложенному нами способу уменьшала активность трансами-

наз после оперативного вмешательства при всех сроках наблюдения. Так, 30-минутный промежуток реперфузии характеризовался уменьшением значений АЛТ и АСТ по сравнению с соответствующими без комплексной противоишемической защиты. Третий сутки эксперимента были отмечены наиболее выраженными изменениями, однако к концу 7-х суток значения трансаминаз нормализовались. При сравнении результатов экспериментов с применением способа коррекции ишемии печени и без него становится очевидным, что сроки повышений и понижений активности ферментов совпадали, однако амплитуда изменений на фоне применения комплексной защиты была значительно меньше.

Таблица 1 – Динамика изменения биохимических показателей сыворотки крови

Условия опыта	Время после ишемии	АЛТ	АСТ	Билирубин	ЩФ	Общий белок	ПТИ
контроль	–	0,74±0,08	0,46±0,06	13,46±0,27	2,46±0,29	70,1±1,12	81,7±2,11
без защиты	30 мин.	1,47±0,12	1,14±0,07	18,44±0,79	2,91±0,37	68,4±2,03	80,3±1,97
комплексная защита	30 мин.	0,86±0,04	0,53±0,07	13,57±0,78	2,53±0,31	69,6±1,74	81,2±1,98
без защиты	1 сутки	2,95±0,15	1,72±0,09	30,12±1,04	3,11±0,28	61,3±1,08	62,5±1,39
комплексная защита	1 сутки	0,98±0,11	0,71±0,13	14,08±0,64	2,72±0,14	69,1±1,85	80,4±1,94
без защиты	3 суток	3,25±0,26	2,10±0,29	25,11±1,64	3,02±0,24	60,4±1,12	62,7±1,47
комплексная защита	3 суток	1,12±0,14	0,92±0,06	14,72±0,87	2,81±0,21	68,3±1,16	79,8±1,73
без защиты	7 суток	2,81±0,09	1,54±0,07	20,24±0,73	2,61±0,14	67,8±1,09	75,8±2,05
комплексная защита	7 суток	0,76±0,13	0,47±0,08	13,45±0,63	2,49±0,16	69,8±2,09	81,6±2,01

Примечание. Единицы измерения: АЛТ, АСТ – ммоль/(ч·л), билирубин – мкмоль/л, ЩФ – ммоль/(ч·л), общий белок – г/л, ПТИ – %; p<0,05; n=17.

В противоположность данным, полученным при 30-минутной ишемии без введения антиоксидантных препаратов и портокавального шунтирования, после применения нами противоишемической защиты наблюдалось незначительное повышение значений билирубина и щелочной фосфатазы (ЩФ) только на протяжении первых трех суток послеоперационного периода с нормализацией их к седьмым суткам.

Отсутствие противоишемической защиты приводило к достаточно резкой выраженности гепатодепрессивного синдрома, что проявлялось значительным снижением его показателей (ПТИ, общий белок), которые и на момент окончания эксперимента к своим исходным значениям не воз-

вращались. Применение мексикора и актовегина в комплексе с временным экстракорпоральным портокавальным шунтированием при 30-минутном выключении печени из кровотока сопровождалось незначительным снижением ПТИ и общего белка с полной нормализацией этих показателей к 7-м суткам.

Под воздействием комплексной противоишемической защиты выраженных гемодинамических сдвигов не происходило, что проявлялось отсутствием значительных колебаний артериального давления (рис. 1), в отличие от группы животных, у которых коррекции антиоксидантами на фоне временного экстракорпорального портокавального шунтирования не производилось.

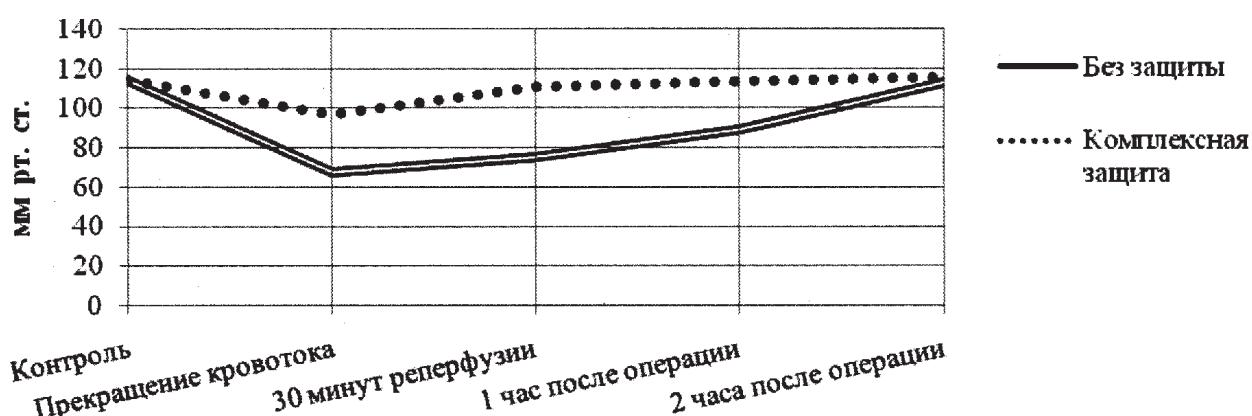


Рис. 1. Динамика изменения артериального давления после пережатия ПДС на 30 минут

### Заключение

Таким образом, применение разработанной нами методики комплексной противоишемической защиты при 30-минутном блоке ПДС способствует нормализации биохимических процессов, препятствуя развитию гепатонегативных синдромов, предотвращает развитие ишемических изменений в органе, тем самым снижая тяжесть возможного поражения печени вследствие кислородного голодаания, и обеспечивает не только защитный, но и лечебный эффект.

### Выводы

1. Комплексное применение мексикора и актовегина на фоне временного экстракорпорального портокавального шунтирования способствует нормализации биохимических показателей крови, позволяет продлить безопасный срок окклюзии ПДС до 30 минут.
2. Совместное введение мексикора и актовегина способствует нормализации гемодинамики.
3. Использование предложенного способа коррекции ишемических и гемодинамических изменений, возникающих при резекции печени в условиях временного ее выключения из кровообращения, возможно как с лечебной, так и с профилактической целью.

### Библиографический список

1. Биленко М.В. Ишемические и реперфузионные повреждения органов / М.В. Биленко. – М.: Медицина, 1999. – С. 19–22.
2. Голиков А.П., Давыдов Б.В., Руднев Д.В. и др. Влияние мексикора на окислительный стресс при остром инфаркте миокарда // Кардиология. – 2005. – № 7. – С. 21–26.
3. Голиков А.П., Михин В.П., Полумисков В.Ю. и др. Эффективность цитопротектора мексикора в неотложной кардиологии // Терапевтический архив. – 2004. – № 4. – С. 60–65.
4. Ефимова Т.Е. Применение мексикора в комплексном лечении больных сахарным диабетом 2-го типа с сосудистыми поражениями нижних конечностей // Поликлиника. – 2007. – № 2. – С. 34–37.
5. Западнюк И.П., Западнюк В.И., Захария Е.А., Западнюк Б.В. Лабораторные животные (разведение, содержание, использование в эксперименте). – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, 1983. – 384 с.
6. Инчина И.В., Смирнов Л.Д., Романов М.Д. и др. Ангиопротекторная активность мексикора при облитерирующем атеросклерозе артерий нижних конечностей // Ангиология и сосудистая хирургия. – Т. 13. – 2007. – № 3. – С. 17–20.
7. Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике. – М.: Медицина. – 1987. – 365 с.
8. Меньшикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты. – ISBN 5-900228-55-X. – М.: Ф. «Слово», 2006. – 553 с.
9. Михин В.П., Голиков А.П., Полумисков В.Ю. и др. Применение кардиоцитопротекторов в неотложной кардиологии // Terra medica. – 2006. – № 2. – С. 7–12.
10. Нордвик Б.П. Механизм действия и клиническое применение препарата актовегина // Актовегин. Новые аспекты клинического применения. – М., 2002. – С. 18–24.

11. Оковитый С.В. Клиническая фармакология антигипоксантов (часть II) // ФАРМиндекс-Практик, 2004. – № 7. – С. 48–63.
12. Покровский М.В., Пашин Е.Н., Гуманова Н.Г. и др. Влияние антиоксидантов pQ510 и резвератрола на регуляторную функцию эндотелия у крыс с моделированной артериальной гипертензией // Бюлл. эксперим. биологии и медицины. – Т. 143. – 2007. – № 6. – С. 619–622.
13. Русанов В.П., Погорелов Ю.В., Головнева В.И. Временное портокавальное шунтирование при двухэтапной резекции печени // Хирургия. – 1977. – № 9. – С. 20–23.
14. Шнейвайс В.Б., Левин Г.С. Роль свободнорадикального окисления в патогенезе острого некроза печени при висцерально-ишемическом шоке // Патол. физиология и эксперим. терапия. – 1996. – № 2. – С. 39–43.
15. Dagenais G.R., Marhiali R., Yusuf S. et al. Beta-carotene, vitamin C, vitamin E and cardiovascular diseases // Curr. Cardiol. Rep.- 2000. – V. 2 (4). – P. 293–299.
16. Halliwell B. Antioxidants in human health and disease / B. Halliwell // Ann. Rev. Nutr. – 1996. – Vol. 16. – P. 33–50.
17. McLeish P.E. The role of xanthine oxidase and the effects of antioxidants in ischemia reperfusion cell injury / P.E. McLeish // Acta Physiol. Pharmacol. Ther. Latinoam., 2003. – Vol. 49. – P. 13–20.

V.D. ZATOLOKIN, A.A. PERKOV, N.V. LUNEVA

POTENTIALITIES OF ANTIOXIDATIVE TREATMENT  
AT ISHEMIC LIVER INJURY CORRECTION

*The experiment involved 17 dogs. The research is devoted to the influence of antioxidant anti-ischemic treatment complex which consists of mexicor® and actovegin® with temporary porto-caval shunting. The idea was to learn it's impact on the intensity of ischemic injury of hepatic tissue after hepatic-duodenum ligaments clamping. The animals were devived into two groups. 14 animals of the first group were treated with the complex anti-ischemic protection. The three dogs from the second group did not have the ischemic correction. The results showed that animals of the second experimental group suffered the development of cytolytic, cholestatic and hepatodepressive syndroms. In comparison with the second group, the first one presented low changes of biochemical showings which normilized to the seven day of experiment. The conclusion of the experiment is concentrated in idea that the use of anti-ischemic complex reduces the level of liver injury caused by oxygen starvation, prevents the development of ischemic modification in the organ and provides protective and treatment effects.*

*Key words:* **mexicor®, actovegin®, hepar ischemia, anti-ischemic protection.**

**И.В. ИЛЬИНА**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры нервных болезней и клинических дисциплин медицинского института Орловского государственного университета  
Тел.: (4862) 542092; 89192048638; IrinaIlina@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-МЕДИЦИНСКОЙ РАБОТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОПТИМИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

*В настоящее время социально-медицинская работа может выступать в качестве основного механизма управления процессом оптимизации качества жизни населения страны. Комплексная проблема оптимизации качества жизни на базе методологии восстановительной медицины рассматривается как актуальная стратегия современности, формирование качества жизни – как перспективная задача, которая реализуется при условии обязательного включения системы образования в процесс формирования индивидуальной культуры здоровья.*

***Ключевые слова:*** культура здоровья, качество здоровья, оптимизация качества жизни, медико-социальная работа, восстановительная медицина.

Комплексный характер проблемы здоровья населения России требует разработки и реализации новых стратегических и тактических подходов, отвечающих задачам формирования и оптимизации как качества здоровья, так и качества жизни. Качество жизни личности сопоставимо с качеством и культурой ее здоровья, формируя с ними целостную систему, интегративным показателем которой является трудоспособность без ограничений. Система качества жизни является функциональной: она формируется в процессе фило- и онтогенеза; имеет уровень качества жизни в виде полезного приспособительного результата; отвечает принципам функционирования и организации функциональных систем.

Успешность системогенеза компонентов функциональной системы качества жизни в настоящее время определяется следующими параметрами:

- формированием многокомпонентного понятия здоровья как целостного психофизического и социокультурного феномена;
- адекватной разносторонней оценкой и регулированием состояния здоровья;
- приоритетом образа жизни в комплексе детерминант здоровья;
- переходом к модели сохранения здоровья и жизни в рамках акмеоцентрической парадигмы;
- динамическим равновесием патоцентристской и здравоцентристской парадигм в фило- и онтогенетическом развитии функциональной системы культуры здоровья.

Функциональную систему качества жизни можно рассматривать как совокупность системогенеза и системодеструкции, что позволяет формировать и корректировать ее в зависимости от динамики доминирующего процесса. При этом мы можем также говорить о формировании и оптимизации качества здоровья и жизни как взаимосвязанных и взаимообусловленных процессах.

Формирование качества жизни личности мы трактуем как создание основы максимально успешной жизнедеятельности в процессе обучения и воспитания человека в рамках акмеоцентрической парадигмы при абсолютном приоритете здоровья в системе жизненных ценностей. В этом случае стратегические (долгосрочные) процессы формирования (и коррекции) функциональной системы качества жизни должны осуществляться в системе образования.

Оптимизация качества жизни предусматривает достижение максимально возможного уровня функционирования и адаптации человека, в т.ч. с определенной патологией, в конкретных эколого-социальных условиях. Тактические процессы оптимизации качества жизни личности должны про-

водиться в основном в системе здравоохранения в определенный момент времени с использованием методологии восстановительной медицины, в первую очередь специалистами в сфере социально-медицинской работы и восстановительной медицины.

Методологическая структура функциональной системы качества жизни наряду с основными компонентами данной системы (интеллектуально-когнитивным, мотивационно-ценностным и поведенческим) включает методологическую базу и ведущий социальный институт, реализующий стратегическую и тактическую цели, а также базовые задачи в соответствии с комплексом критерии в рамках функциональных систем культуры и качества здоровья (см. табл. 1).

Таблица 1 – Методологическая структура функциональной системы качества жизни

Компоненты	Цели, задачи, критерии	Подсистема	
		Функциональная система культуры здоровья	Функциональная система качества здоровья
	Тактическая цель	Формирование культуры здоровья	Формирование качества здоровья
Интеллектуально-когнитивный	Задачи	Формирование знаний о здоровье и ЗОЖ	Обеспечение оптимального уровня психофизической и социокультурной адаптации
	Критерии	– полнота – глубина – системность	Наличие: – общих знаний – специальных знаний
Мотивационно-ценственный	Задачи	Формирование мотивации ЗОЖ	Формирование активной позиции по отношению к здоровью (мотивации здоровья)
	Критерии	Готовность к адекватной своевременной деятельности по сохранению, укреплению и развитию здоровья	Позиция здоровья в иерархии жизненных приоритетов
Поведенческий	Задачи	Формирование программы ЗОЖ	Оптимизация уровня трудоспособности
	Критерии	– самоконтроль – самооценка – самокоррекция	– индекс здоровья – степень риска – адаптационный потенциал
	Стратегическая цель	Формирование качества жизни	Оптимизация качества жизни
Методологическая база	Валеология (как педагогическая наука)		Восстановительная медицина
Социальный институт	Система образования		Система здравоохранения

Так как технология в широком смысле слова образует необходимый компонент любого вида деятельности, то технология восстановительной медицины является обязательным компонентом деятельности по оптимизации качества здоровья и жизни человека.

Технологии восстановительной медицины в ос-

новном работают извне, т.е. ставят человека перед фактом необходимости коррекции его здоровья в результате действий медицинского персонала (хотя часто диагностика уровня здоровья и соответствующих проблем, даже на функциональном уровне, без явных структурных повреждений работает как действенный мотивирующий фактор

для начала активной индивидуальной работы пациента).

Технологии валеологии в основном запускают работу системы изнутри, изначально мотивируя человека на активные действия. Но в отсутствие эффективной валеологической системы часть этой работы по формированию мотивации все равно в силу обстоятельств переходит в технологии восстановительной медицины. Это диктует необходимость сочетанного использования технологий восстановительной медицины и валеологии для оптимизации качества жизни личности.

Мотивационно-ценостный компонент функциональной системы культуры здоровья является фактически центральным для запуска целенаправленного поведения в отношении достижения максимально возможного уровня здоровья на базе культуры здоровья. При этом мотивация ЗОЖ формируется на основе системы жизненных целей и ценностей, в которой здоровье является ба-

зовым элементом. В этом случае ЗОЖ рассматривается как более стойкое, устремленное в будущее образование, нежели указанная здесь «мотивация здоровья», которая часто формируется моментально, по факту осознания неблагоприятного прогноза или наличия явной проблемы/болезни, и так же моментально исчезает.

Таким образом, управление процессом оптимизации качества жизни включает определение цели, объекта и субъекта управляющего воздействия, принципов, условий и технологий выполнения.

В настоящее время в РФ в силу исторических причин практически все население может быть отнесен к группе риска по тому или иному признаку (экология, социально-экономическая обстановка и пр.). Соответственно можно говорить о весьма широкой сфере деятельности специалистов согласно базовой модели социально-медицинской работы (СМР), предложенной А.В. Мартыненко (1999).

Основные элементы базовой модели СМР		
Группы клиентов	Уровни СМР	Направления СМР
Инвалиды	Инвалиды	— профилактическое
Больные с выраженным социальными проблемами	Больные	— патогенетическое
Длительно, часто и тяжело болеющие		
Члены семьи клиента и ближайшее окружение	Население	
Группа повышенного риска заболеваний		

К основным условиям оптимизации качества жизни пациентов (клиентов) мы относим наличие теоретико-концептуальных основ работы и использование адекватных технологий подготовленными специалистами.

Поскольку для каждого человека качество жизни сопоставимо с качеством и культурой здоровья, механизм оптимизации качества жизни на современном этапе лежит в плоскости оптимизации качества здоровья через культуру здоровья, т.е. создания условий для достижения максимально возможного качества здоровья в данной ситуации. Практически решение этой задачи возможно в рамках профилактического направления СМР. Принципы данной работы, определенные в рамках концепций охраны здоровья здоровых и СМР, являются фактически идентичными.

По нашему мнению, основными компонентами

системы управления культурой и качеством здоровья являются:

- управление интеллектом – обучение (формирование и структуризация системы общих и специальных знаний);
- управление нравственностью – воспитание (формирование системы жизненных приоритетов на базе мотивации здоровья);
- управление поведением – формирование программ самоконтроля, самооценки и самокоррекции.

Взаимодействие в процессе образования функциональной системы информации и ценностей формирует направленность поведения, которая лежит в основе определенного образа жизни, уровня психофизического состояния и социокультурного благополучия и выражается в уровне трудоспособности.

Технология управления индивидуальным здоровьем [А.Н. Разумов, О.В. Ромашин, 2002] предусматривает:

- определение исходного уровня здоровья;
- составление и реализацию программы коррекции;
- оценку адекватности и эффективности воздействия.

Управленческие воздействия должны осуществляться на психосоматическом и социокультурном уровнях личности. Данная технология легко адаптируется ко всей функциональной системе качества жизни, а этапы СМР могут быть представлены как этапы управления процессом оптимизации качества жизни:

- организационный;

- сбор медико-социальной информации;
- обработка полученной информации;
- анализ имеющихся данных;
- прогноз развития ситуации;
- разработка рекомендаций и плана коррекционных действий;
- реализация принятых решений;
- оценка эффективности работы и ее своеобразная коррекция согласно получаемому результату.

Механизм оптимизации качества здоровья и жизни описывает совокупность и последовательность выполнения поставленных задач различными специалистами с использованием доступных форм и методов работы (см. табл. 2).

Таблица 2 – Механизм оптимизации качества здоровья и жизни

Задачи	Формы	Методы	Специалисты
Повышение мотивации ЗОЖ	Разработка комплексных медико-социальных профилактических программ	Использование возможностей средств массовой информации (телевидение, радио, печать и т.п.)	Сфера public relations
Обеспечение информацией о ЗОЖ		Лекции, семинары и т.д.	Врачи, педагоги, специалисты СМР
Формирование и поддержание поведения, ориентированного на здоровье		Обучение в «школах» организованных групп пациентов	
		Индивидуальная просветительская работа	
Выявление значимых факторов риска и устойчивости	Донозологическая диагностика	Медико-генетическое консультирование Организация профилактических осмотров Диагностика физического состояния Психологическое тестирование Проведение социологического опроса диспансеризация	Врачи, генетики Врачи, специалисты СМР Врачи, в т.ч. восстановительной медицины Психологи Социологи, специалисты по социальной работе Организаторы здравоохранения
Устранение или минимизация отрицательного воздействия факторов риска	Материальная помощь	Обеспечение питанием, адаптогенами, лекарствами, жильем	Специалисты СМР
	Коррекция соматических проблем	Немедикаментозные лечебно-оздоровительные	Врачи восстановительной медицины
	Психологическая коррекция	Предупреждение формирования вредных привычек Разрешение конфликта в семье Переориентация семейных ролей Решение проблемы одиночества Профилактика вовлечения в асоциальные группы	Психологи, психотерапевты, психиатры
Активизация факторов устойчивости		Определение социально-правового статуса клиента	Специалисты СМР, юристы, правоведы

Продолжение табл. 2

Задачи	Формы	Методы	Специалисты
	Социально-правовая помощь	Соблюдение социальных гарантий Оформление опеки и попечительства Представление интересов клиента в органах власти	
	Информационная поддержка	Своевременное информирование о состоянии индивидуального и общественного здоровья, о состоянии природной среды	Организаторы здравоохранения, экологи, специалисты СМР
	Культурно-духовная поддержка	Содействие организации досуга, адекватного здоровому образу жизни Выявление и активизация хобби Оптимизация двигательного режима	Специалисты СМР Культработники Врачи восстановительной медицины, инструкторы лечебной физкультуры
		Формирование системы жизненных целей и ценностей	Врачи, педагоги, специалисты СМР
Проведение социально-медицинского мониторинга	Диагностика	Определение динамики физического и психического состояния, социально-культурного благополучия	Врачи восстановительной медицины, специалисты СМР
	Оценка адекватности и эффективности воздействия	Анкетирование, интервьюирование, наблюдение, статистическая обработка данных	

Таким образом, деятельность по оптимизации качества здоровья и жизни личности, включая повышение уровня ее культуры здоровья, предполагает определенные этапы:

- формирование системы ценностей и убеждений пациента, необходимых для принятия им адекватных решений и обуславливающих соответствующую направленность его поведения;
- обеспечение пациента достоверной информацией;
- стимулирование развития у пациента умений и навыков самоконтроля, самооценки и самокоррекции путем создания активизирующей среды.

Для этого необходимы:

- выбор диагностико-прогностического алгоритма;
- проектирование целей оздоровительно-восстановительной деятельности;
- выбор коррекционного алгоритма;
- отбор индивидуально ориентированных оздоровительно-восстановительных технологий (см. схему 1).

При планировании этой деятельности персоналу необходимо учитывать особенности пациентов,

а также актуализировать собственные технологии самообразования и самокоррекции, исходя из определенных стратегически важных понятий и представлений, характеризующих качество здоровья и жизни личности. В связи с этим формируется следующий рабочий понятийный аппарат.

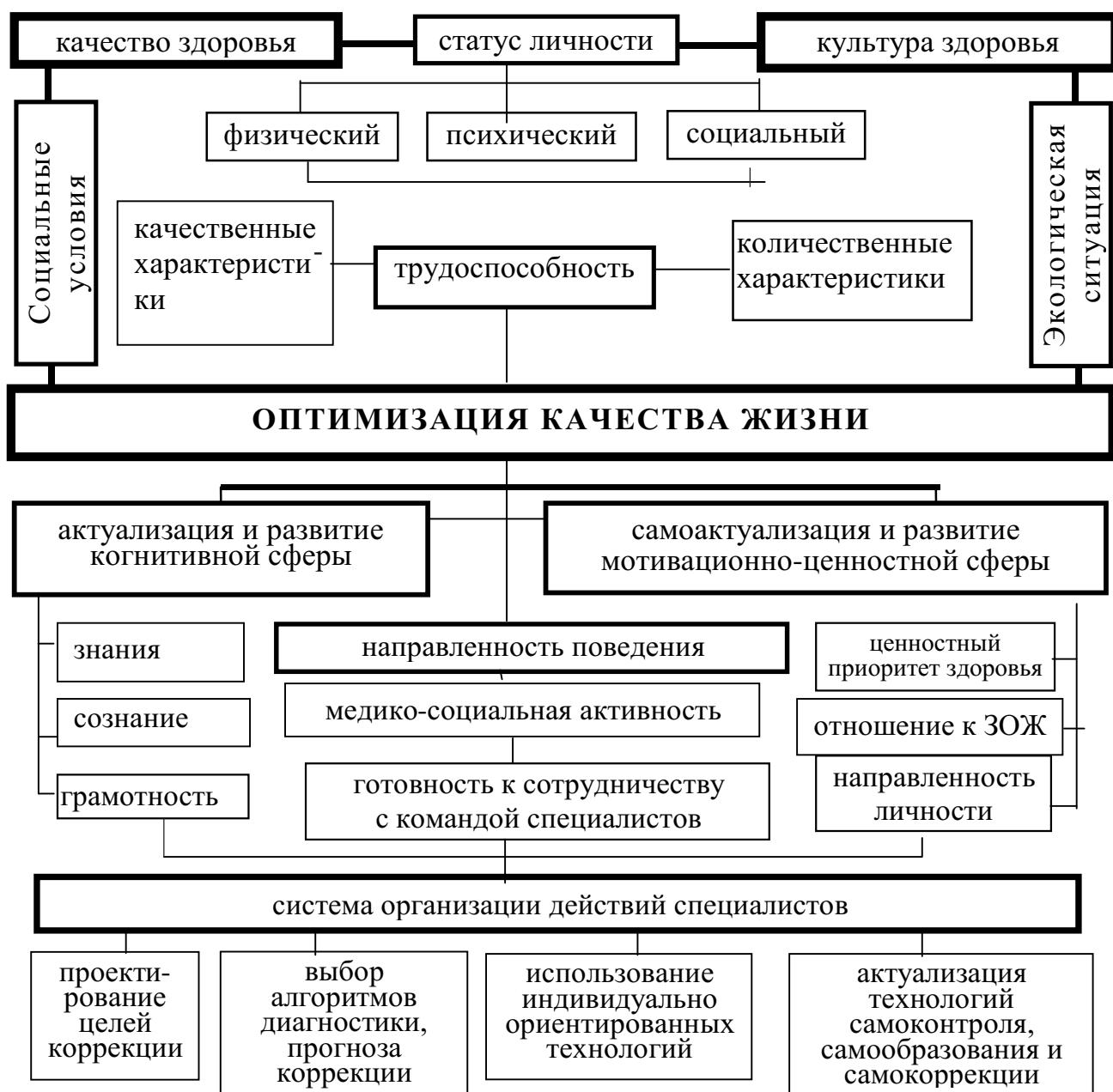
Грамотность – состояние личности, обусловленное таким системным пониманием представлений, понятий и адекватных суждений о сущности здоровья и ЗОЖ, которое выражается моральной готовностью вести ЗОЖ для формирования, сохранения и укрепления здоровья с целью достижения полной самореализации.

Знания – система представлений, понятий и суждений личности о здоровье и ЗОЖ.

Медико-социальная активность – желание личности вступать во взаимодействие с командой специалистов, ее своевременный адекватный двусторонний и многосторонний контакт, в т.ч. с медицинским персоналом.

Мотивация здоровья – побуждение к деятельности, связанное с удовлетворением потребности в сохранении и укреплении здоровья. Мотивация здоровья включает в себя способы и усло-

Схема 1 – Факторы оптимизации качества жизни личности



вия формирования мотивов (в данном случае наличие определенной проблемы или неблагоприятный прогноз).

Мотивация ЗОЖ – совокупность побуждений личности в сфере ЗОЖ, вызывающих ее активность в отношении собственного и общественно-го здоровья (включая формирование и развитие здоровья) и определяющих ее направленность. Задача медицинского персонала, специалистов по СМР – поддерживать и усиливать мотивацию

ЗОЖ. Формировать мотивацию ЗОЖ – цель педагогов и родителей в роли педагогов.

Направленность личности – совокупность устойчивых мотивов и целей, ориентирующих деятельность человека (в т.ч. по отношению к здоровью и ЗОЖ) и являющихся относительно независимыми от складывающейся ситуации.

Направленность поведения – способность пациента к составлению программы, направленной на самоконтроль, самооценку и самокоррекцию

Таблица – Реализация базовых понятий концепции охраны здоровья здоровых

	Концепция охраны здоровья здоровых	Социально-медицинская работа	Восстановительная медицина
Цель	Оптимизация качества жизни населения РФ	Достижение максимально возможного уровня здоровья, функционирования и адаптации лиц с физической и психической патологией, а также социальным неблагополучием	Разработка восстанавливающих здоровье технологий на всех этапах восстановительного лечения
Объект	Стратегия обеспечения качества здоровья в социуме	Проблемы клиента медико-социального характера	Функциональные резервы человека, сниженные в результате неблагоприятного воздействия факторов среды и деятельности или в результате болезни
Предмет	Мероприятия по формированию, сохранению, восстановлению и укреплению здоровья человека	Комплексные технологии сохранения и восстановления здоровья человека	Закономерности процессов сохранения и восстановления функциональных резервов человека
Контингенты	Здоровый человек; человек, имеющий функциональные и структурные повреждения	Социально не защищенные слои населения; люди, имеющие физические или психические дефекты, страдающие социальными болезнями	Человек, временно утративший возможность качественно осуществлять свои социальные функции
Субъект	- органы власти - государственные и общественные организации - специалисты различного профиля	Специалисты по социально-медицинской работе, врачи, психологи, педагоги, культурологи, социальные педагоги, социальные работники, юристы	Медицинский персонал
Задачи	Формирование: - культуры здоровья - системы охраны здоровья	- развитие индивидуальной культуры здоровья - предупреждение социально обусловленных заболеваний - прерывание патологического процесса и реабилитация клиента - социально-правовая защита	Восстановление сниженных функциональных резервов, адаптационных механизмов, определяющих процессы самоорганизации живой системы
Основные принципы	- межотраслевого участия - системность - доступность - непрерывность - многоуровневость	- междисциплинарность - экосистемность - доступность - непрерывность - полимодальность - конструктивной стимуляции	- системность - доступность - непрерывность
Направления	- оздоровительно-профилактическое	- профилактическое - патогенетическое	профилактическое
Формы	- индивидуальные, - групповые, - коллективные	- индивидуальные, - групповые, - коллективные	- индивидуальные - групповые
Методы	- медицинские - психологические - социально-правовые - педагогические - экологические	- медицинские - психологические - социально-правовые - педагогические - экологические	- динамическая оценка и коррекция адаптационных возможностей организма; - повышение эффективности профилактических и лечебно-реабилитационных мероприятий

индивидуального ОЖ, формирующей готовность к индивидуальной оздоровительно-восстановительной деятельности. Это также характеристика поступков личности с точки зрения их отношения к индивидуальному или общественному здоровью.

Оптимизация качества здоровья и жизни – процесс и результат целенаправленного и организованного воздействия на пациента (при условии двустороннего сотрудничества) с целью обеспечения его оптимально возможной в данных условиях жизнедеятельности.

Самоактуализация – непрерывное стремление человека к возможно более полному выявлению и развитию индивидуальных возможностей в сфере ЗОЖ.

Самоконтроль – проявление сознательной регуляции человеком собственного поведения и деятельности с целью обеспечения целостного личного здоровья в соответствии с половозрастной нормой и особенностями индивидуальной конституции.

Самокоррекция предусматривает выбор путей и средств, направленных на восстановление оптимального для данного индивида КЗ.

Самооценка КЗ – определение личностью уровня собственного КЗ на основании качественно-описательных и количественных характеристик.

Сознание – осознание человеком системы его представлений, понятий и суждений о здоровье и ЗОЖ, а также соответствующих им социальных отношений, потребностей, мотивов деятельности.

ти и поведения в сфере охраны здоровья.

Формирование КЖ личности – процесс и результат целенаправленного и организованного овладения человеком целостностью понятия «здоровье», устойчивыми чертами и качествами, необходимыми для максимально успешной жизнедеятельности.

Итак, анализ концептуальных понятий восстановительной медицины – качества жизни, качества здоровья, культуры здоровья – с позиций синергетики и теории функциональных систем П.К. Анохина позволяет использовать их в качестве теоретической основы СМР, нацеленной на достижение максимально возможного уровня здоровья ее клиентов. При этом рассматривается динамика функциональной системы качества жизни в онтогенезе, эволюционный и популяционный системогенез функциональной системы культуры здоровья, его основные закономерности, включая тенденцию формирования баланса здраво- и патоцентристской парадигм в рамках СМР для повышения уровня культуры здоровья лиц группы риска, больных, инвалидов.

Если оптимизация качества жизни является актуальной стратегией современности, то формирование качества жизни – задача перспективная, причем ее реализация возможна только при условии обязательного включения системы образования в процесс формирования индивидуальной культуры здоровья. Соответственно на данный момент СМР выступает в качестве основного механизма управления процессом оптимизации качества жизни населения РФ в онтогенезе.

### Библиографический список

1. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем [Текст]: избр. труды / Под ред. К.В. Судакова. Сост. В.А. Макаров. – М.: Медицина, 1996. – 400 с.
2. Ильина И.В. Содержание и методика социально-медицинской работы [Текст]: учебник (в трех частях) / И.В. Ильина. – Орел – С.-Петербург: Издательство ОГУ, 2007.
3. Кошель В.И. Вторичная профилактика в условиях многопрофильного стационара [Текст] / В.И. Кошель // Ибин Сина – Авиценна / Журнал профилактической медицины – спецвыпуск № 12. – 2006, май. – С. 9–10.
4. Мартыненко А.В. Медико-социальная работа: теория, технологии, образование [Текст] / А.В. Мартыненко. – М.: Наука, 1999. – 240 с.
5. Разумов А.Н. Оздоровительная физкультура в восстановительной медицине [Текст]: учебное пособие / А.Н. Разумов, О.В. Ромашин. – М.: Вуз и школа, 2002. – 168 с.
6. Разумов А.Н., Кузовлев О.П., Корчажкина Н.Б. Применение структурно-резонансных воздействий для повышения резервных и адаптивных возможностей организма у практически здоровых лиц [Текст] / А.Н. Разумов О.П. Кузовлев, Н.Б. Корчажкина // Актуальные вопросы восстановительной медицины (медицинской реабилитации). – 2005. – № 1. – С. 7–10.

I.V. ILINA

## HOW TO USE MEDIC-SOCIAL WORK TO MANAGE QUALITY OF LIFE OPTIMIZATION

*Nowadays medic-social work can be used as the main mechanism for managing quality of life optimization. Complex problem of life quality optimization on the basis of restoring medicine methodology is seen upon as the tangible strategy. Quality of life formation is the perspective aim, which can be achieved if the opportunities of education are actively employed while forming individual health culture.*

*Key words:* **health culture, health quality, quality of life optimization, medic-social work, restoring medicine.**



**Е.О. МОИСЕЕВА**, соискатель кафедры факультетской терапии  
Смоленской государственной медицинской академии  
Тел. 8 910 712 08 75; moiseevaeo@mail.ru

**А.В. БОРСУКОВ**, доктор медицинских наук, профессор кафедры  
факультетской терапии Смоленской государственной медицинской  
академии, руководитель проблемной научно-исследовательской  
лаборатории «Ультразвуковые исследования  
и мини-инвазивные технологии»  
Тел. +7-(4812) 632210, факс +7-(4812) 279726; bor55@yandex.ru,

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ ПЕЧЕНОЧНОЙ ЭНЦЕФАЛОПАТИИ У БОЛЬНЫХ С ДИФФУЗНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПЕЧЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСКРИАНАЛЬНОГО ДУПЛЕКСНОГО СКАНИРОВАНИЯ И РЕЖИМА 3D

*В статье приводятся данные обследования 56 пациентов с диффузными заболеваниями печени (44% вирусной, 32% алкогольной и 24% смешанной этиологии) и проявлением печеночной энцефалопатии I–III стадии. Наряду с оценкой портальной гемодинамики, эластографией, пункционной биопсией применена технология триплексного исследования артерий головного мозга и воротной вены в режиме 3D. Получены допплерографические маркеры, позволяющие дифференцировать печеночную энцефалопатию по стадиям.*

**Ключевые слова:** диффузные заболевания печени, печеночная энцефалопатия, портальная гипертензия, церебральная гемодинамика, допплерометрия, режим 3D.

Прогноз жизни пациентов с диффузными заболеваниями печени во многом зависит от развития осложнений, среди которых одним из наиболее важных является печеночная энцефалопатия [7, 16]. В настоящее время отмечается неуклонный рост хронических диффузных заболеваний печени различной этиологии и ведется постоянный поиск новых методов диагностики заболеваний печени и их осложнений [6, 11, 17]. Интерес к изучению осложнений заболеваний печени, в частности печеночной энцефалопатии, обусловлен широким ее распространением, сложностью диагностики, отсутствием дифференцированных подходов к диагностике и лечению, весомой ролью этого нарушения в формировании фатальных исходов [2, 14].

Печеночная энцефалопатия представляет собой комплекс потенциально обратимых нервно-психических нарушений, возникающих вследствие печеночной недостаточности и/или портосистемного шунтирования крови [13, 19]. В клинической практике в основном проводится диагностика и лечение клинически выраженной энцефалопатии, развившейся на фоне цирроза печени. Ранняя диагностика клинически мало выраженной печеночной энцефалопатии остается малоизученной, в то время как прогрессирование печеночной энцефалопатии отягощает состояние больного, нарушает

качество его жизни и снижает трудоспособность [3, 15, 20]. Под влиянием лечения нередко симптомы печеночной энцефалопатии уменьшаются или полностью временно исчезают на короткий или длительный срок [10]. Поэтому своевременная диагностика печеночной энцефалопатии и определение ее стадии имеют существенное значение для лечения больных и прогноза заболевания [1, 8, 12, 18].

**Цель:** Оценить возможности допплерометрии сосудов головного мозга у больных с диффузными

ми заболеваниями печени в диагностике печеночной энцефалопатии и исследовании воротной вены в режиме 3D.

**Материалы и методы:** На базе МЛПУ «Клиническая больница № 1» г. Смоленска и «Жуковского психоневрологического интерната с обособленным спецотделением» обследовано 52 пациента (28 мужчин и 24 женщины) в возрасте 29–68 лет с хроническими диффузными заболеваниями печени и проявлением печеночной энцефалопатии I–III стадии (табл. 1).

Таблица 1 – Общая клиническая характеристика больных

Группы пациентов	Число наблюдений	Мужчин		Женщин		Средний возраст, лет
		абс.	%	абс.	%	
Группа с печеночной энцефалопатией I ст.	19	10	(19,2%)	9	(17,3%)	51 ± 0,7
Группа с печеночной энцефалопатией II ст.	16	8	(15,4%)	8	(15,4%)	52 ± 1,3
Группа с печеночной энцефалопатией III ст.	17	10	(19,2%)	7	(13,5%)	50 ± 1,3
Контрольная группа (др. патология ЖКТ)	43	17	(39,5%)	26	(60,5%)	54 ± 1,0
Всего	95	45	(47,4%)	50	(52,6%)	52 ± 1,2

Первую группу составляли больные с хроническими диффузными заболеваниями печени и печеночной энцефалопатией I ст. (n=19). Вторую группу составляли больные с хроническими диффузными заболеваниями печени и печеночной энцефалопатией II ст. (n=16). Третью группу составляли больные с хроническими диффузными заболеваниями печени и печеночной энцефалопатией III ст. (n=17). Средний возраст больных составил 52 ± 1,2 года. Контрольную группу составили 44 больных с иной патологией желудочно-кишечного тракта (хроническим паренхиматозным панкреатитом, нестойкая ремиссия; гастроэзофагально рефлексной болезнью; язвенной болезнью 12-п кишок, нестойкая ремиссия, бескаменный холецистит, неосложненное течение).

Перечень обязательных исследований и лечения был в полном соответствии со стандартными протоколами (приказ Минздрава РФ от 17.04.1998 № 125). Для диагностики печеночной энцефалопатии проводились: клинический осмотр пациентов,

психометрические тесты, алгоритм подсчета баллов печеночной энцефалопатии (HESA), ультразвуковое исследование органов брюшной полости с портальной гемодинамикой и исследование v. portae в режиме 3D, ультразвуковая допплерография магистральных артерий головы.

**Психометрические тесты:** тест чисел, тест почерка, тест линий, символьно-цифровой тест – использовались для ранней диагностики печеночной энцефалопатии и оценки характера течения заболевания. С помощью теста связывания чисел (тест Рейтана) оценивалась способность к совершению когнитивных движений. Конструктивная апраксия оценивалась по тесту линий и почерку пациента. Символьно-цифровой тест предназначен для оценки скорости и точности движений.

Алгоритм подсчета баллов печеночной энцефалопатии (HESA) использовался для определения стадии печеночной энцефалопатии (The Regents of the University of California, 2006) (табл. 2) [21].

Таблица 2 – Шкала оценки HESA

4	О Отсутствие открытия глаз О Отсутствие реакции на простые команды	О Отсутствие устного / голосового ответа
	Если применимо все – Степень 4	в противном случае – продолжать
3	О Сомноленция О Странное, эксцентричное поведение / Гнев / Ярость Контроль умственной деятельности = 0	О Спутанность сознания О Дезориентация в пространстве О Клонус / Ригидность / Нистагм / Симптом Бабинского
	Если применимо 3 или более – Степень 3	в противном случае – продолжать
2	О Сонливость О Утрата ощущения времени О Усиление рефлексов Замедление ответов Тревожность	О Неясная смазанная речь О Неадекватное поведение Амнезия на недавние события Нарушение простых вычислений
	Если применимо 2 или более О и 3 или более	– Степень 2      в противном случае – продолжать
1	О Нарушение сна / нарушенный характер сна Нарушение сложных вычислений Нарушение способности к образованию конструкций	О Тремор Снижение объема внимания Депрессия
	Если применимо 4 или более – Степень 1	в противном случае – Степень 0
	Степень печеночной энцефалопатии:	

Всем больным была проведена ультразвуковая допплерография v. portae и v. lienalis, исследование v. portae в В-режиме и режиме 3D, а также ультразвуковая допплерография экстра- и интракраниальных артерий головного мозга в первый день госпитализации, в период лечения (от 2 до 4 раз) и перед выпиской на 20–25-й день.

Ультразвуковая допплерография v. portae и v. lienalis в дуплексном/триплексном режиме (В.В. Митков, 2002) проводилась конвексным датчиком 5-2МГц. Мы использовали оригинальную методику оценки режима 3D v. portae в баллах от 1 до 20.

Ультразвуковое триплексное сканирование экстра- и интракраниальных артерий головного мозга проводилось по стандартной методике, предложенной В.Г. Лелюк и С.Э. Лелюк, 2003 г., линейным датчиком 10-5МГц и секторным фазированным датчиком 4-2МГц. Точки локации (рис. 1):

- Ствол общей сонной артерии, область бифуркации общей сонной артерии, наружная и внутренняя сонные артерии, позвоночная артерия, подключичная артерия.
- Орбитальное окно (глазничная артерия, сифон внутренней сонной артерии).
- Темпоральное окно (передняя мозговая артерия, средняя мозговая артерия, задняя мозговая артерия).

· Субокципитальное окно (основная артерия, интракраниальный отдел позвоночной артерии).

Методика транскраниального дуплексного/триплексного сканирования включает исследование вещества мозга в В-режиме, оценивая наличие патологических образований в них и исследование кровотока в крупных интракраниальных артериях, венах и синусах с использованием эффекта Доппеля. Транскраниальное дуплексное сканирование выполняется только после проведения дуплексного сканирования экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий. Визуализация стенки интракраниальных сосудов в В-режиме при транскраниальном сканировании принципиально невозможна из-за ультразвукового излучения низкой частоты, необходимой для преодоления препятствия в виде костей черепа. В связи с этим вся качественная информация о состоянии просвета сосуда, сосудистой геометрии оценивается по характеру изменений картограммы потока крови в сосуде [5, 9].

Статистически достоверные изменения церебральной гемодинамики у больных с печеночной энцефалопатией выявляются в бассейне средних мозговых артерий (СМА) [4].

**Результаты:** У больных с диффузными заболеваниями печени отмечаются изменения цере-

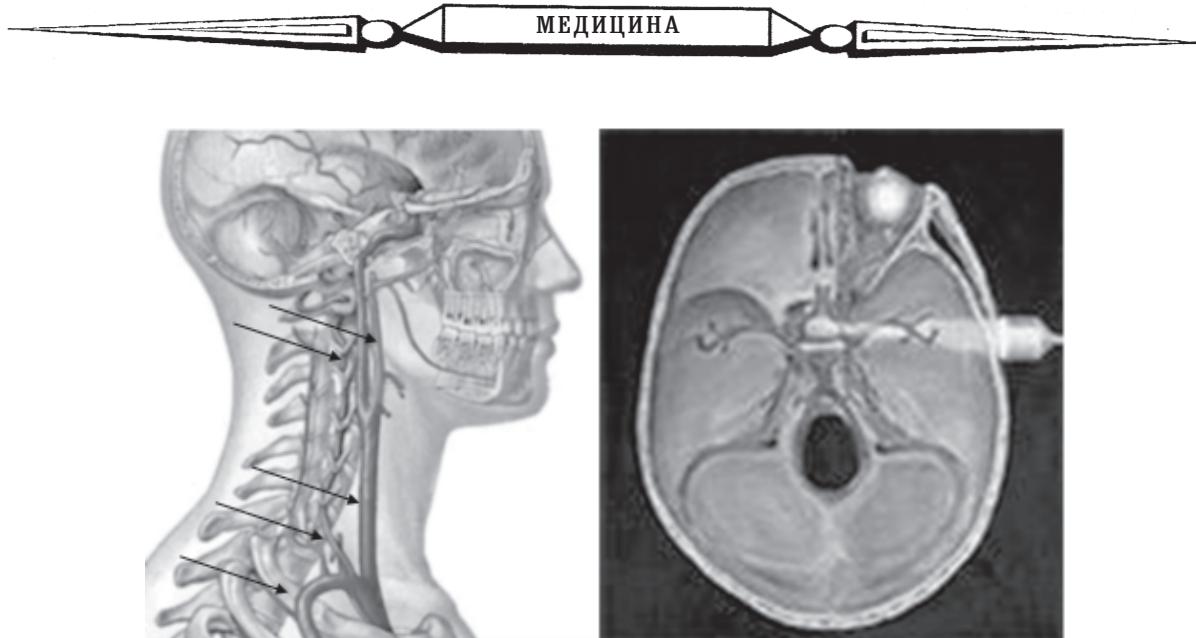


Рис. 1. Стандартизированная методика ультразвукового дуплексного сканирования сосудов головного мозга.

бральной гемодинамики в бассейне средней мозговой артерии различной степени выраженности – от минимальных до необратимых. У 92% больных наблюдалась контраполатеральная гемисферная асимметрия максимальной линейной скорости кровотока (ЛСК) в бассейне средней мозговой артерии более 30%, а также снижение индекса пульсативности до 0,78 и более, индекса резистентности до 0,49 и более. Из них у 58,2% больных хроническими диффузными заболеваниями печени эти изменения носили бессимптомный характер, у 71,7% больных подтверждались лучевыми признаками, в других случаях данные неспецифичны (табл. 3).

Таблица 3 – Параметры кровотока в бассейне СМА у больных циррозом печени

Параметры гемодинамики	Стадии печеночной энцефалопатии		
	I ст.	II ст.	III ст.
Максимальная ЛСК, см/с	98,9±12,1	84,1±6,9	79,2±6,4
Минимальная ЛСК, см/с	46,4±9,2	43,2±5,2	41,4±5,6
Асимметрия максимальной ЛСК, %	26,6±6,4	30,3±3,3	36,4±4,6
Значение индекса резистентности, ед.	0,49±0,07	0,47±0,03	0,45±0,06
Значение индекса пульсативности, ед.	0,79±0,66	0,72±0,23	0,61±3,1

Примечание: в IV стадии печеночной энцефалопатии (печеночной коме) транскраниальное триплексное сканирование артерий головного мозга не проводилось.

У больных с диффузными заболеваниями печени и печеночной энцефалопатией I ст. отмечалось: снижение максимальной скорости кровотока по средней мозговой артерии до  $98,9\pm12,1$  см/с и минимальной – до  $46,4\pm9,2$  см/с, индекса резистентности – до  $0,49\pm0,07$  ед., индекса пульсативности – до  $0,79\pm0,66$  ед., увеличение асимметрии максимальной ЛСК – до  $26,6\pm6,4\%$ . С прогрессированием стадии печеночной энцефалопатии усугублялись параметры церебральной гемодинамики. У больных с диффузными заболеваниями печени и печеночной энцефалопатией II ст. отмечалось: снижение максимальной скорости кровотока по средней мозговой артерии до  $84,1\pm6,9$  см/с и минимальной – до  $43,2\pm5,2$  см/с, индекса резистентности – до  $0,47\pm0,03$  ед., индекса пульсативности – до  $0,72\pm0,23$  ед., асимметрия максимальной ЛСК –  $30,3\pm3,3\%$ . У больных с диффузными заболеваниями печени и печеночной энцефалопатией III ст. отмечалось: снижение максимальной скорости кровотока по средней мозговой артерии до  $79,2\pm6,4$  см/с и минимальной – до  $41,4\pm5,6$  см/с, индекса резистентности – до  $0,45\pm0,06$  ед., индекса пульсативности – до  $0,61\pm3,1$  ед., асимметрия максимальной ЛСК –  $36,4\pm4,6\%$ .

Наличие гемисферной асимметрии параметров максимальной ЛСК более 44%, снижение параметров максимальной (до 61 см/с) и минимальной (до 34 см/с) ЛСК, а также индекса резистентности (более 0,42) указывают на неблагоприятный прогноз диффузного заболевания печени (рис. 2).

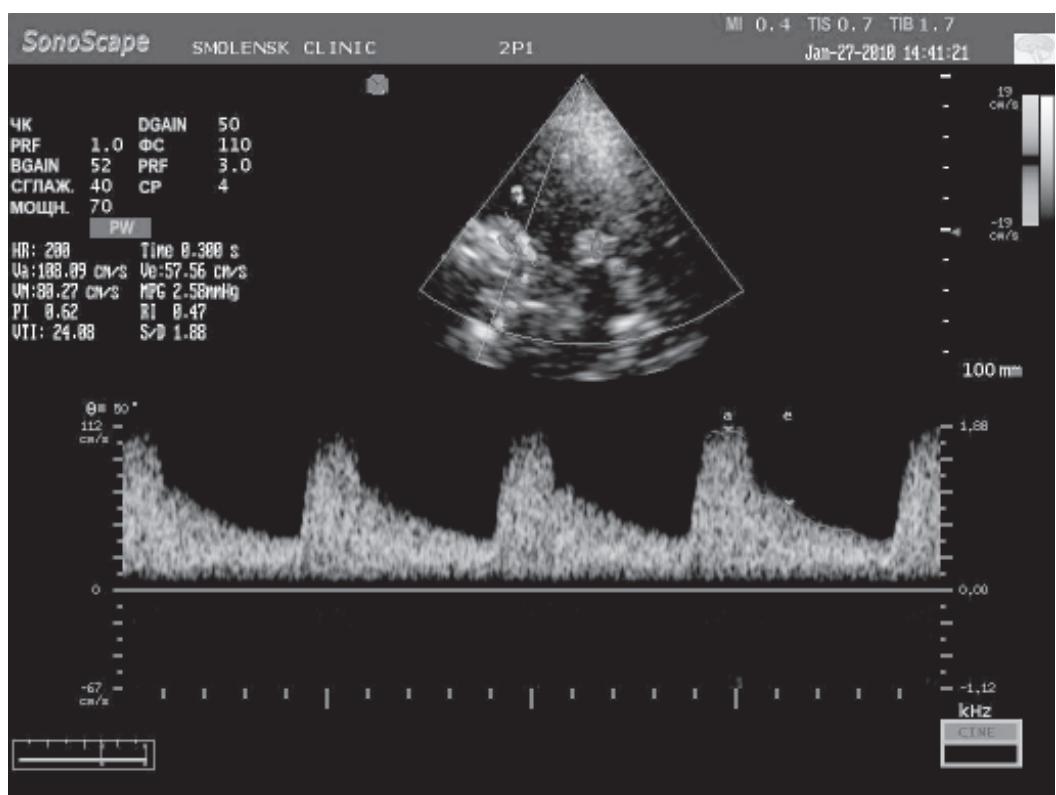


Рис. 2. Триплексное сканирование интракраниального отдела средней мозговой артерии у больного с печеночной энцефалопатией II степени: снижение ЛСК, индекса периферического сопротивления.

При ультразвуковой допплерографии v. portae в B- и 3D режимах наблюдается прямо пропорциональная зависимость изменений порталой гипертензии и деформации v. portae в режиме 3D: от 1

до 4 баллов степень деформации v. portae при I степени портальной гипертензии, от 5 до 11 баллов – при II степени, от 12 до 16 баллов – при III степени (рис. 3).

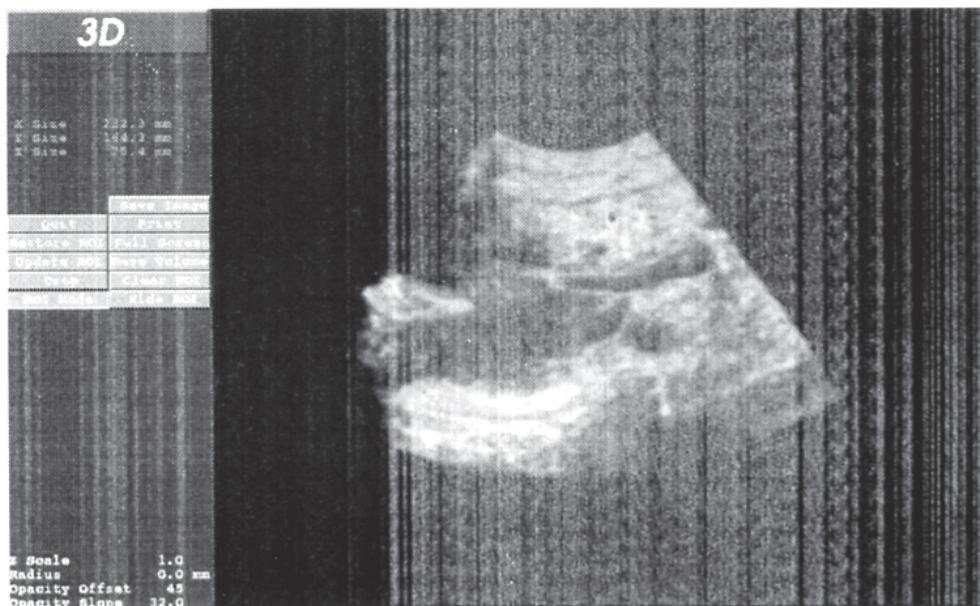


Рис. 3. Ультразвуковое исследование печени и воротной вены в режиме 3D: портальная гипертензия II степени, деформация воротной вены 6 баллов.

**Выводы:**

- Печеночная энцефалопатия диагностируется у 95,3% больных циррозом печени, из них у 64% больных развивается бессимптомное течение цереброваскулярной недостаточности.
- Транскрианальное триплексное сканирование – высокоинформативный метод для ранней диагностики изменений церебральной гемоди-

намики у больных с печеночной энцефалопатией и определения стадии печеночной энцефалопатии.

3. Трехмерное исследование v. portae может служить достоверным маркером сосудистой деформации и имеет возможности проводить диагностику печеночной энцефалопатии по стадиям.

**Библиографический список**

- Буеверов А.О., Маевская М.В. Трудные вопросы диагностики и лечения печеночной энцефалопатии // Клинические перспективы гастроэнтерологии и гепатологии № 1. – 2005. – Стр. 25–30.
- Ивашкин В.Т., Надинская М.Ю., Буеверов А.О. Печеночная энцефалопатия и методы ее метаболической коррекции // Бол. орг. пищевар. – 2001. – Т. 3. – С. 25–27.
- Куликов В.Е. Динамика кровообращения в сосудах головного мозга у больных циррозами печени на фоне энцефалопатии // Материалы V съезда Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине. – М., 2007. – С. 90.
- Куликов В.Е., Фишман Б.Б., Волков А.В., Малютин Г.С., Шварцман Г.И. Особенности церебральной гемодинамики у больных хроническими диффузными заболеваниями печени // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2007. – № 4, – С. 55–57.
- Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. 3-е изд, доп. и перер. – М.: Реал Тайм, 2007 г.
- Маев И.В., Вьючнова Е.С., Дичева Д.Т., Стасева И.В. Печеночная энцефалопатия: учебно-методическое пособие. – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ и СР РФ, 2005.
- Подымова С.Д. Болезни печени: Руководство для врачей. 3-е изд., перер. и доп. – М.: Медицина, 1998. – 544 с.
- Хазанов. Функциональная диагностика заболеваний печени. – М.: Медицина, 1998. – 301 с.
- Цвибель В., Пеллерито Дж. Ультразвуковое исследование сосудов. 5-е издание, перевод с английского. – М.: Издательский дом ВИДАР-М, 2008.
- Butterworth RF. Complications of cirrhosis III. Hepatic encephalopathy. J Hepatol 2000; 32: 171–80.
- Conn HO. Quantifying the severity of hepatic encephalopathy. In: Conn H.O., Bircher J. (eds.). Hepatic encephalopathy: syndromes and therapies. Bloomington: Medi-Ed Press, 1994; p. 13–26.
- Haussinger D, Kircheis G, Fischer R et al. Hepatic encephalopathy in chronic liver disease: a clinical manifestation of astrocyte swelling and low-grade cerebral edema? J Hepatol 2000; 32: 1035–8.
- Jones EA, Weissborn K. Neurology and the liver. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1997; 63: 279–93.
- Kullmann F. Subclinical hepatic encephalopathy: the diagnostic value of evoked potentials // J. Hepatology. – 1995. – V.I. – P. 101–110.
- Kuntz E., Kuntz H.-D. Hepatic encephalopathy. Hepatology. Principles and practice // Springer. 2002. P. 234–54.
- Layrargues GP. Movement dysfunction and hepatic encephalopathy. Metabol Brain Dis 2001; 16: 27–35.
- Montagnese S, Amodio P, Morgan MY. Methods for diagnosing hepatic encephalopathy in patients with cirrhosis: a multidimensional approach. Metabol Brain Dis 2004; 19: 281–312.
- Patel N, White S, Dhanjal NS et al. Changes in brain size in hepatic encephalopathy: a coregistered MRI study. Metabol Brain Dis 2004; 19: 431–45.
- Schomerus H, Hamster W. Quality of life in cirrhotics with minimal hepatic encephalopathy. Metabol Brain Dis 2001; 16: 37–41.
- 20. Интернет URL.** <http://www.medarchive.info/books/book-liver/07.swf>
- The Regents of the University of California, 2006.

E.O. MOISEEVA, A.V. BORSUKOV

**IMPROVING THE HEPATIC ENCEPHALOPATHY DIAGNOSIS IN PATIENTS WITH DIFFUSE LIVER DISEASE USING TRANSCRANIAL DUPLEX SCANNING AND 3D MODE**

*The article represents survey data from 56 patients with diffuse liver disease (44% patient of virus aetiology, 32% alcoholic and 24% combined) and a manifestation of hepatic encephalopathy stage I–III. Along with the assessment of portal hemodynamics, elastografi needle biopsy apply of technology triplex study cerebral arteries and portal venous mode 3D. We obtain dopplerographic markers to differentiate the stages of hepatic encephalopathy.*

*Key words:* *diffuse liver diseases, hepatic encephalopathy, portal hypertension, cerebral haemodynamics, dopplerometrics, 3D mode.*



**О.С. САУРИНА**, доктор медицинских наук, заведующая кафедрой социально-профилактических дисциплин медицинского института  
Орловского государственного университета  
*saurina051@mail.ru*

## АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ НЕЙРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ЦНС ПРИ ОСТРОМ ДЕЙСТВИИ ПЕРЕНОСИМЫХ ДОЗ ИЗМЕНЕННОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ

*Проблема воздействия ионизирующего излучения на структурно-функциональные эквиваленты клинических проявлений в комбинации с сопутствующими факторами является актуальной для радиобиологии и медицины. Выявлены морфологические основы реакции головного мозга животных на кратковременную дозированную гипо- и гипероксию, и намечены основные пути их радиомодификации.*

**Ключевые слова:** радиомодификация, гипоксия, гипероксия, нейроциты: нормохромные, реактивные, деструктивные; синапс, регрессионный анализ.

Изменения, происходящие в организме при действии факторов среды, непосредственно не являются функцией факторов среды, а определяются генотипической и фенотипической адаптацией. Вместе с тем индивидуальный биологический ответ организма на воздействие экстремальных факторов может приводить к срыву адаптации, возникновению патологического состояния, собственно заболеванию или смерти. Обязательным условием возникновения болезни является достаточная доза загрязнителя, поступающая к тканям и органам, где развивается патологический процесс. Биологические эффекты ионизирующих излучений в организме постоянно привлекают внимание ученых. Интерес вызывают нормирование доз излучения, идентификация зависимости дозы – эффект, оценка эффективности средств и методов профилактики, защита, коррекция, лечение различных нарушений. Основным источником пополнения знаний в этой области являются эксперименты на животных, результаты которых затем экстраполируются на человека. С учетом определенных анатомо-физиологических соотношений при нахождении в равноэффективных условиях воздействия факторов можно рассчитать переходные коэффициенты экстраполяции от одного вида животного к другому. Длинный путь экстраполяции необходим для получения гипотетических зависимостей реакций человека на воздействие изучаемых факторов в том случае, когда получить «прямые» экспериментальные данные не представляется возможным.

Целью нашей работы явилось определение алгоритмов оценки адаптационных возможностей головного мозга при комбинированном действии гамма-облучения и переносимых доз измененной газовой среды. В качестве объекта исследования мы использовали клетки сенсомоторной коры, которые обладали наибольшей функциональной лабильностью по сравнению с другими отделами головного мозга. В настоящем эксперименте использовано 932 крысы линии Вистар, подвергшихся гамма-облучению

головы в дозе от 2 до 200 Зв в газовой среде с содержанием кислорода 8, 21, 60 и 99%. Животных выводили из эксперимента через 0,1; 0,8; 1,7; 5; 24 и 72 часа после воздействия. При выборе объектов исследования предпочтение отдавали структурам головного мозга, имеющим отношение к поведению и работоспособности. Эти свойства организма в конечном итоге проявляются через движение и зависят от состояния пирамидной, экстрапирамидной, лимбической и афферентной систем. Образцы этих отделов головного мозга обрабатывали общегистологическими, нейроморфологическими, гистохимическими, электронно-микроскопическими, биометрическими методиками и методами математического анализа. Обзорные срезы коры изучали в зависимости от дозы облучения, времени после воздействия и содержания кислорода в среде. Морфологические изменения нейроцитов условно разделяли на три группы: деструктивные (необратимые); реактивные (целостность ядра и ядрышка сохранена, а наблюдаемые изменения, по-видимому, обратимые) и нормохромные.

Облучение головы в дозе 200 Зв в газовой среде с содержанием кислорода 8% не вызывает в ранние сроки на светооптическом уровне значимых изменений в головном мозге. Количество нейронов, имеющих обычную структурно-функциональную организацию, снижается по отношению к контролю

только к 24 час. наблюдения и составляет  $96,0 \pm 3,1\%$ .

Нейроморфологический анализ показал, что между параметрами действующих факторов – дозой неравномерного гамма-облучения, временем после воздействия облучения, содержанием кислорода в среде, сопутствующими факторами и динамикой показателей морфофункционального состояния головного мозга существуют множественные связи. Для их оценки составлены и проанализированы регрессионные модели зависимостей соответствующих факторов.

Уравнение регрессии изменений нормохромных нейроцитов ( $NX$ ) выглядит следующим образом:  $NX = 1,0347 + 0,0641x - 0,0785y - 0,5531z - 0,1685x^2 + 0,5003z^2$ , где  $x$  – доза облучения,  $y$  – время после воздействия,  $z$  – содержание кислорода,  $xy$ ,  $xz$ ,  $yz$ ,  $xyz$ ,  $x^2$ ,  $y^2$ ,  $z^2$  – взаимные влияния параметров  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и нелинейное влияние каждого из этих параметров.

Из уравнения следует, что количество нормохромных клеток в условиях эксперимента уменьшается с увеличением содержания кислорода, дозы облучения и времени после воздействия. Модель сочетанного воздействия факторов на количество нормохромных клеток имеет уровень значимости менее  $1,00E-19$  при коэффициенте детерминации 0,51.

Графическая зависимость нормохромных клеток от действия изучаемых факторов представлена на рис. 1.

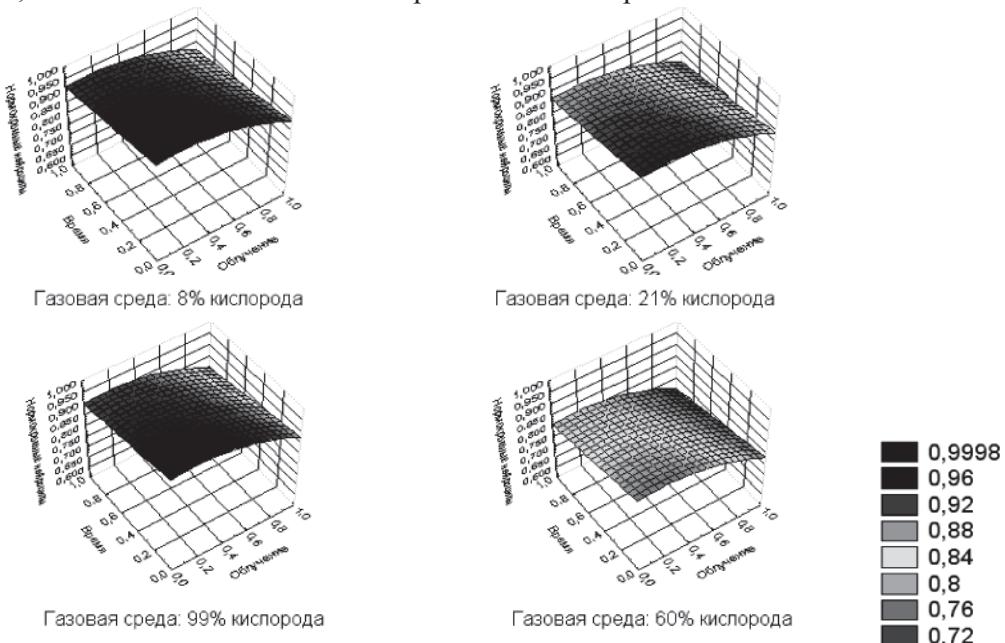


Рис. 1. Зависимость нормохромных нейроцитов от дозы облучения и времени после воздействия с фиксированными значениями кислорода.

Через 24 часа после облучения значительно увеличивается количество нейронов как с реактивными, так и с деструктивными изменениями, составляя соответственно 122,8 и 258,5% по отношению к контролю. Однако после облучения головы в дозе 200 Зв в чистом нормобарическом кислороде в коре больших полушарий сразу наблюдается увеличение количества нейроцитов с деструктивными изменениями (ДН). Их количество составляет по отношению к контролю 168,3, а реактивных – 105,5%.

$$ДН=1,2061+1,7273x+2,3606y+3,4254z+2,919xy+1,5352xz-1,7732yz-2,5478x^2-2,1620y^2-2,9849z^2+3,0396xyz.$$

Анализируя коэффициенты уравнения регрессии и их линейные и нелинейные составляющие, мож-

но заключить, что наибольшее влияние на увеличение количества деструктивных клеток оказывает совместное воздействие трех изучаемых факторов. Вместе с тем при увеличении показателей изолированного воздействия и совместного влияния дозы облучения с кислородом и временем воздействия количество деструктивных нейроцитов также будет возрастать.

На рис. 2 графически представлена зависимость деструктивных нейроцитов от воздействия экспериментальных факторов. Очевидно, что при возрастании совместного влияния всех изучаемых параметров количество деструктивных нейроцитов будет повышаться.

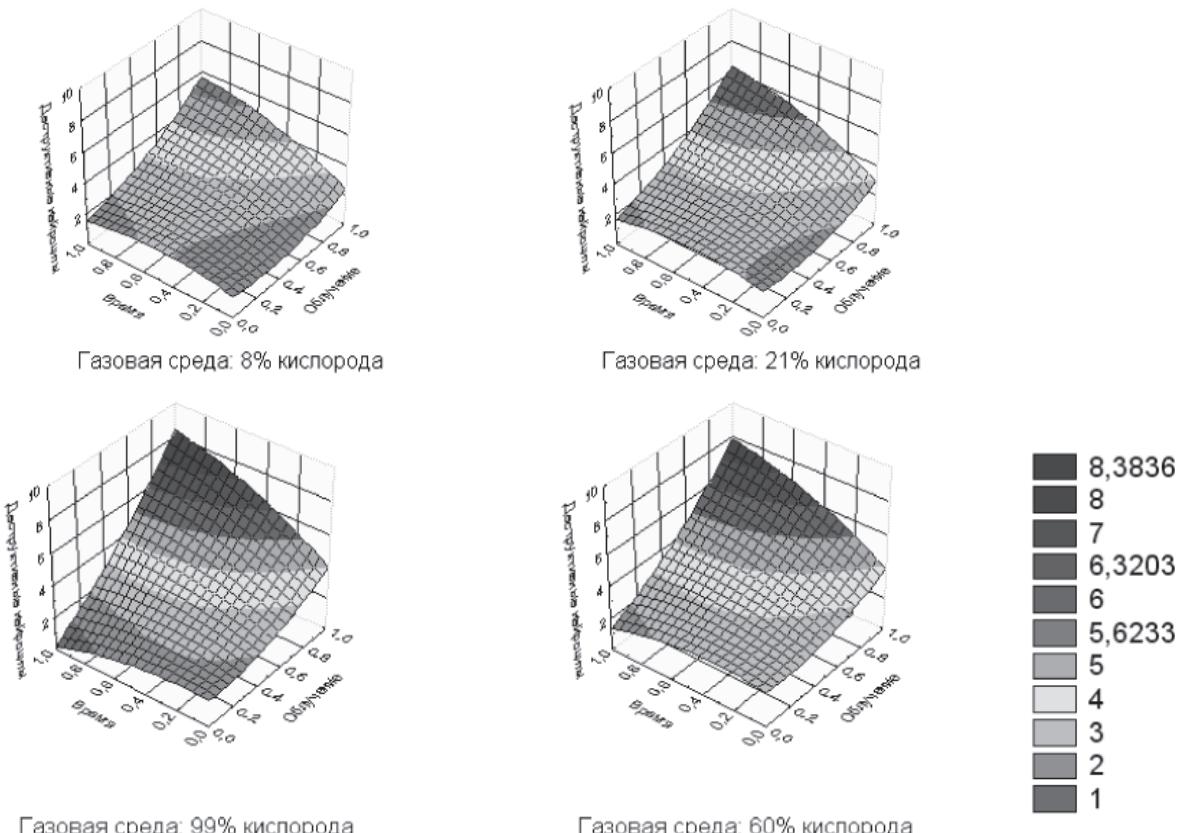


Рис. 2. Зависимость деструктивных нейроцитов от дозы облучения и времени после воздействия с фиксированными значениями кислорода.

Количество глиальных клеток на единице площади при облучении в гипоксии было значимо меньше, чем у контрольной группы животных. Исследования, проведенные при облучении в чистом нормобарическом кислороде, свидетельствуют о масштабном распаде как нервных, так и глиальных клеток. В результате через 72 часа пострадиационно-

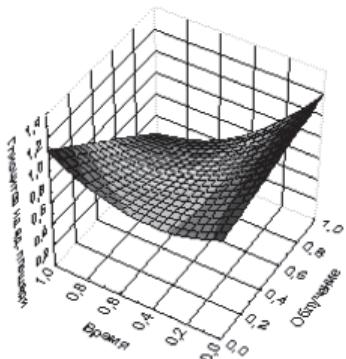
го периода наблюдается достоверное снижение количества как нервных, так и глиальных клеток, приходящихся на единицу площади среза коры больших полушарий. Подобное явление при облучении ни в воздухе, ни в ГГС-8 не наблюдалось.

Уравнение регрессии, описывающее динамику воздействия изучаемых факторов на изменение

глиоцитов на единице площади (ГеП), выглядит следующим образом:

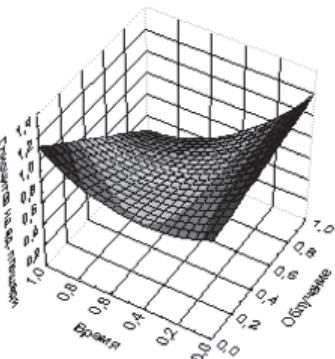
$$\text{ГеП} = 0,9405 + 0,2475x - 0,7312y - 1,11192xy + 0,2169yz + 0,8582y^2.$$

Зависимость количества глиоцитов на единице площади от времени после воздействия и дозы

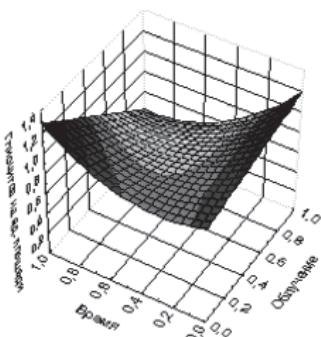


Газовая среда: 8% кислорода

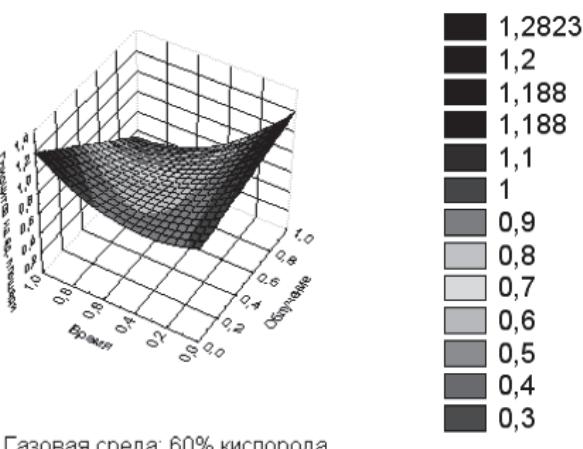
облучения для фиксированных значений кислорода представлена на рис. 3. Очевидно, что при всех рассмотренных дозах кислорода количество глиоцитов на единице площади уменьшается при увеличении дозы облучения и времени после воздействия.



Газовая среда: 21% кислорода



Газовая среда: 99% кислорода



Газовая среда: 60% кислорода

Рис. 3. Зависимость глиоцитов на единице площади от дозы облучения и времени после воздействия с фиксированными значениями кислорода.

При ультраструктурном исследовании выявлено более медленное формирование изменений при облучении в условиях ГГС-8. Сразу после воздействия встречается довольно большое количество нервных клеток с повышением осмиофилии цитоплазмы и кариоплазмы, но набухание ультраструктур в таких нейроцитах незначительно. Большинство межнейрональных контактов имеет обычную ультраструктурную организацию. Изменения в структурах гематоэнцефалического барьера менее выражены, чем при облучении в обычных условиях. Через 0,8 час. пострадиационного периода ультраструктурные изменения нарастают, но остаются менее выраженными, чем у животных,

облученных в воздухе. Во всех отделах головного мозга постоянно встречаются нейроциты с изменением осмиофилии и массовым набуханием ультраструктур белоксинтезирующего и энергетического профиля. В сенсомоторной коре нередкой находкой являются и пикноморфные клетки. Из всего многообразия синаптических контактов наибольшие изменения выявлены у аксошипиковых синапсов коры больших полушарий. В основном они изменяются по светлому типу. Большинство пресинаптических терминалей имеет обычное содержание везикул, причем последние в основном идентичны по величине, форме и осмиофилии. Нередко пресинаптические термина-

ли бывают переполнены везикулами, которые «склеиваются» в их центре или располагаются

равномерно, но не прилежат к пресинаптической мембране (рис. 4).

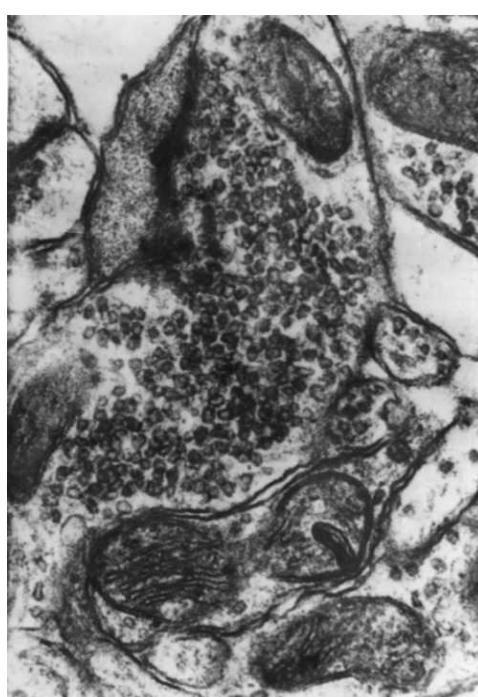
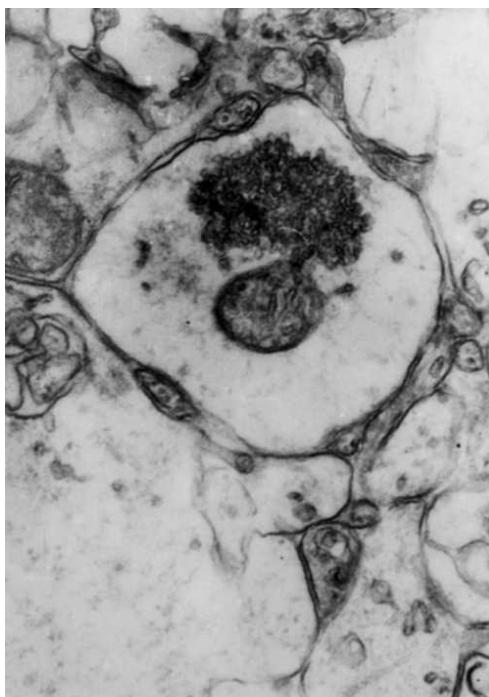


Рис. 4. Изменения синапсов после облучения головы 200 Зв в ГГС-8, х 60 000.

- 1 – агглютинация везикул в претерминали.
- 2 – синаптическая щель заполнена осмифильным материалом.

При облучении в условиях гипероксии через 0,8 час. в сенсомоторной коре происходит увеличение количества пикноморфных нейроцитов, что приводит к достоверному снижению показателя нервно-клеточного индекса. Уравнение регрессии, описывающее динамику воздействия изучаемых факторов на изменение нервно-клеточного индекса (НКИ), выглядит следующим образом:  $\text{НКИ} = 1,0569 - 0,3993x - 0,1758y - 0,6071z + 0,54634z^2$ .

Согласно уравнению на изменение нервно-клеточного индекса наибольшее влияние оказывало содержание кислорода, которое уменьшало его показатель. Аналогично действуют и все рассматриваемые факторы. Построенная модель статистически достоверна и довольно значима при коэффициенте детерминации 0,46. Графическая зависимость представлена на рис. 5. Из графиков следует, что с увеличением содержания кислорода показатель нервно-клеточного индекса уменьшается.

При электронно-микроскопическом исследовании было установлено, что у облученных в кисло-

роде животных изменения нейроцитов более выражены и возникают в ранние сроки пострадиационного периода. Так, уже через 0,1 час. после воздействия во всех отделах головного мозга встречается довольно большое количество клеток с повышением осмифилии цитоплазмы. Постоянно встречаются, особенно в сенсомоторной коре, пикноморфные нейроциты. Среди ультраструктур наиболее заметно изменение цитоплазматической сети. Ее цистерны неравномерно набухают, лишаются рибосом, располагаются хаотично, распадаются с образованием вакуолей или закручиваются в спиралевидные мембранные комплексы. Рядом с такими образованиями могут находиться различной степени зрелости лизосомы. Абсолютное большинство синапсов имеет, как правило, обычную ультраструктурную организацию, но встречаются и распадающиеся по светлому или очаговому типу. Но, пожалуй, самым заметным в этой экспериментальной группе является очаговый распад везикул с образованием гетерогенной осмифильной зернистости или миелино-

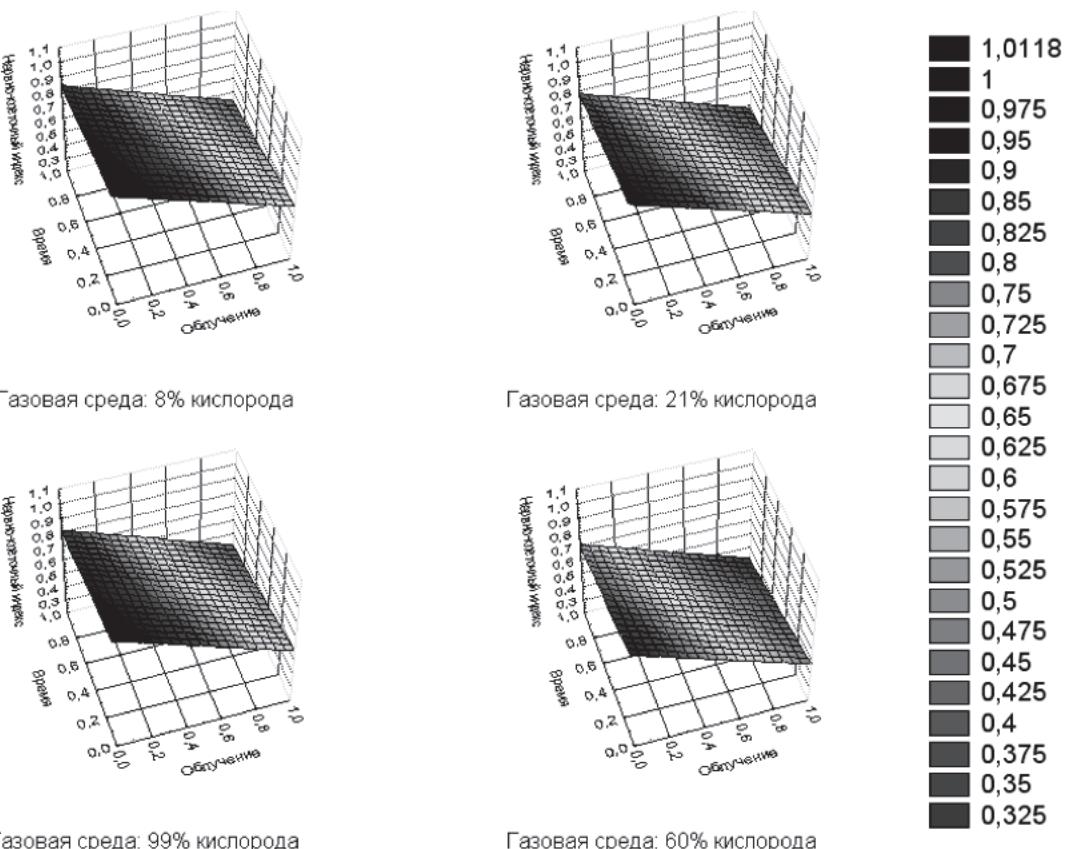


Рис. 5. Зависимость нервно-клеточного индекса от дозы облучения и времени после воздействия с фиксированными значениями кислорода.

вых фигур в пресинаптических отделах. Через 0,8 час. изменения, выявляемые методом электронной микроскопии, практически соответствуют таковым у животных, облученных в воздухе, только более отчетливо выявляется патология межнейрональных контактов. Причем во всех отделах головного мозга распад синапсов происходит очень быстро и затрагивает все их структурные компоненты. В то же время во всех отделах головного мозга практически не встречается набухание и распад периваскулярной астроцитарной муфты. В связи с этим нет отеков, так характерных для животных, облученных в воздухе или ГГС-8.

Через 1,7 час. после воздействия описанные изменения во всех отделах головного мозга становятся более распространенными. Так, основная масса нейроцитов не имеет грубых изменений ultraструктур, но рядом с такими клетками встречаются пикноморфные нейроциты и клеточные тени в виде гетерогенных осмиофильных бесформенных структур. Характерной чертой деструк-

ции синапсов при облучении в условиях гипероксии является быстрый распад их структур с образованием миелиновых фигур и мембранных комплексов как в пресинаптическом, так и в постсинаптическом отделах. Причем мембранные комплексы в постсинаптическом отделе, обычно имеющие концентрическую структуру, встречаются только при сочетанном действии ионизирующего излучения и гипероксии. Изменения микроциркуляторного русла головного мозга практически соответствуют таковым у животных, облученных в воздухе.

Таким образом, при облучении головы крыс в дозе 200 Зв в чистом нормобарическом кислороде изменения начинают выявляться в более ранние сроки наблюдения и нарастают более интенсивно. Как и при облучении в воздухе, они носят деструктивно-отечный характер, но с более выраженной патологией белоксинтезирующей системы и межнейрональных контактов (рис. 6).

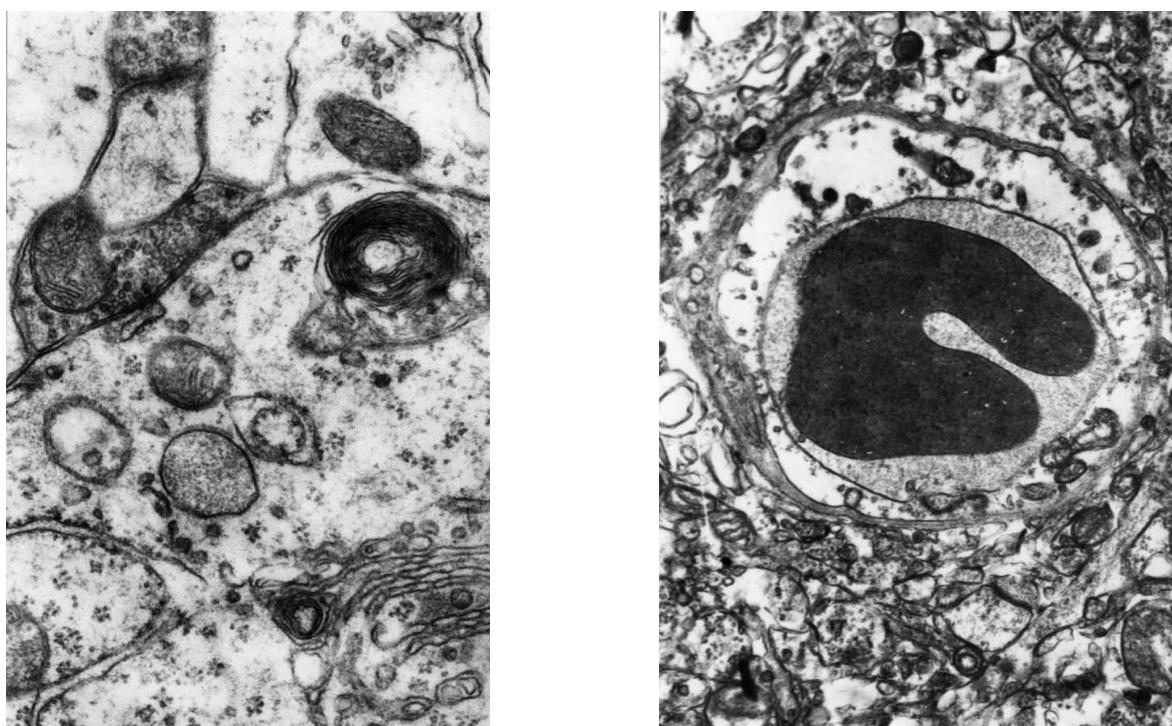


Рис. 6. Изменения в головном мозге после облучения головы 200 Зв в кислороде.  
1 – дегенерация синапсов на нервной клетке, в которой наблюдается миелиноподобная дегенерация  
ультраструктур,  $\times 30\,000$ .  
2 – набухание эндотелия капилляра, реакция периваскулярных астроцитов не выражена,  $\times 15\,000$ .

Анализируя приведенные выше данные, следует заключить, что облучение в условиях гипоксической гипоксии увеличивает резервное время развития неврологических расстройств и снижает тяжесть патоморфологических изменений в ранние сроки пострадиационного периода. При этом состояние синапсов, нервных и глиальных клеток, капиллярной стенки улучшается, а поражение периваскулярной астроцитарной муфты, напротив, усугубляется, вызывая более интенсивное развитие отеков. Облучение в условиях дыхания чистым нормобарическим кислородом сокращает резервное время развития неврологических расстройств и усиливает тяжесть патоморфологических изменений в ранние сро-

ки пострадиационного периода. При этом поражение синапсов, нервных и глиальных клеток, капиллярной стенки усугубляется, поражение периваскулярной астроцитарной муфты, наоборот, замедляется, что уменьшает степень развития отеков головного мозга. Таким образом, дополнительная нагрузка кислородом на облученный организм усиливалась радиоцеребральные показатели по множеству использованных тестов. По множеству использованных критериев обобщенный показатель свидетельствует об утяжеляющем действии кислорода на радиоцеребральные эффекты у животных. Гипоксические газовые смеси в целом замедляют развитие радиоцеребральных эффектов.

#### Библиографический список

- Каращ Ю.М. Нормобарическая гипоксия в лечении, профилактике, реабилитации / Ю.М. Каращ, Р.Б. Стрелков, А.Я. Чижов. – М., 1988. – 351 с.
- О перспективах морфологических исследований мозга в экстремальных ситуациях / В.П. Федоров [и др.] // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2003. – Т. 2 – № 2. – С. 3–6.

3. Ушаков И.Б. Структурно-функциональные механизмы радиационных поражений головного мозга / И.Б. Ушаков, О.С. Саурина, В.П. Федоров // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2005. – Т. 4. – № 3. – С. 13–17.
4. Федоров В.П. Изменения в головном мозге животных при действии гипоксической гипоксии / В.П. Федоров, И.Б. Ушаков, О.С. Саурина // Актуальные вопросы экспериментальной и клинической морфологии. – Томск, 2002. – № 2. – С. 72–73.
5. Федоров В.П. Механизмы кислородного эффекта в нейрорадиобиологии / В.П. Федоров, И.Б. Ушаков, О.С. Саурина // Естествознание и гуманизм: сборник научных работ. – Томск, 2004. – Т.1. – № 3. – С. 88.

O.S. SAURINA

**ALGORITHMS OF ESTIMATING THE DEVELOPMENT OF NEUROMORPHOLOGICAL EFFECTS OF THE RADIATION DEFEAT OF CNS UNDER THE CRITICAL ACTIVITIES OF DOSES OF CHANGED GAS ENVIRONMENT**

*The problem of the influence of the ionized radiation on structural and functional equivalents of clinical manifestations in combination with accompanying factors is urgent for radiobiology and medicine. The morphological bases of the reaction of the animal' brain to the short-term dose hipoxy and hyperoxy have been revealed, and the basic ways for their radiomodification have been outlined.*

*Key words:* radiomodification, hipoxy, hyperoxy, neurocytes: normo, reactive, destructive, synapse, regression analysis.

**И.А. СНИМЩИКОВА**, доктор медицинских наук, профессор,  
заведующая кафедрой иммунологии и специализированных клинических  
дисциплин медицинского института

Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 432186, факс: (4862) 432182; Snimshicova@mail.ru

**М.А. ХАЛИЛОВ**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры  
анатомии, оперативной хирургии медицинского института  
Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 432187; 8 9202817623; max.khal@rambler.ru

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ТОПИЧЕСКОЙ ИММУНОКОРРЕКЦИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН\*

*В статье рассматриваются новые подходы к топической иммунокоррекции гнойных ран, предлагаются различные варианты использования миелопида и экзогенного оксида азота с целью оптимизации лечения больных с раневой инфекцией. На основе клинических, иммунологических, морфологических, микробиологических исследований доказана эффективность предлагаемых способов в комплексном лечении больных с гнойными ранами и раневой инфекцией.*

**Ключевые слова:** топическая иммунокоррекция, раневой процесс, гночная рана, иммунокоррекция, миелопид, оксид азота.

В общей структуре хирургических заболеваний хирургическая инфекция наблюдается у 35–45% больных и протекает наиболее часто в виде раневой инфекции. Наряду с этим около 30% летальных исходов после хирургических вмешательств связано с гнойными осложнениями [1, 3, 10, 15]. Эти данные свидетельствуют об актуальности и нерешённости проблемы хирургической инфекции, приобретающей все большую социально-экономическую значимость. Сложный патогенез раневого процесса обуславливает необходимость комплексного воздействия на различные его стадии. Так как раневая инфекция является одной из основных причин неудовлетворительных исходов ведения открытых повреждений мягких тканей, актуальность оптимизации местной терапии гнойных ран не вызывает сомнений.

Поскольку гноично-воспалительные заболевания сопровождаются нарушением факторов иммунной защиты, то одним из адекватных способов комплексного лечения представляется иммунотерапия препаратами системного и топического действия. Работами ряда авторов показано, что локальная иммунокоррекция при гнойных заболеваниях мягких тканей и раневой инфекции способствует снижению продолжительности лечения и частоты рецидивов [3, 4, 18]. В эксперименте и клинике доказан ранозаживляющий эффект при обработке гнойных ран охлажденным газовым пото-

© И.А. Снимщикова, М.А. Халилов

\*Научно-исследовательская работа проводится в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

ком, содержащим оксид азота, что заложило основы нового направления в медицине – NO-терапии ран и раневой инфекции [2, 7, 19].

В связи с этим приобретает актуальность оптимизация лечения гнойных ран и раневой инфекции с включением в программы комплексного ведения больных способов локальной иммунокоррекции, а также необходимость дальнейшего изучения механизмов их противовоспалительной активности, расширения показаний к назначению и разработки оптимальных схем лечения.

Целью настоящего исследования является повышение эффективности лечения больных с гнойными ранами и раневой инфекцией путём разработки и применения различных способов локальной иммунокоррекции.

В клинической части работы нами была проведена сравнительная оценка эффективности лечения 232 больных с ранами и раневой инфекцией и влияния локальной иммунокоррекции на показатели иммунного статуса пациентов. Больные первой (контрольной группы) получали традиционное лечение, пациентам второй группы выполнялась локальная иммунокоррекция препаратом миелопид, в третью группу были включены пациенты, получавшие местную NO-терапию. Больным четвёртой группы проводилась сочетанная локальная иммунокоррекция препаратом миелопид и NO-терапия. Больные всех групп были сопоставимы по возрасту, полу и характеру патологического процесса в мягких тканях, распределение в них было случайным. Общая терапия была одинаковой во всех группах больных и включала адекватную антибиотикотерапию с учётом чувствительности их к выделенной микрофлоре (преимущественно назначали цефалоспорины III поколения, аминогликозиды, макролиды), детоксикационную терапию, общеукрепляющее лечение, коррекцию сопутствующих заболеваний. Традиционное местное лечение проводилось всем больным и включало хирургическую обработку гноиного очага с соблюдением общепринятых принципов (рассечение повреждённых тканей с иссечением девитализированных структур, полная ликвидация гнойных затёков, проведение тщательной ревизии и адекватного дренирования гноиного очага), санацию ее

растворами антисептиков. В группе больных, где применялось традиционное лечение, для закрытия раневой поверхности применялась многокомпонентная мазь на полиэтиленгликолевой основе (левомеколь) в первой фазе и метилурациловая мазь во второй фазе раневого процесса.

Алгоритм лечения больных четвертой группы (патент на изобретение № 2326678 от 20.06.2008 г.) включал хирургическую обработку раны и санацию ее растворами антисептиков; воздействие на раневую поверхность воздушно-плазменным потоком, содержащим оксид азота, генерируемым с помощью аппарата «Плазон» (длительность воздействия на одну зону размером 1x1 см составляет 8–9 секунд с расстояния 20–25 см от выхода плазмотрона, общее время соответствует площади раны); локальное применение раствора миелопида (3000 мкг/мл), которым обрабатывали раневую поверхность 1 раз в сутки как в первой, так и во второй фазах раневого процесса. Соответственно местное лечение пациентов второй и третьей групп включало использование раствора миелопида или оксида азота по вышеупомянутой схеме.

При исследовании локального иммунитета до начала лечения у большинства больных (92,4% обследованных пациентов) наблюдались нарушения в иммунной системе, наиболее выраженные в цитокиновом статусе, продукции метаболитов оксида азота и antimикробных пептидов, что обусловлено участием этих медиаторов в процессах воспаления и репаративной регенерации тканей.

Анализ полученных результатов позволил выявить у пациентов три типа реагирования организма на локальный гноино-воспалительный процесс: первый тип, сопровождающийся увеличением синтеза воспалительных цитокинов и «активным» течением заболевания (при острых ранах), второй – у больных с хронической формой раневой инфекции, сопровождающейся гиперпродукцией воспалительных и противовоспалительных (ИЛ-10, ИЛ-1Ra, ТФР-β1) цитокинов и третий – со снижением продукции ИЛ-1β, ИЛ-8, ИЛ-6, ФНО-α на фоне затяжного течения патологического процесса в мягких тканях.

При этом более высокие концентрации в ране-

вой жидкости отмечены для ИЛ-1 $\beta$  и ИЛ-8 при хроническом течении раневой инфекции. Кроме того, в сыворотках крови 65% данных пациентов определялся повышенный уровень ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6 и ФНО- $\alpha$ , а у 15% – ИЛ-1 $\beta$ . Полученные результаты согласуются с данными литературы о том, что хронические раны как бы «застревают» в фазе воспаления [1, 7, 8, 12]. Концентрации ИЛ-10, ИЛ-1Ra и ТФР- $\beta$ 1 в раневой жидкости, полученной из длительно не заживающих ран, значительно превышали (на 20–45%) уровни данных противовоспалительных цитокинов в заживающих ранах, что свидетельствует о важности баланса между позитивными и негативными цитокиновыми регуляторами в раневом очаге. Следует отметить, что показатели продукции ИЛ-1 $\beta$  и ФНО- $\alpha$  в очаге воспаления были выше их концентраций в сыворотке крови, тогда как ИЛ-8 ни в одном из случаев (как у больных, так и у здоровых лиц) в ней не определялся.

При этом острая фаза раневого процесса у всех больных сопровождалась повышением локальной продукции ИЛ-1 $\beta$  и ФНО- $\alpha$  со снижением их уровня к 5–7 суткам лечения. Это согласуется с данными литературы об индуцирующем и регулирующем действии ИЛ-1 $\beta$  и ФНО- $\alpha$  на ранних этапах заживления раны на синтез других цитокинов и ростовых факторов, а также на клетки, принимающие участие в раневом процессе [1, 6, 9, 10].

В фазу образования грануляционной ткани имело место транзиторное повышение на 25–35% от исходного уровня ИЛ-10 и ИЛ-1Ra, а также ТФР- $\beta$ 1 (на 56–147%), который регулирует основные функции фибробластов и эпителизацию ран. На фоне локальной иммунотерапии у всех больных после лечения наблюдалось улучшение показателей исходно нарушенного локального и системного цитокинового статуса с нормализацией последних у 65,9% пациентов II группы, 60,2% и 70,5% – III и IV групп соответственно. Вместе с тем после курса традиционной терапии уровни ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-8, ФНО- $\alpha$ , ИЛ-10 и ТФР- $\beta$ 1 достоверно изменились (в зависимости от исходного содержания), однако значений нормы в раневом экссудате и сыворотке крови достигали лишь у 25,4% и 35,8% больных соответственно. У 92% больных было отмечено

сочетание положительной клинической динамики течения раневого процесса и улучшения до нормальных значений показателей локального цитокинового статуса.

Как известно, мононуклеарные фагоциты секретируют широкий спектр биологически активных веществ, осуществляющих в организме самые разнообразные, а иногда и разнонаправленные эффекты действия. Среди продуктов активированных фагоцитов особое место занимают антимикробные пептиды, обеспечивающие «мгновенный иммунитет» и являющиеся, с одной стороны, естественными эндогенными антибиотиками, а с другой – сигнальными молекулами, вовлеченными в процессы активации клеток иммунной системы и репарации тканей [1, 3, 4, 14].

На сегодняшний день белок LL37 (hCAP18) является единственным идентифицированным человеческим кателицидином, проявляющим иммунорегуляторное действие и антимикробную активность против грамотрицательных и грамположительных бактерий, а также грибов и вирусов [5, 11, 16]. Как показали результаты исследований, в острой стадии раневого процесса было выявлено повышение содержания LL37 в раневом экссудате по сравнению со стандартными значениями для биологических жидкостей, с пиком продукции на 5–6-е сутки. Позитивная динамика течения локального патологического процесса сопровождалась последующим снижением уровня LL37 (hCAP18) в раневой жидкости. Затяжное течение раневого процесса протекало на фоне стабильно высоких концентраций кателицидина. Наряду с этим в раневом экссудате при хронических ранах выявлялось значительное снижение концентрации LL37, который у большинства пациентов определялся в минимальных и «следовых» количествах. При этом была установлена широкая вариабельность значений LL37 в сыворотке крови больных: от «нулевых» до 5–10-кратного повышения ( $4,5 \pm 1,8$  мкг/мл).

Исследование в раневом экссудате уровня железосвязывающего катионного пептида – лактоферрина, обладающего антибактериальной, противовирусной и антиоксидантной активностью, а также участвующего в регуляции роста и дифферен-

цировки клеток фагоцитарного ряда [3, 15], выявило повышение его содержания (до  $14,8 \pm 1,2$  нг/мл) в раневой жидкости у большинства больных (56,3%) в острой фазе раневого процесса. Затяжное и хроническое течение раневой инфекции сопровождалось более низкой концентрацией лактоферрина. Определение содержания лактоферрина в раневом экссудате больных хроническими ранами выявило максимальное его снижение (до  $4,5 \pm 1,2$  нг/мл) на 18-й день лечения. Уровень лактоферрина в сыворотке крови здоровых лиц и больных составил  $448 \pm 51,4$  нг/мл и  $936 \pm 62,2$  нг/мл соответственно.

Учитывая возможный синергический эффект действия лактоферрина и миелопероксидазы в фагосомной вакуоли в процессе фагоцитоза, а также внеклеточно в очаге воспаления [1, 9, 14], представляло интерес оценить продукцию миелопероксидазы на местном и системном уровнях. Анализ результатов показал, что у пациентов как с острой, так и с хронической раневой инфекцией уровень миелопероксидазы в раневом экссудате и в сыворотке крови ( $680 \pm 115$  у.ед. и  $1550 \pm 195$  у.ед. соответственно) был значительно выше, чем у здоровых лиц ( $665 \pm 105$  у.ед. в сыворотке крови).

Кроме того, получены данные об изменении продукции дефенсина  $\alpha$  (HNP 1–3), который, являясь уникальным маркером нейтрофилов, проявляет микробицидное, хемотаксическое действие, а также иммуномодулирующую и цитотоксическую активность. Установлено, что в острой фазе раневого процесса у всех больных гнойными ранами повышенено количество HNP 1–3 в раневой жидкости (до  $1,8 \pm 0,1$  мкг/мл) и сыворотке крови (до  $0,95 \pm 0,1$  мкг/мл). При этом снижение числа раневых нейтрофилов в РЖ коррелировало с уменьшением уровня дефенсина  $\alpha$  ( $r=0,95$ ;  $p>95\%$ ). На фоне затяжного течения раневого процесса и дефицита эпителизации отмечалось сохранение повышенного уровня HNP 1–3 в раневом очаге. В плазме крови здоровых лиц уровень HNP 1–3 варьировался от 48 до 105 нг/мл.

Вероятно, дисбаланс уровней антимикробных пептидов, выявляемый, как правило, при хронических ранах или затяжном течении раневой инфекции, свидетельствует, с одной стороны, о повышен-

ной востребованности этих медиаторов для завершения локального воспалительного процесса, а с другой – об истощении их локальной продукции и снижении резервных возможностей фагоцитарных продуцентов антимикробных пептидов. Кроме того, высокий уровень этих медиаторов на ранних стадиях раневого процесса, по всей видимости, необходим для обеспечения определенного уровня защиты от инфекционных агентов в очаге воспаления.

В процессе проведения предложенного комплексного лечения по сравнению с традиционной терапией отмечалось улучшение показателей продукции антимикробных пептидов, более выраженное у пациентов второй и четвертой групп.

Как известно, наряду с антимикробными пептидами важным показателем функционирования врожденного иммунитета является продукция оксида азота, оказывающего мультимодальное действие на различные клетки-мишени и регуляторные молекулы [2, 18]. При проведении клинико-иммунологических параллелей между изменением продукции NO при остром, затяжном и хроническом течении раневого процесса было показано, что у всех пациентов с вялотекущей и хронической раневой инфекцией оксидазата в экссудате из раны регистрировался в более низких концентрациях ( $1,1 \pm 0,05$  мкмоль/л и  $0,3 \pm 0,03$  мкмоль/л соответственно), что может иметь важное значение в развитии осложнений. Более низкий уровень метаболитов NO был выявлен также при хронических гнойных ранах в сыворотке крови. Следует отметить, что на фоне лечения происходило «выравнивание» в раневом экссудате и сыворотке крови концентрации метаболитов оксида азота: снижение исходно повышенных показателей и повышение исходно сниженных. При этом динамика указанных параметров у больных третьей и четвертой групп была более выражена, что, очевидно, связано с введением экзогенного оксида азота в раневой очаг. Нормализации уровня NO у пациентов, получавших традиционное лечение, зарегистрировано не было.

Проведенный анализ результатов локального применения NO и препарата миелопид у больных гнойными ранами выявил его высокую клиничес-

кую эффективность в лечении больных с гнойными ранами и раневой инфекцией. Так, разработанная сравнительная балльная оценка клинических, инструментальных и лабораторных данных, проведённая до лечения, в динамике на 3, 6, 9, 11 и 14-е сутки показала, что выраженность их в группе больных, получавших разработанное оптимизированное местное лечение, на 11-е сутки снизилась с  $37,5 \pm 0,5$  до  $4,050,3$  балла, а в группе, где проводилось традиционное лечение, – с  $37,3,0 \pm 0,5$  до  $15,4 \pm 0,5$  балла.

Уже на третьи сутки лечения отмечалась существенная разница в течении воспалительного процесса по динамике клинико-лабораторных и инструментальных данных: у больных, получавших локально препарат миелопид, – снижение до  $26,9 \pm 0,5$  балла; NO-терапию – до  $24,5 \pm 0,6$  балла; сочетанную локальную иммунокоррекцию миелопидом и NO – до  $20,3 \pm 0,5$  балла, в то время как у пациентов первой группы сумма баллов оставалась на достаточно высоком уровне ( $28,4 \pm 0,7$  балла соответственно). Следует отметить снижение микробной обсемененности раны и улучшение характера цитологической картины мазков-отпечатков, в основном за счет снижения числа нейтрофилов (на 10–12%), увеличения количества макрофагов (на 3–6%) и лимфоцитов (на 5–7%), которые регистрировались только у больных на фоне локальной иммунокоррекции. При этом на 5–6-е сутки у большинства пациентов III и IV групп наблюдалось стихание перифокального воспаления, уменьшение количества раневого отделяемого и изменение его характера в сторону серозного или серозно-гнойного. Начало появления грануляционной ткани отмечалось лишь у пациентов четвертой группы. В I контрольной и во II группах динамика показателей была менее выражена, а очищение раневой поверхности зарегистрировано не было.

На девятые сутки у больных третьей и четвертой групп отмечалось почти полное купирование воспалительного процесса в ране ( $9,7 \pm 0,4$  и  $7,45 \pm 0,3$  балла соответственно): очищение от некротических тканей, отсутствие раневого отделяемого, заполнение раневой поверхности грануляционной тканью, уменьшение площади раны, снижение (и от-

сутствие у больных IV группы) числа микробных колоний в мазках-отпечатках и наличие в них клеток, свидетельствующих о процессе регенерации тканей (повышение числа фибробластов до  $3,4 \pm 0,2$ , макрофагов – до  $12,1 \pm 2,8$ ). Полное купирование локального патологического процесса у большинства пациентов данных групп (61,1% и 85,4%) регистрировалось на 10–11-е сутки ( $5,8 \pm 0,8$  и  $4,05 \pm 0,2$  балла соответственно). При этом у больных первой и второй групп положительная динамика клинических проявлений по сумме баллов на 9-й день была менее выражена ( $19,1 \pm 0,4$  и  $17,4 \pm 0,4$  балла), а купирование воспалительного процесса в мягких тканях происходило только к 13–14-му дню ( $4,8 \pm 0,05$  и  $4,24,8 \pm 0,05$  балла соответственно).

При этом следует отметить, что сочетанное локальное использование NO-терапии и иммунокоррекции препаратом миелопид в четвертой группе позволило в 22,3% случаев избежать назначения антибиотиков, а также снизить до 2,7% число больных, получавших повторные курсы антибиотикотерапии, что согласуется с данными об антибактериальной активности оксида азота и препарата миелопид.

Общая продолжительность стационарного лечения при проведении традиционной терапии составила  $14,6 \pm 0,8$  дня. У больных основных групп лечебная тактика с локальным применением NO и препарата миелопид приводила не только к более быстрой регрессии клинических симптомов, но и позволила снизить среднюю продолжительность пребывания больных в стационаре до  $11,8 \pm 0,3$  койко-дня у больных четвертой группы, до  $14,1 \pm 0,3$  и  $12,9 \pm 0,2$  дня – у пациентов второй и третьей групп соответственно.

Анализ фармакоэкономической эффективности показал преимущество использования в комплексном лечении гнойных ран топической иммунокоррекции с использованием препарата миелопид и экзогенного оксида азота. Стоимость лечения одного больного в стационаре по данной схеме была ниже, чем при традиционном лечении, на 2070 руб. Учитывая большое количество больных, находящихся в стационарах с гнойными ранами (за период с 2001 по 2008 г. в г. Орле – 3475 больных), а

также пациентов, проходящих лечение в амбулаторно-поликлинических условиях, внедрение в практическое здравоохранение предложенных способов локальной иммунокоррекции позволит значительно снизить затраты на лечение данного контингента.

Таким образом, установлена более высокая клиническая эффективность локального использования при гнойных ранах и раневой инфекции препарата миелопид и NO-терапии в сравнении с традиционным лечением, местным применением NO-содержащего газового потока, препарата миелопид. Сочетанное местное использование в комплексном лечении гнойных ран препарата миелопид и NO-содержащего газового потока ускоряет купирование воспалительного процесса в тканях раны, сроки заживления и деконтаминации, сокращает на 3–4 дня продолжительность стационарного лечения и снижает на 22,5% частоту осложнений.

Кроме того, на фоне применения в комплексном лечении гнойных ран и раневой инфекции комбинации локальной иммунокоррекции препаратом миелопид и NO-терапии по сравнению с другими предложенными вариантами лечения отмечалось восстановление у большинства больных (более 90%) числа CD4+, CD8+, CD19+, CD25+, HLA-DR+, CD71+, CD95+ лимфоцитов, нормализация в сыворотке крови и раневой жидкости содержания цитокинов (ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-1Ra, ИЛ-10, ИФН- $\gamma$ , ФНО- $\alpha$ , ТФР- $\beta_1$ ), оксида азота и антимикробных пептидов (LL-37, лактоферрина, миелопероксидазы и дефенсина  $\alpha$ ).

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать заключение о перспективности использования в программах хирургического лечения гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей и раневой инфекции локальной иммунокоррекции.

#### Библиографический список

1. Ковальчук Л.В. Суперлимф в комплексном лечении осложненного раневого процесса / Л.В. Ковальчук, Л.В. Ганковская // М.: Иммunoхелп. – 54 с.
2. Липатов К.В. Использование газового потока, содержащего оксид азота (NO-терапия), в комплексном лечении гнойных ран / К.В. Липатов // Хирургия. – 2002. – № 2. – С. 41–43.
3. Снимцкова И.А. Современные подходы к диагностике и лечению гнойно-воспалительных заболеваний и раневой инфекции / И.А. Снимцкова, М.А. Халилов., А.И. Медведев // Вестник РГМУ. – 2008. – № 4(63). – С. 95–98.
4. Федоров Д.Н. Морфологическая и иммуногистохимическая характеристика репаративных процессов в длительно не заживающих ранах / Д.Н. Федоров // Архив патологии. – 2002. – № 1. – С. 8–11.
5. Badiavas E.V. Treatment of chronic wounds with bone marrow-derived cells / E.V. Badiavas // Arch. Dermatol. – 2003, V. 139(4). – P. 510–516.
6. Bamberg R. Diagnosis of wound infections: current culturing practices of U.S. wound care professionals / R. Bamberg, P.K. Sullivan // Wounds. – 2002, V. 14(9). – P. 314–328.
7. Bello Y.M. Infection and wound healing / Y.M. Bello, A.F. Falabella // Wounds. – 2001, V. 13. – P. 127–136.
8. Cunha B.A. Methicillin-resistant Staphylococcus aureus: clinical manifestations and antimicrobial therapy // Clin. Microbiol. Infect. – 2005, V. 11 (Suppl 4). – P. 33–42.
9. Deepak V. Composition of Wound Fluid from Pressure Ulcers Treated with Negative Pressure Wound Therapy Using V.A.C. // Wounds. – 2006, V. 18. – P. 119–126.
10. Drosou A. Antiseptics on wounds: An area of controversy / A. Drosou A. Falabella, R.S. Kirsner // Wounds. – 2003, V. 15 (5). – P. 149–166.
11. Falanga V. The chronic wound: Failure to heal // Cutaneous Wound Healing. – 2001. – P. 155–164.
12. Falanga V. Wound Bed Preparation in Practice // EWMA JOURNAL. – 2004 – V. 4, № 2. – P. 2–5.
13. Garrood T. Molecular mechanisms of cell recruitment to inflammatory sites: general and tissue-specific pathways // Rheumatology. – 2006, V. 45(3). – P. 250–260.
14. Howlander M.H. Increased plasma total nitric oxide among patients with severe chronic venous disease / M.H. Howlander, Smith P.D. Coleridge // Int. Angiol. – 2002, V. 21(2). – P. 180–186.
15. Robson M.C., Hill D.P., Smith P.D. Sequential cytokine therapy for pressure ulcers: clinical and mechanistic response / M.C. Robson, D.P. Hill, P.D. Smith // Ann. Surg. – 2000, V. 231(4). – P. 600–611.

16. Saxena V. Vacuum-assisted closure: microdeformations of wounds and cell proliferation / V. Saxena // Plast Reconstr. Surg. – 2004, V. 114 (5). – P. 1086–1096.
17. Schultz G. Wound bed preparation: A systematic approach to wound management. / G. Schultz, G. Sibbald, V. Falanga //Wound Rep. Regen.– 2003, V. 11. –P. 1–28.
18. Thomson P.D. Immunology, microbiology, and the recalcitrant wound // Ost. Wound Manag. – 2000, V. 46 (Suppl 1A). – P. 77–82.
19. Wilson J.A. Obesity: impediment to postsurgical wound healing / J.A. Wilson, J.J. Clark // Adv. Skin. Wound Care. – 2004, V. 17 (8). – P. 426–435.

I.A.SNIMCHSHIKOVA, M.A. KHALILOV

## THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF WAYS LOCAL IMMUNOCORECTIONS IN COMPLEX TREATMENT OF CHRONIC WOUNDS

*In article a new approaches to local immunocorections chronic wounds are considered, various variants of use myelopid and nitrogen oxid for the purpose of optimisation of treatment of patients with wounds an infection are offered also. On the basis of clinical, immunological, morphological, microbiological researches efficiency of offered ways in complex treatment of patients with purulent wounds and infection wounds is proved.*

*Key words:* local immunocorection, wound process, chronic wound, , myelopid, nitrogen oxid.



**A.B. ПАВЛИКОВ**, ассистент кафедры педиатрии медицинского института Орловского государственного университета, педиатр МЛПУ «Специализированный дом ребенка г. Орла»  
Тел.: (4862) 43-31-34, 8-910-268-60-00; pav.ant@mail.ru

**Т.А. КУЗНЕЦОВА**, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой педиатрии медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43-21-82

**Т.М. НЕЧАЕВА**, кандидат психологических наук, доцент кафедры социальной педагогики факультета педагогики и психологии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 55-87-32

## РОЛЬ ПЕДИАТРА РАЗВИТИЯ В СИСТЕМЕ МЕДИКО-ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДОМА РЕБЕНКА

*В условиях Дома ребенка г. Орла (ДР) у двух групп детей от 3-х месяцев до 4-х лет без поражения ЦНС и грубых пороков развития, обследованных соответственно в 2001 (n=87) и 2007 (n=59) гг., оценено физическое и нервно-психическое развитие (НПР). Выявлены следующие особенности: в физическом развитии – доминирование гипостатуры; в НПР – преувеличение нарушений в сенсорной и когнитивной сферах. Проведена апробация двух компьютерных методик оценки нервно-психического развития в условиях ДР; методика «Профиль развития» дает сопоставимые результаты с программой ГНОМ, в то же время позволяет проводить мониторинг НПР с графическим представлением результатов по конкретной деятельности ребенка. Это дает возможность педиатру развития координировать медико-психологопедагогические мероприятия по реабилитации детей в условиях депривации.*

*Ключевые слова: физическое и нервно-психическое развитие детей раннего возраста, компьютерная методика оценки нервно-психического развития, педиатр развития.*

### Актуальность исследования

В настоящее время актуальной является проблема социальной защиты детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, их социальной реабилитации и интеграции в систему общественных связей. Наиболее распространенными формами государственного медико-социального обеспечения детей-сирот являются дома ребенка (ДР), детские дома, школы-интернаты и др. Развитие и состояние здоровья детей, воспитывающихся вне семьи, имеют ряд негативных особенностей, которые отражаются на всех этапах детства – от младенчества до подросткового возраста и далее во взрослой жизни [1].

Лишние основных жизненных психологических потребностей в течение длительного времени, в том числе разлука с матерью, называется депривацией. Деприваци-

онный синдром отражается на всех параметрах организма, в том числе на соматическом статусе и нервно-психическом развитии (НПР) ребенка [9]. Степень нарушения психического развития зависит от возраста, в котором ребенок пережил депривацию, от длительности и полноты этой депривации [10].

Воспитанников ДР фактически патронируют три группы специалистов: педиатр осуществляет контроль за физическим и соматическим статусом; психолог – контроль за НПР, формированием развивающей среды, эмоциональной сферой, выполняет работу по социализации ребенка; педагог проводит занятия по приобретению знаний и умений, обеспечивает эмоциональный контакт с ребенком [5]. То есть осуществляется комплексное воздействие на ребенка, однако на практике не приносящее ожидаемых результатов [8]. В связи с этим целью нашего исследования явилось обоснование координирующей роли педиатра в системе медико-психологического сопровождения воспитанников ДР.

### Пациенты и методы

Для выявления закономерности влияния депривации на физическое развитие (ФР) и НПР в условиях ДР г. Орла педиатром обследованы две группы детей.

Первая (I) группа – дети, обследованные в катамнезе с интервалом в 7 лет – в 2001 и 2008 годах. На момент начала исследования (2001 г.) в ДР находилось 108 детей от 3-х месяцев до 4-х лет. В связи с задачами исследования (оценка НПР, физического развития (ФР) и соматического статуса у детей раннего возраста) 21 (19,4%) ребенок исключен из выборки: с органическим поражением нервной системы (микроцефалия – 4, гидроцефалия – 4, агенезия структур мозга – 3, детский церебральный паралич – 2), болезнью Дауна – 6, пороками развития костной системы (артрогриппоз, врожденная косолапость) – 2. Таким образом, в исследование были включены 87 детей (48 мальчиков и 39 девочек). На втором этапе – в катамнезе через 7 лет – оценено ФР 24 детей из 87 (27,6%) от 9 до 11 лет, в т.ч. 15 мальчиков и 9 девочек, ставших воспитанниками школ-интернатов Орловской области.

В 2007 году сформирована вторая (II) группа, куда вошли 59 детей (32 мальчика и 27 девочек) от 7 месяцев до 4 лет из 80, являющихся воспитанниками ДР на момент обследования. Общее количество детей стало меньше в связи с активным определением их в приемные и опекунские семьи, усыновлением, что являлось характерной тенденцией в данный период. Как и в случае с первой группой детей, в выборку не включен 21 ребенок (24%): с органическим поражением ЦНС (микроцефалия – 3, гидроцефалия – 3, ДЦП – 2, агенезия структур мозга – 3); болезнью Дауна – 7, тяжелыми пороками развития – 3. Следует отметить, что в 2007 г., как и в 2001 г., удельный вес детей с органическим поражением ЦНС и грубыми пороками развития остался практически одинаковым (соответственно 24% и 19%,  $p>0,05$ ).

У детей обеих групп оценивались: массо-ростовые показатели (МРП), соматический статус и НПР. Запланированную через 6 месяцев повторную оценку НПР детей II группы удалось провести только у 20 (33,9%) из оставшихся в ДР детей в связи с переводом на следующие этапы государственного попечения, определением в семью.

Оценка МРП проводилась по результатам перцентильного распределения [3]. Исследование соматического статуса включало: 1) сплошной ретроспективный анализ историй развития (форма 112-1/у) с целью выявления анамнестических данных (сведения о родителях, акушерский анамнез, антропометрические данные новорожденного, наличие заболеваний до поступления и за время пребывания в ДР); 2) общеклиническое обследование с консультацией «узких» специалистов; 3) лабораторные методы (клинические анализы крови и мочи; биохимический анализ крови, анализ мочи по Нечипоренко; бактериологические посевы из зева и носа); 4) инструментальные методы: УЗИ внутренних органов, сердца, тазобедренных суставов, нейросонография, скрининговое исследование слуха портативным звукоактотестом (ЗРТ-1), по показаниям – расширенное сурдологическое обследование путем регистрации слуховых вызванных потенциалов; реоэнцефалография, офтальмоскопия, рентгенологическое исследование.

Оценка НПР детей I группы осуществлялась с помощью стандартизированной клинико-психологи-

ческой методики «ГНОМ» – графика нервно-психического обследования младенца (Г.В. Козловская, А.В. Горюнова, В.И. Самохвалова, 1989 г.), позволяющей тестировать пять сфер НПР (моторную, сенсорную, эмоциональную, поведенческую, познавательную) с расчетом коэффициента психического развития (КПР). Результаты позволяют разделить детей в зависимости от суммы баллов за отдельные сферы НПР на три группы: здоровых – КПР 100–90 баллов, риска – КПР 90–80 баллов и патологии – КПР менее 80 баллов.

У II группы детей НПР оценивалось с помощью компьютерной программы «Психологическое обследование детей первых семи лет жизни с нарушениями психо-неврологического развития» (И.А. Скворцов с соавт., 1998), позволяющей проводить мониторинг и отслеживать 11 сфер НПР (крупной и мелкой моторики, навыков самообслуживания, зрительного и слухового восприятия, интеллектуальной, конструкторской, игровой, коммуникативной деятельности, импресивной и экспрессивной речи, социального общения) и представлять результаты для анализа в виде графического отображения – «профиля развития». По результатам анализа НПР дети были разделены на пять групп психического развития: I – здоровых (нормальное НПР), II – внимания (отставание на 1 эпикризный срок в одной и более сферах), III –

риска (отставание на 2 эпикризных срока), IV – высокого риска (отставание на 3 эпикризных срока), V – диспансеризации (отставание на 4 и более эпикризных сроков) [4]. Следует отметить, что из-за малой выборки нами были объединены IV и V группы в одну – группу диспансеризации. Для удобства изложения данная программа будет обозначаться нами как «Профиль развития».

Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Biostat и пакета статистических программ Microsoft Excel для Windows. Достоверность различий показателей между группами ( $p$ ) определялась по критерию хи-квадрат и точному критерию Фишера. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ . Для оценки связей факторов депривации с анамнестическими данными, сферами НПР и показателями ФР проводился линейный корреляционный анализ с вычислением  $r$ -коэффициента корреляции Пирсона [6].

## Результаты исследования и их обсуждение

### Физическое развитие

При оценке МРП I группы детей ( $n=87$ ) не выявлено гендерных и возрастных различий, поэтому на рисунке 1 приводится суммарное распределение по перцентилям показателей роста и массы детей I группы.

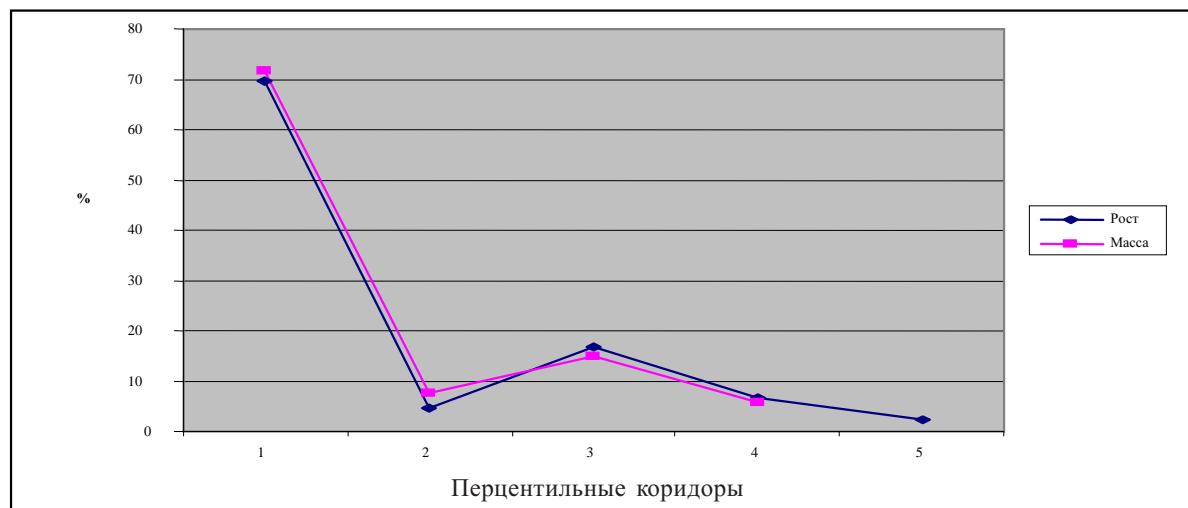


Рис. 1. Суммарное распределение по перцентилям показателей роста и массы детей I группы, обследованных в 2001 г.

Как видно из рисунка 1, ФР 70% детей можно оценить как очень низкое гармоничное (гипостатура).

На рисунке 2 приводится суммарное распределение показателей роста и массы тела детей I группы, обследованных в катамнезе в 2008 году.

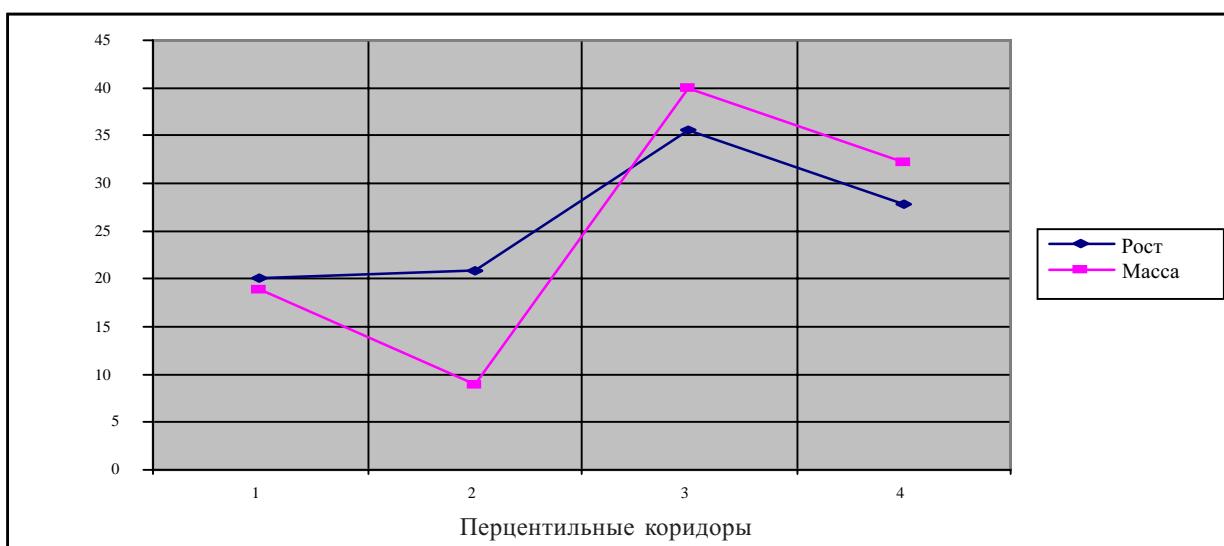


Рис. 2. Суммарное распределение по перцентилям показателей роста и массы тела детей I группы, обследованных в катамнезе в 2008 году.

Как видно из рисунка 2, только каждый третий ребенок к младшему школьному возрасту достиг среднего гармоничного ФР без гендерных различий.

Для подтверждения факта гипостатуры как характерной особенности ФР воспитанников ДР про-

ведено повторное исследование в 2007 году 59 детей (II группа).

Во II группе, как и в I группе, не получено различий по полу и возрасту ( $p>0,05$ ), поэтому на рисунке 3 представлено суммарное распределение по перцентилям показателей массы и роста.

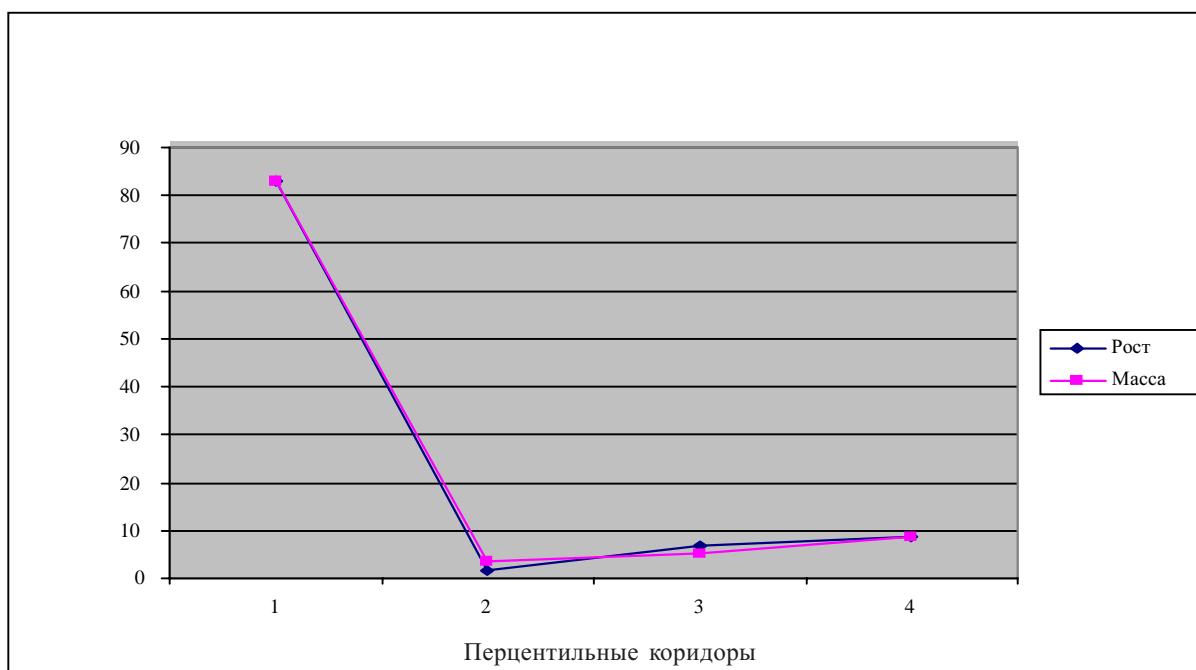


Рис. 3. Суммарное распределение по перцентилям показателей массы и роста детей II группы (2007 г.).

При анализе МРП детей II группы в 80% случаев выявлялась гипостатура, что сопоставимо с

данными I группы – 70%, ( $p>0,05$ ) и данными других исследователей [2, 8].

### Соматический статус

Для оценки возможного влияния соматического статуса на ФР проведен анализ нозологической структуры заболеваний воспитанников ДР.

Соматический статус детей обеих групп приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Соматический статус детей I и II групп

№	Нозология	Число детей			
		I группа n=87		II группа n=59	
		абс.	%	абс.	%
1.	Сердечно-сосудистая система: – ФИС – пороки сердца (ДМЖП, ДМПП, стеноз аорты в стадии компенсации)	4 2	4,6 2,3	16 2	27,1 3,4
2.	Опорно-двигательная система (дисплазия т/бедренных суставов, плоскостопие, кифосколиоз, полидактилия)	10	11,5	10	17
3.	Грыжи (пупочная, пахово-мошоночная)	3	3,5	7	11,9
4.	Мочеполовая система (фимоз, удвоение почки, пиелоэктазия, крипторхизм)	–	–	6	10,2
5.	Челюстно-лицевые дисморфии (расщелина губы, неба, микрогения)	1	1,2	4	6,8
6.	Бронхолегочная система (бронхиальная астма)	–	–	1	1,7
7.	Рахит	12	13,8	14	23,7
8.	Атопический дерматит	5	5,8	8	13,6
9.	Органы зрения (косоглазие, гипоплазия, атрофия зрительных нервов)	3	3,5	13	22
10.	Анемия	30	34,5	5	8,5
11.	Невротические нарушения (руминация, нарушения сна, сосание пальца, одежды, аффективно-респираторные приступы)	13	14,9	13	22
12.	ВИЧ-инфекция	–	–	1	1,7

При сравнении соматического статуса обеих групп у детей I группы на первое место по частоте определилась анемия – у каждого 3-го ребенка, что можно объяснить особенностю вскармливания частично адаптированными смесями и избыточным использованием молочных каш, особенно манной. Достоверное сокращение числа анемии ( $p<0,05$ ) у детей II группы, по нашему мнению, связано с переходом на вскармливание адаптированными смесями и своевременным введением оптимального прикорма.

Во II группе возросла частота функциональных изменений сердца (ФИС),  $p<0,05$ , что связано с проведением УЗИ всем воспитанникам ДР с 2007 года. По этой же причине, возможно, возросла и частота выявления патологии мочеполовой системы. В этой же группе увеличился удельный вес патологии органов зрения, в основном за счет косоглазия (с 3,5% до 22%), что, по нашему мнению, связано с предпочтением усыновлять детей без явных дефектов. В то же время частота патологии опорно-двигательной системы, челюстно-лицевые дисморфии, грыжи, рахит, врожденные пороки сердца (ВПС) и невротические нарушения остались на прежнем уровне ( $p>0,05$ ). Такие тяжелые заболевания, как бронхиальная астма, ВИЧ-инфекция, встретились в единичных случаях во II группе. Следует отметить, что дети обеих групп по показаниям консультировались эндокринологом, при этом ни в одном случае не выявлено эндокринной патологии.

Таким образом, представленный соматический статус детей не может обусловливать ретардацию физического развития, что подтверждает гипотезу о депривации как ведущем факторе формирования микросоматического соматотипа (гипостатуры) воспитанников ДР.

### Нервно-психическое развитие

При исследовании НПР нами не выявлено достоверных гендерных и возрастных различий в I группе детей ( $p>0,05$ ), поэтому на рисунке 4 показано полученное с помощью программы ГНОМ распределение детей по группам КПР без гендерных и возрастных различий.

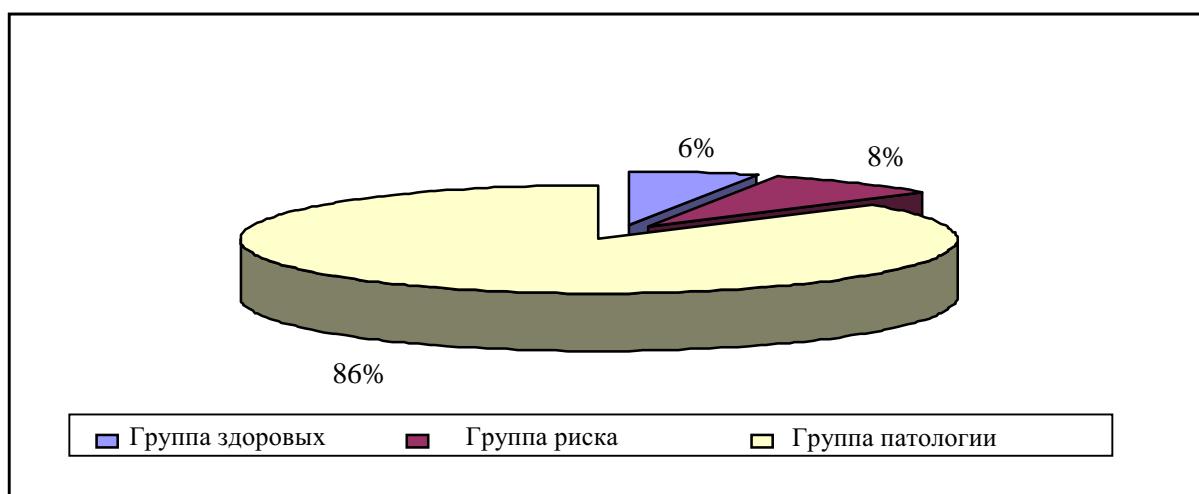


Рис. 4. Распределение детей по группам КПР.

Как видно из рисунка 4, в группе патологии оказались 86 % детей, в группе риска – 8 %, а группа здоровых составила только 6 %.

Исследование НПР детей с помощью программы ГНОМ, проведенное Д.В. Кукушкиным в условиях педиатрического участка г. Орла в 2008 г., выявило противоположные результаты: группа здоровых составила 82%, риска – 18% и патологии – 10% [7]. При этом в нашем исследовании в группе здоровых у 72,4% детей отмечались отклонения в сенсорной сфере, по остальным сферам (моторной, эмоциональной, поведенческой, когнитивной) достоверных различий по частоте не выявлено ( $p>0,05$ ). В группе риска и патологии без достоверных различий по частоте отклонения коснулись всех сфер НПР ( $p>0,05$ ).

С помощью корреляционного анализа мы попытались выявить связь различных сфер КПР (моторной, сенсорной, эмоциональной, поведенческой, познавательной) с факторами депривации (сроком пребывания ребенка в стационаре до оформления в ДР, возрастом поступления в ДР, сроком пребывания в ДР на момент обследования); массо-ростовыми показателями при рождении и на момент обследования; данными анамнеза (патология беременности и родов, алкоголизм матери); соматическим статусом (наличие невротических нарушений, аллергических заболеваний, пороков внутренних органов, кратность респираторных заболеваний в год, наличие ракита и анемии). Значимым для данной

выборки (при  $p<0,05$ ) являлся коэффициент корреляции более 0,21.

При изучении корреляционных связей выявлены следующие закономерности: такой фактор депривации, как время пребывания в ДР, имеет отрицательные связи с фактическими ростом,  $r = -0,33$  (генетически детерминированный показатель) и массой,  $r = -0,28$  (более лабильный показатель, отражающий физическое благополучие) [11]. Отрицательная связь фактической массы тела (ФМТ) выявлена также с патологией беременностей и родов ( $r = -0,23$ ). Следует отметить положительную связь ФМТ с возрастом поступления в ДР ( $r = 0,45$ ), то есть чем позже ребенок поступает в ДР, тем меньше риск гипертрофии. Положительная связь ФМТ с КПР ( $r = 0,29$ ) и двумя его сферами – моторной ( $r = 0,33$ ) и познавательной ( $r = 0,23$ ) объясняется зависимостью данных показателей НПР от физического благополучия ребенка.

Значимым по числу связей оказался фактор алкоголизма матери, имеющий отрицательную связь с такими сферами НПР, как познание ( $r = 0,22$ ) и поведение ( $r = -0,28$ ). Положительную связь с алкоголизмом матери имеют и невротические нарушения ( $r = 0,24$ ) (аффективно-респираторные приступы, якция, руминация, нарушения сна), которые и определяют отклонения в поведенческой сфере.

На сферу познания по-разному влияют факторы депривации – время пребывания в стационаре (отрицательная связь,  $r = -0,24$ ) и время пребывания

в ДР (положительная связь,  $r=0,27$ ), что, по нашему мнению, объясняется соответственно «жестким» госпитализмом стационара и реабилитационными мероприятиями, проводимыми в ДР; об этом свидетельствует и положительная связь познания ( $r=0,29$ ) с фактическим возрастом ребенка.

Наиболее «зримой» оказалась сенсорная сфера, имеющая отрицательную связь с временем пребывания в ДР ( $r = -0,26$ ) и фактическим возрастом ( $r = -0,37$ ). Объяснением этому факту может служить однообразие стимулов, впечатлений, окружения, режима в условиях ДР – «сенсорный голод».

Эмоциональная сфера имеет положительную связь как со временем пребывания в ДР ( $r = 0,26$ ), так и с возрастом ребенка ( $r = 0,39$ ), что может свидетельствовать об адекватном эмоциональном фоне в конкретном Доме ребенка, а также особенностях самой методики диагностики эмо-

циональной сферы (ответная реакция на улыбку взрослого и т. п.).

Такие соматические заболевания, как ракит и анемия, не оказались связанными ни с одной сферой НПР, но имели отрицательную связь с временем пребывания в ДР ( $r = -0,25$ ) и фактическим возрастом ( $r = -0,32$ ), что объяснимо соответствующими лечебными мероприятиями. В то же время частые острые респираторные заболевания (ОРЗ) негативно отражаются как на ФМТ ( $r = -0,25$ ), так и на сенсорной сфере ( $r = -0,24$ ) (изоляция ребенка на период заболевания – «ужесточение депривации»).

Оценка НПР детей II группы осуществлялась с помощью программы «Профиль развития». Во II группе, как и в I группе, не получено различий по полу и возрасту ( $p>0,05$ ), поэтому на рисунке 5 представлен анализ результатов по группам психического развития без гендерных и возрастных различий.

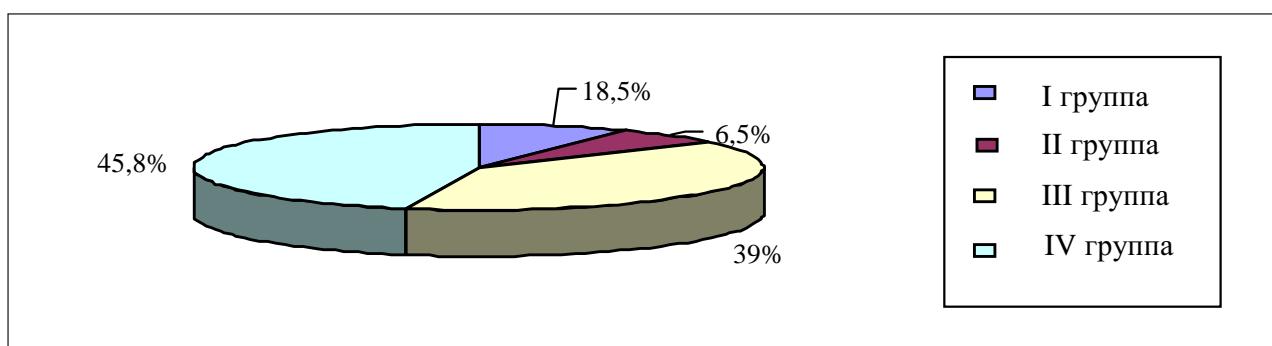


Рис. 5. Распределение детей по группам психического развития.

Как видно из рисунка 5, распределение детей по группам психического развития по программе «Профиль развития» дало сопоставимые результаты с распределением детей по группам КПР, полученным с помощью программы ГНОМ: группа здоровых составила 8,5 % и 6% соответственно ( $p>0,05$ ). Так как в группе детей с нормальным психическим развитием отсутствуют отклонения в показателях по эпикризным срокам, нами анализировались группы внимания, риска и диспансеризации. В группе внимания у всех детей отмечались нарушения в конструкторской деятельности и интеллектуальном развитии; в 75% случаев в игре; у каждого четвертого ребенка нарушения коснулись зрительного анализатора и

импрессивной речи. При этом в таких сферах, как экспрессивная речь, крупная и мелкая моторика, социальное общение и самообслуживание, отклонений не выявлено. В группе риска появились отклонения в развитии экспрессивной речи (70%). В группе высокого риска отклонения коснулись всех сфер без достоверной разницы по частоте ( $p>0,05$ ).

Из 20 повторно обследованных через шесть месяцев детей показатели улучшились у 6 детей (30%), ухудшились у 3 (15%), стабильными остались у 11 детей (55%). Анализ показал, что три случая ухудшения показателей по следующим сферам: игра (1 случай) и игра+конструкторская деятельность (2 случая) – объясняются условия-

ми дезадаптации детей на момент обследования из-за перевода в следующую возрастную группу.

#### **Заключение:**

- Задержка физического развития 70–83% воспитанников ДР обусловлена не соматической патологией, а длительностью воздействия фактора депривации, то есть массо-ростовые показатели могут служить критерием степени депривации, причем низкая масса тела отражает в основном физическое неблагополучие, а низкий рост – психическое.
- Обследование двух групп детей раннего возраста – воспитанников ДР двумя компьютерными программами выявило равнозначные результаты: группа патологии по отклонению НПР составила 85–86%
- Зависящими от госпитализма (срока пребывания в стационаре до оформления в интер-

натные условия, срока пребывания в ДР) оказались когнитивная и сенсорная сферы, причем в последней нарушения не корректируются и накапливаются по мере пребывания ребенка в интернатных условиях. Алкоголизм матери, встретившийся в нашем исследовании в каждом 3–4 случае (27%), определил нарушения в сферах познания и поведения (невротические реакции).

• В условиях ДР методика «Психологическое обследование детей первых семи лет жизни с нарушениями психо-неврологического развития» позволяет проводить мониторинг НПР с графическим представлением результатов по конкретной деятельности ребенка. Это дает возможность педиатру развития координировать медико-психолого-педагогические мероприятия по реабилитации детей в условиях депривации.

#### **Библиографический список**

1. Альбицкий В.Ю., Баранов А.А., Гасиловская Т.А. и др. Медико-социальные проблемы современного сиротства. (Серия «Социальная педиатрия», вып. 4). – М.: Литтерра, 2007. – 200 с.
2. Бородулина Т.В. Особенности физического и нервно-психического развития детей, воспитывающихся условиях Дома ребенка // Вопросы современной педиатрии. – 2009. – Том 8. – № 4. – С. 121–124.
3. Воронцов И.М., Мазурин А.В. Пропедевтика детских болезней, 3-е изд. – СПб.: Питер, 2009. – С. 124.
4. Доскин В.А., Косенкова Т.В., Авдеева Т.Г. и др. Поликлиническая педиатрия. – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2002. – С. 109.
5. Доскин В.А., Макарова З.С. Развитие и воспитание детей в Доме ребенка. – М., 2007. – С. 12.
6. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программа на языке бейсик для персональных ЭВМ: Справочник. – М.: Наука, 1989. – С. 137.
7. Кукушкин Д.В., Кузнецова Т.А., Нечаева Т.М. Факторы риска и структура задержек нервно-психического развития детей раннего возраста: возможности и перспектива диагностики на педиатрическом участке // Педиатрическая фармакология. – 2008. – № 6. – С. 40–43.
8. Лещенко М. В. Состояние здоровья воспитанников домов ребенка на фоне воздействия биологических и социально-гигиенических факторов // Автореф. дисс. ... к.м.н. – М., 2001. – 20 с.
9. Мухамедрахимов Р.Ж. Мать и младенец: психологическое взаимодействие. – СПб., 2003. – С. 34.
10. Хертл М. Дифференциальная диагностика в педиатрии, в 2-х т. Т. 1: Пер. с нем. – М.: Медицина, 1990. – С. 283.
11. Юрьев В.В., Симаходский А.С., Воронович Н.Н. и др. Рост и развитие ребенка, 3-е изд. – СПб.: Питер, 2002. – 272 с.

**A.V. PAVLIKOV, T.A. KOUZNETSOVA, T.M. NECHAEVA**

#### **THE ROLE OF DEVELOPMENT PEDIATRICIAN IN THE SYSTEM OF MEDICAL, PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL SUPERVISION IN THE CONDITIONS OF ORPHANAGE**

*In the conditions of Orel orphanage, in two groups of children from 3 months to 4 years without affection of central nervous system and major malformations, examined, accordingly, in 2001 (n=87)*

and in 2007 ( $n=59$ ), physical and neuropsychic development is estimated. Following peculiarities are identified: in physical development – domination of hypostatura; in neuropsychic development – prevailing disorder in sensory and cognitive spheres. Approbation of two computer methods for neuropsychic development in conditions of orphanage evaluation is carried out; the “Profile of Development” method provides results comparable with “Infant Neuropsychic Examination Chart” program, and at the same time allows to monitor neuropsychic development with graphic representation of results on a child’s specific activity. This gives development pediatrician the possibility to coordinate medical psychological pedagogical activities of children rehabilitation in conditions of deprivation.

*Key words:* physical and neuropsychic development of infants and young children, computer methods of neuropsychic development assessment, development pediatrician.



**М.А. ХАЛИЛОВ, кандидат медицинских наук,  
доцент кафедры анатомии, оперативной хирургии медицинского  
института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 432187; 8 9202817623; max.khal@rambler.ru**

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГНОЙНОЙ РАНЫ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОЙ ИММУНОКОРРЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЕЛОПИДА И ЭКЗОГЕННОГО ОКСИДА АЗОТА**

*Представлен анализ местного лечения экспериментальных гнойных ран, сформированных у лабораторных животных – крыс линии «Вистар», с использованием современных технологий. Проведен комплекс клинико-лабораторных, цитологических и гистологических исследований. Обоснована возможность и высокая эффективность NO-терапии, миелопида, а также их сочетания в лечении гнойных ран как в первой, так и во второй фазах раневого процесса.*

***Ключевые слова:*** иммунокоррекция, NO-терапия, миелопид, гнойная рана.

Заживление любой раны является характерным примером репаративной регенерации тканей, направленной на ликвидацию повреждения и восстановление анатомической структуры тканей. Репаративные процессы в ране неразрывно связаны с воспалением и формируют с ним единую реакцию на повреждение [1, 2, 10, 12]. Заживление любой раны происходит в результате одних и тех же процессов, которые традиционно подразделяются на три фазы: воспаления, регенерации, эпителизации и реорганизации рубца. Все три фазы связаны между собой и могут протекать одновременно в различных участках повреждения. Хотя это деление искусственное, оно отражает хронологическую последовательность событий, характеризующих процесс раневого заживления. В ходе процесса заживления ран происходит восстановление структуры внеклеточного матрикса и эпителиального покрова. При этом заживление хронических ран сопровождается формированием избыточной грануляционной ткани, нередко с развитием чрезмерного фиброза, ведущего к рубцовой контрактуре и потере функции. Хронические раны как бы «застревают» в фазе воспаления. Нарушение этапов заживления может быть связано с дефектом в системе взаимодействующих клеток лимфоцит – фагоцит – фибробласт, который образуется из-за дисбаланса различных медиаторов иммунной системы в зоне повреждения [1, 4, 6, 9, 11, 13].

Одним из важных факторов, влияющих на раневое заживление, является инфекция. Уровень бактерий в ранах может варьироваться от бактериального загрязнения до инфекционного процесса. Доказано, что  $10^2$  микроорганизмов/мл (*Staphylococcus aureus*) стимулируют воспалительный ответ в ране, а  $10^5$  – приводят к инфицированию раны и препятствуют заживлению [5, 7, 10]. В случае развития гнойных осложнений раневой процесс, как правило, принимает неблагоприятное течение, определяя существенные трудности в диагностике и лечении.

Нами проведен комплекс мероприятий, направленных на лечение экспериментальной гнойной раны.

Моделирование экспериментальных гнойных ран проводилось на 140 крысах линии «Вистар». Животные в зависимости от серии исследований и применяемого метода лечения были распределены на пять групп: животные, не получавшие лечения (1-я контрольная группа); животные 2-й группы – сравнения (с применением раствора натрия гипохлорита 600 мг/мл) и основные группы животных, получавшие оптимизированное лечение с использованием раствора миелопида (3000 мкг/мл) – 3-я группа, комплекса NO-терапии и раствора натрия гипохлорита (600 мг/мл) – 4-я группа, а также сочетания NO-терапии и миелопида (3000 мкг/мл) – 5-я группа. При моделировании гнойной раны после предварительной обработки кожи в асептических условиях, под эфирным масочным наркозом, на выбритом от шерсти участке спины в межлопаточной области у животных иссекалась кожа с подкожной клетчаткой в виде квадрата 2x2 см (400 мм<sup>2</sup>) по контуру, предварительно нанесенному трафаретом. Края и дно раны раздавливали зажимом Кохера. В рану вносили марлевый тампон весом 0,5 грамма с взвесью суточной культуры золотистого стафилококка (фаготип 3A/3C/55/71) в дозе 1 млрд. микробных тел в 1 мл физиологического раствора. Рану ушивали наглухо.

На третьи сутки на спине в межлопаточной области у животных формировался абсцесс со всеми характерными признаками гнойного воспаления. Отмечались отек и гиперемия кожи в области нанесения раны, припухлость, у некоторых животных между швами выделялся гной. При пальпации определялась местная гипертемия и флюктуация. После снятия швов и разведения краев раны удалялся марлевый тампон, выделялось большое количество гноя, сформированная у животных рана имела все основные черты гнойного воспаления, позволяющие считать ее адекватной моделью гнойной раны у человека. Для предупреждения контракции раны за счет эластичности, а также для стандартности условий лечения к краям раны подшивалась металлическая рамка, соответствующая разме-

рам раны, с «крышкой» для удержания перевязочного материала в ране и предупреждения высыхания раневой поверхности. Лечение начинали с хирургической обработки гнойной раны, включающей эвакуацию гноя, удаление некротической ткани и промывание ее антисептиком. На раневую поверхность ежедневно во время перевязок при смене марлевых салфеток проводили сеансы NO-терапии, наносили лекарственные средства согласно делению животных на серии до заживления раны. Для оценки влияния исследуемых факторов на заживление ран проводились клинические, микробиологические, планиметрические и гистологические исследования на 1-е, а также 3, 5, 7, 10, 14-е сутки от начала лечения. Скорость уменьшения раневой поверхности определяли по методу Л.Н. Поповой (1942). Для оптимизации метода была разработана и использована программа анализа динамики поверхностных ран, в результате которого значительно возросла скорость обработки информации и достоверность [2, 8].

Анализ клинических исследований показал, что при лечении гнойных ран с применением комплекса NO-терапии и миелопида (3000 мкг/мл) сокращаются сроки очищения ран от гнойно-некротических масс, появляются грануляции и начинается краевая эпителизация в 1,5–2 раза быстрее, чем при лечении раствором гипохлорита натрия, раствором миелопида (3000 мкг/мл), а также при применении комплекса NO-терапии, и в 4–4,5 раза быстрее, чем в контроле без лечения. Данные планиметрии показали высокую ранозаживляющую активность при применении в лечении гнойных ран и раствора миелопида, и оксида азота, наиболее эффективным является воздействие комплекса миелопида и оксида азота в сравнении как с раствором натрия гипохлорита, раствором миелопида, оксидом азота, так и в сочетании оксида азота и натрия гипохлорита.

Микробиологическая оценка эффективности проводимого лечения проводилась на основе количественного учета и качественного состава микробных возбудителей, бактериологического исследования, включавшего исследование чувствительности выделенной микрофлоры к антибиотикам.

Таблица 1 – Количество определение микроорганизмов на 1 г ткани у экспериментальных животных КОЕ ( $M \pm m$ )

Серии экспериментов	1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки	7-е сутки	P
Контроль без лечения (I серия)	$3,5 \pm 1,6 \cdot 10^7$	$3,9 \pm 1,9 \cdot 10^7$	$3,8 \pm 1,4 \cdot 10^7$	$3,7 \pm 7,4 \cdot 10^7$	p<0,05
Лечение раствором NaOCl (II серия)	$3,9 \pm 1,7 \cdot 10^7$ P(1-2)>0,05	$5,3 \pm 4,6 \cdot 10^5$ P(1-2)<0,05	$2,8 \pm 5 \cdot 10^4$ P(1-2)<0,05	Роста нет	p<0,05
Лечение раствором миелопида (III серия)	$3,7 \pm 1,2 \cdot 10^7$ P(1-3)>0,05	$4,6 \pm 0,4 \cdot 10^5$ P(1-3)<0,05	$2,2 \pm 5 \cdot 10^4$ P(1-3)<0,05	Роста нет	p<0,05
Лечение комбинацией: р-р NaOCl + оксид азота (IV серия)	$3,6 \pm 1,3 \cdot 10^7$ P(1-4)>0,05	$3,7 \pm 0,2 \cdot 10^5$ P(1-4)<0,05	$2,1 \pm 5 \cdot 10^4$ P(1-2)<0,05	Роста нет	p<0,05
Лечение комплексом: миелопид + оксид азота (V серия)	$3,8 \pm 1,7 \cdot 10^7$ P(1-5)>0,05	$1,1 \pm 0,2 \cdot 10^3$ P(1-5)>0,05	Роста нет	Роста нет	p<0,05

Во всех сериях экспериментов при посеве на 1-е и 3-и сутки отделяемого из раны получали монокультуру золотистого стафилококка, сапрофитная флора не высевалась. В V серии, где использовалась комбинация раствора миелопида и оксида азота, монокультура золотистого стафилококка высевалась только на 1-е и 3-и сутки. Начиная с пятых суток при посеве отделяемого из ран рост золотистого стафилококка не наблюдался. Сапрофитная микрофлора также не обнаруживалась. А в группах животных при лечении раствором NaOCl, раствором миелопида или комбинацией оксида азота и раствора NaOCl при посеве раневого отделяемого рост монокультуры золотистого стафилококка наблюдался и на 5-е, и на 7-е сутки, тогда как сапрофитная флора также не высевалась, а в I группе (животные без лечения) даже на 10-е сутки получали монокультуру золотистого стафилококка, сапрофитная микрофлора также не высевалась. С 10-х суток во II–IV группах, а с 14-х суток и в I группе роста золотистого стафилококка не наблюдалось и сапрофитная флора не высевалась. Определение количественного состава микрофлоры в ранах на 1 г ткани представлено в табл. 1.

Микробная обсемененность на 1 г ткани раны (табл. 1) у животных опытных групп с применением комплекса миелопида и оксида азота на трети сутки уменьшилась до  $10^3$ , что было в 1,5 раза меньше, чем у животных при лечении раствором NaOCl, раствором миелопида или комплексом раствора NaOCl и оксида азота, и в 2,5 раза мень-

ше, чем у животных I (контрольной) группы. В V серии роста практически нет уже на пятые сутки, в контрольной группе животных без лечения количество КОЕ был критическим и на 7-е сутки лечения.

Таким образом, при лечении экспериментальной гнойной раны раствором миелопида, оксидом азота, особенно их комбинацией, отмечена быстрая элиминация возбудителя из ран, быстрее, чем в сериях животных при лечении традиционно используемым антисептиком – раствором NaOCl, и значительно быстрее, чем в контрольной группе животных без лечения.

Цитологические исследования показали (табл. 2), что при лечении ран комбинацией миелопида и оксида азота в гнойных ранах наблюдалось активное купирование воспаления с последующим быстрым нарастанием регенераторных процессов.

Уже на третьи сутки лечения гнойных ран в мазках из ран у животных при лечении комбинацией миелопида и оксида азота определялся воспалительно-регенераторный тип цитограмм, что говорит о переходе раневого процесса в этих сериях в фазу дегидратации. Цитограмма в основном состоит из нейтрофилов, но количество их (в сер. V) снизилось до 51,7+2,5%. При этом деструктивные лейкоциты уменьшились до 1,2+3,3%. Неизмененные формы составили 63,8+1,2%. Фагоцитоз составил 3,2+1,5%. Количество фибробластов – до 11,3+2,3%. Количество макрофагов составило 11,8+1,4%. На 7-е сутки в мазках при применении комбинации миелопида и оксида азо-

та отмечена смена регенераторно-воспалительного типа на регенераторный тип цитограмм, количество лейкоцитов уменьшилось до  $49,6+1,1\%$ . Количество фибробластов увеличилось до  $22,9+1,7\%$ .

На 10-е сутки динамического наблюдения за животными в серии контроля без лечения в мазках из ран отмечена смена дегенеративно-воспалительного типа на воспалительный тип цитограмм.

Таблица 2 – Типы цитограмм в процессе лечения

Серии эксперимента	Сутки				
	3-и	5-е	7-е	10-е	14-е
Контроль без лечения	Дегенеративно-воспалительный	Дегенеративно-воспалительный	Дегенеративно-воспалительный	Воспалительный	Воспалительный
Лечение раствором NaOCl	воспалительный	Воспалительно-регенераторный	Регенераторно-воспалительный	Регенераторный	–
Лечение раствором миелопида	воспалительный	Воспалительно-регенераторный	Регенераторно-воспалительный	Регенераторный	–
Лечение оксидом азота	воспалительный	Воспалительно-регенераторный	Регенераторно-воспалительный	Регенераторный	–
Лечение комплексом миелопида и оксида азота	воспалительно-регенераторный	Регенераторно-воспалительный	Регенераторный	Регенераторный	–

В группе животных при применении раствора NaOCl отмечена смена регенераторно-воспалительного типа на регенераторный тип цитограмм. Количество нейтрофильных лейкоцитов снизилось до  $42,4+1,5\%$ . Количество фибробластов увеличилось до  $20,7+3,1\%$ . В группах, где применялся миелопид или оксид азота, аналогичная картина.

На 10-е сутки лечения в цитограммах животных при лечении комбинации миелопида и оксида азота также отмечался регенераторный тип цитограмм. Количество нейтрофилов составило  $41,46+1,27\%$ . Деструктивных форм лейкоцитов не было. Количество фибробластов увеличилось до  $25,34+2,3\%$ .

На 14-е сутки динамического наблюдения в контрольной серии животных без лечения сохранился воспалительный тип цитограмм.

На 14-е сутки лечения в V группе животных раны зажили и в них заканчивалась окончательная эпителизация, а у животных, пролеченных раствором антисептика NaOCl, раствором миелопида, оксидом азота, раны были близки к заживлению, и в них также заканчивалась окончательная эпителизация. Получить качественные мазки в этих сериях не удалось.

Таким образом, при лечении гнойных ран раствором NaOCl, раствором миелопида, экзогенным оксидом азота и комбинацией раствора NaOCl и NO-терапии цитологическая картина характеризовалась несколько замедленным купированием воспаления и ослаблением регенераторного процесса без существенной разницы в группах, а в контрольной группе животных без лечения отмечено длительное купирование воспаления и замедление процессов reparации.

Гистологический метод исследования раневых биоптатов, дающий возможность объективно оценить динамику течения раневого процесса, был нами использован для полной оценки состояния раны во всех фазах течения раневого процесса.

На третьи сутки наблюдения в I группе животных (группа без лечения) имелась следующая картина: раневой дефект выполнен фибринозно-лейкоцитарной коркой, прокрашенной гемолизированными эритроцитами. Под коркой на границе с жизнеспособными тканями имеются очажки густой лейкоцитарной инфильтрации, местами формирующие поля абсцедирования. В подлежащих тканях сосуды паралитически расширены, переполнены кровью, с выраженной картиной краевого

стояния лейкоцитов. В отечных межклеточных пространствах отмечается большое количество сегментоядерных лейкоцитов. В сериях животных при лечении раствором NaOCl, раствором миелопида или комплексом оксида азота и раствора NaOCl картина иная, приблизительно одинаковая во всех сериях. Раневой дефект выполнен фибринозно-лейкоцитарной коркой, местами несколько разрыхленный, в ней встречаются отдельные микроабсцессы. В подлежащих подкожных тканях на фоне отека определяется диффузная инфильтрация сегментоядерными лейкоцитами и появление макрофагов и тучных клеток. В V группе животных (при применении комплекса миелопида и оксида азота) отмечалось следующее: раневой дефект выполнен компактной фибринозно-лейкоцитарной коркой, прокрашенной гемолизированными эритроцитами; на границе жизнеспособных тканей формируется лейкоцитарный вал без признаков абсцедирования, отек подкожных тканей умеренный, сосуды и капилляры паралитически расширены, переполнены кровью с большим количеством клеток белой крови и их краевым стоянием. В межуточной ткани определяются макрофаги, отдельные тучные клетки с признаками дегрануляции, встречаются отдельные фибробласты и плазматические клетки.

На 5-е сутки динамического наблюдения в I группе лейкоцитарный вал представлен отдельными фрагментами, в нем и в подлежащих тканях встречаются микроабсцессы. Подкожные ткани отечны, густо инфильтрированы сегментоядерными лейкоцитами. Встречаются в небольшом количестве макрофаги, тучные клетки, плазматические клетки, единичные фибробlastы. Признаков ангиогенеза нет. Коллагеновые волокна не определяются. В группе животных при лечении раствором NaOCl, раствором миелопида (1200 мг/л) или комплексом раствора NaOCl и экзогенного оксида азота выявлено, что лейкоцитарный вал, формирующий единый пласт, местами содержит микроабсцессы, но при этом гнойного расплавления подлежащих жизнеспособных тканей нет. В подкожных тканях дна раны определяются паралитически расширенные сосуды и капилляры, переполненные кровью с краевым стоянием лейкоцитов. В межуточной ткани определяются макро-

фаги, тучные клетки, единичные плазматические клетки, а также в небольшом количестве встречаются эозинофилы, круглоядерные лейкоциты. По краям раневого дефекта в сохранившемся эпидермисе определяются признаки митотической активности базального слоя. В серии животных при лечении комплексом миелопида и оксида азота отмечено, что лейкоцитарный вал четкий. В подлежащих тканях на фоне незначительного отека и умеренной сосудистой реакции определяется появление значительного количества фибробластов, новообразованных кровеносных сосудов по типу капилляров. В межуточной ткани имеется большое количество тучных клеток, макрофагов, плазматических клеток, местами имеется небольшое количество тонких коллагеновых волокон, эозинофилов, лимфоцитов, единичных сегментоядерных лейкоцитов. В сохранившемся эпидермисе по краям раневого дефекта определяется митотическая активность базального слоя эпидермиса.

Анализ гистологической динамики течения раневого процесса показал, что в группе животных, которых лечили комплексом миелопида и оксида азота, на 5-е, а в серии животных при лечении раствором NaOCl, раствором миелопида или комплексом раствора NaOCl и оксида азота на 7-е сутки идет процесс созревания грануляционной ткани за счёт появления тонких коллагеновых волокон. Отмечается митотическая активность базального слоя эпидермиса по краям раневого дефекта, выполненного грануляционной тканью, с утолщением его. На 10–14-е сутки коллагеновые волокна в большом количестве, признаки отёка незначительны, уменьшается количество капилляров и клеточных элементов, за счёт чего плотность созревающей ткани приближается к подкожным тканям краёв и дна раны. На грануляционную ткань с 7-х суток в опытных группах, которых лечили комплексом миелопида и оксида азота, а в серии животных при лечении раствором NaOCl (600 мг/л), раствором миелопида или комплексом раствора NaOCl и оксида азота с 10-х суток идет наползание эпидермиса с краёв раны и формирование непрерывного пласта с дифференцировкой слоёв. Фибробласты и коллагеновые волокна к 10–14-м суткам ориентируются в поперечном направлении по отношению к длине раны (идёт формирование

мостиков), благодаря чему происходит процесс сближения краёв раны и уменьшения её зияния. В серии животных без лечения даже на 10–14-е сутки в формирующейся грануляционной ткани определяются абсцессы при выраженному отёке и диффузной воспалительной инфильтрации в ней и подкожных тканях.

Таким образом, полученные нами данные патометрических, микробиологических, цитологических, гистологических, клинических методов исследования раневого процесса у животных свидетельствуют о том, что применение в лечении

гнойных ран миелопида или оксида азота по эффективности и срокам заживления аналогично широко используемым в современной медицине антисептикам, а при использовании комплекса миелопида и оксида азота имеет место еще более выраженное антибактериальное, противовоспалительное в I и регенераторное, репаративное действие во II фазах раневого процесса, а также значительное ускорение процессов заживления ран в сравнении с традиционным лечением, использованием комплекса раствора натрия гипохлорита и оксида азота.

#### Библиографический список

1. Кокряков В.Н. Очерки о врождённом иммунитете // СПб.: Наука, 2006. – 261 с.
2. Снимщикова И.А. Иммунопатогенетическая и клиническая характеристика эффективности локальной иммунокоррекции при некоторых гноино-воспалительных заболеваниях: автореф. дис. ... докт. мед. наук / И.А. Снимщикова. – Курск, 2001. – 41 с.
3. Халилов М.А. Опыт применения программного метода анализа ран в эксперименте / М.А. Халилов, А.С. Мошкин // Морфологические ведомости. – 2008. – Вып. 8. – С. 290–291.
4. Федоров Д.Н. Морфологическая и иммуногистохимическая характеристика репаративных процессов в длительно не заживающих ранах / Д.Н. Федоров, А.Н. Ивашин, В.В. Шинин // Архив патологии. – 2002. – № 1. – С. 8–11.
5. Badiavas E.V. Treatment of chronic wounds with bone marrow-derived cells / E.V. Badiavas, V. Falanga. // Arch. Dermatol. – 2003; 139(4). – P. 510-16.
6. Bamberg R. Diagnosis of wound infections: current culturing practices of U.S. wound care professionals / R. Bamberg, P.K. Sullivan, T. Conner-Kerr // Wounds . – 2002; 14(9). – P. 314–28.
7. Cunha B.A. Methicillin-resistant Staphylococcus aureus: clinical manifestations and antimicrobial therapy / B.A. Cunha // Clin Microbiol Infect. 2005; 11 (Suppl 4). – P. 33 – 42.
8. Deepak V. Composition of Wound Fluid from Pressure Ulcers Treated with Negative Pressure Wound Therapy Using V.A.C. / V. Deepak // Wounds. – 2006, Volume 18. – P. 119 – 126
9. Drosou A. Antiseptics on wounds: An area of controversy / A. Drosou, A. Falabella, R.S. Kirsner // Wounds. – 2003; 15(5). – P. 149–66.
10. Hjelmstrom P. Lymphoid neogenesis: de novo formation of lymphoid tissue in chronic inflammation through expression of homing chemokines / P. Hjelmstrom // J. Leukoc. Biol. – 2001; 69. – P. 331–9.
11. Leufgen H. Collagenase expression and activity is modulated by the interaction of collagen types, hypoxia, and nutrition in human lung cells / H. Leufgen, M.P. Bihl, J.J. Rudiger // J. Cell. Physiol. – 2005; 204(1). – P. 146–154.
12. Matthies A.M. Neuropilin-1 participates in wound angiogenesis / A.M. Matthies, Q.E. Low, M.W. Lingen // Am. J. Pathol. – 2002; 160(1). – P. 289–96.
13. Howlander M.H. Increased plasma total nitric oxide among patients with severe chronic venous disease / M.H. Howlander, P.D. Coleridge // Int. Angiol. – 2002; 21(2). – P. 180–6.

**M. A. KHALILOV**

#### FEATURES OF A CURRENT OF A CHRONIC WOUND IN THE CONDITIONS OF LOCAL IMMUNOCORECTIONS WITH USE MYELOPID AND NITROGEN OXID

*The analysis of local treatment of the experimental chronic wounds generated at laboratory animals – rats of a line «Vistar» with use of modern technologies is presented. The complex cliniko-laboratory, cytologic and histologic researches is spent. Possibility and high efficiency NO-therapy, myelopid, and also their combinations in treatment of chronic wounds both in the first, and in the second phases wound process is proved.*

*Key words:* immunocorrection, NO-therapy, myelopid, chronic wounds.

**В.В. ЧУПАК**, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии медицинского института Орловского государственного университета  
E-mail provisorv@orel.ru

**Е.И. ЮШКОВА**, кандидат химических наук, профессор, заведующая кафедрой общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии медицинского института Орловского государственного университета  
E-mail provisorv@orel.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ ДИКВАТА В ТРУПНОМ МАТЕРИАЛЕ

Судебно-химическое исследование диквата

1. Изолировали проводили смесью этанол -1 н. р-р хлороводородной кислоты ( $HCl$ ).
2. Очистка проводилась методом ТСХ на пластинке «Силуфол УФ-254», обработанной вазелиновым маслом. Подвижная фаза – ацетонитрил-1 н. раствор серной кислоты (2:8).
3. Определение – методом ТСХ после обработки раствором гидроксида натрия. Идентификация – по величине  $Rf$  вещества-свидетеля.
4. Количественное определение на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 310 нм по уравнению градуировочного графика.
5. Результат – сохраняемость диквата в трупном материале – 4,5 месяца.

Ключевые слова: дикват, 1,1' – этилен – 2,2' – бипиридилий дибромид, сохраняемость, трупный материал, очистка, изолирование.

Дикват (1,1' – этилен – 2,2' – бипиридилий дибромид) – биологически активное вещество, широко использующееся в качестве гербицида и десиканта.

При судебно-химических исследованиях важное значение имеет знание сроков сохраняемости отравляющих веществ в трупном материале.

Целью настоящего исследования явилось изучение сохраняемости диквата в трупном материале.

Изучение сохраняемости диквата проводили при температуре 18–22°C. К мелкоизмельченной ткани трупной печени прибавляли 1,1' – этилен – 2,2' – бипиридилийдибромид из расчета 0,1 г на 100 г печени и тщательно перемешивали печеночную ткань с веществом. Полученные искусственные смеси сохраняли в плотно закрытых склянках темного стекла, содержимое которых в дальнейшем ежедневно перемешивали. В подобных же условиях хранили контрольные образцы печени, не содержащие анализируемого вещества.

Исследования искусственных смесей и контрольных образцов с целью определения рассматриваемого соединения проводили через 2 часа после приготовления искусственных смесей и далее – через определенные равные промежутки времени – до

тех пор, пока объект исследования не переставал обнаруживаться в трупном материале.

Для исследования в каждом опыте брали по 5 г искусственной смеси, содержащей 1,1'-этилен – 2,2'-бипиридилийдибромид, или такое же количество контрольного образца печени.

### Изолирование

Каждую порцию биологического материала заливали 10 мл смеси **этанол-1 н. раствор хлороводородной кислоты** (8:2), медленно нагревали до 100°C, а затем кипятили в течение 10–15 минут в колбе с обратным холодильником. После завершения процесса кипячения содержимое колбы оставляли на 35 минут при комнатной температуре, жидкое извлечение отделяли от твёрдых частиц биоматериала, а процесс настаивания повторяли по вышеописанной схеме. Отдельные извлечения объединяли, при необходимости упаривали при температуре 85–90°C до определённого объёма (исходный раствор).

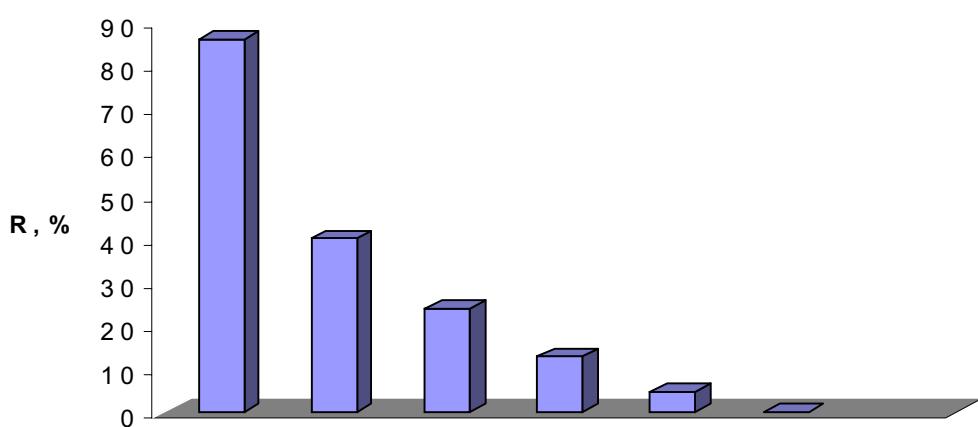
### Очистка извлечений из биологического материала

Две пробы исходного раствора раздельно наносили на хроматографическую пластину типа «**Силуфол**» UV-254, обработанную вазелиновым маслом. Параллельно на линию старта наносили 0,04 мл 0,02% раствора вещества-свидетеля в смеси растворителей этанол-1 н. раствор хлороводородной кислоты (5:5). Хроматографировали в стеклянных камерах внутренним объёмом около 600 см<sup>3</sup>, используя в качестве подвижной фазы систему растворителей **ацетонитрил-1 н. раствор серной кислоты** (2:8). Хроматограммы высушивали в токе тёплого воздуха.

### Идентификация и количественное определение

1. *Определение методом ТСХ.* На полученных хроматограммах путём опрыскивания части поверхности пластины 10-процентным раствором гидроксида натрия проявляли пятно вещества-свидетеля и пятно анализируемого вещества из одной из нанесённых проб. Анализируемое вещество, проявляющееся на пластинах в виде коричневого пятна, идентифицировали по величине R<sub>f</sub>, совпадающей с величиной R<sub>f</sub> вещества-свидетеля.

2. *Определение спектрофотометрическим методом.* Участок пластины из не обработанной цветореагентом части, соответствующий по площади и расположению относительно линии старта пятну анализируемого вещества ( $R_f = 0,56 \pm 0,02$ ), проявившемуся на обработанной части пластины, вырезали, помещали в пробирку и элюировали смесью растворителей ацетонитрил-1 н. раствор серной кислоты (2:8) в течение 15 минут. Полученный элюат фильтровали через капроновый фильтр с размером пор 0,2 μ. Исследовали особенности поглощения фильтрата в интервале длин волн 190–360 нм, измеряя оптическую плотность через каждые 2 нм на приборе СФ-46 в кварцевой кювете с толщиной рабочего слоя 10 мм. Анализируемое вещество идентифицировали по форме спектральной кривой и положению максимумов полос поглощения, совпадающих с положением максимумов в спектре вещества-стандарта. Количественное содержание 1,1'-этилен – 2,2'-бипиридилия в пересчёте на дибромид определяли по величине оптической плотности, измеренной при длине волны 310 нм, с использованием предварительно рассчитанного уравнения градуировочного графика.



Полученные результаты пересчитывали на определённую навеску биологического объекта.

Как свидетельствуют данные, полученные при изучении сохраняемости рассматриваемого вещества в трупном материале, 1,1'- этилен – 2,2' – бипиридилийдигромид в предлага-

емых условиях сохранения определяется в трупном материале в течение четырёх месяцев. Через 4,5 месяца после начала эксперимента в сохраняемых искусственных смесях удается обнаружить только следы анализируемого вещества.

V.V. CHUPAK, E.I. YUSHKOVA

**THE RESEARCH OF THE PRESERVATION OF 1,1'-ETHYLENE-2,2'-BIPIRIDILDIBROMIDE IN THE CADAVERIA MATERIAL**

*It is established that 1,1'-ethylene-2,2'-bipiridildibromid under existing conditions may be found in the cadaveria material within 4 months. After 4,5 months from the beginning of the experiment only traces of the analysed substance can be found in the conserved artificial mixtures.*

*Key words:* 1,1'-ethylene-2,2'-bipiridildibromid, cadaveria material.



# ГЕОГРАФИЯ

---

*О.В. РУДЕНКО, кандидат географических наук, доцент кафедры географии факультета естественных наук Орловского государственного университета  
Тел.: (4862)-47-40-90, 8-920-286-79-27; olrudenko@orl.ru*

## ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ПЕРЕОТЛОЖЕННЫХ СПОР И ПЫЛЬЦЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОСАДКАХ ЧЁШСКОЙ ГУБЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

*Изучен таксономический состав переотложенных спор и пыльцы в поверхностных осадках Чёшской губы Баренцева моря. Зарегистрированные древние микрофоссилии объединены по возрастному признаку в пять палинокомплексов с выбором характерных руководящих таксонов. Установлено, что споры и пыльца древнего облика поступают в поверхностные осадки губы преимущественно в результате разрушения коренных мезозойских пород и береговой абразии, а также за счет деятельности придонных течений и речного стока с полуострова Канин.*

*Ключевые слова:* Баренцево море; Чёшская губа; переотложенные пыльца и споры; палиноспектр; поверхностные осадки; источники сноса.

Актуалистическую основу палеопалинологических исследований составляют методические работы, выявляющие закономерности формирования субфоссильных палиноспектров и степень отражения в них характера современной растительности. Применение этого метода для исследования морских осадков возможно только с учетом региональных особенностей воздушной и речной транспортировки пыльцы и спор, а также гидродинамических условий и площади морского бассейна [10]. В российском секторе Арктики Баренцево море является одним из наиболее изученных в данном отношении, а исследования прошлых лет [8] позволили выделить в нем шесть районов, существенно различающихся по условиям формирования субфоссильных спорово-пыльцевых спектров. Согласно данной схеме районирования мелководная Чёшская губа образует особый район, в котором значительно ослабляется влияние баренцевоморских ветвей Нордкапского течения и благодаря розе ветров сильнее всего оказывается влияние материковой суши. Как и в других районах Баренцева моря, в Чёшской губе переотложенные пыльца и споры составляют основу спектра [7]. Основные цели изучения таксономического состава переотложенных спор и пыльцы заключались в получении информации о возрасте подстилающих дочетвертичные осадки коренных пород, а также в определении локальных и удаленных от района исследования источников сноса размытого материала и реконструкции векторов придонных течений, переносящих продукты размыва.

## Район исследования

### *Морфоструктурный план и океанография.*

Чёшская губа – мелководный ингрессионный залив в юго-восточной части Баренцева моря длиной 110 км и шириной около 130 км, ограниченный с запада мысом Микулкин Нос, с востока – мысом Бармин. Глубина моря на входе – 55 м, во внутренней части – преимущественно 20–40 м, обычны отмели глубиной 2–3 м. Восточные и западные берега, формирующиеся волновыми процессами, преимущественно абразионно-бухтовые, южное побережье повсеместно образуют низменные песчаные и заболоченные ватты и лайды [6]. Донные осадки губы представлены преимущественно опесчаненными алевритами и песками разной степени окатанности с большим количеством гравия, гальки. Современная гидрологическая ситуация, определяющая литодинамический режим, формируется под влиянием приливно-отливных течений, генерируемых правильными полусуточными приливами. Ширина приливно-отливных песчаных осушек колеблется от 15–20 до 30–40 м. Водообмен с открытой акваторией Баренцева моря осуществляется приточным течением вдоль Канинского побережья и сточным по северо-восточной периферии губы.

### *Растительность побережья.*

На южных лайдах Чёшской губы преобладающий тип ландшафта – травяно-осоковые болота с обилием злаков. Для горных тундр полуострова Канин и острова Колгуев типичны ивняково-ерниковые ассоциации, заросли багульника, ягодных кустарничков. Нижние геоморфологические уровни занимают полигональные, мохово-лишайниковые и кочкарные тунды с морошкой, ивняком, горцем змеиным. В зоне лесотунды по долинам рек появляются низкорослые ели и березы, реже лиственница сибирская. В подзоне северной тайги доминируют еловые и елово-березовые сомкнутые леса с островками сосняков, приуроченных к песчаным речным террасам.

## Материал и методика исследования

Материал для микропалеонтологических исследований получен донным опробованием, проведенным научно-исследовательскими судами Мурманской арктической геологоразведочной экспедиции

в рамках опытной методической съемки 1:200 000 масштаба в Чёшской губе. Изучено 22 образца из центральной и западной частей губы. Образцы отбирались дночерпателем «Океан» с площадью захвата 0,25 м<sup>2</sup>. Подготовка проб к палинологическому анализу проведена стандартным сепарационным методом В.П. Гричука без ацетолиза. Споры и пыльца исследовались под микроскопом при увеличении х400–600. Процентный подсчет производился от общего числа зарегистрированных зерен.

## Результаты исследования

Палиноспектры всех изученных образцов содержали большое количество переотложенных пыльцы и спор широкого возрастного диапазона – от палеозойского до голоценового (от 18% до 95% от общего количества зарегистрированных микрофоссилий). Такая высокая доля переотложенных спор и пыльцы определяется активным гидродинамическим режимом региона, в поверхностных осадках которого древние микрофоссилии оказываются в результате совокупного влияния многих факторов, а именно: морской абразии берегов, размыва коренных пород, приливно-отливной деятельности, влияния придонных и поверхностных течений. Установлено, что концентрация переотложенных форм возрастает в алевритистых осадках, наименьшее же их содержание отмечено в несортированных песках.

Таксономический состав спор и пыльцы дочетвертичного возраста чрезвычайно разнообразен – обычно более 30–50 таксонов в образце с преобладанием мезозойских хвойных. Степень сохранности последних чаще всего неудовлетворительная: зерна смяты, разорваны, сильно минерализованы, иногда уродливой, недоразвитой формы.

Древние пыльца и споры объединены по возрастному признаку в пять переотложенных палинокомплексов с выбором характерных руководящих форм (таблица). Последние определялись согласно палинологическим данным по разрезам, в которых возраст синхронных осадков подкреплен макрофлористическими и микрофаунистическими данными [3; 4; 5; 9].

Процентное соотношение разновозрастных групп переотложенных микрофоссилий изменяется по площади губы (рисунок). Так, в пробах из ее западной части обнаружено большое количество пермских стриатных форм и девон-карбоновых

Таблица – Переотложенные палинокомплексы в поверхностных осадках Чёшской губы

№ п/п	Палинокомплекс	Руководящие формы
I	Девон-пермо-карбоновый	<b>Споры:</b> <i>Leiotriletes adnatus</i> Potonie & Kremp, 1955, <i>Cirratriradites ornatus</i> (Lub.), <i>Hymenozonotriletes bialatus</i> (Waltz) Isch., <i>Laevigatosporites plicatilis</i> Virb., <i>Stenozonotriletes aculeatus</i> Naum., <i>Trilobozonotriletes</i> sp., <i>Punctatisporites</i> sp., <i>Retusotriletes subgibbosus</i> N., <i>Verrucosisporites nitidus</i> Playford <b>Пыльца:</b> <i>Alisporites splendens</i> (Lesch.), <i>Protohaploxylinus perfectus</i> (Naum.), <i>Sulcatisporites</i> sp., <i>Striatiti</i> , <i>Vittatina</i> sp., <i>V. vittifer</i> (Lub.).
II	Триасовый	<b>Споры:</b> <i>Aratrisporites robustus</i> , <i>Duplexisporites gyratus</i> , <i>Matonia</i> sp., <i>Camptotriletes</i> sp., <i>Trachytriletes</i> sp., <i>Chomotriletes</i> sp., <i>Lophotriletes</i> sp., <i>Nevesisporites</i> sp., <i>Verrucosisporites</i> sp. <b>Пыльца:</b> <i>Calamitaceae</i> , <i>Protopodocarpus</i> sp., <i>Protopicea</i> sp., <i>Protopinus</i> sp., <i>Podozamites</i> sp.
III	Юрско-раннемеловой	<b>Споры:</b> <i>Coniopteris</i> sp., <i>Coniopteris jurassica</i> , <i>Aequitriradites</i> sp., <i>Sphagnales</i> , <i>Gleichenia</i> sp., <i>Cicatricosporites</i> sp., <i>Cyathidites</i> , <i>Klukisporites</i> sp., <i>Lygodium</i> sp., <i>L. mirabile</i> Bolch., <i>L. valanjense</i> Kara-Murza, <i>Anemia</i> spp., <i>Pilosporites</i> sp., <i>Schizaea</i> sp. <b>Пыльца:</b> <i>Protoconiferus</i> sp., <i>Bennettites</i> sp., <i>Pseudopinus</i> sp., <i>Pinites</i> sp., <i>Piceites</i> sp., <i>Classopolis</i> sp.,
IV	Позднемел-палеогеновый	<b>Споры:</b> <i>Cibotium</i> sp. <b>Пыльца:</b> <i>Trudopollis</i> sp., <i>Orbiculapollis globosus</i> , Chlon, <i>Extratriporopollenites</i> sp., <i>Aquila pollenites</i> sp., <i>Tripolopollenites</i> sp., <i>Taxodiaceae-Cupressaceae</i>
V	Неоген-четвертичный	<b>Пыльца:</b> <i>Myrica</i> sp., <i>Nyssa</i> sp., <i>Carya</i> sp., <i>Betula</i> sp., <i>Cornus</i> sp., <i>Ilex</i> sp., <i>Quercus</i> sp., <i>Tsuga</i> sp.

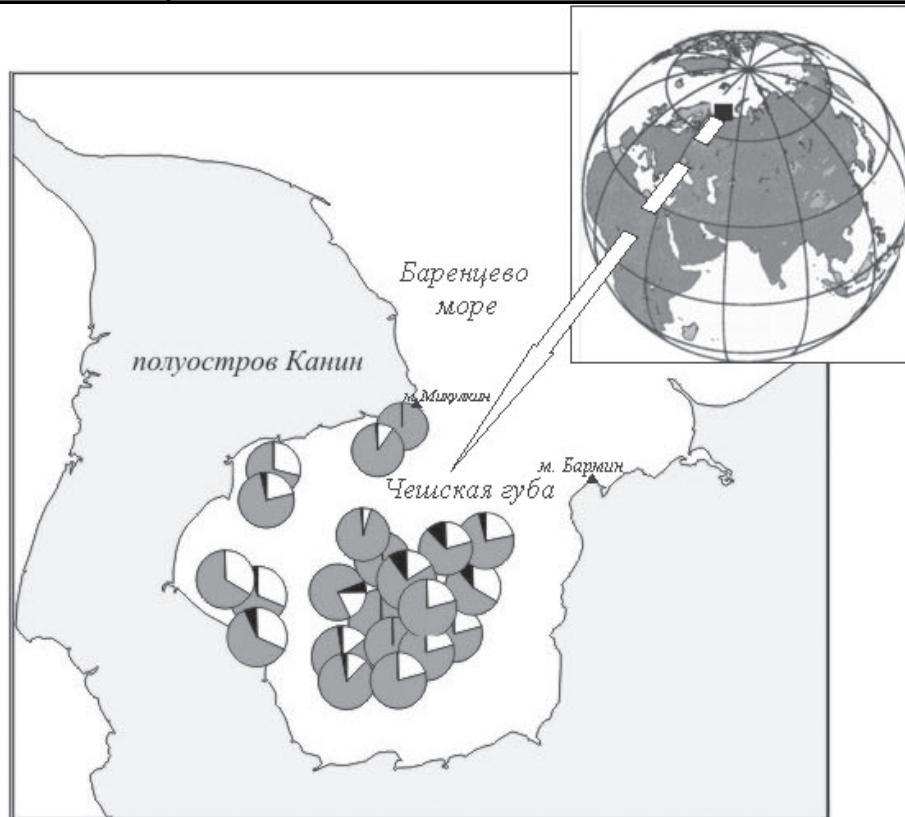


Рисунок. Возраст переотложенных спор и пыльцы в поверхностных осадках Чёшской губы, в %:  
 – палеозойский;  – мезозойский;  – кайнозойский.

спор (до 32% от общего числа переотложенных форм), что, по-видимому, является следствием их выноса в море в составе продуктов разрушения герцинских горных сооружений полуострова Канин при волновой абразии берега. Второй возможный источник – эродируемые пермские полимиктовые песчаники и известняки Североканинского и Тимано-Канинского мегавалов.

В палиноспектрах, выделенных из осадков центральной части губы, отмечено абсолютное преобладание микрофоссилий мезозойского (преимущественно юрско-раннемелового) возраста. В некоторых образцах их содержание достигает 100%. На картах дочетвертичных отложений Баренцева моря [1; 2] широко распространены мезозойские песчаники и аргиллиты, во многих районах шель-

фа выходящие к поверхности дна. Это позволяет утверждать, что переотложенные формы в поверхностных осадках Чёшской губы имеют преимущественно локальный генезис, а главный источник их поступления – донная эрозия коренного мезозойского ложа.

Пыльца кайнозойского возраста (в основном палеоген-неогенового возраста) составляет наименьшую долю в переотложенной части палинокомплексов и выделяется характерной оранжеватой окраской и укрупненными размерами. По-видимому, она поступает в Чёшскую губу в составе твердой взвеси, влекомой приточным придонным течением из западной части Колгуево-Печорского мелководья, и осаждается в поверхностные осадки по закону механической дифференциации вещества.

#### Библиографический список

- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист S-36-37 – Баренцево море. Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. – 165 с. 5 вкл.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист R-38-40 – о. Колгуев. Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. – 289 с. 10 вкл.
- Дибнер А.Ф., Дибнер В.Д., Короткевич В.Д. Возраст дочетвертичных отложений осадочного чехла Баренцева моря // Палинология голоценов и маринопалинология. – М.: Наука, 1973. – С. 115–119.
- Колода Н.А. К стратиграфическому значению уфимских палинокомплексов Севера Европейской России // Методические аспекты палинологии. Мат-лы X Всеросс. палинологич. конф. – М., 2002. – С. 113–114.
- Колода Н.А., Канев Г.П. Корреляция разнофациальных отложений уфимского яруса Севера русской плиты по миоспорам и двустворкам // Палинология: теория и практика. Мат-лы XI Всеросс. палинологич. конф. – М., 2005. – С. 112–113.
- Павлидис Ю.А., Ионин А.С., Щербаков Ф.А., Дунаев Н.Н., Никифоров С.Л. Арктический шельф. Позднечетвертичная история как основа прогноза развития. – М.: ГЕОС, 1998. – 188 с.
- Руденко О.В. Субфоссильные палиноспектры Чёшской губы Баренцева моря / Палинология: Стратиграфия и геоэкология. Т. 1. – СПб.: Изд-во ВНИГРИ, 2008. – С. 172–178.
- Руденко О.В., Полякова Е.И. Особенности формирования спорово-пыльцевых спектров в поверхностных осадках Баренцева моря // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского пери-гляциала. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. – С. 111–120.
- Тарасов Г.А., Шарапова А.Ю. Переотложенные палиноморфы в четвертичных отложениях Западно-Арктического шельфа как индикатор источника сноса осадочного материала // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. – С. 223–230.
- Mudie P.J., 1982. Pollen distribution in recent marine sediments, eastern Canada // Can. J. Earth Sci., 19, 729–747.

#### O.V. RUDENKO

#### FIRST DATA ON REDEPOSITED SPORES AND POLLEN IN THE SURFACE SEDIMENTS OF THE CHESHA BAY (BARENTS SEA)

*Taxonomic composition of the redeposited spores and pollen spectra in the surface sediments of the shallow-water Chesa Bay (Barents Sea) is discussed. The ancient spores and pollen combined into five multiple-aged redeposited palynocomplexes with corresponding taxon-leaders. Mezozoic bedrocks erosion and wave-abrasion of the Kanin Peninsula eastern coast as well as transportation by the bottom flows and river runoff proved to be the crucial factors of the ancient microfossils income into the surface sediments of the Chesa Bay.*

*Key words:* Barents Sea, Chesa Bay, redeposited spores and pollen, palynospectra, surface sediments, source area.

**Л.Н. ТРОФИМЕЦ**, кандидат географических наук,  
старший научный сотрудник, доцент  
Орловского государственного университета  
Тел. 73-71-82: [trofimetc\\_l\\_n@mail.ru](mailto:trofimetc_l_n@mail.ru)

**А.В. ТАРАСОВ**, аспирант МИОГУ  
[arcorel@inbox.ru](mailto:arcorel@inbox.ru)

## ОСОБЕННОСТИ ЧЕРНОБЫЛЬСКИХ ВЫПАДЕНИЙ И ГЕОГРАФИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Излагаются результаты анализа географии заболеваемости взрослого населения районов Орловской области новообразованиями. Сделан вывод о необходимости учета в исследованиях подобного рода бета-излучения в 1986–1988 гг., метеорологических условий пылевыхпадений, физико-географических условий, способствующих формированию аномальных зон повышенного радиоактивного загрязнения.*

*Ключевые слова:* авария на ЧАЭС, заболеваемость взрослого населения новообразованиями, бета-активность, доза облучения, активность цезия-137 в почве лесополос и необлесенных склонов в 2006–2009 гг.

В отчете «Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Стратегия реабилитации», составленном по заказу ПРООН и ЮНИСЕФ при поддержке ВОЗ [1], говорится: «До сих пор остается серьезная неопределенность в отношении возможных долгосрочных медицинских последствий аварии... отсутствует доказательная база для определения рисков, связанных с облучением дозами, полученными в результате чернобыльской аварии... В России был сделан ряд заявлений о том, что метеорологические условия в момент аварии могли привести к выпадению радиоактивного йода на более обширной территории, в районах, пострадавших от так называемого сухого осаждения. Если это верно, то диапазон проводимого в настоящее время мониторинга должен быть расширен».

Там же указывается на то, что хотя является общепризнанным, что значительные дозы облучения были получены гражданским населением в период непосредственно после аварии на ЧАЭС, но, по некоторым оценкам (включая оценку UNSEAR 2000 г.), до 90% кумулятивной дозы было получено в период между 1986 и 1995 годами. При этом в отчете подчеркивается, что по поводу длительного облучения малыми дозами медики не пришли к единому выводу. Однако в соответствии с принятыми научными сведениями влияние получаемых в течение жизни индивидуальных доз значительно ниже одного зиверта (1 Зв) на здоровье человека статистически неотличимо от картины заболеваемости населения в целом. Средняя доза в 1 мЗв в год (или эквивалентная в течение всей жизни в 70 мЗв) является предельной, рекомендованной Международным комитетом по радиационной защите (МКРЗ) (International Committee on Radiological Protection или ICRP). Представляют интерес также в аспекте наших исследований приведенные в отчете средние индивидуальные дозы, полученные в 1986 – 1995 гг. населением некоторых территорий (по цезию-137) (таблица 1).

Таблица 1 – Средние индивидуальные дозы, полученные в 1986–1995 гг. населением пострадавших территорий (по цезию-137)\*

Загрязнения территорий по $^{137}\text{Cs}$ , Ки/км $^2$	Средние индивидуальные дозы*, полученные в 1986–95 гг. лицами, постоянно проживающими на пострадавших территориях, мЗв		
	Беларусь	Россия	Украина
1–5	3,9	4,2	11,7
5–15	18,7	13,0	24,4
> 15	47,0	35,7	82,6

Примечание: получено из UNSCEAR 2000 г. (за исключением доз на щитовидную железу).

Следует остановиться еще на одном замечании отчета. В отчете подчеркивается, что дозы облучения зависят от трех факторов: а) уровня загрязнения территории; б) миграции радиации в природной среде и теле человека; в) образа жизни человека. Большая часть современных доз получена от загрязнения среды, значительная – от внутреннего облучения, вызванного загрязнением продуктов питания (молока, мяса, лесных продуктов). Важным источником является также вдыхание радиоактивных веществ, особенно в результате лесных пожаров или пожаров на торфяниках. Во время лесных пожаров значительное количество радиоактивных материалов, до этого связанных в почве или растениях, может быть выброшено в атмосферу и перенесено на большие расстояния. Источником является также сжигание загрязненной древесины для отопления домов.

В выводах Чернобыльского форума в Вене, 2006, опубликованных в статье «Чернобыль, 20 лет спустя» [2], приводятся следующие данные. Наблюдения в Японии в течение 50 лет за хибакуся (жителями городов Хиросима и Нагасаки, которые подверглись радиационному воздействию) позволили установить, что из 4863 выявленных случаев смерти от онкологических заболеваний 426 случаев (около 9 процентов) обусловлены влиянием полученной дозы облучения. Средняя доза облучения хибакуся составила примерно 220 мЗв. Средние дозы облучения жителей наиболее загрязненной Брянской области, как утверждается в отчете, существенно ниже по сравнению с Хиросимой и Нагасаки и по международным стандартам относятся к диапазону так называемых малых доз облучения. Национальный регистр считает, что к группе риска следует отнести ликвида-

торов, получивших дозы внешнего облучения более 150 мЗв (их около 35 тысяч человек). Именно эта группа дает рост онкологической заболеваемости среди ликвидаторов примерно на 3 процента. Что важно, в выводах говорится следующее: «...важным вопросом дальнейших эпидемиологических исследований остается оценка неопределенностей полученных коэффициентов радиационного риска (в частности, учет неопределенности исходных дозиметрических данных)». На этом хотелось бы остановиться и проанализировать ситуацию с заболеваемостью взрослого населения Орловской области новообразованиями.

В настоящей статье мы остановимся на анализе географических условий радиоактивных выпадений и возможном влиянии их на рост заболеваемости взрослого населения (опустим анализ социально-экономических условий периода экономических преобразований в стране, несомненно, оказавшего свое негативное влияние на состояние здоровья населения через возросшие социальные напряжения в обществе, связанные с перестройкой всего жизненного уклада). При этом анализ географии заболеваемости мы преднамеренно будем вести в отношении взрослого населения, то есть той части населения, которая в 1986 году представляла собой наиболее мобильную, трудоактивную его часть (сегодня им около и более 50 лет). И анализировать будем новообразования, так как прошло более 20 лет с момента аварии, а по заключениям специалистов, зафиксированным в выводах Национального регистра и Чернобыльского форума [2], латентные периоды для злокачественных новообразований составляют 10 и 20 лет. Добавим также, что для Орловской области смертность, причиной которой являются новообразова-

ния, стоит на третьем месте в ряду основных причин смерти населения.

География заболеваемости взрослого населения представлена в таблицах 2, 3 и на рис. 1, 2.

Анализ максимальных показателей заболеваемости взрослого населения за период 1993–2007 годов по отношению к 1993 году показал следующее. Во-первых, следует отметить, что в 1993 году количество районов, в которых заболеваемость превышала среднероссийские показатели, было 5, в последующие годы (таблица 2) число районов увеличилось до 14–19 (из 24-х).

**Таблица 2 – Динамика числа районов (из 24-х),  
в которых заболеваемость превысила  
среднероссийские показатели (новообразования  
на 1 тысячу взрослого населения)**

1993	2000	2002	2005	2006	2007
5	16	19	14	14	11

Даже этот сравнительный анализ показывает, что число районов с высокими показателями заболеваемости выросло с 90-х годов в 2, 3 и более раз.

В таблице 3 приведены данные о динамике заболеваемости взрослого населения административных районов (новообразования на 1 тысячу взрослого населения). Бета-активность взята из работы В.М. Казьмина, 2004 [3]. Из таблицы следует, что максимум заболеваемости за период 1993–2007 гг. отмечался, как правило, в 2000-х годах (не в 1990-м и не в 1993-м).

Наибольшие превышения максимальной заболеваемости над среднероссийскими максимальными показателями за исследуемый период – в Новосильском (3,3) и Ливенском (2,57 раза) районах. Наибольшие превышения заболеваемости в год с максимально зарегистрированным числом случаев над заболеваемостью уровня 1993 года – в Свердловском, Корсаковском, Троснянском, Должанском, Глазуновском районах. На рис. 1 приведена карта превышения максимальной заболеваемости за исследуемый период над заболеваемостью в 1993 году. Отдельно, как уже упоминалось, стоит Новосильский район, где, несмотря на высокие показатели заболеваемости взрослого населения, превышение максимальной заболеваемости за период над показателями 1993 года состави-

ло всего 13%. Следует, однако, оговориться: во-первых, рост заболеваемости в этом районе к уровню 1990 года (18,1 человека на тысячу) составил более 200% (37,9 – в 2004 г. – год максимума заболеваемости); во-вторых, заболеваемость в этом районе уже в 1993 году была самой высокой среди всех районов (33,6 человека на тысячу). Пример Новосильского района, где рост заболеваемости составил 13%, показывает, что в районах с высокой заболеваемостью изначально (в конце 10-летнего латентного периода, для Новосильского это 1993–1996 годы) существенного увеличения заболеваемости к концу 20-летнего латентного периода не отмечается.

Таким образом, можно утверждать, что превышение максимального числа случаев зарегистрированной заболеваемости, которое в подавляющем большинстве районов пришлось на последние годы (2000–2007 гг.), практически на всей территории области составило в преобладающем большинстве районов (75%) от 60% до более чем 400%. То есть максимальный рост пришелся на окончание 20-летнего латентного периода. Данные по заболеваемости злокачественными новообразованиями в Орловской области за 2008 год свидетельствуют о том, что, во-первых, максимум заболеваемости у группы населения старше 40 лет по-прежнему приходится на конец 2000-х (2006–2008 годы, то есть через 20 – 23 года после аварии); во-вторых, в группе населения до 14 лет максимум впервые выявленных случаев отмечается в 2001–2002 гг., то есть через 14 лет после аварии: это дети, родившиеся в 1988 году и позже).

Максимум выявленных случаев заболеваемости новообразованиями (таблица 3) в Верховском (1996 г.), Дмитровском (1999 г.), Урицком (1999 г.), Хотынецком (1998 г.), Покровском (1995 г.), Глазуновском (1999 г.) наблюдался несколько раньше. Можно предположить, что он был приурочен к окончанию 10-летнего латентного периода радиационной индукции раков [2]. Таким образом, можно констатировать, что, во-первых, во всех районах отмечен рост заболеваемости взрослого населения новообразованиями с максимально зарегистрированным числом случаев в большинстве районов (75%) через 20 лет после аварии, в 25% районах – через 10 лет. Во-вторых, в большинстве

Таблица 3 – Динамика заболеваемости взрослого населения на тысячу соответствующего населения (новообразования) и суммарная бета-активность сельхозугодий в 1986 г.

Административный район	Суммарная бета-активность сельхозугодий в 1986 году, Ки/км <sup>2</sup>	Заболеваемость в 1993 году	Заб. 2007/заб. 1993 гг.	Год максимума заболеваемости	Заболеваемость в год максимума	Заб. макс по району / заб. макс по РФ	Заб. макс по району/1993 г.
Свердловский	До 10	3,9	0,487	2000	20,2	1,76	<b>5,18</b>
Корсаковский	До 10	5	0,04	2004	22,1	1,92	<b>4,42</b>
Троснянский	До 10	4	3,975	2006	17,1	1,49	<b>4,28</b>
Должанский	До 10	2,5	3,6	2007	9	0,8	<b>3,6</b>
Глазуновский	До 10	3,9	1,256	1999	12,5	1,09	<b>3,21</b>
Шаблыкинский	До 10	7,8	1,5	2005	21,4	1,86	2,74
Кромской	До 10	5,8	2,707	2007	15,7	1,37	2,71
Сосковский	До 10	4,2	2,619	2007	11,5	1,0	2,62
Залегощенский	40–120	7,9	1,823	2006	20,2	1,76	2,56
Знаменский	До 10	8,4	0,452	2006	20,6	1,79	2,45
Покровский	До 10	5,1	1,235	1995	10,4	0,9	2,04
Мценский	До 10	6	2,017	2007	12,1	1,05	2,02
Краснозоренский	До 10	5,5	1,945	2007	10,7	0,93	1,95
М.Архангельский	До 10	7,6	1,526	2006	14,6	1,27	1,92
Хотынецкий	До 10	6,7	1,328	1998	12,7	1,1	1,9
Ливенский	До 10	16	1,806	2006	29,6	<b>2,57</b>	1,85
Орловский	10–40	9,1	1,451	2006	15,8	1,37	1,74
Болховский	120–200	7,6	1,474	2006	13,1	1,14	1,72
Колпнянский	До 10	8,2	1,341	2006	14,1	1,23	1,72
Верховский	40–120	8,7	0,425	1996	14,6	1,27	1,68
Н. Деревеньковский	До 10	11,2	1,339	2004	18	1,57	1,61
Урицкий	10–40	12	0,308	1999	17,1	1,49	1,43
Дмитровский	40–120	5,4	1,093	1999	6,6	0,6	1,22
Новосильский	До 10	33,6	0,842	2004	37,9	<b>3,3</b>	1,13
РФ					11,5	1	
<b>Всего по области</b>		8,9	1,73	2004	22,6	1,97	2,54
г. Орел		8,8	1,955	2006	18,3	1,59	2,08

районов (83%) максимальное число случаев заболеваемости выше, чем максимальное число случаев заболеваемости по РФ за исследуемый период. Лишь в Дмитровском максимальное число случаев заболеваемости ниже аналогичного показателя по РФ на 43%.

Обращает на себя внимание особенность роста заболеваемости в районах, которые в 1993 году

отличались самыми маленькими показателями (рис. 1): Глазуновский (рост в 3,21 раза при заболеваемости в 1993 году 3,9 человека на тысячу); Должанский (рост – в 3,6 раза при заболеваемости в 1993 году 3,6); Троснянский (рост в 4,28 раза при заболеваемости в 1993 году 4); Корсаковский (рост 4,42 раза при заболеваемости в 1993 году 5); Свердловский (рост в 5,18 раза при заболеваемо-

сти в 1993 году 3,9) (таблица 3, рис. 1). Однако уровня Новосильского района достиг лишь Ливенский район (нормированное по максимальной заболеваемости по РФ за исследуемый период значение заболеваемости в Новосильском районе 3,3, в Ливенском – 2,54). Во всяком случае, ситуация может считаться относительно благо-

лучной в районах, не достигших уровня максимума заболеваемости по РФ: Должанском, Сосковском, Дмитровском, Краснозоренском, Покровском. Как напряженную можно оценить ситуацию в районах, максимальная заболеваемость в которых превзошла российский максимум на 30% и более (таблица 4).

**Таблица 4 – Оценочная шкала состояния здоровья взрослого населения по соотношению максимальной заболеваемости в районе (новообразования) и максимальной фоновой по РФ ( $K_{\text{превыш.РФ}}$ ) за расчетный период 1993–2007 гг.**

Состояние здоровья взрослого населения	Фоновый уровень заболеваемости (благополучная ситуация)	Повышенный фоновый	Выше фонового	Высокий	Опасно высокий	Чрезвычайно высокий
$K_{\text{превыш.РФ}}$	от 0,5 до 1 раза	от 1 до 1,3 раза	от 1,3 до 1,5 раза	от 1,5 до 2 раз	от 2 до 3 раз	более чем в 3 раза

Таким образом, практически 20 из 24 районов области отличаются превышением показателей заболеваемости по сравнению с российскими показателями. И такая картина была выявлена не только по новообразованиям. Общим является расширение ареала высокой заболеваемости от 1990 к 2007 году. Если в 1990 году заболеваемость эндокринной системы регистрировалась более чем у 20 человек на 1000 взрослого населения в трех районах, то в 2007 году – уже у 22-х. Такая же картина и по болезням крови и кроветворных органов у взрослого населения: в 1990 году в 1 районе отмечалась заболеваемость 2 человека на тысячу в год, а в 2007 году таких районов стало 17.

Эта картина является аналогичной выявленным особенностям роста заболеваемости в Тульской области, где отмечено наиболее интенсивное проявление болезней крови от 3-го – 5-го и на протяжении десятилетия после радиационного воздействия.

В Орловской области приведем еще пример Болховского района, в котором в 1997 году 49 населенных пунктов были исключены из перечня территорий с правом на отселение (так как плотность загрязнения в 1997 году составила 4,88 Ки/км<sup>2</sup>), а позже под давлением общественности статус вернули. Многоплановые исследования детей Болховского района, проведенные детской республиканской клинической больницей г. Москвы, Ленинградским институтом педиатрии, научным цен-

тром акушерства, гинекологии и перинатологии РАМН, выявили связь генетических изменений с наличием в организме радиоактивных веществ стронция-90 и цезия-137.

Возможные причины выявленной особенности динамики заболеваемости оставим медикам. Наша статья посвящена обсуждению условий чернобыльских выпадений, которые определили повсеместное радиоактивное загрязнение природной среды и облучение людей, которое, в свою очередь, вполне вероятно спровоцировало повсеместный рост заболеваемости. Обратим внимание на когда-то высказанное академиком РАН Д.С. Львовым замечание, что онкологическая заболеваемость имеет один и тот же порядок и в благополучной Великобритании, и в России. Если посмотреть на атлас загрязнения радиоактивным цезием-137 Европы, то обнаружим одинаковый цвет картографического изображения радиоцезиевого следа и в Европе, и на ЕТР (европейской территории России).

При этом если посмотреть на карту радиоактивного загрязнения цезием-137 Орловской области, то можно увидеть, что районы находятся в совершенно разных условиях радиоактивного загрязнения. Вместе с тем обращает на себя внимание, что по суммарной бета-активности все районы находятся в зоне загрязнения от 10 и более Ки/км<sup>2</sup> (таблица 3) (Казьмин, 2004).

Механизм действия малых доз радиации еще

недостаточно изучен, мы некомпетентны говорить о нем. Но география заболеваемости все же заставляет искать причину такой картины в особен-

ностях выпадения радионуклидов в 1986 году. В этой связи интерес представляют исследования Б. В. Пшеничникова [4].

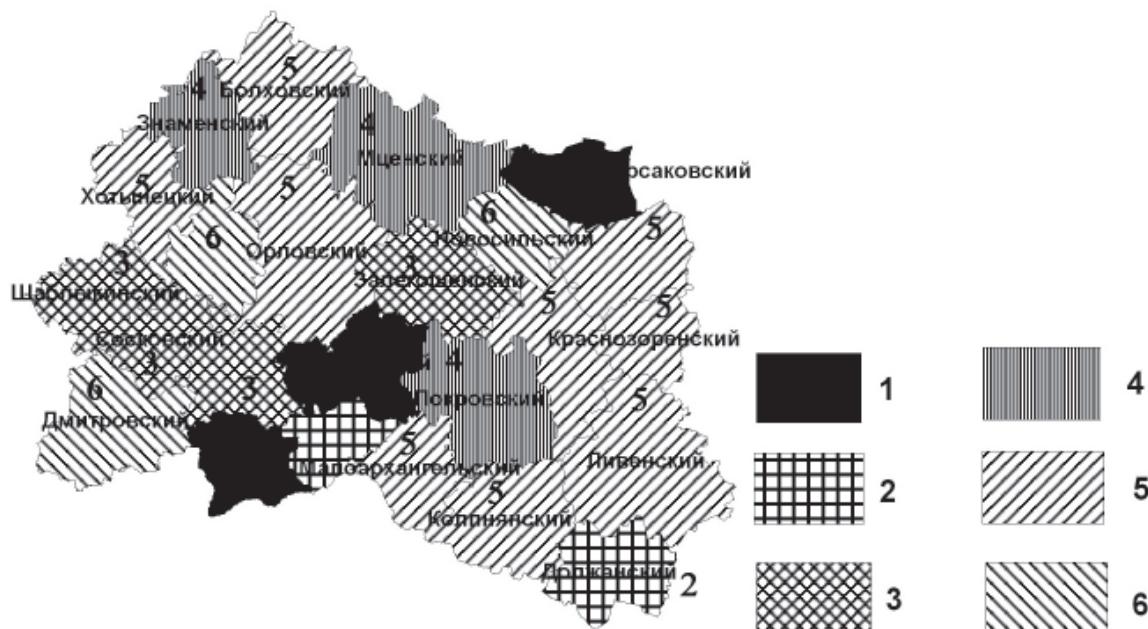


Рис. 1. Соотношение между максимальной заболеваемостью за период 1993–2008 гг. и показателями 1993 года:

1 – рост в 4–6 раз; 2 – рост в 3–4 раза; 3 – рост в 2,5–3 раза; 4 – рост в 2–2,5 раза;  
5 – рост в 1,5–2 раза; 6 – рост в 1 – 1,5 раза.

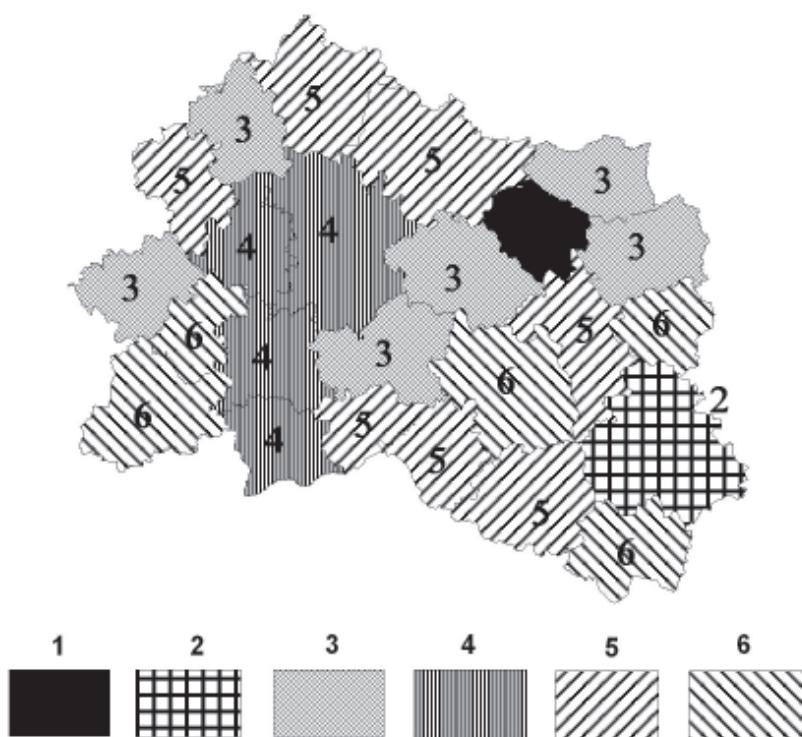


Рис. 2. Соотношение максимальных показателей заболеваемости взрослого населения по административным районам Орловской области и по РФ (новообразования на 1 тысячу взрослого населения).

Превышение максимальных показателей заболеваемости взрослого населения районов над максимальным фоновым (показателем по РФ за исследуемый период): 1 – более чем в 3 раза (чрезвычайно высокий); 2 – от 2 до 3 раз (опасно высокий); 3 – от 1,5 до 2 раз (высокий); 4 – от 1,5 до 1,3 раза (выше фонового); 5 – от 1,3 до 1 раза (повышенный фоновый); 6 – от 1 до 0,5 раза (фоновый уровень заболеваемости).

Итак, в связи с особенностями постановки проблемы объектами исследования во второй части настоящей работы явились метеоусловия, способствовавшие пылевыпадениям в 1986 году, и влияние на эти пылевыпадения лесополос и лесонасаждений. В основу исследования влияния лесных насаждений на чернобыльские пылевыпадения положены оригинальные материалы полевых исследований авторов по радиоактивному загрязнению почв и частично биоты, а также данные других исследователей по этой тематике. Полевые исследования проводились в 2005–2009 годах в ряде районов области, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС (таблица 8).

Но вначале о рабочей гипотезе.

В отчете «Гуманитарные последствия..., 2002» [1] говорится: «1 мЗв/год (миллизиверт) или 70 мЗв в течение жизни является предельной дозой для населения, рекомендованной Международным комитетом по радиационной защите (МКРЗ)». В другом официальном документе «Методика...», 1996 [5] утверждается, что доза внешнего облучения должна включать дозу от гамма-излучения всех выпавших на местности радионуклидов с периодом полураспада от нескольких часов до 30-ти лет. Вклад в эффективную дозу внешнего облучения кожных покровов бета-излучения радионуклидов незначителен и поэтому не должен включаться в качестве обязательно учитываемого при расчете дозы. Между тем в работе Б.В. Пшеничникова утверждается, что учет в расчетах бета-излучения радионуклидов в первые дни и месяцы после чернобыльских выпадений повышает индивидуальную дозу облучения человека многократно. В частности, автор приводит следующие аргументы, доказывающие, что все население, в первые

дни аварии находившееся на запыленной территории, получило дозу внешнего облучения более 1 мЗв/год. По данным автора, все до сего времени известные случаи военных или «мирных» ядерных взрывов были высокотемпературными, т.е. продукты взрыва при большой температуре испарялись, а по мере остывания могли вступать в реакции с образованием молекул химических соединений или конденсироваться с образованием аэрозолей. Автор поясняет, что в чернобыльской ситуации была самопроизвольная цепная реакция (СЦР), которая привела к взрыву. *Взрыв чернобыльского реактора был низкотемпературный*, а характер выброса – *пылевой*. В связи с этим автор утверждает, что уже в первые дни и месяцы у людей, находившихся на запыленных открытых пространствах вне 100-километровой зоны, могли произойти определенные нарушения в системе жизнеобеспечения, которые в отдаленный период способствовали повышенному риску заболевания всеми видами болезней.

«Топливная матрица является керамикой. Ее поведение в природе эквивалентно поведению двуокиси кремния, т.е. хорошо известного всем речного песка, что должно способствовать длительному нахождению топливных частиц в составе обычной пыли на поверхности почвы. Как следствие, можно было ожидать появления их на одежде и теле, особенно летом в сельской местности в сухую пору. Дозиметрические измерения в трех селах тридцатикилометровой зоны в 1988 году подтвердили эти предположения. Среднее значение через два года после аварии было принято равным **200 бета-частиц/см<sup>2</sup> мин.** для территории с уровнем загрязнения **10 Кюри/км<sup>2</sup>**. Поглощение двухсот частиц с поверхности **1 см<sup>2</sup>** создает мощность дозы в слое биоткани **2 мкЗв/час**, что **в два раза превышает мощность дозы** от внешнего гамма-излучения в том же слое». Реконструкция Пшеничниковым ситуации в конце апреля – начале мая (для территорий с уровнем загрязнения 10 Ки/км<sup>2</sup>) позволила ему утверждать, что доза по бета-излучению в 1986 году была 21 мкЗв/час, а по гамма-излучению – 54 мкЗв/час (таблица 5).

Таблица 5 – Изменение радиационной обстановки (на загрязненной территории с уровнем 10 Ки/км<sup>2</sup>) по Б.В. Пшеничникову [4]

№	Расчетный параметр	Изменение на конец периода						
		5 дн.	10 дн.	30 дн.	60 дн.	6 мес.	1 год	2 года
1	Относительное снижение радиоактивности выброса, %	58,35	45,54	30,07	21,38	10,6	6,36	3,39
2	Средняя энергия бета-частиц, кэВ/распад	317	337	369	407	516	558	518
3	Загрязненность одежды, бета-частиц/см <sup>2</sup> мин.	3440	2690	1776	1262	626	376	200
4	Мощность дозы под кожей от бета-частиц, мкЗв/час.	20,94	17,4	12,58	9,86	6,28	4,03	1,99
5	Мощность дозы от гамма-лучей, мкЗв/час.	53,92	40,54	23,31	13,86	4,3	1,88	0,96
6	Радиационная нагрузка на подкожную ткань, мкЗв/час.	74,86	57,94	35,89	23,32	10,58	5,91	2,95
7	Мощность дозы на весь организм, мкЗв/час.	55,41	41,78	24,21	14,56	4,75	2,17	1,1

Подтверждением высказанной версии, по мнению автора, является то, что «именно у людей, проживавших в районах с сильным поверхностным загрязнением территории или работавших длительное время в открытом поле или в лесу, зарегистрированы высокие значения доз, измеренных плечевыми дозиметрами». Это показали исследования, проведенные в пострадавших населенных пунктах в рамках Международного чернобыльского проекта в 1991 году.

Автор далее поясняет, что именно бета-частицы, влетая в биологическую ткань, полностью передают свою энергию окружающим молекулам, вызывая разрывы внутримолекулярных связей. Более того, утверждает автор, «именно разрушение биомолекул, в частности ДНК, является основным и единственным процессом воздействия любых видов *ионизирующего* излучения на биологические структуры. Эти разрушения во всех случаях вызываются лишь **быстрыми электронами**, которые рождаются в клетках организма, или гамма-квантами, или альфа-частицами, или космическим излучением».

По данным В.М. Казьмина, 2004, в 1986 г. суммарная бета-активность сельхозугодий Орловской области достигала 200 Ки/км<sup>2</sup> в Болховском районе. В остальных районах она была в пределах 10–120 Ки/км<sup>2</sup> (таблица 3). То есть активность соответствует условиям расчетов Б.В. Пшеничнико-

ва [4]. Следовательно, практически население всех районов при соответствующих условиях могло получить в первые после аварии годы дозу не менее 2 мкЗв/час.

Нами был проведен анализ метеоусловий периода апрель–сентябрь 1986 года. Какими были погодные условия 1986 года и способствовали ли они пылевым падениям, показывает нижеприведенный анализ.

Способствуют процессу вымывания пыли осадки, а переносу ее и осаждению – ветер, низкая влажность. Таким образом, для случаев, когда необходимо оценить влияние запыленности атмосферы на концентрацию загрязняющих веществ в виде пылевых падений, формула для расчета метеорологического потенциала загрязнения атмосферы должна быть иной, нежели та, что сегодня активно обсуждается, усовершенствуется, оставаясь все же неизменной по своей сути изначально му алгоритму (Т.С. Селегей, 1989). Если в формуле МПА Селегей факторами, способствующими вымыванию примесей из атмосферы, являются сильные ветры и осадки, а факторами, способствующими накоплению примесей, – туманы и штили, то для случая, когда основной загрязнитель – пыль, факторами, способствующими загрязнению нижних слоев атмосферы, будут выступать низкая влажность, сильный ветер (он поднимает пыль). Факторами же, способствующими очищению ат-

мосферы и, главное, препятствующими поднятию пыли в воздух, будут являться туманы, высокая влажность, осадки. То есть из вышесказанного следует, что такой показатель, как потенциал загрязнения атмосферы, должен рассматриваться дифференцированно для случая газообразных примесей и пылевых. Для корректного подбора параметров, включаемых в расчетную формулу МПА, должен быть проведен корреляционный анализ между метеопараметрами и максимальным содержанием пыли в атмосфере (для однородных по условиям увлажнения периодов). Сходные с весенне-осенним периодом 1986 г. метеоусловия были, например, в маловодном 2007 году (он был принят в качестве модельного). Коэффициент корреляции между содержанием пыли в воздухе и повторяемостью влажности воздуха не более 55% составил 0,75 (следует отметить, что пыль является вторым по величине загрязнителем атмосферы Орловской области после оксида углерода). С повторяемостью сильных ветров коэффициент корреляции – 0,32. С повторяемостью осадков более 0,5 мм – минус 0,32, с повторяемостью влажности ≥80% – минус 0,41. Следовательно, расчет МПА для случая пылевых выпадений должен вестись по

формуле, включающей в качестве параметров, способствующих накоплению пыли, ветер более 6 м/сек. и влажность не более 55%. Параметры, снижающие пыленакопления, – осадки ≥0,5 мм, влажность ≥80% (формула 1).

$$MPA = P_{B_{T \leq 55\%}} + P_{B_{T \geq 6}} / P_{O \geq 0,5} + P_{B_{T \geq 80\%}} \quad (1)$$

Как следует из таблицы 7, погодные условия 1986 года могут быть охарактеризованы как средние и превышающие средние многолетние по режиму максимальных температур. Май, июнь, июль, сентябрь были по температурным условиям теплее обычного (максимальные температуры практически всех летне-осенних месяцев превысили средние многолетние температуры за период 1947–1997 гг.). То есть летний период был теплым и засушливым (сумма осадков во все месяцы с мая по июль, а также в сентябре и октябре была меньше средних многолетних значений). О чем это говорит? О том, что создались благоприятные условия образования запыления. Этому способствовали и ветры. В таблице 6 приводятся сведения о скоростях ветра на территории области в весенне-осенний периоды 1986 года.

Таблица 6 – Число дней и повторяемость скорости ветра  $\geq 6$  м/сек. и  $< 6$  м/сек. за месячные интервалы 1986 года (метеостанция Орел)

Месяц	Скорость ветра $\geq 6$ м/сек		Скорость ветра $< 6$ м/сек	
	число дней	повторяемость, %	число дней	повторяемость, %
4	19	63,30%	11	46,7
5	15	48,4	16	51,6
6	12	40	18	60
7	12	38,7	19	61,3
8	13	41,9	18	58,1
9	17	56,7	13	43,3
10	20	64,5	11	35,5

На рис. 3 приводится карта повторяемости сильных ветров, из которой становится очевидно, что Орел лежит на ветровой «оси» с метеостанциями Жердевка, Тула, Калуга. То есть для случая пылевых выпадений у него одно из самых неблагоприятных положений.

Из таблицы 6 следует, что в апреле 1986 года, месяце радиоактивных выпадений, преобладали ветры, скорость которых превышала 6 м/сек. С

одной стороны, это значит, было меньше погод с застойными явлениями в воздухе. С другой стороны, это свидетельствует о благоприятных условиях для трансграничного переноса продуктов распада.

Центр радиоактивного очага Калуга–Тула–Орел в апреле 1986 года находился в 500 км к северо-востоку от реактора (он был сформирован тем же самым радиоактивным облаком, которое

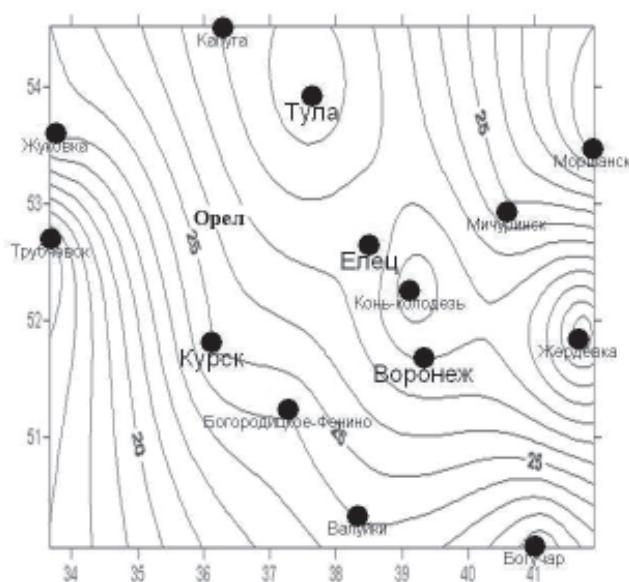


Рис. 3. Повторяемость сильных ветров по данным метеостанций Центральной России.

явились причиной появления очага Брянск–Беларусь. Очаг Калуга–Тула–Орел появился в результате дождя, прошедшего 28–29 апреля). По свидетельству метеорологов, 10 мая вследствие прохождения климатического фронта и выпадения осадков произошло дополнительное загрязнение местности радионуклидами. В целом же май характеризуется как сухой. По Московской области такого сухого мая не наблюдали с довоенных лет. При этом отмечались высокие скорости ветра (повторяемость сильных ветров  $\geq 6$  м/сек. составила в мае в Московской области 80,6%, то есть лишь в шести днях из 31 отмечались невысокие скорости ветра).

В мае и последующих месяцах летне-осеннего периода при некотором превышении повторяемости невысоких скоростей ( $< 6$  м/сек.) можно говорить о примерно равной повторяемости скоростей ветра  $\geq 6$  м/сек. и  $< 6$  м/сек. В сентябре и октябре преобладали скорости ветра, превышавшие 6 м/сек. То есть в период активного завершения уборочной страды были часты сильные ветры на фоне пониженного увлажнения и повышенного температурного фона. В таблице 7 приведены результаты расчета Гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК Селянинова). Они свидетельствуют о том, что в мае, июне, июле и сентябре 1986 года преобладали процессы иссушения поч-

вы (ГТК изменялся от 0,1 до 0,5). В апреле и августе условия увлажнения и иссушения были примерно равнозначны.

Таблица 7 – ГТК Селянинова (м/с Орел)

Год	Месяцы 1986 г.					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1986	0,8	0,1	0,3	0,3	0,6	0,5
1987	0,9	0,5	0,6	0,1	0,8	1,1
1988	0,3	0,3	0,7	0,3	0,4	0,1
1989	0,5	0,4	0,7	0,2	0,6	0,1

Засушливые и ветреные погодные условия теплого периода 1986 года, легкий механический состав серых лесных и подзолистых почв, наличие смытых почв с удельным весом эродированной пашни более 20% (в Болховском, Сосковском, Урицком, Дмитровском, Троснянском, Кромском, Орловском, Мценском, Залегощенском, Верховском, Новодеревеньковском, Краснозоренском) – все это определило большую запыленность в соответствующей группе районов. Другую группу районов экологического риска составили районы с почвами, обогащенными илистыми частицами (черноземы выщелоченные и оподзоленные в восточной и юго-восточной группе районов), и большой площадью пахотных земель, а также группа районов (Новосильский, Знаменский, Дмитровский Урицкий) со сравнительно большой площадью лесов и лесопосадок. Как показали результаты наших полевых исследований радиоактивности почвы, леса и лесопосадки способствуют пылеосаждению, а значит, и радиоактивному загрязнению почвы (таблица 8). Согласно исследованиям Тобратова, 2003 [7], лесополосы способствуют повышенным пылевым падениям на полях, расположенных между ними (падение пыли уменьшается при приближении к лесополосам). Фактически о том же говорит Сергеев, 2009 [8], который показал, что содержание радиоцезия в верхнем 10 см слое почвы уменьшается по мере приближения к лесополосе. Такой характер осаждений обуславливается особенностями турбулентных потоков воздуха, опускающихся по траектории на некотором расстоянии от препятствия (в нашем случае от лесополос). Если посмотреть на карту растительности области, то мы увидим, что она вся ис-

**Таблица 8 – Гамма-активность цезия-137  
в почве у лесопосадок и в долинном комплексе  
рек, 2007–2009 гг. (авторские данные)**

Местоположение точки отбора проб	Административный район	Гамма-активность цезия-137, Бк/кг
Сосновый лес	Знаменский	538
Незатапливаемая пойма реки Вытебеть у с. Льгов		101
Лесопосадка (дубы)	Орловский	561
Склон балки на правобережье р. Сухая Орлица		233
Лесопосадка	Малоархангельский	180
Склон оврага		32
Лесопосадка	Новосильский	148
1-я надпойменная терраса		15

пещрена защитными лесополосами. В случае загрязненных выпадений для полей они сослужат не слишком хорошую службу, обусловливая интенсивные пылевые выпадения на небольших площадях, расположенных между лесополосами. При наложении карт механического состава почв и растительности обнаруживается, что вся территория междуречья представляет собой изрезанную балками, ложбинами и лощинами, долинами малых рек территорию, поля которой во всех направлениях пересечены лесополосами. Отсюда вывод: вполне вероятно, что на полях между лесопосадками и в самих лесах сумма бета-активности и гамма-активности почвы значительно превышала допустимый 1 мЗв/год в 1986, 1987 и 1988 годах. То, что суммарная

бета-активность достигала 1 мЗв в год, это, согласно Пшеничникову, несомненно, а так как, согласно Казьмину, на сельхозполях суммарная бета-активность превышала 10 Ки/км<sup>2</sup>, то вероятно и то, что она повсеместно была выше 1 мЗв в год. Если в 1986–1988 годах население получило дозу суммарного бета- и гамма излучения, превышающую установленную ВОЗ допустимую величину в 1 мЗв, то наложившаяся перестройка экономического уклада в стране усугубила неблагоприятное течение заболеваний. Именно это, возможно, определило тот факт, что и болезненность, и заболеваемость взрослого населения области превышают показатели по РФ, а максимум заболеваемости практически по всем нозологиям отмечается после 2000 года.

**Вывод.** Анализ географии заболеваемости взрослого населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие сухого осаждения и пылепереноса, должен проводиться с учетом суммарной бета-активности в 1986–1988 годах, с учетом метеорологических условий периода радиоактивных выпадений, характера работы анализируемого контингента населения в этот период. В алгоритм расчета МПА для случая пылевых выпадений необходимо включать метеопараметры, описывающие условия, способствующие как пылевому загрязнению, так и препятствующие ему. Необходимо проведение подробных полевых исследований для установления зависимости активности радионуклидов от конкретных физико-географических условий, сформировавших аномальные зоны радиоактивного загрязнения природной среды вследствие радиоактивных выпадений 1986 года.

#### Библиографический список

1. <http://www.atomsafe.ru> Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Стратегия реабилитации. Нью-Йорк–Минск–Киев–Москва. 6 февраля 2002 года.
2. [www.rg.ru/2006/02/09/chernobyl.html](http://www.rg.ru/2006/02/09/chernobyl.html) «Союз Беларусь–Россия» № 249 от 9 февраля 2006 г.
3. Казьмин В.М., Макеева Т.Ф. Экологическое состояние пахотных почв Орловской области. В кн.: Экологическая безопасность региона: опыт, проблемы, пути решения. – Орел, 2004. – С. 147–157.
4. [http://www.radscler.narod.ru/doses/chernobyl\\_doses.html](http://www.radscler.narod.ru/doses/chernobyl_doses.html) Пшеничников Б.В. Дозы Чернобыля.
5. <http://www.businesspravo.ru> Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Методика. 12 ноября 1996 г.
6. Мажайский Ю.А., Тобратов С.А., Дубенок Н.Н., Пожогин Ю.П. Агрэкология техногенно загрязненных ландшафтов. – Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.
7. Селегей Т.С. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района // Тр. Зап.-Сиб. рег. НИГМИ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Вып. 86.

8. Сергеев А.Л. Экологическая роль лесозащитных насаждений в накоплении и перераспределении тяжелых металлов и радионуклидов в почвах северной лесостепи. – Автореф. канд. дис. – Брянск, 2008. – 22 с.

L.N. TROFIMETZ, A.V. TARASOV

**PECULIARITIES OF THE CHERNOBYL POLLUTION AND GEOGRAPHICAL ANALYSIS  
OF THE ADULT'S SICKNESS RATE IN THE OREL REGION**

*Results of the geographical analysis of the peculiarities of the adult's neoplasm sickness rate in the Orel Region are discussed. Forceful arguments to account such parameters as beta activity during 1986-1988 and environmental (especially meteorological) conditions which greatly contribute to forming of the anomalous areas of radioactive pollution are given.*

*Key words:* Chernobyl disaster, Orel Region, adult's neoplasm sickness rate, beta activity, radiation doze, Cs-137 activity, dust-pollution.



# СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

*И.Ю. БОГАТИЩЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 71-75-50; annushca254@rambler.ru*

## МЕДОНОСНАЯ ФЛОРА ЛЕСОВ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Лесистость Орловской области небольшая, около 9%, но видовой состав медоносов довольно обширен – 257 видов. Это связано с различными по составу лесами: широколиственными, мелколиственными, хвойными. Медоносные растения леса представлены всеми жизненными формами – древесными, полудревесными и травянистыми. Цветение медоносных и пергансовых видов в лесу начинается рано весной, в конце марта, с цветения древесного и кустарникового яруса. Максимальное цветение древесных форм лесного фитоценоза приходится на апрель–май, а среди травянистых медоносов – на май–июнь–июль. За счет цветения медоносов, имеющих расставленные сроки цветения, продолжительность этой фазы увеличивается до сентября–октября.*

*Ключевые слова:* лес, медоносные растения, жизненные формы, цветение, типизация.

Растительный покров Орловской области изучен достаточно хорошо. Основными работами являются исследования В.Н. Хитрова (1907–1919–1925); М. Залесского, Д. Святского (1905); С.Н. Горбачева (1908); П.А. Орлова (1961); А.Г. Еленевского, В.И. Радыгиной (1983, 1997). В них вскрываются вопросы экологии, фенологии, общего флористического состава, но ни один из авторов не уделяет внимания изучению медоносной флоры Центральной полосы России, в частности медоносной флоры Орловской области.

Флора Орловской области насчитывает более 1180 видов растений, относящихся к 493 родам и 105 семействам. Это растения лесов, лугов, болот, степей, водные, сорные. К ним относятся и широко распространенные культурные виды. Преобладающей жизненной формой флоры Орловской области являются травы [1]. Из общего количества видов более 525 видов являются медоносными и пергансовыми растениями. Они относятся к 63 семействам и 130 родам. Наиболее представлены медоносными растениями следующие семейства:

Compositae – 62 вида; Fabaceae – 53 вида; Rosaceae – 44 вида; Labiatae – 43 вида; Cruciferae – 36 видов; Scrophulariaceae – 29 видов; Ranunculaceae – 25 видов; Orchidaceae – 17 видов; Liliaceae – 16 видов; Salicaceae – 17 видов; Caryophyllaceae – 14 видов; Violaceae – 13 видов; Campanulaceae – 12 видов; Boraginaceae – 11 видов; Umbelliferae – 10 видов; Rubiaceae, Onagraceae – по 9 видов; Geraniaceae – 8 видов; Polygonaceae – 6 видов; Caprifoliaceae, Ericaceae, Iridaceae, Aceraceae, Polygalaceae –

по 4 вида. Прочие семейства представлены 1–9 видами.

Особенно богаты медоносными растениями следующие роды: *Geranium* L., *Epilobium* L., *Campanula* L., *Viola* L., *Salix* L., *Dianthus* L., *Ranunculus* L., *Verbascum* L., *Veronica* L., *Potentilla* L., *Galium* L., *Trifolium* L., *Cirsium* Mill., *Centaurea* L., *Vicia* L.

Медоносы области разделяются на естественные, дикорастущие и культурные, возделываемые в сельскохозяйственном производстве. К естественным относятся медоносы леса, луга, степи, болота, залежей берегов рек, обочин, земель, не используемых в сельскохозяйственном производстве. К культурным – многолетние насаждения (сады, ягодники, парки и скверы, поля севооборотов и огороды). Медоносы на угодьях расселяются сплошным покровом или произрастают в виде вкраплений среди немедоносной флоры. Большинство видов медоносных растений произрастает в естественных фитоценозах. Они чаще всего размещаются неравномерно – одиночно или группами разного размера. Остановимся подробнее на анализе лесного фитоценоза.

Согласно схеме геоботанического районирования европейской части России территория Орловской области относится к европейской широколиственной и евроазиатской степной зоне. Условной границей между ними служит река Ока. В этой связи растительность Орловской области отличается разнообразием сообществ, особенно лесного и травянистого типов.

Леса на территории области приурочены к балкам и долинам рек при сильной разбросанности по районам области. Они представлены в виде 1295 отдельных участков-урочищ, и лишь в западной части области встречаются массивы с площадью в несколько тысяч гектаров каждый, являющийся продолжением калужских и брянских лесов. Средний процент лесистости составляет около 9% к общей площади и равен 134 тыс. га [2]. Наиболее залесенными районами области являются Дмитровский (31,3%), Знаменский (18,2%), Хотынецкий (17,4%), Мценский (16,2%), Болховский (13%), Шаблыкинский (10,9%), Новосильский (10,7%), Корсаковский (10,7%). По направлению к востоку и юго-востоку залесенность уменьшается и на

территории Ливенского и Должанского района составляет 2–3% (по данным облправления лесами). Из 525 видов медоносных растений Орловской области в лесах произрастает 257 видов. Они относятся к 47 семействам и 140 родам и включают: деревья – 24 вида, кустарники – 32 вида, травы – 201 вид.

Наиболее представлены медоносными растениями следующие семейства: *Compositae* – 25 видов; *Fabaceae* – 19 видов; *Rosaceae* – 23 вида; *Labiatae* – 21 вид; *Scrophulariaceae* – 16 видов; *Orchidaceae* – 13 видов; *Liliaceae* – 12 видов; *Campanulaceae*, *Caryophyllaceae* – 9 видов, *Violaceae* – 8 видов; *Salicaceae*, *Umbelliferae* – 7 видов; *Rubiaceae*, *Geraniaceae* – по 5 видов; *Ericaceae*, *Aceraceae* – по 4 вида, *Gentianaceae*, *Caprifoliaceae*, *Boraginaceae*, *Primulaceae* – по 3 вида; *Onagraceae*, *Cruciferae*, *Fumariaceae* – по 3 вида; *Pinaceae*, *Grossulariaceae*, *Ulmaceae*, *Tiliaceae*, *Hypericaceae*, *Celastraceae*, *Valerianaceae*, *Dipsacaceae*, *Iridaceae* – по 2 вида. Прочие 13 семейств представлены по одному виду медоносных растений. Такое значительное количество видов связано с различными по составу лесами, встречающимися на территории области.

Господствующее положение среди древесной растительности занимают лиственные леса, представленные широколиственными дубовыми, ясеневыми, липовыми и мелколиственными березовыми и осиновыми. В северо-западных районах области преобладают мелколиственные леса, а в юго-восточных – широколиственные, где на их долю приходится до 65–80% [3; 1].

Дубравы Орловской области представлены двумя вариантами: 1 – высокоствольные, имеющие семенное происхождение, и 2 – низкоствольные, вторичного происхождения. Большинство широколиственных лесов приурочены к понижениям рельефа. Они покрывают склоны балок и оврагов. В первичных высокоствольных дубравах хорошо выражено ярусное строение. Основой первого яруса является дуб, к которому примешиваются в качестве сопутствующих такие медоносные и пыльценосные породы, как *Acer platanoides* L., *Fraxinus excelsior* L., *Betula* L., *Populus tremula* L. Второй ярус представлен кустарниками [3; 4], среди которых наиболее распространены медонос-

ные виды: *Frangula alnus* Mill., *Rhamnus cathartica* L., *Lonicera xylosteum* L., *Euonymus verrucosa* Scop. На опушках такого леса нередки следующие древесные, медоносные и пыльценосные породы: *Sorbus* L., *Acer* L. Третий ярус высокоствольных дубрав составляют травянистые растения. Среди наиболее часто встречаемых большинство видов являются медоносными. Это *Geranium sylvaticum* L., *Gagea* Salisb., *Fragaria vesca* L., *Campanula trachelium* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Convallaria majalis* L., *Polygonatum officinale* All., *Pulmonaria obscura* Dum., *Viola canina* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh. и другие.

Наиболее распространены на территории Орловской области низкоствольные дубравы по послевого происхождения. В основном они сосредоточены в северо-западной части области (Знаменский район), в юго-восточной части их количество значительно меньше [3]. Как и в первом варианте, основной породой является *Quercus* L., к которому примешиваются *Fraxinus* L., *Acer* L., *Tilia* L., *Betula* L., *Ulmus* L., *Populus tremula* L. Подлесок изрежен и не образует сплошного полога, представлен главным образом пыльценосными и медоносными видами: *Corylus* L., *Euonymus* L. Изреженность древесных и кустарниковых пород приводит к развитию мощного травянистого покрова, в состав которого входят не только лесные, но и луговые виды. Среди них значительную часть занимают медоносы. Это, в частности, *Geum rivale* L., *G. urbanum* L., *Galobdolon luteum* Huds., *Melampyrum nemorosum* L., *Inula hirta* L., *Origanum vulgare* L., *Trifolium medium* L., *Potentilla alba* L., *Galium verum* L., *Polemonium caeruleum* L., *Achillea millefolium* L. и др.

Помимо дубрав к широколиственным лесам относятся ясеневые леса, встречающиеся в виде небольших насаждений в юго-восточных районах, и липняки, чаще как примесь в дубравах и ясеневых лесах [3; 1]. Мелколиственные березовые и осиновые леса обычны для области, хотя занимают меньшую площадь по сравнению с широколиственными лесами. Они преобладают на северо-западе области. Господствующее положение среди мелколиственных лесов занимают осиновые леса, чистые или с примесью березы. По происхождению эти леса обычно являются вторичны-

ми, возникшими на месте широколиственных и сосновых лесов, заброшенных пахотных земель. Травянистый покров в зависимости от происхождения мелколиственного леса носит широкотравный или таежный характер со значительным количеством лугово-степных и сорных видов [5; 1]. Видовой состав мелколиственного леса значительно беднее, чем широколиственного, что отражается и в количестве медоносов. Древесный ярус образован пыльценосами – *Betula* L., *Populus tremula* L., кустарниковый ярус выражен плохо [4], чаще всего представлен хорошими медоносами – *Frangula* Mill., *Euonymus* L. Иногда кустарникового яруса нет совсем. В молодых лесах среди травянистого покрова преобладают злаки, медоносы из бобовых и разнотравья выражены слабо. В средневозрастных мелколиственных лесах злаки заменяются на разнотравье [3], и здесь число медоносных видов возрастает. Самыми распространенными медоносами средневозрастных лесов являются: *Pulmonaria obscura* Dum., *Aegopodium podagraria* L., *Paris quadrifolia* L., *Fragaria vesca* L., *Campanula patula* L. и другие. Среди сорных видов мелколиственного леса как хорошие медоносы выделяются *Cirsium* Mill., *Urtica dioica* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib.

Хвойные леса занимают небольшие площади на западе и северо-западе области. Из древесных пород преобладает *Pinus* L. (пыльценосный вид). Структура и видовой состав сосновых лесов зависят от влажности почвы и рельефа местности. Преобладают сложные боры, т.е. с дубравным элементом, реже боры-долгомошники, боры-беломошники [3]. Боры с дубравным элементом значительно богаче по видовому составу, в том числе и по составу медоносов, которые занимают в основном второй и третий ярусы. В первый ярус кроме *Pinus* L. входят пыльценосные породы *Betula* L., *Populus tremula* L., *Fraxinus* L., *Picea A. Dietr.* Среди второго яруса преобладают уже медоносные виды – *Sorbus aucuparia* L., *Frangula alnus* Mill., *Sambucus racemosa* L. и другие. В сосновых борах на возвышенности кустарниковый ярус почти всегда отсутствует. Травянистый покров развит тем слабее, чем больше густота подроста. Наиболее распространенными видами медоносных растений травянистого покрова хвойных лесов являются

многие бореальные виды. Это представители семейства Ericaceae (*Calluna vulgaris* Hill., *Ledum palustre* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *V. myrtillus* L., *V. uliginosum* L.), а также *Maianthemum bifolium* F. W. Schmidt., *Trientalis europaea* L., *Polygonatum officinale* All., *Ajuga reptans* L., *Oxalis acetosella* L., *Oxycoccus palustris* Pers.

Вегетационный период взрослого растения по сложившейся традиции делится на пять крупных сезонных фаз или фенофаз: вегетации, бутонизации, цветения, плодоношения и отмирания. Следует различать два цикла: фазы развития вегетативных органов и фазы развития генеративных органов [6].

Для решения практических вопросов, в частности вопроса продления сроков медосбора путем создания цветочно-nectарного конвейера, необходимо знать не только продолжительность межфазных периодов культурных и дикорастущих растений, но также иметь сведения о продолжительности цветения и датах наступления фаз цветения основных медоносных растений.

В связи с этим мы в своих исследованиях пытались проанализировать наиболее типичные и распространенные медоносные дикорастущие растения Орловской области по срокам и продолжительности их цветения, во временных рамках. Мы проследили даты наступления фазы цветения, продолжительность цветения и порядок зацветания видов у медоносных и пыльценосных растений в лесном фитоценозе области.

Хотя лесистость Орловской области небольшая, видовой состав медоносов довольно обширен – 257 видов. Это связано с различными по составу лесами: широколиственными, мелколиственными, хвойными. Медоносные растения леса представлены всеми жизненными формами – древесными, полудревесными и травянистыми.

Цветение медоносных растений лиственных лесов области начинается в конце марта – начале апреля, в зависимости от погодных условий. Первыми на территории Орловской области начинают цветти древесные формы – *Salix fragilis* L., *S. acutifolia* W., *S. caprea* L. и другие. Цветение у этих видов в среднем длится от 5 до 25 дней, в зависимости от погоды. В первой декаде апреля зацветает *Alnus incana* Moench, а во второй половине

апреля начинается цветение у *Acer negundo* L., *A. platanoides* L., *Ulmus laevis* Pall., *U. glabra* Huds., *Populus tremula* L., *Fraxinus excelsior* L. с продолжительностью цветения до 20 – 25 дней. Всего с апреля начинают цветти 9 видов древесных медоносов. Из кустарниковых форм в этот период зацветают такие медоносы, как *Corylus avellana* L., *Salix cinerea* L., *Lonicera xylosteum* L. Среди травянистых растений леса первыми зацветают соцветия *Tussilago farfara* L., *Taraxacum officinale* Wigg., с середины апреля – *Cagea lutea* (L.), *Pulmonaria obscura* Dum., *Anemone ranunculoides* L., *Ficaria verna* Huds., *Corydalis Vent.*, а в конце апреля – *Primula veris* L., *Potentilla alba* L., *Viola canina* L. Всего в период с апреля цветение начинается у 28 травянистых медоносов. Весенняя флора конца апреля – начала мая богата цветущими медоносными растениями. Из древесных форм в это время зацветают *Betula pendula* Roth, *Prunus padus* L., *Populus nigra* L., *Sambucus racemosa* L., *Syringa vulgaris* L. Во второй половине мая в fazu полного цветения вступают *Rhus communis* L., *Malus sylvestris* Mill., *Sorbus aucuparia* L., *Acer campestre*, а в конце мая – начале июня – *Quercus robur* L. У кустарников можно выделить цветение в этот период у *Caragana arborescens* Lam., *Crataegus sanguinea* Pall., *Viburnum racemosum* L., *Ribes nigrum* L., *Euonymus verrucosa* Scop., *E. europaea* L., *Frangula alnus* Mill., *Rubus idaeus* L. Всего в период с мая по июнь в fazu цветения входят 12 видов деревьев и 21 вид кустарников, имеющих медоносное и пыльценосное значение. В мае начинают цветти 30 видов травянистых медоносов леса, в том числе: *Anemona nemorosa* L., *Galeobdolon luteum* Huds., *Ajuga reptans* L., *Ranunculus auricomus* L., *Veronica chamaedrys* L., *Lathyrus vernus* Bernh., *Viola tricolor* L. Позже, во второй половине мая, к их цветению присоединяются *Campanula patula* L., *Fragaria vesca* L., *Geranium sylvaticum* L., *Convallaria majalis* L., *Anthriscus sylvestris* Hoffm. и другие. В мае заканчивают цветение практически все деревья и большинство видов кустарников, в июне цветение завершается у *Euonymus verrucosa* Scop., *E. europaea* L., *Caragana arborescens* Lam., *Frangula alnus* Mill., *Sambucus racemosa* L. Основное цветение в июне приходится на долю травянистых медоносных ра-

стений – 97 видов, но еще 26 майских видов продолжают цвети, среди них *Myosotis sparsiflora* M., *Ranunculus auricomus* L., *Fragaria vesca* L. и другие. Цветение в первой половине июня начинается у *Calium odoratum* Scop., *Geum rivale* L., *Aegopodium podagraria* L., *Lysimachia nummularia* L., *Vicia sylvatica* L., *Linaria vulgaris* Mill., *Angelica sylvestris* L. и других. Их цветение практически длится до июля–августа. Еще 31 вид медоносов леса имеют сроки цветения до сентября–октября. В третьей декаде июня в лесах Орловской области зацветает одно из самых ценных медоносных растений – *Tilia cordata* Mill., ее цветение длится в среднем от 10 до 12 дней. Число вновь зацветающих в июле–августе лесных медоносных растений невелико – 13 видов. Среди них можно выделить *Prunella vulgaris* L., *Hieracium umbellatum* L., *Centaurea phrygia* L. Большое значение для увеличения медоносного периода играют медоносы лесного фитоценоза, имеющие растянутые сроки цветения, всего таких видов в лесах насчитывается 58, продолжительность цветения которых длится с мая по октябрь. Среди них наиболее распространены *Vincetoxicum officinale* Pobed., *Origanum vulgare* L., *Campanula glomerata* L., *Steris viscaria* Rafin., *Melampyrum nemorosum* L., *Knautia arvensis* Coult. и другие.

Медоносная флора хвойных лесов Орловской области несколько беднее, чем лиственных, так как древесный ярус здесь образуют представители всего трех родов: *Pinus* L., *Picea* A.Dietr., редко *Larix* Mill. Основную ценность для пчеловодства в этих лесах представляют примеси к первому ярусу, а также второй, образованный медоносными кустарниками – *Sorbus aucuparia* L., *Prunus padus* L., *Frangula alnus* Mill., *Sambucus racemosa* L., и третий – ярус, слагающийся из травянистых медоносных растений boreальных видов. Цветение в хвойных лесах области начинается в конце апреля с цветения пыльценосных деревьев-приме-

сей – *Populus tremula* L., *Fraxinus* L., *Betula* L., которое продолжается до середины мая. Во второй половине мая начинают «пылить» *Pinus* L. и *Picea* A.Dietr. Образование пыльцы сосной и елью продолжается до июня и совпадает с цветением второго яруса хвойного леса – *Sorbus aucuparia* L., *Prunus padus* L., *Sambucus racemosa* L., *Frangula alnus* Mill., *Caragana arborescens* Lam. Основная масса медоносных растений третьего яруса хвойного леса зацветает в мае. Это типичные медоносные boreальные кустарнички семейства Ericaceae – *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *V. uliginosum* L. Их фаза цветения длится примерно месяц. В этот же период отмечено цветение у *Oxycoccus palustris* Pers., а в начале июня наблюдается цветение у *Calluna vulgaris* Hill. Среди травянистых форм медоносных растений хвойных лесов Орловской области можно выделить цветение в мае–июне *Majanthemum bifolium* F.W.Schmidt-M., в июне–июле – *Oxalis acetosella* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Trientalis europaea* L.

Таким образом, проанализировав данные о сроках и продолжительности цветения лесных медоносных и пыльценосных видов, можно сделать вывод, что цветение в лесу начинается рано весной, в конце марта, с цветения древесного и кустарникового яруса. При отцветании одних видов на смену им приходит цветение других. Максимальное цветение древесных форм лесного фитоценоза приходится на апрель–май, а среди травянистых медоносов – на май–июнь–июль. За счет цветения медоносов, имеющих растянутые сроки цветения, продолжительность этой фазы увеличивается до сентября–октября. Цветение видов медоносных растений леса следует без перерыва, составляя вместе непрерывный нектаро-цветочный конвейер, что дает возможность создавать в лесных фитоценозах области медосбор с начала апреля до сентября.

#### Библиографический список

1. Радыгина В.И. Растительный покров Орловской области // Изучение географии Орловской области в школе. Физическая география / Под ред. В.И. Тихого – Орел: Труд, 1997. – С. 150–168.
2. Лебедев А. Зеленая кладовая Орловщины // Природные богатства Орловского края / Орел: Орелиздат, 1997. – С. 75–82.

3. Орлов П.А. Растительный мир // Природа Орловской области / Орел, 1967. – С 136–176.
4. Александров. География Орловской области. – Тула: Приокское изд., 1972. – 88 с.
5. Мильков Ф.Н. Лесостепи русской равнины. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 156–160.
6. Шульц Г.Э. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях. – М.–Л.: Наука, 1966. – 101 с.

I.Y. BOGATISCHEVA

### HONEY OF ORYOL REGION FORESTS

*Woodland in the Orel region is small, about 9%, but the species composition of honey plants is quite extensive – 257 species. This is due to different compositions of forests: broad-leaved, small-leaved, coniferous. Honey plants of the forest are represented by all life forms – wood and semi-herbaceous. Flowering of honey and perganosnyh species in the forest begins early in spring, late in March, from tree and shrub layer flowering. Maximum flowering of trees forms of the forest phytocenosis accounts for April-May, and among the herbaceous honey plants – May-June-July. At the expense of honey plants flowering, which have extended flowering time, the duration of this phase increases until September-October.*

*Key words:* forest, honey plants, vital forms, flowering, typing.



**И.В. КОНДЫКОВ,** кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции  
зернобобовых культур ГНУ Всероссийский НИИ зернобобовых  
и крупынных культур Россельхозакадемии  
Факс (4862)-403-130; office@vniizbk.orel.ru

**А.А. ЯНОВА,** аспирант лаборатории селекции зернобобовых культур  
ГНУ Всероссийский НИИ зернобобовых  
и крупынных культур Россельхозакадемии  
E-mail: office@vniizbk.orel.ru, факс: (4862)-403-130,

**Е.С. ЧУВАШЕВА,** кандидат биологических наук,  
доцент кафедры почвоведения и прикладной биологии  
Орловского государственного университета  
Тел. 89536149769,

**Н.Н. КОНДЫКОВА,** кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент кафедры экологии и общей биологии  
Орловского государственного университета  
Тел. 89102050628; nkondykova@yandex.ru

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ И ВАРЬИРОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЧЕЧЕВИЦЫ

*Проведено изучение корреляций и изменчивости хозяйственно ценных признаков у образцов пребридинговой коллекции чечевицы. Установлено, что в селекции чечевицы на высокую семенную продуктивность наиболее эффективными могут быть создание и отбор генотипов с большей надземной биомассой. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации селекционного процесса культуры.*

***Ключевые слова:*** чечевица, селекция, коллекция, признак, изменчивость, корреляция.

Основным методом селекции ценной зернобобовой культуры чечевицы является внутривидовая гибридизация с последующим отбором в гибридных популяциях. Анализ взаимосвязей хозяйственно ценных признаков дает важную информацию, которая может использоваться при подборе родительских пар для скрещивания, анализа взаимодействия генов и др. Уровень генотипических корреляций определяет возможность сочетания желаемого проявления разных признаков и обуславливает косвенный эффект отбора, то есть изменение одного признака при отборе по другому [1]. Установление закономерностей варьирования количественных признаков также играет важную роль в прогнозировании эффективности отбора интересующих генотипов [2].

Нами проведено изучение корреляций и изменчивости признаков в пребридинговой коллекции чечевицы, составленной на основе новых поступлений из генофондов ВИР им. Н.И. Вавилова и Украинского Национального центра генетических ресурсов растений [3].

Коллекцию чечевицы, включающую 57 сортообразцов различного эколого-географического происхождения, изучали в 2007–2009 гг. в полевом севообороте лаборатории селекции зернобобовых культур ВНИИЗБК в соответствии с методическими рекомендациями ВИР [4]. Для лабораторного анализа по количественным признакам в фазу хозяйственной спелости отбирали сноповой материал в количестве 30 растений каждого образца. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [5].

По результатам структурного анализа были определены коэффициенты корреляции между 10 хозяйствственно ценными признаками. Коэффициенты генотипических корреляций рассчитывали по средним арифметическим значениям признаков отдельных сортообразцов согласно В.А. Драгавцеву [6].

На рисунке 1 дано графическое изображение выявленных корреляционных плеяд по методу В.П. Терентьева [7]. В качестве порогового взято значение  $-0,50 \geq r_g \geq 0,50$  ( $r_{05} = 0,27$ ).

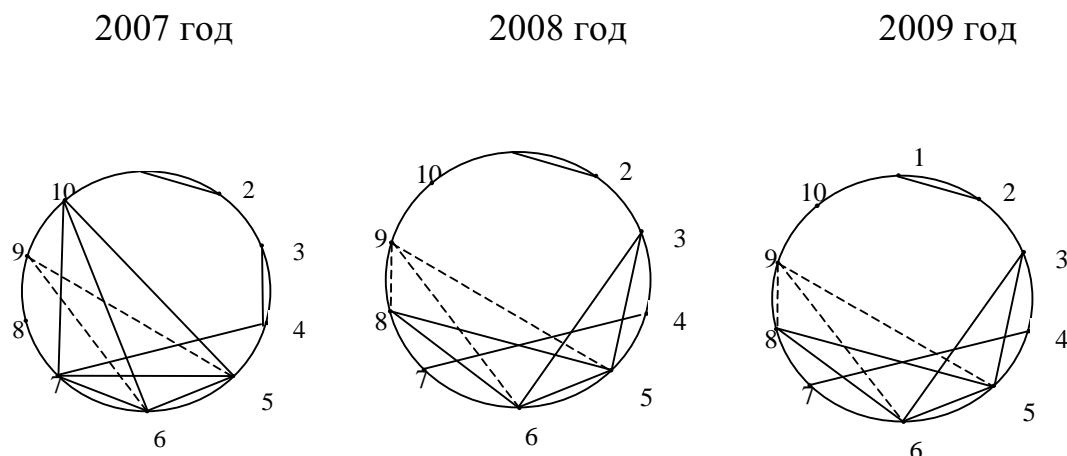


Рис. 1. Генотипические корреляционные плеяды признаков чечевицы 2007–2009 гг.

Примечания: 1 – длина стебля, 2 – высота прикрепления нижнего боба, 3 – число ветвей, 4 – надземная биомасса, 5 – число бобов на растении, 6 – число семян с растения, 7 – масса семян с растения, 8 – число семян в бобе, 9 – масса 1000 семян, 10 – коэффициент хозяйственной эффективности; —  $r_g \geq 0,50$  —  $r_g \leq -0,50$

В проведенном исследовании коэффициенты генотипической корреляции отображают согласованную реакцию признаков у сортообразцов в различные годы эксперимента.

В изученной коллекции стабильно проявлялась положительная корреляция между признаками, характеризующими высокую технологичность сортов, – длина стебля/высота прикрепления нижнего боба (соответственно по годам 0,68, 0,64 и 0,83).

К числу наиболее высоких константных положительных взаимосвязей относится корреляция между числом бобов и семян на растении (0,98, 0,97, 0,96). В 2008 и 2009 гг., которые были наиболее благоприятными для развития растений чечевицы по гидротермическим условиям (ГТК соответственно 1,30 и 1,15), в корреляционную плеяду с этими признаками входило число семян в бобе.

В таких условиях наибольшее количество семян и бобов образовывалось преимущественно на сильноветвящихся растениях (коэффициенты корреляции в 2008 г. 0,56 и 0,64, в 2009-м – 0,53 и 0,59).

В наиболее засушливом 2007 году (ГТК 0,59) сформировалась корреляционная плеяда, в состав которой входили признаки: масса семян с растения/число семян на растении/число бобов на растении/коэффициент хозяйственной эффективности. Это свидетельствует о том, что в условиях водного дефицита генеративная сфера высокопродуктивных генотипов чечевицы более активно мобилизуется на формирование семенной продуктивности растения. Абиотический стресс служит причиной более эффективного использования пластических веществ на создание биологически важной (для растения), хозяй-

ственno ценной (для человека) части надземной биомассы.

Существование генотипических корреляций объясняется плейотропным действием генов, их сцеплением и (или) неравновесным распределением [1, 8]. В данной работе мы не имели возможности определить природу корреляций, что не позволяет сделать однозначную оценку совместного ответа двух признаков на отбор, однако можно предположить, что в селекции чечевицы на высокую семенную продуктивность наиболее эффективными могут быть создание и отбор генотипов с большей надземной биомассой. Во все годы исследований такие образцы характеризовались, как правило, более высокой семенной продуктивностью (коэффициенты корреляции 0,54, 0,71, 0,88). Аналогичные данные получены ранее при изучении в условиях Центрально-Черноземного региона РФ другого набора коллекционных образцов [9].

Стабильные по годам отрицательные коэффициенты корреляции показывают, что мелкосемянные образцы чечевицы формируют в основном больше семян (коэффициенты корреляции –0,78, –0,86, –0,87) и бобов (–0,73, –0,78, –0,75) на растении. В благоприятных погодных условиях, кроме того, у мелкосемянных образцов образуется больше семян в бобе – коэффициенты корреляции –0,85 (2008 г.) и –0,93 (2009 г.).

Наряду с корреляционным анализом в 2007–2009 гг. было проведено изучение степени варьирования количественных признаков. Для оценки уровня изменчивости был использован коэффициент вариации, который широко используется в селекционных, генетических и других биологических исследованиях. В таблице 1 изученные признаки ранжированы в порядке возрастания коэффициентов вариации.

У сортообразцов коллекции четыре хозяйственно ценных признака в среднем за три года характеризовались сильным варьированием ( $CV \geq 20\%$ ): масса семян с растения, масса 1000 семян, число бобов и семян на растении. Число семян в бобе,

коэффициент хозяйственной эффективности, число ветвей и надземная биомасса могут быть отнесены к среднеизменчивым ( $CV = 10–19\%$ ). Признаки длина стебля и высота прикрепления нижнего боба имели коэффициенты вариации 8...9%, что свидетельствует об их слабом варьировании. Полученные данные хорошо согласуются с результатами исследований, проведенных другими авторами [10].

Таким образом, для основных элементов семенной продуктивности чечевицы характерны коэффициенты вариации больше 20%. Это может создать значительные затруднения при отборе интересующих селекционера генотипов. Идентификацию генотипов по фенотипу эффективнее осуществлять по слабо- и средневарьирующимся признакам.

**Таблица 1 – Изменчивость количественных признаков у образцов коллекции чечевицы, 2007–2009 гг.**

Признак	Коэффициенты вариации, %		
	min	max	среднее
Длина стебля	7	11	8
Высота прикрепления нижнего боба	7	11	9
Число семян в бобе	12	16	14
$K_{хоз}$	8	20	14
Число ветвей	13	16	15
Надземная биомасса	15	20	18
Масса семян с растения	17	22	20
Масса 1000 семян	25	30	28
Число бобов на растении	25	36	29
Число семян на растении	39	46	42

Полученные результаты изучения пребридиновой коллекции чечевицы дополняют и расширяют знания особенностей взаимосвязей и изменчивости, основных хозяйствственно ценных морфологических признаков чечевицы, которые могут быть использованы для оптимизации селекционного процесса культуры.

**Библиографический список**

1. Рашаль И.Д. Изучение наследования количественных признаков гербер в диаллельных скрещиваниях. Сообщение IV. Взаимосвязи признаков [Текст] / И.Д. Рашаль, Г.Н. Муценице // Генетика. – Т. XXI. – № 3. – 1985. – С. 680–683.
2. Гужов Ю.Л. Пути использования в селекции растений закономерностей модификационной изменчивости количественных признаков [Текст] / Гужов Ю.Л. // Известия АН ССР. – № 3. – 1978. – С. 418–429.
3. Кондыков И.В. Исходный материал для селекции чечевицы на высокую семенную продуктивность в Центрально-Черноземном регионе РФ [Текст] / И.В. Кондыков, А.А. Янова, А.В. Иконников, А.В. Амелин // Вестник ОрелГАУ. – № 3 (18). – 2009. – С. 29–32.
4. Методические рекомендации по изучению коллекции зерновых бобовых культур [Текст]. – Л.: ВИР, 1975. – 60 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
6. Драгавцев В.А. Методы оценки генотипической и экологической корреляции признаков в растительных популяциях [Текст] / В.А. Драгавцев // Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1973. – С. 45–47.
7. Терентьев В.П. Метод корреляционных плеяд [Текст] / В.П. Терентьев // Вестник Ленинградского университета. – Вып. 2. – 1959. – С. 137–141.
8. Гинзбург Э.Х. Разложение дисперсии и проблемы селекции. [Текст] / Э.Х. Гинзбург, З.С. Никоро. – Новосибирск: Наука, 1982. – 168 с.
9. Скотникова Е.А. Морфобиологические особенности чечевицы в связи с селекцией на высокую семенную продуктивность [Текст] / Е.А. Скотникова: дис. ... канд. с.-х. наук. – Орел: ВНИИЗБК, 2005. – 122 с.
10. Варлахов М.Д. Изменчивость признаков и объем выборки у чечевицы [Текст] / М.Д. Варлахов // Селекция и семеноводство. – № 1. – 1997. – С. 25–27.

**I.V. KONDYKOV, A.A. JANOVА, E.S. CHUVASHEVA, N.N. KONDYKOVA**

**CORRELATIONS AND VARIABILITY PECULIARITIES  
OF LENTIL ECONOMICAL VALUE TRAITS**

*Study of correlations and variability of economical value traits in samples of lentil prebreeding collection was conducted. It was determined that in lentil selection on high seed productivity screening of genotypes with large biomass effective. Obtained results could be use for selection process optimization.*

*Key words:* **lentil, selection, collection, trait, variability, correlation.**

**Г.А. СИМОНОВ**, доктор сельскохозяйственных наук,  
ГНУ СЗНИИМПХ Россельхозакадемии  
Tel. 8-915-002-59-97; Gennadiy0007@mail.ru

**В.С. НИКУЛЬНИКОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
профессор Орловского государственного университета  
Tel. (4862) 47-60-54, 89103052171

## ОТКОРМ СКОТА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ НА ПЛОЩАДКЕ

*Показана возможность производства говядины в осенне-зимнее время в помещениях легкого типа.*

*Ключевые слова:* молодняк, содержание, рацион, помещение легкого типа, торф, выгульные дворы, общая площадь.

В зимнее время года откормочное поголовье в животноводческих предприятиях в основном находится на привязном содержании в капитальных помещениях со значительным применением ручного труда. Нагрузка на скотника при такой технологии в зависимости от механизации технологических процессов составляет 50–100 голов, что сказывается на себестоимости производства мяса. Такая технология не соответствует современным требованиям интенсификации животноводства и существенно сдерживает производство говядины. Поэтому в новых условиях рынка необходим новый подход к производству мяса, а значит, и к прогрессивной технологии содержания и откорма животных.

Анализ зарубежного и отечественного опыта свидетельствует, что откорм крупного рогатого скота можно эффективно осуществлять в помещениях легкого типа или на открытых площадках с меньшими затратами. Однако применительно к конкретным условиям Тюменской области изучение этого вопроса ранее не проводилось. Была поставлена задача изучить содержание молодняка черно-пестрой породы старше 9 месяцев в осенне-зимнее время года на площадке с помещениями легкого типа в Тюменском районе.

За основу был взят легкий тип площадки, наиболее распространенный в Оренбургской области. Площадку построили в ООО «Факел» ОАО «Газпром». Она была рассчитана на 500 голов молодняка 9-месячного возраста. На ней и проводили опыт по откорму скота. Откормочная площадка была механизирована. Длина её составляла 102 м, ширина – 44 м, общая площадь равнялась 4488 м<sup>2</sup>. Она включала в себя два выгульно-кормовых двора (загона), разделенных на 4 секции (по 125 голов каждая). Размер выгульно-кормового двора – 102 х 22 м. Выгульные дворы были обнесены непрорубаемой изгородью высотой 2 м для защиты скота от ветра.

Для отдыха животных по продольным сторонам площадки были размещены дощатые помещения с односкатной крышей. Длина их, так же как и площадки, 102 м, поперечной перегородкой они разделены на две равные половины (ширина – 5,5 м и высота – 4,5 м). Площадь логова в помещениях на одну голову составляла 2,2 м<sup>2</sup>. Благодаря всегда открытym дверям скот имел свободный выход на выгульно-кормовые дворы и к линии кормушек, а за счёт открытых дверей поддерживались постоянные температура и влажность воздуха в помещениях. Выгульно-кормовые дворы разделял кормовой проезд с твердым покрытием шириной 4 м.

ной 2,8 м, по обеим сторонам которого располагались кормушки. Над кормовым проездом был сделан двускатный навес высотой 2,6 метра. На одну голову фронт кормления составлял 40 см. Со стороны загонов пол у кормушек был с твердым покрытием шириной 4 м. Помещения для отдыха животных с глубокой несменяющейся подстилкой. Её создавали до постановки скота на откорм. Завозили соломенную резку и засыпали пол слоем толщиной 30 см. По мере загрязнения подстилки добавляли торф в виде крошки (влажностью 50–60%). Для отдыха животных в дневное время были созданы курганы из торфа на выгульно-кормовых дворах. Следует отметить, что торф обладает более высокой гигроскопичностью по сравнению с другими видами подстилочного материала, обеспечивает несколько лучше сухое ложе для скота.

Для бесперебойного обеспечения животных водой в каждой секции на выгульных дворах установили по одной автопоилке марки АГК-4 с электроподогревом.

Опыт был проведен с 1 октября по 30 апреля в 2006–2007 годах. В эксперименте было 350 голов молодняка крупного рогатого скота со средней живой массой одной головы 231,4 кг. На каждое животное приходилось 12,82 м<sup>2</sup> общей площади, в том числе 3,14 м<sup>2</sup> логова в помещении легкого типа. В течение всего периода откорма рацион молодняка соответствовал нормам кормления [1]. Состоял он из сена разнотравного, соломы яровой, сенажа злаково-бобового, силоса кукурузного, комбикорма, соли поваренной, минеральной подкормки и премикса. Грубые корма на выгульно-кормовые дворы завозили по мере их поедания скотом в передвижных самокормушках. В морозные дни дозу комбикорма увеличивали на 10–15%, а из грубого корма скармливали только сено, в такие дни его потребляли больше. Корма (силос и комбикорм) раздавали при помощи мобильных кормораздатчиков КТУ-10 и КУТ 3-А. Средний суточный

рацион скота за период откорма содержал в себе 8,5 ЭКЕ и 760 г переваримого протеина.

В период опыта животные охотно поедали корма, были в меру подвижны, хорошо росли и развивались. В дневное время они в основном находились на выгульно-кормовом дворе, отдыхали на курганах из торфа. В ненастную погоду и на ночь заходили в помещения.

Следует отметить, что скот зимой оброс густым и длинным волосяным покровом, простудных заболеваний и обморожений у него не зафиксировано.

Данные по откорму животных показаны в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты откорма бычков на площадке

Показатель	В среднем за период опыта
Средний живой вес 1 головы при постановке на откорм, кг	231,4
Получено валового прироста всего, ц	730,9
Среднесуточный прирост, г	985
Средний живой вес 1 головы при снятии с откорма, кг	440,2
Затраты кормов на 1 ц прироста, ЭКЕ	863
Затраты труда на 1 ц прироста, чел.-час.	5,9
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	1960,3

Затраты на строительство площадки по откорму скота окупились за 5 месяцев её эксплуатации.

Таким образом, результаты проведенного опыта показали, что молодняк крупного рогатого скота старше 9-месячного возраста в Тюменской области можно эффективно откармливать на площадке в помещениях легкого типа. Такой подход к производству говядины позволяет снизить долю ручного труда, материальные затраты и улучшить экономические показатели.

#### Библиографический список

- Калашников А.П. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. – М., 2003. – 455 с.

#### G.A. SIMONOV, V.S. NIKULNIKOV FEEDING CATTLE ON PLOT IN WINTER PERIOD

*The paper describes capability of ham production in non-permanent structures in autumn and winter period.*

*Key words: calves, management, diet, non-permanent structure, peat, barn yard, common area.*

Г.В. СОБОЛЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии  
Всероссийского научно-исследовательского  
института зернобобовых и крупынных культур.  
Тел. 89192062044; alniksobolev@rambler.ru

## РЕГЕНЕРАЦИЯ РАСТЕНИЙ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM L.*) В КУЛЬТУРЕ СОМАТИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ, РЕЗИСТЕНТНЫХ К ОСМОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ

*В статье рассматриваются вопросы получения регенерантных побегов в каллусных клонах гороха (*Pisum sativum L.*), резистентных к полиэтиленгликолю (ПЭГ-6000). Подтверждено решающее значение высоких доз цитокининов для индукции морфогенеза. Выявленна изменчивость по способности к побегообразованию. Выделены генотипы, образующие наибольшее число растений-регенерантов из каллусов, толерантных к полиэтиленгликолю. Получены регенеранты R<sub>0</sub> и R<sub>1</sub> поколения.*

**Ключевые слова:** *Pisum sativum L.*, засухоустойчивость, каллус, полиэтиленгликоль, регенерация.

Актуальной задачей селекции гороха посевного (*Pisum sativum L.*) является создание сортов, обладающих не только высокой потенциальной продуктивностью, но и устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам. Среди абиотических факторов среды, оказывающих наибольшее отрицательное воздействие на продуктивность гороха, является водный или осмотический стресс, вызванный засухой. Поэтому разработка эффективных путей создания исходного материала, сочетающего высокую урожайность с засухоустойчивостью, приобретает актуальное значение. Одним из подходов к решению данной проблемы является включение методов клеточной селекции в качестве одного из этапов создания сортов, устойчивых к засухе. В научной литературе описано несколько успешно работающих схем клеточной селекции на устойчивость к засухе. Анализ селективных схем показал, что наиболее адекватно моделируют стресс обезвоживания *in vitro* системы с осмотически активными веществами, в частности с полиэтиленгликолем (ПЭГ) с молекулярной массой 6000 [1, 2]. Полиэтиленгликоль – непроникающий осмотик, вызывает коллапс клеточных стенок и сжатие протопласта, то есть хорошо имитирует водный баланс клетки в условиях осмотического стресса [3]. Основным требованием для успешного использования методов клеточной селекции и отбора толерантных клеток на селективных средах является разработка эффективных систем регенерации из отселектированных тканей и клеток растений. Накопленные к этому времени данные показывают, что воздействие стресса на культивируемые клетки приводит к ингибированию процессов индукции морфогенеза или его полному подавлению. Так, жесткий отбор на ПЭГ в концентрации 20% (2–3 пассажа) приводил к полной потере регенерационной способности кал-

лусов мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) [4, 5]. После селекции каллусов кукурузы (*Zea mays* L.) на ПЭГ-6000 за пять пассажей (5 месяцев) субкультивирования в неселективных условиях было получено 80 регенерантных растений  $R_0$ , причем только примерно у половины регенерантов удалось получить семена [6]. Схемы клеточной селекции на устойчивость к засухе, в основу которых положен отбор с применением осмотически активных веществ, разработаны для основных злаковых культур [1, 7]. Методики отбора соматических клеток и получения устойчивых каллусных клонов бобовых были предприняты только для люцерны [8]. Клеточная селекция гороха на засухоустойчивость имеет важное теоретическое и практическое значение, однако ни в отечественной, ни в зарубежной литературе должного освещения не получено. Первые результаты по отбору *in vitro* форм гороха, устойчивых к осмотическому стрессу, коррелирующему с засухоустойчивостью, получены во ВНИИЗБК [9, 10]. Вопросы культивирования тканей и получения растений-регенерантов в селективных системах сопряжены с определенными трудностями и требуют углубленной проработки. Поэтому поиск путей регуляции морфогенеза является важной задачей, от решения которой зависит успешное ведение работ по клеточной селекции.

Цель исследований заключалась в оптимизации параметров стабильной регенерации и получения растений-регенерантов гороха в селективных системах с осмотически активными веществами.

Материалом для изучения являлись каллусные ткани семи перспективных генотипов гороха: 190-02, 135-03, 145-03, 02-185, 03-109, Темп, Фарон, полученные в результате отбора на селективных средах с ПЭГ-6000. Семенной материал был любезно предоставлен ведущими селекционерами ВНИИЗБК И.В. Кондыковым и В.Н. Уваровым. Данные сорта и линии были представлены бело- и окрашенноцветковыми, листочковыми, усатыми, коротко- и длинностебельными морфотипами. Концентрация ПЭГ в питательных средах составляла 15 и 20%.

Индукцию процессов морфогенеза и побего-

образования в культуре резистентных к полиэтиленгликолю каллусов гороха проводили на регенерационных средах без сохранения селективного давления. В качестве основной была использована питательная среда, содержащая минеральные соли среды MS [11], витамины среды B5 [12], 30000 мг/л сахарозы, 100 мг/л мезоинозитола, 2 мг/л глицина, 6000 мг/л агара. Для индукции стеблевого морфогенеза использовались различные сочетания ауксинов (НУК, ИУК) и цитокининов (БАП). Основу культуральных сред для индукции ризогенеза составляли минеральные соли и витамины среды B5 с уменьшенной в два раза концентрацией основных компонентов, 30000 мг/л сахарозы, 6000 мг/л агара. В качестве индуктора ризогенеза использовали НУК в концентрации 1,0–1,5 мг/л.

Среды стерилизовались путем автоклавирования. Продолжительность пассажа составляла 45...50 суток. Культуры каллусов выращивались на свету. Учитывали следующие показатели, характеризующие процессы регенерации:

- эффективность ризогенеза у регенерантных побегов (%);
- выживаемость регенерантных растений  $R_0$  в почве (%).

Регенерантные растения  $R_0$  и  $R_1$  выращивались в тепличном боксе в сосудах с почвой.

Главным критерием эффективности селективной системы является сохранение культивируемыми клетками регенерационного потенциала и способности к формированию растений-регенерантов. Результаты наших экспериментов на горохе показали, что все изученные генотипы характеризовались низкой эффективностью закладки стеблевых почек в резистентных к осмотическому стрессу каллусах. Период от закладки стеблевых почек в каллусных тканях до формирования побегов длиной 2–2,5 см составлял в среднем 60–70 суток. Для индукции морфогенеза изучалось пять вариантов питательных сред с различным сочетанием ауксинов и цитокининов. Наиболее активно процессы морфогенеза протекали на питательных средах с высоким содержанием БАП (4,5–5,0 мг/л) в сочетании с 2,0 мг/л НУК. Эффективность побегообразования в данном случае достигала 35%. Регенератные побе-

ги были получены у всех изученных морфотипов гороха. Число сформировавшихся побегов зависело от генотипа и варьировалось от 2 до 137. Достаточно высокий регенерационный потенциал отмечен для генотипов Темп, 135-03, Фараон. Самая низкая эффективность образования побегов была у окрашенноцветковой, усатой селекционной линии 02-185. Сформировавшиеся регене-

рантные побеги декапитировали от каллусной ткани, доращивали на питательных средах, содержащих 0,25 мг/л ИМК и 1,0 мг/л БАП, в течение месяца, а затем переносили на среды для ризогенеза. Индукцию ризогенеза у полученных регенерантных побегов гороха осуществляли на агаризованных питательных средах. Эффективность ризогенеза не превышала 35% (табл. 1).

Таблица 1 – Эффективность ризогенеза у регенерантных побегов гороха в селективных системах с ПЭГ

Сорт, генотип	Контроль		ПЭГ-15%		ПЭГ-20%	
	Всего побегов, шт.	Эффективность ризогенеза, %	Всего побегов, шт.	Эффективность ризогенеза, %	Всего побегов, шт.	Эффективность ризогенеза, %
Темп	34	20,6	41	14,6	96	35,4
190-02	26	19,2	15	6,7	29	20,7
135-03	15	33,3	52	9,6	55	10,9
145-03	52	15,4	32	6,7	34	29,4
Фараон	9	33,3	17	23,5	27	22,2
02-185	16	6,2	0	0	2	0
03-109	21	14,3	28	14,3	30	16,7

Период формирования корней *in vitro* у регенерантных побегов составлял 45–60 суток. В результате экспериментов наблюдалось образование двух типов корней у регенерантных побегов гороха. В первом случае на утолщенном побеге, погруженном в питательную среду, образовывалась мочка, состоящая из 10–20 корней на побег, длина которых составляла 2–4 см, в другом случае наблюдалось формирование 2–5 корней на побег. Длина корней колебалась от 8 до 12 см. Эффективность ризогенеза в значительной степени (даже в большей, чем от регуляторов роста) зависела от физиологического состояния регенерантных побегов, у которых индуцируют ризогенез. Образование корней наблюдалось только у хорошо сформированных, не переросших регенерантных побегов (длина 4–4,5 см). Наиболее активно процессы ризогенеза протекали у белоцветковых листочковых генотипов Темп и 145-03.

Этап получения растений-регенерантов R<sub>0</sub> гороха представляет наибольшие методические

трудности. Согласно литературным данным, листья регенерантов имеют постоянно открытые устьица, предъявляя высокие требования к влажности воздуха и среде культивирования. Корни, полученные в агаризованной среде, не всегда функционально активны, так как агар препятствует газообмену и тормозит развитие сосудистой системы и корневых волосков [13]. Регенерантные растения гороха со сформировавшейся корневой системой извлекали из пробирок, отмывали от агара и на 1–2 суток помещали в стаканчики с водой, а затем высаживали в сосуды с почвой в теплице. До того момента, пока растения не приживутся и не тронутся в рост, обеспечивали повышенную влажность воздуха, накрывая растения стеклянными стаканчиками.

Значительная часть регенерантных растений погибла в процессе адаптации к нестерильным условиям. Выживаемость растений-регенерантов в почве варьировалась от 0 до 64,7% (табл. 2).

Таблица 2 – Выживаемость в сосудах с почвой регенерантных растений гороха  $R_0$ , полученных в селективных системах с ПЭГ-6000

Сорт, генотип	Контроль		ПЭГ-15%		ПЭГ-20%	
	Высажено в почву, шт.	Выживаемость, %	Высажено в почву, шт.	Выживаемость, %	Высажено в почву, шт.	Выживаемость, %
Темп	7	42,9	6	33,3	34	64,7
190-02	5	40,0	1	0	6	16,7
135-03	5	40,0	5	20,0	6	50,0
145-03	8	37,5	3	33,3	10	10,0
Фараон	3	0	4	50,0	6	33,3
02-185	1	0	0	0	0	0
03-109	3	66,7	4	25,0	5	0

Продолжительность периода вегетации у регенерантов  $R_0$  составляла 60–90 суток. Большинство растений-регенерантов, укоренившись, быстро зацветали, образуя бобы и семена. Некоторые регенеранты имели拉стянутый период цветения, при этом бобы либо не формировались, либо в них не образовывались семена.

У основной части регенерантов длина стебля была всего 10–15 см и обычно формировалось 1–2 боба, максимальное количество бобов (4 шт.) было получено у регенерантной линии 08-4 сорта Темп. Как правило, семян в бобе было 1–2 шт., при этом часто семена были щуплыми и невыполнеными. Масса полученных с растения семян составляла 106–268 мг. Семенное потомство  $R_1$  было получено у сортов Темп, Фараон и перспективных селекционных линий 135-03, 190-02, 03-109, 145-03. Регенерантные линии  $R_1$  размножали в теп-

лице в сосудах с почвой. Растения-регенеранты фенотипически не отличались от исходных генотипов, имели фертильную пыльцу и высокую заразиваемость семян.

Таким образом, в результате проведенных исследований определены параметры стеблевого морфогенеза и получения регенерантных растений в соматических тканях гороха, полученных на селективных средах с ПЭГ-6000. Подтверждено решающее значение высоких доз цитокининов в сочетании с ауксинами для индукции морфогенеза в каллусах гороха. Выявлено изменчивость по эффективности регенерации из каллусных тканей, резистентных к полиэтиленгликолю. Максимальной регенерационной способностью обладал листочковый белоцветковый сорт Темп, что свидетельствует о его большей осмоустойчивости *in vitro*.

#### Библиографический список

1. Тучин С.В. Теоретические аспекты клеточной селекции растений на устойчивость к обезвоживанию / С.В. Тучин // Вестник РАСХН. – 1999. – № 2. – С. 32–34.
2. Долгих Ю.И. Результаты и перспективы использования клеточной селекции для создания перспективных форм растений / Ю.И. Долгих // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии. – М., 2004. – С. 114–115.
3. Белянская С.Л. Влияние стрессовых факторов на культуру клеток и проростки риса / С.Л. Белянская, С.К. Исханов, З.Б. Шамина // Физиология растений. – 1991. – Т. 38. – № 6. – С. 1218–1226.
4. Тучин С.В Получение засухоустойчивых форм пшеницы одноступенчатым отбором каллусных культур / С.В. Тучин, П.А. Дьячук // Сельскохозяйственная биология. – 1994. – № 5. – С. 21–23.
5. Тучин С.В. Моделирование стресса обезвоживания в культуре изолированных тканей пшеницы и его биологические последствия: специальность 03.00.23 «Биотехнология»: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра биолог. наук / Святослав Викторович Тучин. [Всерос. научно-исслед. институт с.-х. биотехнологии]. – М., 2000. – 46 с. – Библиогр.: с. 42–46.

6. Долгих Ю.И. Засухоустойчивость растений кукурузы, полученных из устойчивых к осмотическому действию полиэтиленгликоля клеточных линий / Ю.И. Долгих, С.М. Ларина, З.Б. Шамина, Т.Н. Пустовойтова // Физиология растений. – 1994. – Т. 42. – № 6. – С. 853–858.
7. Долгих Ю.И. Получение растений, толерантных к неблагоприятным условиям окружающей среды, методом клеточной селекции / Ю.И. Долгих // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии. – М., 2004. – С. 136–138.
8. Ермакова Е.Г. Создание генотипов люцерны с повышенной устойчивостью к абиотическим стрессам / Е.Г. Ермакова, Н.В. Шарапов, В.В. Мазин // Актуальные проблемы биотехнологии в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии. – М., 1996. – С. 27.
9. Отбор сомаклональных вариантов гороха, устойчивых к действию осмотического стресса: методические рекомендации / Г.В. Соболева. – Орел, 2006. – 21 с.
10. Соболева Г.В. Возможности использования культуры тканей *in vitro* в селекции гороха на засухоустойчивость / Г.В. Соболева // V Съезд ВОГиС. (21–28 июня 2009 г., Москва). – М., 2009. – Ч. 1. – С. 326.
11. Murashige N. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / N. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. - 1962. – V. 15, № 13. – P. 473–497.
12. Gamborg O.L. Organogenesis in callus from shoot apical of *Pisum sativum L.* / O.L. Gamborg, F. Constabel, I.P. Shyluk // Physiologia Plantarum. - 1974. – V. 30. – P. 125–128.
13. Сельскохозяйственная биология/[Е.Б. Кириченко, Ш.С. Фернандо, Т.А. Красильникова и др.]; под ред. В.С. Шевелюхи. – М.: Евразия+, 2000. – С. 105–114.

### G.V. SOBOLEVA

#### PLANT REGENERATION OF PEA (*PISUM SATIVUM L.*) IN SOMATIC TISSUE CULTURES RESISTANT TO OSMOTIC STRESS

*Obtaining of regenerated shoots in callus clones of pea (*Pisum sativum L.*) resistant to polyethylene glycol (PEG-6000) is examined in the article. It is confirmed the main role of high level of cytokinines on induction of morphogenesis. Variability on ability to shoot formation was revealed. Genotypes with high efficiency of plant regeneration from calli tolerant to polyethylene glycol were selected. Regenerants of R<sub>0</sub> and R<sub>1</sub> generations were obtained.*

*Key words:* *Pisum sativum L.*, drought-resistance, callus, polyethylene glycol, regeneration.

**А.А. ШАПОШНИКОВ**, доктор биологических наук, профессор  
Белгородского государственного университета  
Тел. (4862) 47-60-54

**Г.А. СИМОНОВ**, доктор сельскохозяйственных наук,  
ГНУ СЗНИИМПХ Россельхозакадемии  
Тел. 8-915-002-59-97; Gennadiy0007@mail.ru

**В.С. НИКУЛЬНИКОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
профессор Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 47-60-54, 89103052171

## ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ПРЕПАРАТ «МИВАЛ-ЗОО» ПОВЫШАЕТ РЕПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА СУПОРОСНЫХ СВИНОМАТОК

*Показаны репродуктивные качества свиноматок, получавших в рационах адаптогенный препарат «Мивал-Зоо». Установлена его оптимальная доза – 10 мг на 1 кг живой массы.*

*Ключевые слова: супоросные свиноматки, рацион, препарат, сохранность поросят, среднесуточный прирост.*

В настоящее время в животноводстве для интенсификации производства продукции применяют различные кормовые добавки. Обычная практика включения в комбикорма антибиотиков, гормональных препаратов и транквилизаторов, в сущности, себя не оправдала. Во многих европейских странах уже принимаются законы о запрете их использования при производстве продуктов животноводства.

Поэтому возникла необходимость применения экологически чистой кормовой добавки. В связи с этим большой интерес представляет новое адаптогенное средство Мивал-Зоо (производства ООО «АгроСил», Россия). Компания «АгроСил» производит и реализует экологически безопасные и генетически безвредные препараты: регулятор роста растений Мивал-Агро и адаптогенное средство для животных Мивал-Зоо, изготовленные на основе кремнийорганического соединения мивал и его некремнийсодержащего аналога, обладающего свойствами природных фитогормонов ауксинов. Мивал является типичным представителем биологически активных соединений кремния силатранов, которые получили особенно широкую известность благодаря своему уникальному действию на живые организмы.

Мивал-Зоо активизирует процессы обмена и кроветворения, биосинтез белка и окислительно-восстановительные реакции в клетках, повышает активность ферментов. Под действием препарата стабилизируется функциональное состояние центральной и периферической нервных систем, повышается репродуктивная способность животных, стимулируются процессы регенерации клеток, улучшаются витаминный обмен, иммунитет и защитные свойства организма, происходят направленные изменения к интенсивному наращиванию массы.

Цель научно-исследовательской работы, которая была проведена в условиях свинокомплекса колхоза им. Фрунзе Белгородского района Белгородской области, заключалась в изучении действия адаптогенного средства Мивал-Зоо на про-

дуктивность свиноматок: их плодовитость, крупноплодность, рост и сохранность потомства.

Исследования проводили на свиноматках крупной белой породы. Для опытов по принципу аналогов были отобраны три группы супоросных свиноматок по 30 голов в каждой. Условия содержания для всех групп животных были одинаковые, а кормление различалось. Свиноматки первой группы получали рацион, сбалансированный по всем питательным веществам, согласно нормам [1]. Свиноматкам второй и третьей групп за 40 суток до опороса и в течение 20 суток после опороса в основной рацион включали препарат Мивал-Зоо соответ-

ственно по 5 и 10 мг на 1 кг живой массы в сутки.

В результате проведенных исследований установлено, что применение Мивал-Зоо супоросным свиноматкам за 40 суток до опороса положительно оказывается на течении беременности и родов. Существенно улучшается качество приплода, в пометах свиноматок второй и третьей групп, получающих с основным рационом Мивал-Зоо в количестве 5 и 10 мг/кг живой массы, родилось живых поросят соответственно на 6,3 и 15,7% больше по сравнению с контролем.

Рост, развитие и сохранность поросят опытных групп были лучше. Показатели роста и сохранности поросят представлены в табл. 1.

**Таблица 1 – Влияние препарата Мивал-Зоо на рост и сохранность потомства до 2 месяцев**

Группы	Количество Мивал-Зоо, мг/кг живой массы в сутки	Число новорожденных поросят на начало опыта	Средняя живая масса 1 поросёнка, кг				Сохранность поросят до 2 месяцев		
			при рождении	в 2 мес.	прирост, кг	среднесуточный прирост, г	голов	%	
1	Контроль ОР без Мивал-Зоо	285	1,24±0,02	15,2±0,2	13,96	232,7	243	85,2	
2	ОР + Мивал-Зоо, 5 мг/кг	303	1,23±0,02	16,1±0,2	14,87	247,8	262	86,4	
3	ОР + Мивал-Зоо, 10 мг/кг	330	1,21±0,01	16,6±0,3	15,39	256,5	297	90,0	

Из таблицы видно, что включение Мивал-Зоо в основной рацион свиноматкам за 40 суток до опороса и в течение 20 суток после опороса по 5 и 10 мг на 1 килограмм живой массы способствует увеличению живого веса поросят к 2-месячному возрасту соответственно на 14,87 и 15,39 кг. В контрольной группе поросята к двум месяцам набирают в весе 13,96 кг. Среднесуточные приrostы поросят у свиноматок, получающих Мивал-Зоо, к двухмесячному возрасту увеличиваются до 247,8 и 256,5 г, или на 6,5 и 10,2% по сравнению с контрольной группой, где поросята за 2 месяца набирают в среднем 232,7 г в сутки, повышается сохранность поросят до 2-месячного возраста. В опыте по всем показателям явно лидирует третья

группа свиноматок, получающих Мивал-Зоо в количестве 10 мг/кг живой массы. Число новорожденных живых поросят увеличивается на 15,8%, живая масса 1 поросенка к 60-дневному возрасту превышает контрольную на 10,2%, сохранность составляет 90% при 85% в контрольной группе.

Обобщая результаты исследований, можно сделать вывод о целесообразности включения в рацион свиноматок за 40 дней до опороса и в течение 20 дней после опороса адаптогенного средства Мивал-Зоо из расчета 10 мг/кг живой массы. Применение препарата положительно оказывается на течении беременности, родов и послеродового периода, улучшает качество приплода, рост и сохранность поросят.

**Библиографический список**

1. Калашников А.П. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. – М., 2003. – 455 с.

**A.A. SHAPOSHNIKOV, G.A. SIMONOV, V.S. NIKULNIKOV**

**HOME-PRODUCED PREPARATION “MIVAL-ZOO”  
ENHANCES REPRODUCTIVE QUALITIES OF GESTATING SOWS**

*The paper describes reproductive qualities of sows, receiving adaptogen preparation “MIVAL-ZOO” in their diets. The optimal dose was set at quantity of 10 mg per 1 kilo of live weight.*

*Key words: gestating sows, diet, preparation, preservation of piggery, average daily growth.*



**А.Ф. КОЛЕСНИКОВА**, д.с.-х.н., профессор кафедры почвоведения  
и прикладной биологии

Орловского государственного университета

Тел. 76-27-09

**И.Э. ФЕДОТОВА**, к.с.-х.н., доцент, докторант кафедры

почвоведения и прикладной биологии

Орловского государственного университета

Тел. 8-910-303-42-31; fedotovaie@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ИНДУЦИРОВАННОМ МУТАГЕНЕЗЕ ВИШНИ И ЧЕРЕШНИ\*

*Изложены результаты использования гамма-излучения в индуцированном мутагенезе вишни и черешни. Выявлены наиболее эффективные дозы излучения для почек: вишни – 30 Гр, черешни – 40 Гр. Мутабильные этапы органогенеза побегов – III – IV. Установлены частота и спектр мутаций. Идентифицированы мутанты, выделены улучшенные клонны для производственного и селекционного использования.*

**Актуальность исследований.** Многолетняя селекция косточковых плодовых культур, направленная на повышение продуктивности, качества плодов и морозостойкости деревьев, привела к генетическому выравниванию признаков сортов, к отсутствию адаптивности к стрессорам окружающей среды. Более других культур это сказалось на сортименте вишни обыкновенной, имеющей бедный генофонд.

Вишня обыкновенная (*Prunus cerasus* L.,  $2n=4x=32$ ) является спонтанным гибридом вишни степной [*C. fruticosa* (Pall.) G. Woron.,  $2n=32$ ] и черешни [*C. avium* (L.) Moench.,  $2n=16$ ], в дикорастущей форме не встречается.

В 1965 году в Центральной России возникла эпифитотия ранее не существовавшей здесь опасной болезни коккомикоза (возбудитель *Coccomyces hiemalis* Higg.). Массовые эпифитотии этой болезни начали повторяться из года в год и распространялись повсеместно. Так как все известные к этому времени в мире сорта вишни обыкновенной были созданы на основе генофонда родоначальных видов, не обладающих генами устойчивости к коккомикозу, они начали систематически повреждаться болезнью.

К тому же в последние три десятилетия в Центральном регионе России стали часто возникать климатические аномалии: затяжные тёплые осенние периоды с внезапными наступлениями морозов, длительные оттепели с возвратными морозами в зимние и ранневесенние месяцы, поздневесенние заморозки.

Комплекс этих абиотических и биотических неблагоприятных факторов привёл к постепенной гибели насаждений ранее широкораспространённой ценной культуры вишни. К настоящему времени в Центральном регионе России вишня обыкновенная полностью утратила промышленное значение. Неболь-

© А.Ф. Колесникова, И.Э. Федотова.

\*Научно-исследовательская работа проводится в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

шие площади её насаждений сохранились в южной зоне садоводства, повсеместно выращивают вишню лишь в любительском садоводстве.

Для восстановления насаждений и поддержания высокой продуктивности вишни обыкновенной требуется замена её сортимента на адаптированный к неблагоприятно изменившимся условиям окружающей среды. Такой сортимент создают селекционные учреждения на основе генетически новых исходных форм, обладающих соответствующими генами. В селекцию вовлечены отдалённые нетрадиционные виды вишни, получены первые положительные результаты [1, 2, 3, 4, 5].

Наряду с этим существенный вклад в создание адаптированного сортимента вишни обыкновенной может внести использование в селекции индуцированного мутагенеза. Этот метод позволяет создавать улучшенные клоны сортов для практического садоводства и увеличивать генетическое разнообразие ценных исходных форм для использования в селекции [6, 7, 8, 9, 10, 11, 1, 12].

**Цель данных исследований:** создание индуцированных гамма-мутантов, пригодных для использования в качестве улучшенных клонов вишни и черешни в практическом садоводстве и в качестве доноров ценных признаков для вовлечения в селекцию.

В связи с поставленной целью в задачи исследований входило:

- выявить оптимальные дозы гамма-излучения, обусловливающие больший выход жизнеспособных мутантов;
- выявить наиболее мутабильный этап органогенеза побегов и морфогенеза почек;
- выявить частоту и спектр мутаций в зависимости от генотипа;
- изучить основные хозяйствственно-биологические признаки перспективных индуцированных мутантов вишни и черешни.

#### **Условия, объекты и методы исследований.**

Исследования проводились во ВНИИ селекции плодовых культур (ВНИИСПК) в 1961 – 1985 гг., в Орловском государственном университете (ОГУ) – с 1986 г.

В опыты были вовлечены сорта вишни: Любская, Владимирская, Орловская ранняя, Орлёнок, Незнакомка, Жуковская, Тургеневка, Ширпотреб чёрная, Самородок, Ровесница, Гурьевка, Студенческая, Салют Победы; позднеспелые мутанты Любской, Владимирской, Орловской ранней. Испытывали также сорта черешни: Орловская янтарная, Орловская розовая, Орловская фея; позднеспелые мутанты Орловской янтарной и Орловской розовой.

Гамма-облучение почек проводили аппаратом ГУБЕ-800 или ГУПОС в Институте биофизики РАН (г. Москва). Испытывали дозы 20, 30, 40 Гр при мощности дозы около 1 Гр в минуту.

#### **Результаты исследований.**

В опыт по выявлению оптимальных доз гамма-излучения для покоящихся и формирующихся почек вишни и черешни были вовлечены сорта вишни Любская, Владимирская, Орловская ранняя; черешни – Орловская янтарная, Орловская розовая.

Испытывали следующие дозы: вариант I – 20 Гр, вариант II – 30 Гр, вариант III – 40 Гр, вариант IV – контроль, без облучения. Мощность дозы для всех вариантов одинаковая, около 1 Гр в минуту.

В каждом варианте прививали около 250 почек. Выход растений от числа привитых почек составил у вишни: вариант I – от 42 до 55%, вариант II – от 33 до 37%, вариант III – от 0 до 4%, вариант IV – от 65 до 76%. Выход привитых растений черешни соответственно по вариантам составил: 60 – 68%, 44 – 50%, 30 – 35%, 65 – 78%.

Самое большое число разного типа мутационных изменений образовалось у вишни при облучении формирующихся почек в дозе 30 Гр, у черешни – в дозе 40 Гр.

В этом опыте было установлено преимущество по числу идентифицированных мутантов при окулировке облучённых почек в питомнике против прививки их в кроне деревьев. А также была выявлена необходимость ранней изоляции мутировавших клеток побегов от тканей исходного сорта.

Опыты с облучением формирующихся почек вишни и черешни на разных этапах органогенеза побегов позволили выявить наиболее мутабильный период. Самый большой выход мутантов получен при облучении почек в начальной фазе дифференциации в генеративные (III – IV) этапы органогенеза. В этот период на уплощённой точке роста почки видны формирующиеся цветковые бугорки, а за нижними чешуями – пазушные конусы роста. В условиях Орловской области мутабильный период для ранних сортов вишни приходится на последнюю неделю июня и первую декаду июля, для сортов среднего и позднего сроков созревания – на середину второй и начало третьей декады июля. Однолетние побеги сортов всех сроков созревания в это время неодревесневшие, с незавершенным формированием верхушечной почки.

В опыт по изучению выхода и силы роста однолеток в зависимости от местоположения облучённых почек на побегах были вовлечены сорта вишни среднего срока созревания:

Тургеневка, Незнакомка, ЭЛС 5923, Ширпотреб чёрная, Эстафета. Число почек на черенках делили на три равные части – нижнюю (базальную), срединную и верхнюю (апикальную). Формирующиеся почки облучали 20 июля в дозе до 30 Гр (таблица 1). Выявили, что использование гамма-излучения значительно увеличивает частоту мутаций по сравнению со спонтанным их образованием.

Слаборослые и среднерослые однолетки – потенциальные карликовые и полукарликовые мутанты – по частоте образования в среднем во всех зонах черенка мало различались. Вероятно, это обусловлено наличием активных меристем в период облучения во всех почках черенков. В нижней и верхней зонах – за счёт неполнотой дифференцированных основных почек, в средней – за счёт пазушных зачатков конусов роста за нижними чешуями. В контрольном варианте слаборослых однолеток не образовалось вовсе, среднерослых было значительно меньше (0,53 против 1,88).

Таблица 1 – Приживаемость облучённых и контрольных почек вишни, сила роста однолеток в зависимости от зоны черенка

Название сорта и зоны черенка	Заокулировано почек, шт.	Приживаемость, % от заокулированных	Пошло в рост, % от заокулированных	Однолеток с силой роста, %		
				слаборослые	среднерослые	сильнорослые
<i>Суммарно все сорта по зонам черенка</i>						
Нижняя зона	822	36,7	25,2	0,99	2,36	96,66
Средняя зона	1018	34,1	21,6	1,66	1,77	96,57
Верхняя зона	660	27,0	12,1	0,77	1,36	97,87
<b>Средняя по сортам и зонам</b>	<b>2500</b>	<b>33,1</b>	<b>20,28</b>	<b>1,40</b>	<b>1,88</b>	<b>96,72</b>
<i>Контроль, в среднем по сорту</i>						
Незнакомка	152	84,0	69,6	0	0,6	99,4
ЭЛС 3553	156	82,6	68,7	0	1,8	98,2
ЭЛС 5923	152	76,1	56,1	0	0	100
Ширпотреб чёрная	150	79,0	65,3	0	1,0	99,0
Тургеневка	458	88,0	68,0	0	0	0
Орлёнок	422	82,0	68,0	0	1,4	98,6
<b>Суммарно по всем сортам</b>	<b>1490</b>	<b>81,95</b>	<b>66,7</b>	<b>0</b>	<b>0,53</b>	<b>99,47</b>

По характеру роста однолетки из облучённых формирующихся почек отличались от однолеток контрольного варианта. Большинство из них в начальный период роста сильно ветвились. Побеги выросли из нижней зоны окулянта, из пазушных зачатков почки. В результате к двухлетнему возрасту выросли разветвлённые кусты. Контрольные растения, как правило, не ветвились.

Опыты с облучением формирующихся почек показали, что у всех сортов в том или ином проценте получены мутанты сдержанного роста. Многие из них отличаются ранней закладкой букетных веточек. У сорта Орловская ранняя в опыте из 67 саженцев, выращенных из облучённых формирующихся почек, 64 характеризовались признаками сдержанного роста и загущенного расположения листьев, только три сохранили типичные признаки сорта.

У части мутантов карликовость проявилась на всём растении, у других признаки карликовости проявились только у отдельных побегов, чаще возникших из нижней зоны однолетки, вероятно, за счёт пазушных зачатков. У некоторых, наоборот, сдержанный рост присущ лишь основному побегу, а побеги из пазушных зачатков характеризуются нормальным ростом, присущим исходному сорту.

Изучение признаков спонтанных мутантов, мутантов, вызванных хирургическими примёрами, индуцированных ультрафиолетовым излучением [13], а также выделенных от действия гамма-излучением в данных опытах, позволяет заключить, что генотип сорта определяет спектр мутаций больше, чем качество физических мутагенов. На других объектах это было выявлено ранее Н.П. Дубинным и В.Б. Енкеном [14, 15]. Сорта вишни различаются между собой по мутабильности. Сроки созревания плодов больше мутируют у самых ранних (Орловская ранняя) и поздних (Любская) сортов, чем у сортов среднего срока созревания (Владимирская, Ширпотреб чёрная, Жуковская, Незнакомка и др.).

При повторном облучении почек индуцированных гамма-мутантов значительно возрастает частота мутаций. При этом в боль-

шинстве случаев возникают мутации, усиливающие мутировавший признак. Так, у слаборослых мутантов образуются ещё более слаборослые мутанты, у позднеспелых – мутанты с ещё более поздним сроком созревания плодов.

У вишни и черешни наиболее мутабильны гены, контролирующие сроки созревания плодов, силу роста дерева, форму кроны, морфологические признаки листьев, массу и консистенцию мякоти плодов. Наиболее стабильны гены, контролирующие зимостойкость, урожайность, fertильность пыльцы, размер косточки.

Наблюдаемая у большинства мутантов сопряжённая изменчивость морфологических признаков – уменьшение габаритов дерева, увеличение числа узлов на побегах, уменьшение пластинки листа (чаще сужение её), возрастноранняя закладка плодоносных образований, компактность кроны – свидетельствует о плейотропном, или сцепленном, действии мутировавших полигенов.

Появление у некоторых слаборослых мутантов наряду с названными изменениями новых признаков – мечевидной формы листа, уплотнённого мезофилла листа, опушения листа, антоциановой окраски побегов и листьев, клейстогамных цветков, бесплодия и некоторых других – возникает, вероятно, в результате цепного мутирования целых полигенных комплексов. Множественный характер изменчивости индуцированных мутантов затрудняет их практическое использование.

По уровню отличия мутантов от исходных сортов можно судить о том, произошла макро- или микромутация. Например, мутанты 242, 190, 223 сорта Орловская ранняя условно можно отнести к возникшим в результате микромутаций. Они к 14-летнему возрасту в саду ОГУ внешне почти не отличались от исходного сорта, не уступали ему по силе роста, имели лишь несколько мельче листья, большее число узлов на побегах и в связи с этим более загущенную крону. Большинство других мутантов является результатом макромутации. У них ярко выражены различия с ис-

ходным сортом. А такие макромутанты, как 176, 231, 241, во многом утратили внешнее сортовое сходство с материнским сортом Орловской ранней и характеризуются очень слабой жизнеспособностью. По аналогии с другими культурами такие мутанты относятся к возникшим в результате мутаций.

Появление фенотипов со сдержанным ростом дерева обусловлено слабым синтезом ауксинов, вызывающих замедленную деятельность апикальных меристем. У них выявлены также заметные физиолого-биохимические изменения. Слаборослые мутанты значительно отличаются от сортов по динамике свободных аминокислот и хлорофилла. К тому же они содержат меньше хлорофилла в листьях.

Плотнолистные, устойчивые к коккомикозу мутанты выделяются повышенным содержанием триптофана и сухих веществ в листьях в период активного роста побегов. Часто они имеют яркую антоциановую окраску листьев на развивающихся побегах уже в питомнике, по которой их можно отобрать на ранних этапах развития.

При использовании методики гамма-облучения в мутабильный период в дозе для вишни – 30 Гр, для черешни – 40 Гр с большей вероятностью можно получать мутанты следующих типов: слаборослые, с компактной кроной, с более поздними сроками закладки цветковых почек, цветения, созревания плодов, с более плотной мякотью плодов, с более высокой устойчивостью к коккомикозу.

По материалам исследований хозяйствственно-биологических и морфологических признаков мутантов во ВНИИСПК А.Ф. Колесниковой совместно с А.В. Завьяловой в качестве лучших клонов, пригодных для производственного использования, выделены следующие гамма-мутанты: раннеспелый полукарлик Орловская ранняя 625, полукарлик Тургеневка 37-23, Самородок 2, Студенческая низкорослая, Студенческая крупноплодная, карликовый мутант гамма-мутанта 768 черешни Орловская янтарная – Малыш. По

материалам сортознания в ОГУ гамма-мутант Студенческая низкорослая, Студенческая крупноплодная, полукарлик Тургеневка 37-23 предложены для производственного выращивания.

Ряд выделенных во ВНИИСПК гамма-мутантов, характеризующихся отдельными ценными признаками, изучался нами на агробиостанции ОГУ с 1994 по 2010 г. Сдержанным ростом дерева выделились мутанты: Орловской ранней – ПК 625, ПК 253, К 169, К 642, К 227, Любской – КЛ 585. Более высокую fertильность пыльцы имеют: мутант Любская 608, Орловская ранняя ПК 503. Повышенной урожайностью отличаются мутанты Любская 608, полукарлик Тургеневка 37-23, Самородок 2. Повышенной полевой устойчивостью к коккомикозу выделились мутанты: Орловской ранней – ПК 625, ПК 192; Тургеневка 39-29, Орловская розовая 561. Повышенная зимостойкость дерева характерна для мутантов: Тургеневка ПК 36-24, Тургеневка 37-13, Орловская ранняя ПК 645, Любская 608. Увеличение массы плода выделили у мутанта Орловской ранней ПК 625, а также Тургеневки – 36-16, 36-17, 36-22, 36-34. Увеличение плотности плодов наблюдали у мутантов Тургеневки 36-17, 37-38.

#### **Заключение.**

Разработанные теоретические и методические подходы, а также полученные практические результаты по использованию индуцированного мутагенеза вишни и черешни свидетельствуют о целесообразности углубления исследований в данном направлении.

Созданные перспективные мутанты вишни и черешни сортового уровня заслуживают широкого производственного испытания, доноры ценных признаков – для использования в селекции.

Для повышения эффективности применения индуцированного мутагенеза в селекции плодовых растений необходим переход на новый уровень исследований, основанный на использовании достижений бионанотехнологической науки.

### Библиографический список

1. Жуков О.С. Селекция вишни [Текст] / Жуков О.С., Харитонова Е.Н. – М.: Агропромиздат, 1988. – 141 с.
2. Колесникова А.Ф. Результаты селекции вишни за 40 лет [Текст] / Колесникова А.Ф., Джигадло Е.Н. // Селекция и сорторазведение садовых культур. – Орёл: ВНИИСПК, 1995. – С. 168 – 178.
3. Федотова И.Э. Реконструкция генома вишни обыкновенной на основе интрагрессии генов отдалённых видов рода Cerasus Mill. [Текст] / Федотова И.Э., Колесникова А.Ф. // Материалы Международной научно-практической конференции “Приоритетные направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных растений в XXI веке” (15 – 18 декабря 2003 г.). – Москва, 2003. – С. 321 – 324.
4. Джигадло Е.Н. Совершенствование методов селекции, создание сортов вишни и черешни, их подвоев с экологической адаптацией к условиям Центрального региона России [Текст] / Е.Н. Джигадло. – Орёл: ВНИИСПК, 2009. – 268 с.
5. Острикова О.В. Особенности адаптивности генотипов подрода Cerasus Focke в неблагоприятных погодно-климатических условиях Центрального региона России [Текст] / Острикова О.В. // Автореферат на соискание степени сельскохозяйственных наук. – Орёл, 2010 г. – 23 с.
6. Колесникова А.Ф. Селекция и некоторые биологические особенности вишни в средней полосе РСФСР [Текст] / Колесникова А.Ф. – Орёл: Орл. отдел. Приокск. кн. изд., 1975. – 328 с.
7. Колесникова А.Ф. Улучшение сортов вишни клоновым отбором [Текст] / Колесникова А.Ф., Завьялова А.В. // Плодоовощное хозяйство. – 1985. – № 12. – С. 45–48.
8. Дрягина А.В. Экспериментальный мутагенез садовых растений [Текст] / Дрягина А.В., Мурин А.В., Лысиков В.Н. – Кишинёв: Штиница, 1981. – 240 с.
9. Равкин А.С. Действие ионизирующих излучений и химических мутагенов на вегетативно размножаемые растения [Текст] / Равкин А.С. – М.: Наука, 1981. – 192 с.
10. Щербаков В.К. Мутации в эволюции и селекции растений [Текст] / Щербаков В.К. – М.: Колос, 1982. – 327 с.
11. Семакин В.П. О необходимости ревизии результатов селекции индуцированных и спонтанных вегетативных мутантов (на примере яблони) [Текст] / Семакин В.П. // Сорта и технологии для современного сада. – Тула: Приокск. кн. изд-во, 1990. – С. 7–11.
12. Жуков О.С. Вишня и черешня [Текст] / Жуков О.С., Никифорова Г.Г. // Создание новых сортов и доноров ценных признаков на основе идентифицированных генов плодовых растений. – Мичуринск, 2002. – С. 68–89.
13. Колесникова А.Ф. Применение радиационного мутагенеза в создании слаборослых деревьев вишни и черешни [Текст] / Колесникова А.Ф., Завьялова А.В. // Радиационный мутагенез вегетативно размножаемых растений. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 116–120.
14. Дубинин Н.П. Эволюция популяций и радиация [Текст] / Дубинин Н.П. – М.: Атомиздат, 1966. – 346 с.
15. Енкен В.Б. Экспериментальный мутагенез у сельскохозяйственных растений и его использование в селекции [Текст] / Енкен В.Б. – М.: Наука, 1966. – 187 с.

**A.F. KOLESNIKOVA, I.E. FEDOTOVA**

### GAMMA RADIATION USE IN INDUCED MUTAGENESIS CHERRIES AND SWEET CHERRIES

*Results of use of gamma radiation in induced mutagenesis cherries and sweet cherries are stated. The most effective doses of radiation for buds are revealed: cherries – 30 Gr, sweet cherries – 40 Gr. Mutabilnye stages of organogenesis of runners – III – IV. Frequency and a spectrum of mutations are established. Mutants are identified, the improved clones for industrial and selection use are allocated.*

**И.Э. ФЕДОТОВА,** к.с.-х.н., доцент, докторант кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета  
Тел. 8-910-303-42-31; fedotovaie@mail.ru

**Е.Л. ХАРХАРДИНА,** заведующий кабинетом кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета, аспирант заочной формы обучения  
Тел. 8-953-614-44-96; dobryivecher2006@rambler.ru

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ОТДАЛЁННЫХ ГИБРИДОВ ВИШНИ\*

*В работе показаны пути и результаты оптимизации технологии микроклонального размножения гибридов вишни, полученных от скрещивания сортов вишни обыкновенной с диплоидными видами. Выявлены оптимальные стерилизующие агенты. Предложена новая оптимизированная технология культивирования отдаленных гибридов вишни *in vitro* на этапе введения в культуру.*

**Актуальность исследований.** В последние десятилетия в связи с негативно изменившимися природно-климатическими условиями исконно русская косточковая плодовая культура вишня (*Prunus cerasus* L.,  $2n=4x=32$ ) утратила адаптивность к абиотическим факторам. Ослабленные растения чаще начали поражаться опасными грибными болезнями. Для интрогрессии в геном вишни обыкновенной недостающих генов иммунитета и адаптивности в селекцию был вовлечён ряд отдалённых диплоидных видов подсемейства Сливовые (*Prunoideae* Focke,  $2n = 2x = 16$ ), получены высокоадаптированные гибридные популяции [1]. Созданные генотипы в основном являются триплоидами, реже встречаются тетраплоиды, единичные экземпляры – пентаплоидны. Большинство гибридов бесплодны (триплоидные, пентаплоидные) или частично плодовиты (тетраплоидны) [2]. В селекционных программах они испытываются в качестве клоновых подвоев для вишни и черешни, а также в качестве отцовских форм в беккроссных скрещиваниях с сортами вишни обыкновенной. Увеличение полидности этих генотипов позволит увеличить фертильность их пыльцы, завязываемость и вызревание плодов.

Опыт практического садоводства показывает, что маточные насаждения подвойных форм в питомниках целесообразно закладывать оздоровленными суперэлитными растениями. Для размножения суперэлиты необходимо использовать оптимизированные технологии микроклонального размножения. Создание полиплоидных форм также целесообразно проводить в условиях культуры *in vitro*.

В настоящее время процесс микроклонального размножения состоит из ряда последовательных этапов, каждый из которых имеет свою специфику [3]. Одним из наиболее ответственных этапов микроклонального размножения явля-

© И.Э. Федотова, Е.Л. Хархардина

\*Научно-исследовательская работа проводится в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

ется этап введения экспланта в культуру *in vitro*. На данном этапе повреждающими факторами для введенных в культуру *in vitro* апексов становятся следующие: присутствие сапрофитной микрофлоры, ожог стерилизующими веществами, механическое повреждение клеточной структуры при вычленении, несоответствие питательной среды для данной культуры. Для устранения повреждающего воздействия всех вышеперечисленных факторов особое внимание следует уделить подбору соответствующих генотипу стерилизующих агентов и питательных сред.

**Цель данных исследований** – повышение приживаемости эксплантов отдалённых гибридов вишни обыкновенной и диплоидных видов подсемейства Сливовые на основе оптимизации технологии микроклонального размножения (*in vitro*).

#### Условия, объекты и методы исследований.

Исследования проводили в лаборатории биотехнологии ГОУ ВПО «Орловский государственный университет» в 2006–2010 гг. Культивирование эксплантов осуществляли при температуре 25°C, освещенности 2000 люкс, фотопериоде 16 часов. В качестве эксплантов использовали меристемы верхушечных и боковых вегетативных почек изучаемых объектов (по 30 штук на каждый вариант). В качестве источников минерального питания для отдаленных гибридов вишни испытывали среды Мурасиге и Скуга (MS), Нича и экспериментального состава. На испытуемых средах изучали степень развития эксплантов в зависимости от длительности их культивирования – в течение 14 и 24 суток.

Морфогенетический потенциал генотипов оценивали по степени развития эксплантов в баллах (по пятибалльной шкале, разработанной И.Э. Федотовой), определяли их массу весовым методом. В качестве испытуемых стерилизующих агентов испытывали:

1. Domestos.
2. Fairy.
3. Ace – гель – 3%, 5%, 10%.
4. Лизоформин – 3%, 5%, 10%.

Объектами исследований послужили отдалённые гибриды, полученные от скрещивания районированных сортов вишни обыкновенной (материнские формы) – Любская, Ровесница, Антрацитовая, Шоколадница и диплоидных видов подрода *Pseudocerasus* ( $2n = 2x = 16$ ) (отцовские формы) – вишня сахалинская [*C. sachalinensis* (Smidt Fr.) Kom. et Aliss.], в. курильская [*C. kurilensis* (Miyabe) Erem. et Yushev], в. мелкопильчатая [*C. serrulata* (Lindl.) G. Don (разновидности *lannesiana* № 1 и № 2)], в. инциза [*C. incisa* (Thunb.) Loisel].

#### Результаты исследований.

Анализ результатов культивирования эксплантов гибридной семьи Любская x *C. serrulata* (табл. 1) показал, что питательная среда Нича более благоприятна для культивирования. Масса эксплантов, развивающихся на ней, составляет в среднем – 4,9 мг, на среде Мурасиге и Скуга – только 3,9 мг. На среде Нича длительность культивирования в течение 14 суток оказалась более оптимальной, чем в течение 24 суток. На среде Нича масса эксплантов через 14 суток составила 5,7 мг, после 24 суток – 4,1 мг, на среде Мурасиге и Скуга – 3,7 мг и 4,0 мг соответственно.

Таблица 1 – Степень развития эксплантов в зависимости от сроков и среды культивирования

Гибридная семья, форма	Срок культивирования на R <sub>d</sub> дни	Степень развития экспланта на среде		В среднем, мг
		MS	Нича	
		масса, мг	масса, мг	
<b>Любская x <i>C. serrulata</i> (Jolly tolivetta)</b>				
1-45	14	6,0	11,0	8,5
	24	8,0	8,0	8,0
1-41	14	2,0	2,5	2,3
	24	2,0	2,1	2,1

Продолжение табл. 1

Гибридная семья, форма	Срок культивирования на R <sub>d</sub> дни	Степень развития экспланта на среде		В среднем, мг
		MS	Нича	
		масса, мг	масса, мг	
1-43	14	3,1	3,5	3,3
	24	1,9	2,2	2,1
В среднем по срокам	14	3,7	5,7	4,7
	24	4,0	4,1	4,1
В среднем по семье		3,9	4,9	4,4
<b>Любская x C. sachalinensis</b>				
1-31	14	3,2	8,4	5,8
	24	2,7	6,6	4,7
1-32	14	9,7	6,1	7,9
	24	1,5	1,6	1,6
2-61	14	10,9	11,4	11,2
	24	6,9	4,1	5,5
В среднем по семье	14	7,9	8,6	8,3
	24	3,7	4,1	3,9
В среднем по формам		5,8	6,4	6,1
В среднем по всем семьям	14	5,8	7,2	6,5
	24	3,9	4,1	4,0
В среднем по всем формам		4,9	5,6	5,3

Среди изученных форм этой гибридной семьи в лучшую сторону выделилась гибридная форма 1-45, у которой масса экспланта как на среде Нича, так и на среде Мурасиге и Скуга значительно выше, чем у других гибридных форм этой гибридной семьи. Наибольшей массы достигают экспланты на среде Мурасиге и Скуга после 24 суток культивирования – 8 мг.

Анализ результатов культивирования эксплантов гибридной семьи Любская x C. sachalinensis показал, что питательная среда Нича более благоприятна для культивирования: масса эксплантов в среднем составляет 6,4 мг, на среде Мурасиге и Скуга – только 5,8 мг. На обеих средах длительность культивирования 14 суток оказалась более оптимальной, чем в течение 24 суток. На среде Нича масса эксплантов через 14 суток культивирования составила – 8,6 мг, через 24 суток – 4,1 мг, на среде Мурасиге и Скуга – 7,9 мг и 3,7 мг соответственно.

Среди всех изученных гибридных форм вишни выделяются в лучшую сторону по адаптивности к культуре *in vitro* следующие формы: 2-61, которая при культивировании в течение 14 дней на питательных средах дает высокие результаты развития эксплантов как на среде Мурасиге и Скуга – 10,9 мг, так и на среде Нича – 11,4 мг; у гибридной формы 1-32 наблюдаются наибольшие отличия в степени развития эксплантов в зависимости от длительности культивирования вне зависимости от среды: после 14 суток культивирования – 7,9 мг, после 24 – 1,6 мг.

Анализ результатов культивирования всех исследованных отдаленных гибридов вишни показал, что питательная среда Нича более благоприятна для развития эксплантов по сравнению со средой Мурасиге и Скуга. Масса эксплантов гибридов вишни в среднем по всем формам на среде Нича – 5,6 мг, независимо от происхождения и длительности куль-

тивирования. Это значительно больше, чем на среде Мурасиге и Скуга (4,9 мг).

Длительность культивирования на одной среде без пересадки также оказывает влияние на степень развития эксплантов. Масса эксплантов в среднем по всем семьям отдалённых гибридов вишни на изучаемых питательных средах после 14 суток культивирования была значительно выше (6,5 мг), чем после 24 суток (4,0 мг). Морфогенетический потенциал после 14 суток культивирования значительно сильнее проявляется у гибридной семьи Любская x *C. sachalinensis* (масса экспланта – 8,3 мг) по сравнению с семьей Любская x *C. serrulata* (масса экспланта – 4,7 мг). При длительном куль-

тивировании (24 суток) наблюдается деградация эксплантов, их масса снижается до 3,9 мг у гибридной семьи Любская x *C. sachalinensis* и до 4,1 мг у семьи Любская x *C. serrulata*. Достоверных отличий по массе эксплантов между гибридными семьями при длительном культивировании (24 суток) не выявлено.

При исследовании влияния питательных сред и стерилизующих агентов на приживаемость и развитие эксплантов (на примере гибридной формы 1-14) (таблица № 2) установлено, что приживаемость эксплантов несколько выше на среде Нича (76,67%) по сравнению с экспериментальной средой (55,83%) и МС (72,50%).

**Таблица 2 – Приживаемость и развитие эксплантов отдаленной гибридной формы вишни 1-14 в зависимости от питательной среды и стерилизующего агента**

Пита- тель- ная среда	Стерилизующий агент	Количество введен- ных в куль- туру, шт.	Прижив- шихся, %	Степень развития через 14 дней, балл	Степень развития через 30 дней, балл	Степень развития каллуса, балл
Экспериментальная	Domestos	30	56,67	3,80	3,72	0,00
	Fairy	30	56,67	3,50	3,74	0,00
	Ace – гель 3%	30	50,00	3,04	3,95	0,00
	Ace – гель 5%	30	43,33	3,78	4,00	0,00
	Ace – гель 10%	30	66,67	2,94	3,71	0,00
	Лизоформин 3%	30	83,33	3,08	3,39	0,00
	Лизоформин 5%	30	90,00	3,37	3,96	0,00
	Лизоформин 10%	30	90,00	2,89	4,97	0,00
	<b>В среднем</b>	<b>30</b>	<b>55,83</b>	<b>3,30</b>	<b>3,93</b>	<b>0,00</b>
Мурасиге и Скуга	Domestos	30	70,00	2,24	2,13	0,00
	Fairy	30	66,67	3,07	2,90	0,00
	Ace – гель 3%	30	66,67	3,30	3,36	0,00
	Ace – гель 5%	30	63,33	3,23	3,20	0,00
	Ace – гель 10%	30	63,33	3,33	3,60	0,00
	Лизоформин 3%	30	76,67	3,24	3,78	0,00
	Лизоформин 5%	30	83,33	3,07	3,81	0,00
	Лизоформин 10%	30	90,00	3,43	4,09	0,00
	<b>В среднем</b>	<b>30</b>	<b>72,50</b>	<b>3,11</b>	<b>3,56</b>	<b>0,00</b>
Нича	Domestos	30	70,00	2,59	2,59	2,81
	Fairy	30	80,00	2,32	3,04	3,00
	Ace – гель 3%	30	66,67	2,47	2,93	2,93
	Ace – гель 5%	30	76,67	2,29	2,61	3,00
	Ace – гель 10%	30	70,00	2,31	3,00	2,95
	Лизоформин 3%	30	76,67	2,95	3,00	3,00
	Лизоформин 5%	30	83,33	3,05	3,14	3,23
	Лизоформин 10%	30	90,00	3,25	3,72	4,00
	<b>В среднем</b>	<b>30</b>	<b>76,67</b>	<b>2,65</b>	<b>3,00</b>	<b>3,12</b>
	<b>В среднем по всем средам</b>	<b>30</b>	<b>68,33</b>	<b>3,02</b>	<b>3,50</b>	<b>1,04</b>

Лучшей питательной средой для гибридной формы 1-14 следует считать экспериментальную. Степень развития эксплантов на ней составила 3,30 балла спустя 2 недели и 3,93 балла – спустя 4 недели после введения в культуру по сравнению со средой МС (3,11 балла и 3,56 балла соответственно) и Нича (2,65 балла и 3,00 балла соответственно). Выделяется развитие эксплантов на питательной среде Нича – здесь идет интенсивный процесс кал-

лусообразования – 3,12 балла. Образования каллуса на других питательных средах замечено не было.

Лучшим стерилизующим агентом по результатам эксперимента стал лизоформин 10%, хотя в первые две недели после введения в культуру он ингибирировал развитие эксплантов (на экспериментальной питательной среде степень развития эксплантов составила 2,89 балла, на МС – 3,43 балла, на Нича – 3,25 балла).

**Таблица 3 – Влияние стерилизующего агента на степень выживаемости эксплантов отдалённых гибридных форм вишни вне зависимости от среды культивирования, %**

Стерилизующий агент	Прижившиеся экспланты, %
Domestos	65,56
Fairy	67,78
Ace – гель 3%	61,11
Ace – гель 5%	61,11
Ace – гель 10%	66,67
Лизоформин 3%	78,89
Лизоформин 5%	85,55
Лизоформин 10%	90,00
<b>В среднем по всем агентам</b>	<b>72,08</b>

Процент прижившихся эксплантов при использовании лизоформина 10% на всех питательных средах был наибольший и составил 90% по сравнению с другими стерилизующими агентами (таблица 3). Спустя 30 дней после культивирования на питательных средах ранее ингибираванные экспланты догнали и превзошли в своем развитии другие растения. По результатам эксперимента выявлено, что лучшей для развития питательной средой является экспериментальная, лучшим стерилизующим агентом – Лизоформин 10%.

#### Выводы:

1. Оптимизирована технология микротканального размножения эксплантов ме-

ристем отдаленных гибридных форм, полученных от скрещивания вишни обыкновенной и дальневосточных диплоидных видов на этапе введения в культуру.

2. На этапе введения в культуру для эксплантов отдалённых гибридов целесообразно использовать в качестве питательной среды – экспериментальную.
3. Оптимальный срок культивирования эксплантов после введения *in vitro* – 14 суток, с последующей пересадкой на другие питательные среды.
4. В качестве стерилизующего агента целесообразно применять Лизоформин 10%.

**Библиографический список**

1. Колесникова А.Ф. Вишня, её прошлое, настоящее, будущее [Текст] / Колесникова А.Ф., Федотова И.Э. // Экологический вестник села. – Орёл: Экология села России, 1993. – № 4. – С. 35–43.
2. Федотова И.Э. Использование некоторых видов рода Cerasus Mill. в селекции вишни на устойчивость к коккомикозу и адаптивность к условиям среды [Текст] / Федотова И.Э. // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Брянск, 2000. – 28 с.
3. Деменко В.И. Микроклональное размножение плодовых и ягодных культур [Текст] / Деменко В.И. // Методические указания к практическим занятиям по плодоводству. – М.: ИМСХА, 1997. – 35 с.
4. Джигадло Е.Н. Размножение вишни методом верхушечных меристем [Текст] / Джигадло Е.Н., Джигадло М.И. // Улучшение сортимента и прогрессивные приемы возделывания плодовых и ягодных культур. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1988. – С. 52–56.
5. Трушечкин В.Г. Клональное микроразмножение плодовых и ягодных культур [Текст] / Трушечкин В.Г., Высоцкий В.А. // Плодово-овощное хозяйство. – 1985. – № 1. – С. 43–46.
6. Еремин Г.В. Производство оздоровленного посадочного материала алычи и подвоя косточковых культур [Текст] / Еремин Г.В., Подорожный В.Н. // Садоводство и виноградарство. – 1992. – № 8. – С. 11–12.
7. Плаксина Т.В. Методы биотехнологии в селекции вишни на Алтае [Текст] / Плаксина Т.В. // Состоян. и пробл. садоводства России. – Новосибирск, 1997. – Ч. 1. – С. 170–172.
8. Ковальчук И.Ю. Клональное микроразмножение вишни сливы [Текст] / Ковальчук И.Ю., Боровикова О.В. // Ускоренное размножение посадочного материала плодово-ягодных культур с использованием биотехнологических методов. – Алма-Ата, 1991. – С. 14–21.
9. Paul L. Bewurzelung von Edelsorten uns Klonen von Sussund Sauerkirschen in vitro. [text]/ Paul L., Feucht W. // Mitt. Klosterneuburg Rebe Wein Obstbau, Frucht.everwertung. – 1985. – 35. 2. – 69–74.

**I.E. FEDOTOVA, E.L. KHARKHARDINA****OPTIMIZATION OF TECHNOLOGY OF MICROCLONE OF REPRODUCTION OF THE REMOTE HYBRIDS OF THE CHERRY**

*In work are shown ways and results of optimization of technology of microclone reproduction of hybrids of the cherry received from crossing of species of a cherry ordinary with diploid kinds. Optimum sterilizing agents are revealed. The new optimized technology cultivation the remote hybrids of a cherry in vitro at an introduction stage in culture is offered.*

**O.B. ОСТРИКОВА**, к.с.-х.н., старший преподаватель кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета  
Тел. 8-920-282-57-91; [ostrikov\\_au@mail.ru](mailto:ostrikov_au@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОСТИ И РЕПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЦЕННЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ

*В статье приведён анализ результатов многолетних исследований адаптивности генотипов ценных декоративных древесных и кустарниковых растений к повреждающим факторам зимнего периода. Изучена укореняемость их зелёных черенков. Выделены формы с комплексом ценных хозяйствственно-биологических признаков.*

**Актуальность исследований.** Возрастающая техногенная нагрузка, наблюдаемые изменения климата ведут к потере адаптивности многих поликарпических древесных растений, использующихся для озеленения в условиях Центрального региона России. В то же время интенсивное развитие мегаполисов, активное строительство в городах и посёлках ведут к образованию огромных жилых кварталов, которые необходимо благоустраивать, создавать зоны отдыха, детские и спортивные площадки.

Наукой накоплены убедительные данные использования поликарпических древесных растений в экосистемах для оздоровления среды обитания путем поглощения ими парниковых газов и осуществления эмиссии кислорода, выделения фитонцидов, поглощения шумов и пыли, регулирования микроклимата и т.п.

Мониторинг зелёных насаждений городов, районных центров, населённых пунктов Орловской области показал, что большинство насаждений представлено ограниченным набором видов древесных (18 лиственных, 9 хвойных) и кустарниковых (20 лиственных, 2 хвойных) пород, среди которых много быстрорастущих. Критериями отбора декоративных растений для современного зелёного строительства являются: широкий потенциал адаптивности к абиотическим и биотическим факторам, к техногенным загрязнениям, способность оздравливать окружающую среду, длительность сохранения декоративности, благотворное эмоциональное воздействие на человека, универсальность использования в ландшафтном озеленении, высокий коэффициент и доступность широкого размножения.

Для массовой репродукции экологически ценных декоративных древесных растений создаются питомники, в которых различными способами получают посадочный материал. Одним из наиболее популярных способов вегетативного размножения является зелёное черенкование, которое обеспечивает высокий коэффициент размножения, позволяет расширить объём выращивания саженцев высоких категорий качества.

**Цель исследований:** изучить адаптивность некоторых лиственных и хвойных декоративных растений и способность к укоренению их зелёных черен-

ков, выявить генотипы с комплексом ценных хозяйствственно-биологических признаков.

**Задачи исследований:** изучить устойчивость ряда декоративных растений к повреждающим факторам зимнего периода в Центральном регионе России; выделить наиболее адаптивные генотипы; изучить укореняемость зелёных черенков выделенных генотипов декоративных растений.

#### **Условия проведения и объекты исследований.**

На агробиостанции Орловского государственного университета (ОГУ) в 2004 году был заложен питомник декоративных древесных и кустарниковых пород, маточные насаждения которого постоянно пополняются и к 2010 году насчитывают более 120 генотипов (видов, сортов и форм).

Исследования адаптивности, репродукционной способности и подбор для озеленения наиболее экологически ценных поликарпических древесных растений проводили на базе агробиостанции ОГУ в 2006–2010 гг. Этот период характеризовался относительно тёплыми зимами с длительными оттепелями и значительным снижением температуры в различные периоды зимних месяцев. Особенно тёплой была зима 2006–2007 гг., отрицательная температура установилась только после 18 декабря, а в течение практически всего января температура не опускалась ниже минус 5. Только в конце января температура начала интенсивно падать и достигла минимума – минус 23,5°C к 31 января. Февраль оказался самым холодным месяцем зимы (среднемесячная температура февраля –минус 10,1°C, ниже нормы на 1,9°). Минимальная температура воздуха в феврале составила минус 27,1°C. На февраль пришлись основные зимние подмерзания растений в этот период.

В качестве объектов исследований послужили генотипы: барбарис (3 формы), дёрен столонный, магония блестящая, рябина черноплодная, айва японская, кизильник блестящий, спирея (2 формы), лапчатка (2 формы), чубушник (6 форм), сирень (3 сорта), форзиция (4 формы), жимолость (2 формы), гортензия метельчатая, ива прикарпатская карликовая,

вейгела красная, шиповник (2 формы), боярышник (3 формы), можжевельник (5 форм), туя (4 формы), ель канадская карликовая.

**Методы исследований.** Устойчивость декоративных растений к повреждающим факторам зимнего периода оценивали по степени подмерзания в полевых условиях по шкале П.И. Лапина и С.В. Сидневой для древесно-кустарниковых растений [1].

*Шкала оценки зимостойкости древесно-кустарниковых растений в полевых условиях:*

- 1 – растения не обмерзают;
- 2 – обмерзает не более 50 % длины однолетних побегов;
- 3 – обмерзает от 50 до 100 % длины однолетних побегов;
- 4 – обмерзают более старые побеги;
- 5 – обмерзает надземная часть до снегового покрова;
- 6 – обмерзает вся надземная часть;
- 7 – растения вымерзают целиком.

Оценивали состояние растений в конце вегетационного периода по шкале А.Г. Головач для древесно-кустарниковых растений [2].

*Шкала оценки состояния древесно-кустарниковых растений:*

1 – хорошая жизненность – растение хорошо развито, имеет здоровый вид, хорошо развитые побеги, почки и листья, нормальную их окраску, обильно или хорошо цветет и плодоносит;

2 – удовлетворительная, или средняя, жизненность – общее развитие растения несколько слабее, прирост побегов, облиствление, цветение и плодоношение не достигают максимума;

3 – слабая жизненность – растение заметно ослаблено, прирост побегов незначительный, цветение и плодоношение единичное или отсутствует.

Зеленое черенкование осуществляли в условиях регулируемых водного и воздушного режимов по общепринятой методике, разработанной М.Т. Тарабенко [3]. В качестве стимулятора корнеобразования использовали индолилмасляную кислоту (ИМК). Экспозиция черенков в растворе ИМК – 16 часов. Опыт

закладывали в 4-кратной повторности, по 30 черенков в каждой повторности. Размещение вариантов и повторностей рендомизированное. Укореняемость зелёных черенков оценивали в %.

### Результаты исследований

Большинство исследованных видов лиственных и хвойных декоративных растений отличились хорошей зимостойкостью (таблица 1). В большей степени изученные генотипы подмерзли зимой 2006–2007 гг. Сильнее других (подмерзание на 3–4 балла) подмерзли: магония блестящая, лапчатка белая, лапчатка жёлтая, форзиция европейская, форзиция свисающая. У них наблюдали значительное

подмерзание побегов, запаздывание начала вегетации. Лучшей зимостойкостью за все годы исследований (подмерзание до 1 балла) среди изученных генотипов отличились: барбарис пурпурный, барбарис обыкновенный, рябина черноплодная, айва японская, кизильник блестящий, спирея японская, чубушник «Комсомолец», чубушник «Эльбрус», чубушник крушиновидный, чубушник «Жемчуг», сирень «Юбилейная», сирень «ВЛКСМ», форзиция тёмностебельная, жимолость татарская, гортензия метельчатая, можжевельники – прибрежный, пёстроконечный, карликовый, казацкий, туя колонновидная, туя золотистая и ель канадская коническая.

Таблица 1 – Устойчивость генотипов декоративных древесных и кустарниковых культур к повреждающим факторам зимнего периода

Название генотипа	Степень подмерзания в полевых условиях, балл		Общее состояние растений после перезимовки, балл	
	2007	в среднем за 2008–2010 гг.	2007	в среднем за 2008–2010 гг.
1	2	3	4	5
Барбарис пурпурный	1	1	1	1
Барбарис обыкновенный	1	1	1	1
Барбарис Тунберга	2	2	1	1
Магония блестящая	4	3	2	2
Рябина черноплодная	1	1	1	1
Айва японская	1	1	1	1
Кизильник блестящий	1	1	1	1
Спирея японская	1	1	1	1
Спирея Голден Принцесс	2	2	1	1
Лапчатка белая	4	3	2	2
Лапчатка жёлтая	3	3	2	2
Дёрен столонный	2	2	1	1
Чубушник «Комсомолец»	1	1	1	1
Чубушник «Зоя Космодемьянская»	2	2	1	1
Чубушник «Монблан»	2	2	1	1
Чубушник «Эльбрус»	1	1	1	1
Чубушник крушиновидный	1	1	1	1
Чубушник «Жемчуг»	1	1	1	1
Сирень «Юбилейная»	1	1	1	1
Сирень «ВЛКСМ»	1	1	1	1
Сирень Колесникова	2	2	1	1

Продолжение табл. 1

<b>Название генотипа</b>	<b>Степень подмерзания в полевых условиях, балл</b>		<b>Общее состояние растений после перезимовки, балл</b>	
	<b>2007</b>	<b>в среднем за 2008–2010 гг.</b>	<b>2007</b>	<b>в среднем за 2008–2010 гг.</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Форзиция темностебельная	1	1	1	1
Форзиция европейская	4	3	2	2
Форзиция яйцевидная	2	2	1	1
Форзиция свисающая	3	3	2	2
Жимолость татарская	1	1	1	1
Жимолость розовая	2	1	1	1
Гортензия метельчатая	1	1	1	1
Ива прикарпатская карликовая	2	2	1	1
Вейгела красная	2	2	1	1
Шиповник «Штиль»	2	2	1	1
Шиповник «Глобус»	2	2	1	1
Боярышник Арнольда	2	2	1	1
Боярышник «Птичья шпора»	2	2	1	1
Боярышник «Скарлетт»	2	2	2	2
Можжевельник прибрежный	1	1	1	1
Можжевельник пёстрокончиковый	1	1	1	1
Можжевельник карликовый	1	1	1	1
Можжевельник «Карликовые лапки»	2	2	1	1
Можжевельник казацкий	1	1	1	1
Туя золотистая	1	1	1	1
Туя карликовая	2	2	1	1
Туя «Золотой шар»	2	2	1	1
Туя колоновидная	1	1	1	1
Ель канадская коническая	1	1	1	1

На состояние растений, оцениваемое в конце вегетационного периода, оказывали влияние не только повреждающие факторы зимнего периода, но также абиотические и биотические факторы вегетационного периода. После зимних повреждений ежегодно растения восстанавливались, к концу вегетационного периода большинство из них показывали хорошую жизненность (до 1 балла). Несколько худшее состояние было у генотипов, проявивших удовлетворительную

(или среднюю) жизненность: магонии блестящей, лапчатки белой, лапчатки жёлтой, форзиции европейской, форзиции свисающей. Генотипов со слабой жизненностью (состояние 3 балла) не выявлено.

Выделенные наиболее адаптированные генотипы испытывали на способность к репродукции зелёными черенками на участке клонового размножения. Испытанные генотипы проявили неодинаковую степень укоренения зелёных черенков (таблица 2).

Согласно данным таблицы 2 хуже укоренялись зелёные черенки хвойных растений – от 15,54% у ели канадской конической до 45,78% у туи золотистой. Очень высокую степень укоренения зелёных черенков показали айва японская, спирея японская, все виды чубушника, сорта сирени, форзиция тёмностебельная (укореняемость более 90%). Немного хуже укоренились барбарис обыкновенный, рябина черноплодная, жимолость татарская (укореняемость от 70% до 89,99%). В средней степени укоренились барбарис пурпурный и кизильник блестящий (укореняемость более 60%).

**Таблица 2 – Укореняемость зелёных черенков адаптированных декоративных древесных и кустарниковых пород**

Название генотипа	Укореняемость, %
Барбарис пурпурный	65,32
Барбарис обыкновенный	75,24
Рябина черноплодная	80,69
Айва японская	95,82
Кизильник блестящий	65,41
Спирея японская	98,58
Чубушник «Комсомолец»	96,39
Чубушник «Эльбрус»	94,21
Чубушник крушиновидный	95,51
Чубушник «Жемчуг»	97,15
Сирень «Юбилейная»	94,32
Сирень «ВЛКСМ»	95,12
Форзиция темностебельная	93,56
Жимолость татарская	70,61
Гортензия метельчатая	85,31
Можжевельник прибрежный	25,31
Можжевельник пестрокончиковый	23,47
Можжевельник карликовый	20,87
Можжевельник казацкий	22,87
Тuya золотистая	45,78
Тuya колонновидная	44,58
Ель канадская коническая	15,54

На основании комплексной оценки устойчивости к зимним повреждениям и высокой степени репродукции методом зелёного черенкования выделили генотипы декоративных растений, пригодных для массового озеленения: айву японскую, спирею японскую, чубушник, сирень, форзицию темностебельную, барбарис обыкновенный, рябину черноплодную, жимолость татарскую, барбарис пурпурный и кизильник блестящий.

#### Выходы.

Выявлен адаптивный потенциал экологически ценных лиственных (35 генотипов) и хвойных (10 генотипов) декоративных растений. Выделены высокоадаптированные в условиях Центрального региона России генотипы: барбарис пурпурный, барбарис обыкновенный, рябина черноплодная, айва японская, кизильник блестящий, спирея японская, чубушник «Комсомолец», чубушник «Эльбрус», чубушник крушиновидный, чубушник «Жемчуг», сирень «Юбилейная», сирень «ВЛКСМ», форзиция темностебельная, жимолость татарская, горденция метельчатая, можжевельники – прибрежный, пестроконечный, карликовый, казацкий, туя колонновидная, туя золотистая и ель канадская коническая.

Установлен репродукционный потенциал экологически ценных лиственных (15 генотипов) и хвойных (7 генотипов) декоративных растений при вегетативном размножении методом зелёного черенкования. Очень высокий репродукционный потенциал проявляют: айва японская, спирея японская, все виды чубушника, сорта сирени, форзиция темностебельная.

Показана целесообразность использования в зелёном строительстве высокоадаптированных генотипов с высоким репродукционным потенциалом: айва японская, спирея японская, чубушник, сирень, форзиция темностебельная, барбарис обыкновенный, рябина черноплодная, жимолость татарская, барбарис пурпурный и кизильник блестящий.

**Библиографический список**

1. Лапин П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений [Текст] / П.И. Лапин, С.В. Сиднева. – В кн.: Опыт интродукции древесных растений. – М.: Наука, 1973.
2. Головач А.Г. Деревья, кустарники и лианы Ботанического сада БИН АН СССР (итоги интродукции) [Текст] / А.Г. Головач. – 1980. – 188 с.
3. Тарасенко М.Т. Размножение растений зелёными черенками [Текст] / М.Т. Тарасенко. – М.: Колос, 1967. – 252 с.

**O.V. OSTRIKOVA**

**RESEARCHES OF ADAPTABILITY AND REPRODUCTIVITY OF VALUABLE  
ORNAMENTAL PLANTS POTENTIAL**

*The article is devoted to results of long-term researches to adaptabilities of genotypes valuable decorative wood and bushes plants to damaging factors on the winter period. Rootage of their green shanks is studied. Forms with a complex of valuable economic-biological signs are allocated.*

**РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»:**

**АВДЕЕВ Ф.С.** (главный научный редактор) — доктор педагогических наук, профессор, ректор Орловского государственного университета, председатель докторского диссертационного совета по методике математики и профессиональному образованию, действительный член Международной академии информатизации, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

**ПУЗАНКОВА Е.Н.** (заместитель главного научного редактора) — доктор педагогических наук, профессор, профессор 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;

**АЛЕКСЕЕВА П.** — доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой гуманитарных дисциплин философского факультета Московского государственного университета;

**ЗАЙЧЕНКОВА М.С.** — доктор филологических наук, профессор, заведующая кафедрой русского языка как иностранного, председатель докторского диссертационного совета по русскому языку и методике его преподавания Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**ЗОЛОТАРЕВ Ю.В.** — доктор медицинских наук, профессор, директор медицинского института Орловского государственного университета, отличник здравоохранения;

**ИВАНОВ А.Е.** — доктор исторических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института российской истории РАН;

**ИЗОТОВ В.П.** — доктор филологических наук, профессор, декан филологического факультета, директор 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, декан юридического факультета, заведующий кафедрой международного права Российского университета дружбы народов, вице-президент Российского отделения Ассоциации международного права;

**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 Российской экологической академии;

**ЛЬВОВА С.И.** — доктор педагогических наук, профессор, заведующая лабораторией обучения русскому (родно-

му) 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;

**МИХЕИЧЕВА Е.А.** — доктор филологических наук, профессор, заведующая 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, заведующая 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, заведующий кафедрой теоретической физики и математического моделирования Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**РЕГИН О.А.** — доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой Самарского экономического университета;

**СЕДОВ Е.Н.** — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки РФ, заведующий отделом селекции семечковых культур ВНИИСПК;

**СЕРЕГИНА Т.В.** — кандидат философских наук, профессор, декан философского факультета, директор НИИ проблем провинциальной культуры Орловского государственного университета;

**ТЕР-МИНАСОВА С.Г.** — доктор филологических наук, профессор, декан факультета иностранных языков и регионоведения Московского государственного университета, 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 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. Пюнеко.

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ  
«ЕСТЕСТВЕННЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ»

**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, профессор 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;

**ВЕТРОВ В.В.** — кандидат педагогических наук, профессор, зав. кафедрой геометрии и методики преподавания математики Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования;

**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;

**ЗАРУБИН А.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;

**ЗОЛОТАРЕВ Ю.В.** — доктор медицинских наук, профессор, директор медицинского института Орловского государственного университета, отличник здравоохранения;

**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, зав. кафедрой иммунологии и специализированных клинических дисциплин медицинского института Орловского государственного университета;

**ФЕДОТОВА И.Э.** — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

В начале статьи помещаются инициалы и фамилия автора (авторов), название статьи, аннотация на русском языке объемом 40–50 слов.

Статья объемом 4–15 страниц формата А4 должна быть набрана в текстовом редакторе Microsoft Word в формате \*.rtf шрифтом Times New Roman Сгч, размером 14 pt, через один интервал, возможен формат \*.pm6 или \*.pm65.

Параметры документа: верхнее поле — 25 мм, нижнее — 25 мм, правое — 25 мм, левое — 25 мм. Нумерация страниц проставляется от центра, внизу страницы. 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 дрп 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».

В конце статьи 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. Инициалы и фамилия автора (авторов), название статьи и аннотация должны быть переведены на английский язык и размещены в конце статьи. Здесь же помещаются сведения об авторе (авторах) — ученая степень, ученое звание, должность, кафедра, вуз, электронный адрес и контактные телефоны\*.

Обязательным условием для публикации статьи является наличие в ней ключевых слов (5–6 наименований).

В редакционную коллегию статья передается качественно распечатанной на бумаге формата А4 и в электронном виде одним файлом на диске 3,5" (CD-диске).

За ошибки и неточности научного и фактического характера ответственность несет автор (авторы).

Поступившие в редакцию материалы возврату не подлежат.

**ВНИМАНИЕ:** статьи лиц, не имеющих ученой степени, заверяются также их научными руководителями.  
Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

---

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ»  
№ 2**

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФФС 77-29955 от 17.10.2007  
Включен в каталог «Издания органов НТИ» ОАО Агентство «Роспечать»  
(почтовый индекс: 66005)

Ответственный редактор: *Белевитина Т.М.*  
Компьютерная верстка: *Канатникова Л.Т.*  
Дизайн обложки: *Никифоров А.В.*  
Корректура: *Гудкова А.А.*

Подписано в печать 30.06.2010 г. Формат 60x84<sup>1/8</sup>. Печать оперативная. Бумага офсетная.  
Гарнитура Times New Roman, Lazurski. Усл. печ. л. 35,5. Тираж 1000 экз. Заказ № 92.

Отпечатано с готового оригинал-макета в редакционно-издательском отделе  
ГОУ ВПО «Орловский государственный университет»  
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95. Тел./факс (4862) 74-45-08