

СОДЕРЖАНИЕ

2017. № 3

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

- В.В. Напалков, В.В. Напалков (мл.)*
О базисах Рисса из воспроизводящих ядер в пространствах Баргмана–Фока 5
- А.Г. Хакимов, А.А. Юлмухаметов*
Спектр частот изгибных колебаний трубопровода 10

ХИМИЯ

- Г.Л. Шарипов, А.М. Абдрахманов, Б.М. Гареев, Л.Р. Якиембетова, Р. Хоролжаев*
Однопузырьковая сонохемилюминесценция в водном растворе
комплекса двухвалентного рутения 15

БИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И ГЕНЕТИКА

- Н.Н. Круглова, О.А. Сельдимирова, Д.Ю. Зайцев,
И.Р. Галин, А.Е. Зинатуллина, Н.С. Анохина*
Развитие андроклинных регенерантов пшеницы
в лабораторных условиях *in vitro* и *ex vitro* 21
- Н.Н. Круглова, О.А. Сельдимирова, Д.Ю. Зайцев,
И.Р. Галин, А.Е. Зинатуллина, Н.С. Анохина*
Развитие андроклинных растений пшеницы в полевых условиях *in vivo* 26
- Л.М. Ишбирдина, Р.Г. Фархутдинов, Р.Р. Хисамов, Э.А. Фазлутдинов*
Анализ медопродуктивного потенциала некоторых растительных сообществ
хребтов Уралтау, Ирэндик, Крыктытау на территории Абзелиловского района
Республики Башкортостан 31
- К.В. Путенихина, В.П. Путенихин, З.Х. Шигапов*
Таксационная структура лесных культур кедра сибирского
в Башкирском Предуралье и на Южном Урале 42
- Т.Ю. Коршунова, О.Н. Логинов*
Токсикологическая оценка биопрепаратов-нефтедеструкторов серии «Ленойл»® 47
- А.Ш. Ахметова, А.А. Мухаметвафина, А.А. Зарипова*
Культура *in vitro* представителей рода *Clematis* L. 52
- Р.Х. Гиниятуллин, А.Ю. Кулагин*
Водный дефицит листьев у здоровых и ослабленных деревьев березы повислой
(*Betula pendula* Roth) в условиях Стерлитамакского промышленного центра 58

<i>Ю.В. Беляева</i> Корреляционный анализ ответных реакций <i>Betula pendula</i> Roth и косвенного антропогенного воздействия в условиях различных местообитаний (г.о. Тольятти)	64
<i>И.Е. Анищенко, К.А. Пупыкина, Е. В. Красюк, О.Ю. Жигунов</i> Компонентный состав эфирных масел некоторых представителей рода <i>Monarda</i> L., интродуцированных в Республике Башкортостан	71
<i>А.В. Иванова</i> Минимум-ареалы конкретных флор как основа для определения флористической структуры территории	77
<i>О.В. Соловьева</i> Динамика совместных поселений <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lam. и <i>Mytilaster Lineatus</i> Gmel. на крупном гидротехническом сооружении в условиях Севастопольской бухты (Черное море)	83
<i>Н.И. Федоров, С.Н. Жигунова, О.И. Михайленко, З.А. Ибатуллина, Э.Р. Муллагулова</i> Долгосрочное прогнозирование динамики запасов корневищ <i>Aconitum Septentrionale</i> на вырубках сосново-березовых лесов центральной части горно-лесной зоны Южного Урала	90

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Р.Ф. Абдрахманов, В.Г. Попов</i> Геохимия и формирование подземных вод в переуглубленных долинах системы Палео-Белой	95
--	----

ЭКОНОМИКА, СОЦИОЛОГИЯ, ФИЛОСОФИЯ

<i>Ю.В. Мигунова, Т.П. Моисеева</i> Здоровый образа жизни молодежи как социальная потребность формирования новой рабочей силы	101
<i>А.Ю. Гайфуллин, М.М. Гайфуллина</i> Методический подход к оценке социального развития регионов	107

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, ЭТНОЛОГИЯ

<i>Ю.Н. Гусева</i> «Цепь Корана» – дело о «Заговоре панисламистов» в Средней Азии (1940) (по материалам архивов советских спецслужб)	114
---	-----

CONTENTS

2017. № 3

MATHENATICS AND MECHANICS

- V.V. Napalkov, V.V. Napalkov (Jr.)*
On Riesz bases of reproducing kernels in the Bargmann-Fock spaces 5
- A.G. Khakimov, A.A. Yulmukhametov*
The range of frequencies for flexural vibrations of a pipeline 10

CHEMISTRY

- G.L. Sharipov, A.M. Abdrakhmanov, B.M. Gareev, L.R. Yakshembetova, R. Khoroljav*
Single bubble sonochemiluminescence in aqueous solution of bivalent ruthenium complex 15

BIOLOGY, BIOCHEMISTRY AND GENETICS

- N.N. Kruglova, O.A. Seldimirova, D.Yu. Zaytsev, I.R. Galin, A.E. Zinatullina, N.S. Anokhina*
Development of wheat androclinal regenerants under laboratory conditions *in vitro* and *ex vitro* 21
- N.N. Kruglova, O.A. Seldimirova, D.Yu. Zaytsev, I.R. Galin, A.E. Zinatullina, N.S. Anokhina*
Development of wheat androclinal plants under field conditions *in vivo* 26
- L.M. Ishbirdina, R.G. Farkhutdinov, R.R. Khisamov, E.A. Fazlutdinov*
Honey-bearing potential of some plant communities on the Uraltau, Irendyk and
Kryktytau ridges in the Abzelilovsky District of the Republic of Bashkortostan 31
- K.V. Putenikhina, V.P. Putenikhin, Z.Kh. Shigapov*
Taxation structure of forest cultures of Siberian stone pine
in the Bashkir Cis-Urals and the South Urals 42
- T.Yu. Korshunova, O.N. Loginov*
Toxicological assessment of oil-degrading biological products of the “Lenoil” series® 47
- A.Sh. Akhmetova, A.A. Mukhametvafina, A.A. Zaripova*
In vitro culture of members of the genus *Clematis* L. 52
- R.Kh. Giniyatullin, A.Yu. Kulagin*
Water deficit of leaves in healthy and weakened trees of birch plantings (*Betula pendula* Roth)
under conditions of the Sterlitamak Industrial Centre 58

<i>Yu.V. Belyaeva</i> Correlation analysis for responses of <i>Betula pendula</i> Roth and indirect human impact under conditions of different habitats (city of Tolyatti)	64
<i>I.E. Anishchenko, K.A. Pupykina, E.V. Krasnyuk, O.Yu. Zhigunov</i> The component structure of essential oils from some representatives of the genus <i>Monarda</i> L. introduced into the Republic of Bashkortostan	71
<i>A.V. Ivanova</i> Minimum-area of elementary floras as the basis for determining the floral structure of the territory	77
<i>O.V. Solovyeva</i> The dynamics of the co-existent settlements of <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lam. and <i>Mytilaster lineatus</i> Gmel. along large hydraulic structure in the conditions of Sevastopol Bay (Black Sea)	83
<i>N.I. Fedorov, S.N. Zhigunova, O.I. Mihaylenko, Z.A. Ibatullina, E.R. Mullagulova</i> Long-term forecast of the dynamics of reserves of rhizomes <i>A. Septentrionale</i> on the felled areas of pine-birch forests of the central part of the mountain-forest zone of the South Urals	90

EARTH SCIENCES

<i>R.F. Abdrakhmanov, V.G. Popov</i> Geochemistry and formation of groundwater in the re-deepened valleys of the Paleo-Belaya system	95
--	----

ECONOMICS, SOCIAL SCIENCE, PHILOSOPHY

<i>Yu.V. Migunova, T.P. Moiseeva</i> Healthy lifestyle of young people as a social need to form new labour force	101
<i>A.Yu. Gayfullin, M.M. Gayfullina</i> Methodical approach to assessing regional social development	107

HISTORY, ARCHAEOLOGY, ETHNOLOGY

<i>Yu.N. Guseva</i> «The Chain of the Quran»: The case of the “Pan-Islamic” conspiracy of 1940 in the Central Asia (according to the Soviet Secret Service’s archival sources)	114
--	-----

УДК 530.145

**О БАЗИСАХ РИССА ИЗ ВОСПРОИЗВОДЯЩИХ ЯДЕР
В ПРОСТРАНСТВАХ БАРГМАНА–ФОКА**

© В.В. Напалков, В.В. Напалков (мл.)

Исследуется вопрос существования в пространстве с воспроизводящим ядром базисов Рисса из воспроизводящих ядер. Предлагаемый в статье метод иллюстрируется на задаче о существовании базисов Рисса из воспроизводящих ядер в n -мерном пространстве Баргмана–Фока. Актуальность этого вопроса обусловлена тем, что это пространство описывает состояния n -мерной квантовомеханической системы. Доказано, что в n -мерном пространстве Баргмана–Фока базисов Рисса из воспроизводящих ядер не существует. Более того, показано, что если в этом пространстве существует базис Рисса из воспроизводящих ядер, то n -мерное пространство Баргмана–Фока состоит из тех же целых функций, что и n -мерное пространство Пэли–Винера. Последнее, очевидно, неверно. Предлагается новый метод исследования существования базисов Рисса из воспроизводящих ядер. Метод опирается на известные результаты Н.К. Бари, на теорию ортоподобных систем разложения и на новые результаты, полученные в этой области. Используется тот факт, что вопрос о совпадении двух гильбертовых пространств с воспроизводящим ядром, состоящих из функций, заданных на одном и том же множестве точек, эквивалентен вопросу существования изометрии сопряженных пространств со специальным свойством. В изучаемых пространствах построены специальные ортоподобные системы разложения. Пространство Баргмана–Фока и пространство Пэли–Винера обладают тем свойством, что системы воспроизводящих ядер есть ортоподобные системы разложения в этих пространствах. Ключевым моментом в доказательстве является использование свойств унитарного оператора, действующего в так называемое «пространство коэффициентов» и переводящего ортоподобную систему функций на систему воспроизводящих ядер. Существование такого оператора обусловлено тем, что пространство Баргмана–Фока и пространство Пэли–Винера имеют интегральную норму. Описанный в статье метод достаточно общий и с его помощью можно изучать существование базисов Рисса из воспроизводящих ядер в других гильбертовых пространствах.

Ключевые слова: состояния квантовомеханической системы, пространство Баргмана–Фока, гильбертовы пространства с воспроизводящим ядром, базис Рисса, ортоподобные системы разложения, задача об описании сопряженного пространства.

Введение. Пространство Баргмана–Фока состоит из целых функций в C^n , суммируемых с квадратом модуля по мере $d\sigma_n(z) = e^{-|z|^2} dv_n(z)$:

$$F_n = \left\{ f \in Hol(C^n) : \|f\|_{F_n}^2 = \int_{C^n} |f(z)|^2 d\sigma_n(z) < \infty \right\}.$$

Пространство Баргмана–Фока описывает состояния квантовомеханической системы (см., например, [1, с. 85–86; 2]). Пространство F_n обладает следующим свойством: для любого $z_0 \in C^n$ функционал $f \rightarrow f(z_0)$ является линейным и непрерывным функционалом над F_n

(см. [3, 4]). Элементами пространства F_n являются функции от переменной $z \in C^n$. Согласно теореме Рисса–Фишера, пространство F_n имеет воспроизводящее ядро:

$$K_{F_n}(z, \xi), z, \xi \in C^n$$

$$\text{и } f(\xi) = (f, K_{F_n}(\bullet, \xi))_{F_n}, \forall f \in F_n, \forall \xi \in C^n.$$

Таким образом, пространство Баргмана–Фока F_n является пространством с воспроизводящим ядром. В данной работе мы изучаем возможность построения базисов Рисса из воспроизводящих ядер в пространствах Баргмана–Фока.

НАПАЛКОВ Валентин Васильевич – д.ф.-м.н., Башкирский государственный университет, e-mail: vnar@mail.ru

НАПАЛКОВ Валерий Валентинович – к.ф.-м.н., Институт математики с вычислительным центром Уфимского научного центра РАН, e-mail: vnar@mail.ru

Определение (см. [5]). Система $\{e_k\}_{k \geq 0}$ элементов гильбертова пространства H называется базисом Рисса, если существует линейный непрерывный взаимоднозначный оператор A , действующий из H на H , такой, что система функций $\{Ae_k\}_{k \geq 0}$ является ортонормированным базисом в пространстве H .

Важным свойством базисов Рисса в гильбертовом пространстве H является следующее представление произвольного элемента

$$y \in H : y = \sum_{k=0}^{\infty} (y, Qe_k)_H Qe_k, \text{ где } Q - \text{линейный}$$

непрерывный взаимоднозначный самосопряженный оператор, осуществляющий автоморфизм пространства H . Это представление нетрудно получить из определения базиса Рисса.

Теорема А ([5]). Пусть в пространстве H_1 имеется базис Рисса $\{e_k^1\}_{k \geq 0}$, в пространстве H_2 имеется базис Рисса $\{e_k^2\}_{k \geq 0}$. Тогда существует линейный непрерывный взаимоднозначный оператор A , действующий из пространства H_1 на пространство H_2 , такой, что $A : e_k^1 \rightarrow e_k^2, k \in N$.

Мы изучаем следующий вопрос: существует ли последовательность точек $\{\xi_k\}_{k \geq 0}$ из пространства C^n такая, что система функций $\{K_{F_n}(\bullet, \xi_k)\}_{k \geq 0}$ является базисом Рисса в пространстве F_n ?

В одномерном случае эта задача была решена Сейпом [6]. В этой работе доказано, что в пространстве Баргмана–Фока F_n для $n = 1$ не существует базисов Рисса из воспроизводящих ядер. Свойства последовательностей из воспроизводящих ядер в пространстве Баргмана–Фока изучались Ю.И. Любарским [7]. В данной работе мы получаем результат для пространства F_n , $n \geq 1$, аналогичный результату [6]. Применяемый метод совершенно новый и принципиально отличается от методов, применяемых ранее для изучения базисности системы воспроизводящих ядер в пространствах целых функций одной переменной. Следует также отметить, что описанный в статье метод можно использовать для изучения базисов Рисса из воспроизводящих ядер в других гильбертовых пространствах с воспроизводящим ядром. Приведем пример пространства, в котором существует базис

Рисса из воспроизводящих ядер. Пусть $L_2(I^n)$ – пространство, состоящее из комплекснозначных функций, суммируемых с квадратом модуля на $I^n = I \times I \times \dots \times I : a(\bullet) \in L_2(I^n)$, если $\|a(\bullet)\|_{L_2(I^n)}^2 = \int_{I^n} |a(x_1, \dots, x_n)|^2 dx_1 \dots dx_n < \infty$.

Рассмотрим следующее многомерное пространство Пэли–Винера: целая функция $f(z), z \in C^n$ попадает в пространство Пэли–Винера (будем писать $f \in PW_n$), если найдется функция

$$c_f \in L_2(I^n), f(z) = \int_{I^n} e^{\langle iz, x \rangle} \overline{c_f(x)} dx,$$

где $\langle z, \xi \rangle = z_1 \cdot \xi_1 + \dots + z_n \cdot \xi_n$ и $z = (z_1, \dots, z_n), \xi = (\xi_1, \dots, \xi_n) \in C^n$. PW_n – это гильбертово пространство со скалярным произведением, индуцированным из пространства функционалов $L_2^*(I^n)$. Нетрудно видеть, что PW_n есть пространство с воспроизводящим ядром. Воспроизводящее ядро пространства PW_n имеет вид:

$$K_{PW_n}(z, \xi) = \prod_{j=1}^n \frac{\sin \pi(z_j - \bar{\xi}_j)}{\pi(z_j - \bar{\xi}_j)}, z, \xi \in C^n.$$

Хорошо известно, что функция f принадлежит пространству Пэли–Винера, если $f(x) \in L_2(R^n)$ (теорема Планшереля–Поля, см. [8, с. 275]). Также нетрудно увидеть, что семейство воспроизводящих ядер $\{K_{PW_n}(\bullet, k)\}_{k \in Z^n}$, где $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ есть мультииндекс, является ортонормированным базисом в пространстве PW_n . При этом

$$\|f\|_{PW_n}^2 = \int_{R^n} |f(x)|^2 dx = \int_{C^n} |f(z)|^2 d\nu(z),$$

где $d\nu(x + iy) \stackrel{def}{=} d\chi(y_1) \dots d\chi(y_n) dx_1 \dots dx_n$,

$$\chi(y) = \begin{cases} 0, & y < 0 \\ 1, & y \geq 0 \end{cases} - \text{функция Хевисайда.}$$

Схема работы такова. Мы предположим, что в пространстве F_n существует базис Рисса из воспроизводящих ядер. При этом предположении мы докажем, что тогда пространства F_n и PW_n состоят из одних и тех же целых функций. Последнее невозможно, поскольку, напри-

мер, функция $e^{\langle z, \cdot \rangle}$, $z \in C^n$ не принадлежит пространству PW_n . Ведь $e^{\langle x, \cdot \rangle} \notin L_2(R^n)$. Докажем следующее

Предложение 1. Пусть в пространстве F_n существует базис Рисса из воспроизводящих ядер, т.е. найдется последовательность точек $\{\xi_k\}_{k \geq 0}$ из C^n такая, что система функций $\{K_{F_n}(\bullet, \xi_k)\}_{k \geq 0}$. Тогда пространство F_n состоит из тех же функций, что и пространство PW_n и $C_1 \|f\|_{PW_n} \leq \|f\|_{F_n} \leq C_2 \|f\|_{PW_n}$, $\forall f \in F_n = PW_n$, где $C_1, C_2 > 0$ – постоянные, не зависящие от f .

Дальнейшие рассуждения мы проведем в предположении, что в пространстве Баргмана–Фока существует базис Рисса из воспроизводящих ядер. Если существует базис Рисса в пространстве Баргмана–Фока, то найдется последовательность точек $\{\xi_k\}_{k \in Z^n} \subset C^n$, где $k = (k_1, \dots, k_n)$ – мультииндекс, такая, что справедливо представление произвольного элемента h пространства F_n по системе $RK_{F_n}(\bullet, \xi_k)$:

$$h(z) = \sum_{k=0}^{\infty} (h, RK_{F_n}(\bullet, \xi_k))_{F_n} RK_{F_n}(z, \xi_k),$$

где R – линейный непрерывный взаимосопряженный оператор, осуществляющий автоморфизм пространства F_n . Система функций $\{RK_{F_n}(\bullet, \xi_k)\}_{k \in Z^n}$, очевидно, полна в пространстве F_n . Всякому линейному непрерывному функционалу на F_n , порожденному функцией $f \in F_n$, поставим в соответствие последовательность $r_f(k) = (RK_{F_n}(\bullet, \xi_k), f)_{F_n}$, $k \in Z^n$. Совокупность последовательностей r_f , $f \in F_n$ образует гильбертово пространство CF_n со следующим скалярным произведением:

$$(r_f, r_g)_{CF_n} = (g, f)_{F_n}, f, g \in F_n.$$

Аналогично определяется пространство CPW_n . Система функций $\{K_{PW_n}(\bullet, k)\}_{k \in Z^n}$, очевидно, полна в пространстве PW_n . Всякому линейному непрерывному функционалу на

PW_n , порожденному функцией $f \in PW_n$, поставим в соответствие последовательность $q_f(k) = (K_{PW_n}(\bullet, k), f)_{PW_n}$. Совокупность последовательностей q_f , $f \in PW_n$ образует гильбертово пространство CPW_n со следующим скалярным произведением: $(q_f, q_g)_{CPW_n} = (g, f)_{PW_n}$, $f, g \in PW_n$.

Определение. Пусть H – гильбертово пространство и Ω – некоторое пространство с мерой μ . Система элементов $\{e(\zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$ называется ортоподобной системой разложения с мерой μ в пространстве H (см. [2]), если система $\{e(\zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$ принадлежит пространству H , и любой элемент $y \in H$ может быть записан в виде:

$$y = \int_{\Omega} (y, e(\zeta))_H e(\zeta) d\mu(\zeta).$$

В качестве Ω можно взять, например, область в C^n . Также в качестве Ω может выступать счетное множество точек, при этом μ , например, считающая мера. Ортоподобные системы разложения были введены в работе [9]. По поводу свойств ортоподобных систем разложения в пространстве с воспроизводящим ядром см. работу [10].

Положим

$$E(z, \xi) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{k \in Z^n} RK_{F_n}(z, \xi_k) \cdot K_{PW_n}(\xi, k), z, \xi \in C^n.$$

Нетрудно увидеть, что система функций $\{E(\bullet, \xi)\}_{\xi \in C^n}$ полна в пространстве F_n . Система

функций $\{E(\xi, \bullet)\}_{\xi \in C^n}$ полна в пространстве PW_n .

Каждому линейному непрерывному функционалу над пространством F_n , порожденному функцией $h \in F_n$, поставим в соответствие функцию

$$\tilde{h}(\xi) = (E(\bullet, \xi), h)_{F_n}, \xi \in C^n.$$

Определим пространство \tilde{F}_n :

$$\tilde{F}_n = \{\tilde{h} : \tilde{h}(\xi) = (E(\bullet, \xi), h)_{F_n}, \xi \in C^n, h \in F_n\}.$$

При этом $(\tilde{h}_1, \tilde{h}_2)_{\tilde{F}_n} \stackrel{\text{def}}{=} (h_2, h_1)_{F_n}$, $\tilde{h}_1, \tilde{h}_2 \in \tilde{F}_n$.

Нетрудно показать, что пространство \tilde{F}_n совпадает как гильбертово пространство с пространством PW_n . Далее всякому линейному

непрерывному функционалу над пространством PW_n , порождаемому функцией $f \in PW_n$, поставим в соответствие функцию $\hat{f}(\xi) \stackrel{\text{def}}{=} (E(\bullet, \xi), f)_{PW_n}$, $\xi \in C^n$. Определим пространство $\hat{P}W_n$:

$$\hat{P}W_n = \left\{ \hat{f} : \hat{f}(\xi) = (E(\bullet, \xi), f)_{PW_n}, f \in PW_n \right\}.$$

При этом $(\hat{f}_1, \hat{f}_2)_{\hat{P}W_n} \stackrel{\text{def}}{=} (f_2, f_1)_{PW_n}$, $\hat{f}_1, \hat{f}_2 \in \hat{P}W_n$.

Нетрудно показать, что пространство $\hat{P}W_n$ совпадает как гильбертово пространство с пространством F_n .

Лемма 1. В пространстве F_n система функций $\{E(\bullet, \xi)\}_{\xi \in C^n}$ является ортоподобной системой разложения с мерой $d\nu(\xi)$. Любая функция h из пространства F_n представляется в виде:

$$h(z) = \int_{C^n} (h, E(\bullet, \xi))_{F_n} E(z, \xi) d\nu(\xi), z \in C^n.$$

Кроме того, в пространстве F_n система функций $\{K_{F_n}(\bullet, \xi)\}_{\xi \in C^n}$ является ортоподобной системой разложения с мерой $d\sigma_n(\xi)$. Любая функция h из пространства F_n представляется в виде:

$$h(z) = \int_{C^n} (h, K_{F_n}(\bullet, \xi))_{F_n} K_{F_n}(z, \xi) d\sigma_n(\xi), z \in C^n.$$

Лемма 2. В пространстве PW_n система функций $\{E(\xi, \bullet)\}_{\xi \in C^n}$ является ортоподобной системой разложения с мерой $d\sigma_n(\xi)$. Любая функция f из пространства PW_n представляется в виде:

$$f(z) = \int_{C^n} (f, E(\xi, \bullet))_{PW_n} E(\xi, z) d\sigma_n(\xi), z \in C^n.$$

Кроме того, в пространстве PW_n система функций $\{K_{PW_n}(\bullet, \xi)\}_{\xi \in C^n}$ является ортоподобной системой разложения с мерой $d\nu(\xi)$. Любая функция f из пространства PW_n представляется в виде:

$$f(z) = \int_{C^n} (f, K_{PW_n}(\bullet, \xi))_{PW_n} K_{PW_n}(z, \xi) d\nu(\xi), z \in C^n.$$

Пусть H_1 и H_2 – два гильбертовых пространства с воспроизводящим ядром, состоящие из функций, заданных на одном и том же множестве точек M . Справедлива следующая

Лемма 3. Пусть $\{e_1(\bullet, \xi)\}_{\xi \in \Omega}$ – ортоподобная система разложения с мерой μ_1 в пространстве H_1 , и $\{e_2(\bullet, \xi)\}_{\xi \in \Omega}$ – ортоподобная система разложения с мерой μ_2 в пространстве H_2 . Для того чтобы гильбертовы пространства H_1 и H_2 были изоморфны, т.е. состояли из одних и тех же функций, и при этом было выполнено соотношение

$$C_1 \|f\|_{H_1} \leq \|f\|_{H_2} \leq C_2 \|f\|_{H_1}, \forall f \in H_1 = H_2,$$

где $C_1, C_2 > 0$ – некоторые постоянные, необходимо и достаточно, чтобы существовал линейный непрерывный взаимоднозначный оператор B , действующий из пространства \tilde{H}_1 на \hat{H}_2 , такой, что

$$B : e_1(\tau, \bullet) \mapsto e_2(\tau, \bullet), \forall \tau \in M.$$

Здесь

$$\tilde{H}_1 = \left\{ \tilde{f} : \tilde{f}(\xi) = (e_1(\bullet, \xi), f)_{H_1} \right\},$$

$$(\tilde{f}, \tilde{g})_{\tilde{H}_1} \stackrel{\text{def}}{=} (g, f)_{H_1}, f, g \in H_1.$$

Также

$$\hat{H}_2 = \left\{ \hat{h} : \hat{h}(\xi) = (e_2(\bullet, \xi), h)_{H_2} \right\}.$$

Применяя лемму 3 и теорему А, получаем, что пространства последовательностей CF_n и CPW_n совпадают, т.е. состоят из одних и тех же элементов, и справедливо соотношение $(r_1, r_2)_{CF_n} = (r_1, r_2)_{CPW_n}$, $\forall r_1, r_2 \in CF_n = CPW_n$.

Лемма 4. Если в пространстве F_n существует базис Рисса из воспроизводящих ядер, то найдется линейный непрерывный взаимоднозначный оператор $B : F_n \rightarrow PW_n$, обладающий свойством

$$B : E(\bullet, \xi) \mapsto E(\xi, \bullet), \xi \in C^n.$$

Для доказательства леммы 4 надо воспользоваться тем, что $\forall h \in F_n, z \in C^n$:

$$h(z) = \int_{C^n} (\tilde{h}, K_{PW_n}(\bullet, \xi))_{PW_n} E(z, \xi) d\nu(\xi),$$

$$f(\tau) = \int_{C^n} (\hat{f}, K_{F_n}(\bullet, z))_{F_n} E(z, \tau) d\sigma_n(z),$$

для $\tau \in C^n$, $\forall f \in PW_n$, и использовать то, что существует линейный непрерывный взаимоднозначный оператор $A : F_n \rightarrow PW_n$ (теорема А). Положим в лемме 3 $H_1 = F_n, H_2 = PW_n$. Применяя

лемму 4, получаем, что пространства F_n и PW_n состоят из одних и тех же функций, т.е. справедливо предложение 1. Как отмечалось выше, это невозможно. Значит, в пространстве F_n не существует базиса Рисса из воспроизводящих ядер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фаддеев Л.Д., Якубовский О.А. Лекции по квантовой механике для студентов-математиков. Ленинград: Издательство Ленинградского университета. 1980. 200 с.
2. Боголюбов Н.Н., Логунов А.А., Оксак А.И., Тодоров И.Т. Общие принципы квантовой теории поля. М.: Наука, 1977. 616 с.
3. Bargmann V. On a Hilbert space of analytic functions and an associated integral transform. Part I. Communications on Pure and Applied Mathematics. 1961. Vol. 14. No. 3. P. 187–214.
4. Aronszajn N. Theory of reproducing kernels // Transactions of the AMS. 1950. Vol. 68. N 3. P. 337–404.
5. Бари Н.К. Биортогональные системы и базисы в гильбертовом пространстве // Учен. зап. МГУ. Математика. 1951. Т. 4. С. 69–107.
6. Seip K. Density theorems for sampling and interpolation in the Bargmann–Fock space, I. // J. Reine Angew. Math. 1992. Vol. 429. P. 91–106.
7. Lubarskii Yu.I. Frames in Bargmann space of entire functions, Advances in Soviet Mathematics. 1992. Vol. 11. P. 167–180.
8. Ронкин Л.И. Введение в теорию целых функций многих переменных М.: Наука, 1971. 432 с.
9. Лукашенко Т.П. О свойствах систем разложения подобных ортогональным // Известия РАН. Сер. матем. 1998. Т. 62, № 5. С. 187–206.
10. Напалков В.В. (мл.) Ортоподобные системы разложения в пространствах с воспроизводящим

ядром // Уфимский матем. журнал. 2013. Т. 5, № 4. С. 91–104.

References

1. Faddeev L.D., Yakubovskiy O.A. Lectures on quantum mechanics for mathematical students. Leningrad, Izdatelstvo Leningradskogo universiteta, 1980. 200 p.
2. Bogolyubov N.N., Logunov A.A, Oksak A.I., Todorov I.T. General principles of quantum field theory. Moscow, Nauka, 1977. 616 p.
3. Bargmann V. On a Hilbert space of analytic functions and an associated integral transform. Part I. Communications on Pure and Applied Mathematics, vol. 14, no. 3, 1961, pp. 187–214.
4. Aronszajn N. Theory of reproducing kernels. Transactions of the AMS, 1950, vol. 68, no. 3. pp. 337–404.
5. Bari N.K. Biorthogonal systems and bases in Hilbert space. Uchenye zapiski Moskovskogo gosudarstvennogo unversiteta, Mathematics, 1951, vol. 148(4), pp. 69–107
6. Seip K. Density theorems for sampling and interpolation in the Bargmann–Fock space, I. J. Reine Angew. Math., 1992, vol. 429, pp. 91–106.
7. Lubarskii Yu. I. Frames in Bargmann space of entire functions. Advances in Soviet Mathematics, vol. 11, 1992, Springer –Verlag, pp. 167–180.
8. Ronkin L.I. Introduction to the theory of entire functions of several variables. Translations of Mathematical Monographs, vol. 44, Amer. Math. Soc., Providence, Rhode Island, 1974. 273 p.
9. Lukashenko T. P. Properties of expansion systems similar to orthogonal ones. Izvestiya RAN, Ser. Mathematics, 1998, vol. 62, no. 5. pp. 1035–1054.
10. Napalkov V.V. (Jr.) Orthosimilar expansion systems in space with reproducing kernel. Ufimskiy matematicheskiy zhurnal, 2013, vol. 5, no. 4, pp. 88–100.

ON RIESZ BASES OF REPRODUCING KERNELS IN THE BARGMANN–FOCK SPACES

© V.V. Napalkov¹, V.V. Napalkov (Jr.)²

¹ Bashkir State University,

32, ulitsa Zaki Validi, 450076, Ufa, Russian Federation

² Institute of Mathematics with Computing Centre, Ufa Scientific Centre, RAS,

112, ulitsa Chernyshevskogo, 450077, Ufa, Russian Federation

In this paper, the question of the existence in the space with a reproducing kernel of Riesz bases from reproducing kernels is investigated. The method proposed in the article is illustrated on the problem of the existence of Riesz bases from reproducing kernels in the n -dimensional Bargmann–Fock space. The relevance of this issue is due to the fact that this space describes the states of the n -dimensional quantum-mechanical system. It is proved that in the n -dimensional Bargmann–Fock space the Riesz bases of reproducing kernels do not exist. Moreover, it is shown that if in this space there exists a Riesz basis from reproducing kernels, then the n -dimensional Bargmann–Fock space consists of the same entire functions as the n -dimensional Paley–Wiener space. The latter, obviously, is incorrect. A new method is proposed for investigating the existence of Riesz bases from reproducing kernels. The method is based on the known results of N.K. Bari, on the theory of orthogonal decomposition systems, and on new results obtained in this field. We use the fact that the question of the coincidence of two Hilbert spaces with a reproducing kernel consisting of functions that are given on the same set of points is equivalent to the question of the existence of an isometry of conjugate spaces with a special property. In the spaces studied, special orthosimilar decomposition systems are constructed. The Bargmann–Fock space and the Paley–Wiener space have the property that systems of reproducing kernels are orthosimilar decomposition systems in these spaces. The key point in the proof is the use of the properties of a unitary operator acting in the so-called "coefficient space" and transferring the orthosimilar system of functions to a system of reproducing kernels. The existence of such an operator is due to the fact that the Bargmann–Fock space and the Paley–Wiener space have an integral norm. The method described in the paper is fairly general, and one can study the existence of Riesz bases from reproducing kernels in other Hilbert spaces.

Key words: The states of a quantum-mechanical system, the Bargmann–Fock space, Hilbert spaces with a reproducing kernel, Riesz basis, orthosimilar decomposition systems, the problem of describing the conjugate space.

УДК 534.113

СПЕКТР ЧАСТОТ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДА

© А.Г. Хакимов, А.А. Юлмухаметов

Изучаются изгибные колебания трубопровода, провисающего над грунтовыми берегами или оврагами. Учитывается влияние внутреннего давления в трубе на эти колебания. Статический изгиб определяется в зависимости от веса трубы и транспортируемой среды. Скорость движения жидкости не учитывается. Предполагается, что части трубопровода по обе стороны от провисающего участка заделаны в грунт с одинаковыми свойствами. Влияние грунта моделируется распределенной системой пружин с определенными жесткостями в продольном и поперечном направлениях трубопровода. Определяется спектр частот в зависимости от давления жидкости, массы присоединенного грунта, жесткости грунта. Рассматриваемая расчетная схема справедлива не только в случае трубопровода и грунта, но и в случае конструкций трубопровод–емкость, где более податливая сплошная среда уменьшает концентрацию напряжений в месте соединения трубопровода со стенкой емкости. Показано, что с увеличением жесткости грунта растет и частота колебаний трубопровода, причем тем быстрее, чем меньше присоединенная масса грунта. Получено, что собственные частоты колебаний центральной части трубопровода не зависят от относительной жесткости и присоединенной массы грунта.

Ключевые слова: трубопровод, грунт, транспортируемая среда, внутреннее давление, спектр частот.

Введение. Начиная с работ [1, 2], исследованию колебаний и устойчивости трубопроводов посвящено множество трудов. Во многих из них не учитывалось влияние внутреннего давления. Возможно, первыми исследованиями колебаний первоначально изогнутого и прямого трубопровода с учетом такого влияния является работа [3]. Здесь для наиболее простой демонстрации влияния внутреннего давления рассматриваются случаи концевых опор трубы, не допускающих свободный поворот при изгибе ($w=0$, $\partial w/\partial x=0$) при большой относительной жесткости грунта.

Немало исследований посвящено свободным, вынужденным, параметрическим колебаниям, а также взаимодействию последних двух видов колебаний. Укажем на работу по самовозбуждению параметрических колебаний консольной трубы с истекающей через сопло жидкостью [4], где изучены периодические и хаотичные колебания. В работе [5] влияние внутреннего давления на частоту свободных колебаний исследовано экспериментально.

В [6, 7] рассмотрено возбуждение изгибных колебаний трубопровода из-за периодических изменений внутреннего давления, гармонических волн, идущих по жидкости или газу

от перекачивающих насосов. Показано, что одночастотная гармоническая волна приводит к изгибным колебаниям, которые являются периодическими, сложными квазипериодическими и хаотическими.

Постановка задачи. Рассматриваются свободные изгибные колебания трубопровода, имеющего свободно провисающий участок длиной L ($-L/2 \leq x \leq L/2$) и участки ($-\infty < x < -L/2$, $L/2 < x < \infty$) в грунте. Здесь x – координата, направленная вдоль трубопровода, с началом в середине провисающего участка. Изгибные колебания, являющиеся основными, сопровождаются осесимметричными и продольными волнами. Участки $-\infty < x < -L/2$ и $L/2 < x < \infty$ имеют одинаковые свойства.

Статический изгиб трубопровода изучается в статье [8]. В данной работе рассматривается динамическая задача, решение которой ищется методом Фурье в виде $\exp(i\omega t)$. Тогда система уравнений для данной задачи имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 W_1}{\partial \xi^4} + 2\mu^2 \frac{\partial^2 W_1}{\partial \xi^2} - \lambda^4 W_1 &= 0 \left(-\frac{1}{2} \leq \xi \leq \frac{1}{2} \right), \\ \frac{\partial^4 W_2}{\partial \xi^4} + 2\mu^2 \frac{\partial^2 W_2}{\partial \xi^2} - \lambda_*^4 W_2 &= 0 \left(|\xi| > \frac{1}{2} \right). \end{aligned} \quad (1)$$

ХАКИМОВ Аким Гайфуллинович – к.ф.-м.н., Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН, e-mail: hakimov@anrb.ru

ЮЛМУХАМЕТОВ Артур Ахмарович, Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН, e-mail: artur_yulmuhametov@mail.ru

$$\xi = \frac{x}{L}, W = \frac{w}{L}, \mu^2 = \frac{\pi R^2(1-2\nu)pL^2}{2EJ}, \beta = \frac{q_s L^4}{EJ},$$

$$J = \frac{\pi}{4}((R+h)^4 - R^4), \lambda^4 = \frac{ML^4\omega^2}{EJ} = \Omega^2, \gamma = \frac{M_s}{M}$$

$$\lambda_*^4 = \frac{(M+M_s)L^4\omega^2}{EJ} - \beta = (1+\gamma)\Omega^2 - \beta.$$

Здесь E , ρ , J , h , R – модуль упругости, плотность, осевой момент инерции, толщина стенки и внутренний радиус поперечного сечения трубопровода; M , M_s , ν – масса единицы длины трубопровода с продуктом, присоединенная масса грунта, коэффициент Пуассона; w – прогиб трубопровода, p – давление транспортируемой жидкости внутри трубопровода, ω – круговая частота изгибных колебаний трубопровода; индексы "1", "2" относятся к безразмерному прогибу трубопровода на участках $(-1/2 \leq \xi \leq 1/2)$ и $(-\infty < \xi < -1/2, 1/2 < \xi < \infty)$ соответственно, t – время, q_s – жесткость грунта.

Граничные условия [8] состоят в равенствах прогибов, углов поворота, изгибающих моментов, перерезывающих сил в месте перехода от провисающей части ($|\xi| \leq 1/2$) трубы к участкам в грунте ($|\xi| > 1/2$):

$$W_1 = W_2, \frac{\partial W_1}{\partial \xi} = \frac{\partial W_2}{\partial \xi}, \frac{\partial^2 W_1}{\partial \xi^2} = \frac{\partial^2 W_2}{\partial \xi^2},$$

$$\frac{\partial^3 W_1}{\partial \xi^3} = \frac{\partial^3 W_2}{\partial \xi^3} \dots \left(\xi = \pm \frac{1}{2} \right). \quad (3)$$

Спектр собственных частот изгибных колебаний трубопровода при большой относительной жесткости грунта. При большом значении параметра β трубопровод на участках $-1/2 \leq \xi \leq 1/2$ изгибается также, как в случае жесткой заделки его в точках $\xi = -1/2$ и $1/2$. Решение первого уравнения (1) должно удовлетворять условиям $W=0, \partial W/\partial \xi=0$.

Параметр внутреннего давления μ^2 из (2) изменяется в пределах от нуля до критического значения давления p_{cr} , определяемого из [8]: $p_{cr} = 4\pi EJ/L^2 R^2(1-2\nu)$. Случай давления $p > p_{cr}$ может быть допущен при рассмотрении нелинейной задачи. Выражение μ^2 может быть представлено через критическое значение p_{cr} : $\mu^2 = 2\pi^2 p/p_{cr}$. Таким образом, $0 \leq \mu^2 < \pi^2$.

Другое ограничение на верхнее значение μ^2 – это условие непревышения значения кольцевого напряжения в трубе под действием внутреннего перепада давления $\sigma_\theta = pR/h$ предела пропорциональности σ_* для материала трубы.

Отсюда $p \leq \sigma_* h/R$. Далее при оценках положим $\nu=0, J \approx \pi R^3 h$:

$$\mu^2 = \frac{\pi R^2 L^2 p}{2EJ} = \frac{L^2 \sigma_*}{2R^2 E}.$$

Для металлических материалов $\sigma_*/E \approx (1-2) \cdot 10^{-3}$. Поэтому для них $\mu^2 = (0.5-1) \cdot 10^{-3} \cdot (L^2/R^2)$.

Таким образом, решается следующая задача (индекс "1" опущен):

$$\frac{d^4 W}{d\xi^4} + 2\mu^2 \frac{d^2 W}{d\xi^2} - \lambda^4 W = 0 \quad (4)$$

со следующими граничными условиями

$$W = 0, \frac{dW}{d\xi} = 0 \left(\xi = \pm \frac{1}{2} \right). \quad (5)$$

Общее решение уравнения (4) имеет вид

$$W(\xi) = C_1 \cos \lambda_1 \xi + C_2 \sin \lambda_1 \xi + C_3 \operatorname{ch} \lambda_2 \xi + C_4 \operatorname{sh} \lambda_2 \xi, \quad (6)$$

где $\lambda_1 = \sqrt{\mu^4 + \lambda^4 + \mu^2}$, $\lambda_2 = \sqrt{\mu^4 + \lambda^4 - \mu^2}$.

Удовлетворяя уравнение (6) условиям (5), получим однородную систему уравнений, определитель которой записывается в виде

$$\begin{vmatrix} \cos \frac{\lambda_1}{2} & -\sin \frac{\lambda_1}{2} & \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} & -\operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} \\ \cos \frac{\lambda_1}{2} & \sin \frac{\lambda_1}{2} & \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} & \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} \\ \lambda_1 \sin \frac{\lambda_1}{2} & \lambda_1 \cos \frac{\lambda_1}{2} & -\lambda_2 \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} & \lambda_2 \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} \\ -\lambda_1 \sin \frac{\lambda_1}{2} & \lambda_1 \cos \frac{\lambda_1}{2} & \lambda_2 \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} & \lambda_2 \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} \end{vmatrix}.$$

Приравняв нулю этот определитель, получим частотное уравнение

$$\left(\lambda_2 \cos \frac{\lambda_1}{2} \cdot \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} + \lambda_1 \sin \frac{\lambda_1}{2} \cdot \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} \right) \times$$

$$\times \left(\lambda_2 \sin \frac{\lambda_1}{2} \cdot \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} - \lambda_1 \cos \frac{\lambda_1}{2} \cdot \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} \right) = 0, \quad (7)$$

где первая скобка описывает собственные частоты колебаний трубопровода по симметричной форме, а вторая скобка – по несимметричной форме. Отметим, что при $\mu=0, \lambda_1=\lambda_2=\lambda$ и частотное уравнение (7) принимает вид

$$\left(\cos \frac{\lambda}{2} \cdot \operatorname{sh} \frac{\lambda}{2} + \sin \frac{\lambda}{2} \cdot \operatorname{ch} \frac{\lambda}{2} \right) \times$$

$$\times \left(\sin \frac{\lambda}{2} \cdot \operatorname{ch} \frac{\lambda}{2} - \cos \frac{\lambda}{2} \cdot \operatorname{sh} \frac{\lambda}{2} \right) = 1 - \cos \lambda \cdot \operatorname{ch} \lambda = 0. \quad (8)$$

На рис. 1 приводятся зависимости безразмерной круговой частоты изгибных колебаний Ω от безразмерного давления в трубопроводе μ^2 (кривые 1, 3 – для симметричных форм, а кривые 2, 4 – для несимметричных форм).

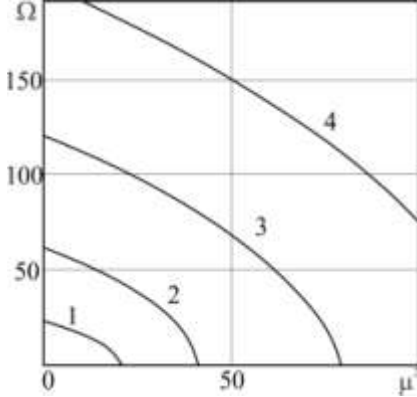


Рис. 1. Зависимость безразмерной круговой частоты изгибных колебаний Ω от безразмерного давления в трубопроводе μ^2

Как видно из рис. 1, частота изгибных колебаний трубопровода уменьшается с увеличением внутреннего давления в трубопроводе.

Пусть провисающая часть стальной трубы $L=25$ м, а ее внутренний диаметр $2R$ и толщина стенок h равны соответственно 0.309 и 0.008 м. Модуль упругости $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, плотность материала $\rho=7800$ кг/м³. Плотность жидкости в трубе $\rho_f=800$ кг/м³. Масса единицы длины трубопровода с продуктом равна $M \approx 122$ кг. Тогда по формуле (8) получим частоты $\omega_1 \approx 14.496$ рад/с (2.31 Гц), $\omega_2 \approx 39.958$ рад/с (6.36 Гц).

Спектр собственных частот изгибных колебаний трубопровода при различных значениях относительной жесткости грунта.

Решения системы уравнений (1) запишутся в виде

$$W_1(\xi) = C_1 \cos \lambda_1 \xi + C_2 \sin \lambda_1 \xi + C_3 \operatorname{ch} \lambda_2 \xi + C_4 \operatorname{sh} \lambda_2 \xi,$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\sqrt{\mu^4 + \lambda^4} + \mu^2}, \quad \lambda_2 = \sqrt{\sqrt{\mu^4 + \lambda^4} - \mu^2},$$

$$W_2(\xi) = C_5 \cos \lambda_3 \xi + C_6 \sin \lambda_3 \xi + C_7 \operatorname{ch} \lambda_4 \xi + C_8 \operatorname{sh} \lambda_4 \xi, \quad (9)$$

$$\lambda_3 = \sqrt{\sqrt{\mu^4 + \lambda_*^4} + \mu^2}, \quad \lambda_4 = \sqrt{\sqrt{\mu^4 + \lambda_*^4} - \mu^2}.$$

Рассмотрим симметричный случай, т.е. когда в равенстве (9) $C_2=C_4=0$. Тогда

$$W_1(\xi) = C_1 \cos \lambda_1 \xi + C_3 \operatorname{ch} \lambda_2 \xi,$$

Условия на бесконечности

$$W_2 = 0, \quad \frac{\partial W_2}{\partial \xi} = 0 \quad (\xi \rightarrow \pm\infty) \quad (10)$$

обращают в нуль коэффициенты C_7, C_8 из системы уравнений (9).

Тогда условия (3) дают однородную систему уравнений, определитель которой записывается в виде

$$\begin{vmatrix} \cos \frac{\lambda_1}{2} & \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} & -\cos \frac{\lambda_3}{2} & -\sin \frac{\lambda_3}{2} \\ -\lambda_1 \sin \frac{\lambda_1}{2} & \lambda_2 \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} & \lambda_3 \sin \frac{\lambda_3}{2} & -\lambda_3 \cos \frac{\lambda_3}{2} \\ -\lambda_1^2 \cos \frac{\lambda_1}{2} & \lambda_2^2 \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} & \lambda_3^2 \cos \frac{\lambda_3}{2} & \lambda_3^2 \sin \frac{\lambda_3}{2} \\ \lambda_1^3 \sin \frac{\lambda_1}{2} & \lambda_2^3 \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} & -\lambda_3^3 \sin \frac{\lambda_3}{2} & \lambda_3^3 \cos \frac{\lambda_3}{2} \end{vmatrix},$$

а частотное уравнение будет следующим:

$$\lambda_3 (\lambda_1^2 - \lambda_3^2) (\lambda_2^2 + \lambda_3^2) \times \left(\lambda_2 \cos \frac{\lambda_1}{2} \operatorname{sh} \frac{\lambda_2}{2} + \lambda_1 \sin \frac{\lambda_1}{2} \operatorname{ch} \frac{\lambda_2}{2} \right) = 0.$$

Равенство нулю первого множителя

$$\lambda_3 = \sqrt{\sqrt{\mu^4 + \lambda_*^4} + \mu^2} = 0 \rightarrow \Omega^2(1+\gamma) - \beta = 0$$

дает собственные частоты колебаний всего трубопровода как твердого тела на упругой опоре с нулевым волновым числом или длиной волны, равной бесконечности. А приравнивая нулю второй множитель, получим

$$\lambda_1^2 - \lambda_3^2 = 0 \rightarrow \Omega^2 \gamma - \beta = 0,$$

который описывает собственные колебания трубопровода с равными волновыми числами на обоих участках.

При $\mu=0$, $\lambda_1=\lambda_2=\lambda$ и $\lambda_3=\lambda_4=\lambda_*$ частотное уравнение примет следующий вид:

$$\lambda_* \lambda (\lambda_*^4 - \lambda^4) \left(\cos \frac{\lambda}{2} \operatorname{sh} \frac{\lambda}{2} + \sin \frac{\lambda}{2} \operatorname{ch} \frac{\lambda}{2} \right) = 0. \quad (11)$$

При $\beta \rightarrow \infty$ частотное уравнение записывается как

$$\cos \frac{\lambda}{2} \operatorname{sh} \frac{\lambda}{2} + \sin \frac{\lambda}{2} \operatorname{ch} \frac{\lambda}{2} = 0,$$

которое совпадает с выражением (8), описывающим симметричные колебания трубопровода в случае большой жесткости грунта.

Если $\lambda_*=0$, то $\Omega = \sqrt{\beta/(1+\gamma)}$, что соответствует колебаниям трубопровода как абсолютно твердого тела на упругом основании. Если $\lambda_*=\lambda$, то $\Omega = \sqrt{\beta/\gamma}$, что соответствует колебани-

ям трубопровода с равными волновыми числами на обоих участках.

На рис. 2 представлены зависимости безразмерной круговой частоты Ω колебаний трубопровода как твердого тела (рис. 2, а) и изгибных колебаний с одинаковыми волновыми числами на обоих участках (рис. 2, б) от коэффициента относительной жесткости грунта β для безразмерного давления в трубопроводе $\mu^2=0$ и разных значений коэффициента присоединенной массы грунта γ (кривая 1 – $\gamma=0.01$; 2 – 0.50; 3 – 1.00; 4 – 1.50).

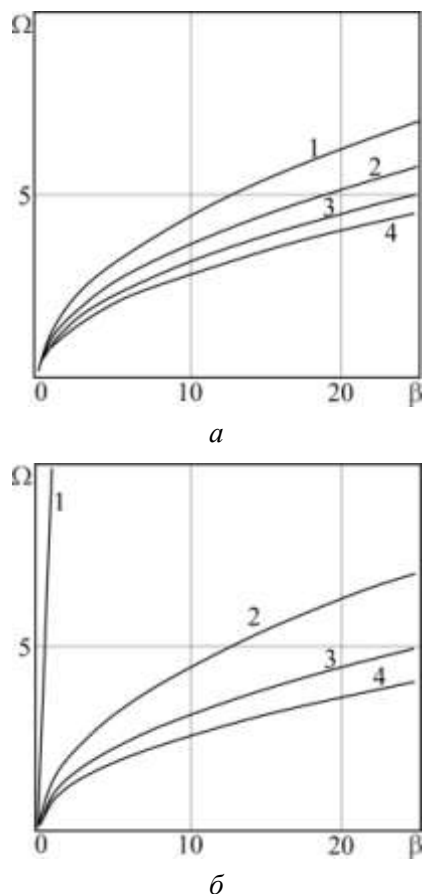


Рис. 2. Зависимости безразмерной круговой частоты Ω колебаний трубопровода как твердого тела (а) и изгибных колебаний с одинаковыми волновыми числами на обоих участках (б) от коэффициента относительной жесткости грунта β для безразмерного давления в трубопроводе $\mu^2=0$ и разных значений коэффициента присоединенной массы грунта γ (кривая 1 – $\gamma=0.01$; 2 – 0.50; 3 – 1.00; 4 – 1.50)

Из рис. 2 видно, что с увеличением относительной жесткости грунта β растет и безразмерная круговая частота, причем тем быстрее,

чем меньше параметр γ . Также можно сделать выводы, что частоты изгибных колебаний трубопровода с одинаковыми волновыми числами на обоих участках выше частот изгибных колебаний трубопровода как твердого тела.

Из формулы (11) видно, что на собственные частоты колебаний центральной части трубопровода относительная жесткость грунта и присоединенная масса грунта не влияют.

Заключение. Определены собственные частоты колебания трубопровода при различных значениях жесткости грунта. Исследования показывают, что с увеличением жесткости грунта частоты изгибных колебаний возрастают.

Приведены зависимости безразмерной круговой частоты колебаний трубопровода как твердого тела и изгибных колебаний с одинаковыми волновыми числами на обоих участках от относительной жесткости грунта в случае нулевого давления и различных значениях присоединенной массы грунта. Показано, что с увеличением жесткости грунта растет и частота колебаний трубопровода, причем тем быстрее, чем меньше присоединенная масса грунта.

Получено, что собственные частоты колебаний центральной части трубопровода не зависят от относительной жесткости и присоединенной массы грунта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №17-41-020400 p_a).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ashley H., Haviland G. Bending vibration of pipe line containing flowing fluid // J Appl Mech. 1950. N 3. P. 229–232.
2. Феодосьев В.И. О колебаниях и устойчивости трубы при протекании через нее жидкости // Инж. сб. 1951. № 10. С. 169–170.
3. Ильгамов М.А. Колебания упругих оболочек, содержащих жидкость и газ. М.: Наука, 1969. 182 с.
4. Ilgamov M.A., Tang D.M., Dowell E.H. Flutter and forced response of a cantilevered pipe: the influence of internal pressure and nozzle discharge // J. of Fluids and Structures. 1994. Vol. 8. P. 139–156.
5. Tang D.M., Ilgamov M.A., Dowell E.H. Buckling and post-buckling behavior of a pipe subjected to internal pressure // J. of Appl. Mech. 1995. Vol. 62, N 3. P. 595–600.
6. Ильгамов М.А., Мишин В.Н. Поперечные колебания трубы под действием бегущих волн в

жидкости // Изв. РАН, МТТ. 1997. № 1. С. 181–192.

7. Ильгамов М.А., Лукманов Р.Л., Зарипов Д.М. Механизм возбуждения гидроупругих колебаний трубопровода // Сб. трудов Института механики УНЦ РАН. 2003. С. 21–52.

8. Юлмухаметов А.А. Параметрический анализ статического изгиба трубопровода // Труды Института механики им. Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН. 2016. Т.11. С. 24–29.

References

1. Ashley H, Haviland G. Bending vibrations of a pipeline containing flowing fluid. *J. Appl. Mech.*, 1950, no. 3, pp. 229–232.

2. Feodosyev V.I. Oscillations and stability of a pipe with the fluid flowing through it. *Inzhenernyy sbornik*, 1951, no. 10, pp. 169–170.

3. Ilgamov M.A. Oscillations of elastic shells containing liquid and gas. Moscow, Nauka, 1969. 184 p.

4. Ilgamov M.A., Tang D.M., Dowell E.H. Flutter and forced response of a cantilevered pipe. The influence of internal pressure and nozzle discharge. *J. of Fluids and Structures*, 1994, vol. 8, pp. 139–156.

5. Tang D.M., Ilgamov M.A., Dowell E.H. Buckling and post-buckling behavior of a pipe subjected to internal pressure. *J. Appl. Mech.*, 1995, vol. 62, no. 3, pp. 595–600.

6. Ilgamov M.A., Mishin V.N. Transverse vibrations of a pipe under the action of waves traveling through the fluid. *Izvestiya RAN, MTT*, 1997, no. 1, pp. 181–192.

7. Ilgamov M.A., Lukmanov R.L., Zaripov D.M. The mechanism of excitation of hydroelastic pipeline vibrations. *Sbornik trudov Instituta mekhaniki UNTs RAN*, 2003, pp. 21–52.

8. Yulmukhametov A.A. Parametric analysis of static bending of the pipeline. *Trudy Instituta mekhaniki im. R.R. Mavlyutova UNTs RAN*, 2016, vol. 11, pp. 24–29.



THE RANGE OF FREQUENCIES FOR FLEXURAL VIBRATIONS OF A PIPELINE

© A.G. Khakimov, A.A. Yulmukhametov

Mavlyutov Institute of Mechanics, Ufa Scientific Centre, RAS,
71, prospect Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

This paper investigates the flexural vibrations of the pipeline, on the ground sagging banks or ravines. Taken into account the influence of internal pressure in the pipe to these fluctuations. Static bending is determined by the weight of the pipe and the transported medium. The rate of fluid flow is not considered. It is assumed that part of the pipeline on either side of the sagging portion embedded in the ground with the same properties. Influence of soil is modeled distributed system of springs with a certain rigidity in the longitudinal and transverse directions of the pipeline. The frequency spectrum is determined according to the fluid pressure connected soil mass soil stiffness. Calculation scheme considered valid not only in case of the pipeline and the ground, but in the case of pipe-container designs where more pliable continuous medium reduces the stress concentration at the site of the pipeline connection to the container wall. It is shown that with increasing rigidity of the soil, the frequency of oscillations of the pipeline increases, and the faster, the less the mass of the soil is attached. It is obtained that the natural vibration frequencies of the central part of the pipeline do not depend on the relative rigidity and the attached ground mass.

Key words: pipeline, soil, transported medium, internal pressure, range of frequencies.

УДК 535.378+535/379+544.576

ОДНОПУЗЫРЬКОВАЯ СОНОХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ КОМПЛЕКСА ДВУХВАЛЕНТНОГО РУТЕНИЯ

© Г.Л. Шарипов, А.М. Абдрахманов, Б.М. Гареев, Л.Р. Якшембетова, Р. Хоролжав

Обнаружена люминесценция при однопузырьковом сонолизе водных растворов $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2$ низкой концентрации ($2 \cdot 10^{-6}$ моль/л), обусловленная образованием электронно-возбужденных ионов $^*[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$. Проанализированы возможные механизмы появления полосы комплекса металла на фоне бесструктурного континуума воды в спектре однопузырьковой сонолюминесценции, включая механизм сонофотолюминесценции. Наиболее весомым механизмом признана сонохемилюминесценция в окислительно-восстановительных реакциях с участием ионов $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ и радикальных продуктов сонолиза воды в объеме раствора.

Ключевые слова: сонолюминесценция, сонохемилюминесценция, трис-бипиридилный комплекс рутения(II).

Введение. Свечение, возникающее под действием ультразвука в чистых жидкостях и растворах, часто обозначаемое термином «сонолюминесценция» (СЛ), имеет сложную природу. Во-первых, это испускание света газопаровыми кавитационными пузырьками, образующимися в акустическом поле, которое в строгом смысле не полностью попадает под определение люминесценции [1]. Вторая основная разновидность СЛ – это сонохемилюминесценция (СХЛ), представляющая собой испускание света при химических реакциях продуктами сонолиза, попадающими из пузырьков в объем раствора [2]. Интенсивность СХЛ, например, в случае сонолиза водных растворов люминола [2], намного превышает интенсивность пузырьковой СЛ воды и многих других жидкостей. Тем не менее с момента обнаружения СЛ (1934 г.) к настоящему времени выполнено громадное число работ, посвященных изучению в основном пузырьковой СЛ. Изучение же СХЛ, как это видно на примере СХЛ люминола, – эффективного «химического» способа механо-фотонного преобразования энергии, велось не очень интенсивно и ограничилось небольшим числом работ, в основном, по тому же люминолу.

Настоящее сообщение посвящено рассмотрению нового примера СХЛ в водном растворе, а именно – люминесценции бипиридилного комплекса двухвалентного рутения $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2$, точнее, иона $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$ (для простоты рутения(II), $\text{Ru}(\text{II})$, рутения), зарегистрированной в режиме однопузырькового сонолиза.

Экспериментальная часть. Для приготовления растворов комплекса рутения(II) использовалась бидистиллированная вода и соль $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2$ Sigma-Aldrich. Другие использованные реагенты имели чистоту не ниже «хч». Спектры сонолюминесценции растворов регистрировали с помощью спектрофлуориметра Aminco Bowman, спектры поглощения – спектрофотометром Perkin Elmer Lambda 750 UV/VIS, спектры фотолюминесценции (ФЛ) – спектрофлуориметром Fluorolog-3.

Однопузырьковую сонолюминесценцию (ОПСЛ) получали в установке, описанной в работе [3], основой которой являлась стеклянная сферическая колба диаметром около 55 мм с приклеенными оппозитно пьезокерамическими пре-

ШАРИПОВ Глюс Лябибович – д.х.н., Институт нефтехимии и катализа РАН, e-mail: glus@anrb.ru
АБДРАХМАНОВ Айрат Маратович – к.ф.-м.н., Институт нефтехимии и катализа РАН,
e-mail: abdr-73@yandex.ru

ГАРЕЕВ Булат Махмутович, Институт нефтехимии и катализа РАН, e-mail: gareev-bulat@yandex.ru
ЯКШЕМБЕТОВА Луиза Рузилевна, Институт нефтехимии и катализа РАН, e-mail: 07-luiza@mail.ru
ХОРОЛЖАВ Рагчаагийн – д.ф.н., Институт физики и технологий Монгольской академии наук,
e-mail: khoroljavr@yahoo.com

образователями, настроенными на акустическую резонансную частоту около 27 кГц. Подготовка растворов к регистрации ОПСЛ заключалась в вакуумировании для удаления растворенных газов при давлении 0.01 торр в течение 30–40 минут и последующем насыщении аргоном путем пропускания газа через раствор со скоростью 5 мл/с в течение 5–6 минут. Эти процедуры могли повторяться по ходу экспериментов. Температура растворов при регистрации ОПСЛ поддерживалась в интервале 2–5°C. Акустическое давление в центре колбы-резонатора, где располагается левитирующий в пучности стоячей ультразвуковой волны неподвижный или совершающий небольшие перемещения возле этого положения равновесия пузырек, измерялось гидрофоном 8103 фирмы Bruel&Kjer. Фотографии картин сонолюминесценции получены цифровой фотокамерой Nicon 3000D.

Обсуждение результатов. На рис. 1 приведены спектры СЛ, полученные при разных режимах насыщения растворов газами и акустических давлениях. Так, при 1.16 бар, в вакуумированных и затем насыщенных аргоном, как это описано в экспериментальной части, растворах, пузырек совершает движения около центра колбы. При этом в чистой воде свечения нет, т.е. ОПСЛ отсутствует. Однако в растворе комплекса рутения(II) есть свечение в области полосы его люминесценции с максимумом в районе 610 нм, как это видно из сравнения спектра ОПСЛ со спектром фотолюминесценции раствора рутения (рис. 2).

Ввиду низкой интенсивности данного свечения фотография траектории пузырька получена при малой экспозиции в свете, отраженном от внешнего источника. Остальные фотографии получены съемкой в свете собственной люминесценции пузырька. После повторного вакуумирования ра-

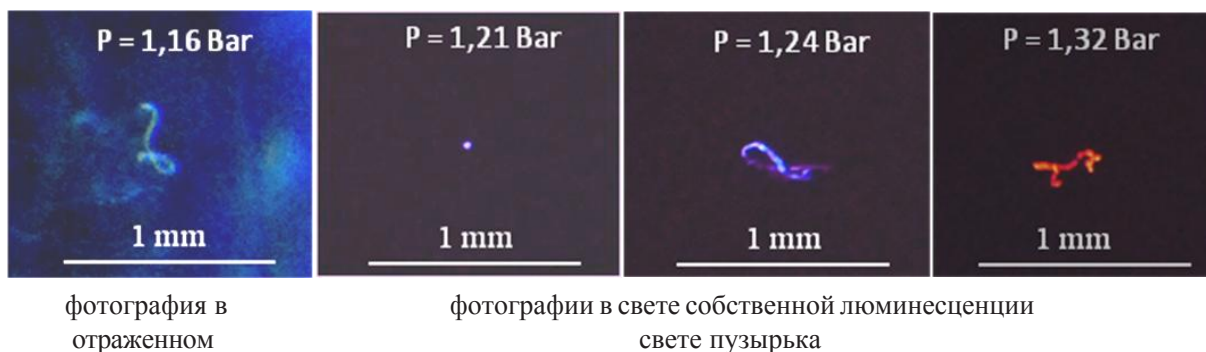
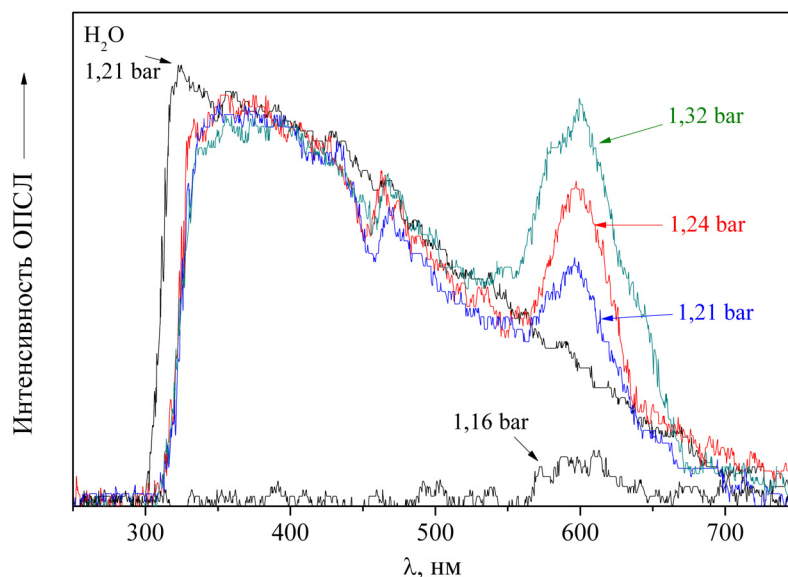


Рис. 1. Спектры и фотографии ОПСЛ (цветные онлайн) водных растворов $Ru(bpy)_3Cl_2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}$ моль \cdot л $^{-1}$ при различных акустических давлениях p_a . Приведен также спектр ОПСЛ воды при $p_a = 1.21$ бар. Время экспозиции для всех фотографий 0.1 с

створа рутения пузырек стабилен при оптимальном давлении 1.21 бар, что видно на второй фотографии, и в пузырьке возникает классическая ОПСЛ неподвижного пузырька. На рис. 1 приведены спектры ОПСЛ в чистой вакуумированной воде и таком же растворе рутения. Спектр ОПСЛ воды, по литературным данным, близок к кривой излучения абсолютно черного тела с температурой около 25 000 К [4]. Данный спектр в интервале 200–700 нм представляет собой бесструктурный континуум с монотонно растущей интенсивностью при уменьшении длины волны от инфракрасной до ультрафиолетовой области. Резкая граница обрыва спектра при 300 нм в нашем случае обусловлена поглощением части континуума ОПСЛ воды стеклянной стенкой колбы. В растворе рутения граница спектра ОПСЛ еще немного сдвинута в длинноволновую область, что обусловлено еще большим поглощением континуума воды комплексом рутения. Этим же поглощением объясняется небольшой провал в спектре континуума при 450 нм в области локального максимума поглощения рутения(II) в этой области. Наконец, на фоне непоглощенного остатка континуума также заметна полоса люминесценции рутения(II). После проведения вторичной процедуры насыщения аргоном и с увеличением давления до 1.24 бар пузырек снова движется. Здесь в растворе рутения мы имеем уже ОПСЛ в режиме движения пузырька (ОПСЛ-РД) с более интенсивной полосой люминесценции рутения, наложенной на континуум воды. Причем интенсивность континуума практически не меняется, а интенсивность полосы рутения растет. То же самое повторяется при увеличении давления до 1.32 бар. В результате, рост относительного вклада полосы рутения(II) в общую интенсивность сонолюминесценции привел к радикальному изменению цвета траектории пузырька: от синего на двух предыдущих снимках к красному на последнем.

Каковы же причины люминесценции рутения(II) при сонолизе?

На основании предыдущего опыта изучения СЛ в растворах соединений металлов [5] ясно, что использованная нами низкая концентрация комплекса рутения(II) в водном растворе исключает возможность сколько-нибудь значимого попадания этого малолетучего соединения в пузырек, где

возникает возможность электронного возбуждения по механизму тепловых соударений с «горячими» и электронно-возбужденными продуктами сонолиза растворителя в газовой фазе. Также может быть исключена возможность возбуждения комплекса металла путем безызлучательно-го переноса энергии от возбужденных продуктов сонолиза (OH^* , гипотетических для сонолиза H_2O^* , H^* , O^*), вышедших из пузырька в объем раствора. Результаты изучения радиолуминесценции водных растворов свидетельствуют о малом ($< 10^{-12}$ с) времени жизни этих продуктов в жидкой фазе (набор продуктов радиолитического распада воды практически одинаков) и отсутствии значимого переноса энергии от них на эмиттеры люминесценции [6].

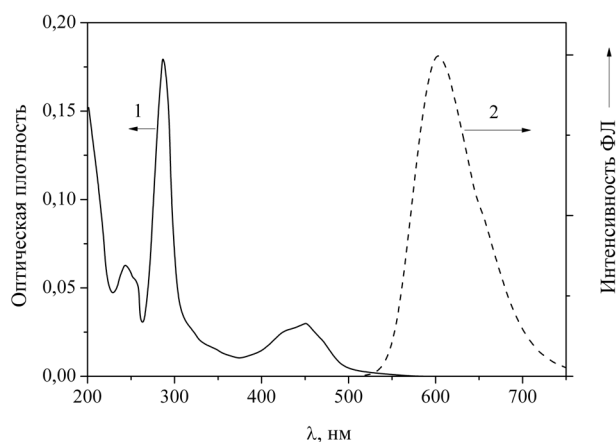


Рис. 2. Спектры поглощения 1 ($l = 1$ см) и фотолюминесценции 2 ($\lambda_{\text{возб}} = 453$ нм) водного раствора $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}$ моль \cdot л $^{-1}$

Люминесценция рутения(II), несомненно, частично возникает вследствие тривиального переизлучения комплексом металла поглощенной части пузырьковой СЛ (континуума) растворителя. Однако полученные данные исключают наличие решающего вклада этого механизма сонофотолюминесценции (СФЛ) в ОПСЛ рутения(II). В соответствии с данным механизмом, при постоянной интенсивности континуума полоса переизлучателя также не должна менять интенсивность, чего не наблюдается. Кроме того, СФЛ совсем неприемлема для первого опыта, где ОПСЛ растворителя отсутствует, а люминесценция рутения(II) есть.

Механизмом СФЛ объясняется люминесценция при сонолизе растворов ряда люминофо-

ров, в частности, некоторых красителей с высоким квантовым выходом фотолюминесценции [7]. В этой связи нами была рассмотрена ОПСЛ раствора родамина В (рис. 3, а), для которого квантовый выход фотолюминесценции в воде $\varphi = 0.5$ [7]. Действительно, видно, что в соответствии с механизмом СФЛ интегральная интенсивность (площадь) полосы люминесценции родамина В, наблюдаемой на фоне континуума воды, сравнима с площадью поглощенной, за счет полосы поглощения с максимумом при 550 нм (рис. 3, б), части континуума воды. Одинаковы и площади полосы люминесценции при разных акустических давлениях. Для $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2$ в воде значение φ на порядок меньше (0.05 [8]). Несмотря на это, площадь полосы люминесценции рутения сравнима с площадью полосы люминесценции родамина В, а для акустического давления 1.32 бар – даже превышает ее. Приведенные оценки сделаны без учета данных о поглощении растворами континуума воды в коротковолновой области менее 300 нм, отсутствующих на зарегистрированных спектрах. Однако в первом приближении, несмотря на отсутствие полной идентичности спектров поглощения (см. рис. 2, рис. 3, б), интегральные эффективности поглощения света растворами родамина В и рутения должны быть близки. Поэтому, с учетом разницы в квантовых выходах люминесценции этих переизлучателей, очевидно, что интенсивность излучения света комплексом рутения(II) непропорционально велика.

По-видимому, сонолюминесценция рутения(II) объясняется иным механизмом, нежели СФЛ. По нашему мнению, главную роль в нем играют хемилюминесцентные реакции продуктов сонолиза воды с участием рутения(II). Эти реакции, написанные на основе анализа литературы по радиационной химии, фотохимии, электрохимии и хемилюминесценции водных растворов комплексов рутения [8, 9], приведены на схеме 1.

По-видимому, сонолюминесценция рутения(II) объясняется иным механизмом, нежели СФЛ. По нашему мнению, главную роль в нем играют хемилюминесцентные реакции продуктов сонолиза воды с участием рутения(II). Эти реакции, написанные на основе анализа литературы по радиационной химии, фотохимии, электрохимии и хемилюминесценции водных растворов комплексов рутения [8, 9], приведены на схеме 1.

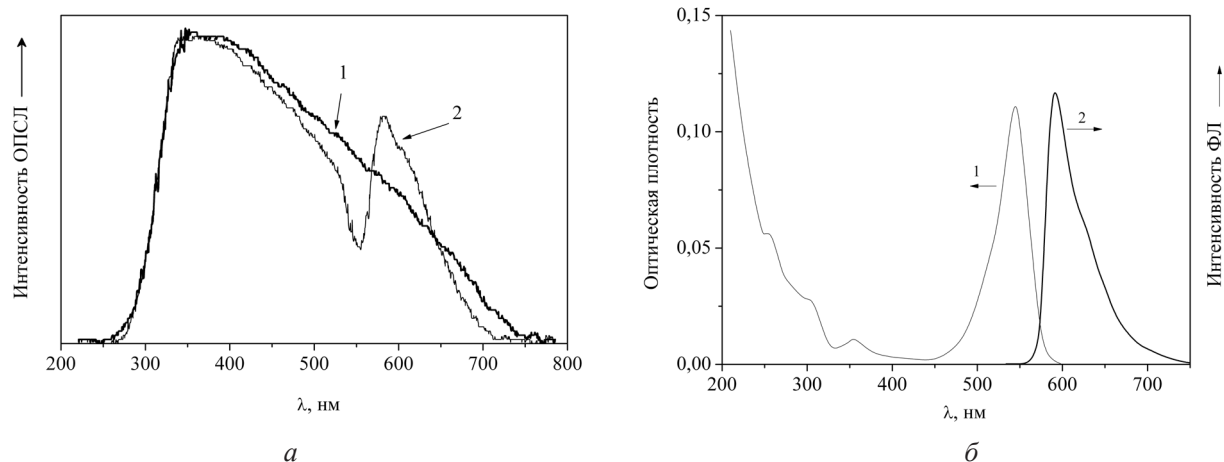


Рис. 3: а – спектр ОПСЛ воды (1) и водного раствора ($1.3 \cdot 10^{-6}$ моль \cdot л $^{-1}$) родамина В (2) при $p_a = 1.21$ бар; б – спектры поглощения (1) ($l = 1$ см) и фотолюминесценции ($\lambda_{\text{возб}} = 400$ нм) (2) водного раствора родамина В $1.3 \cdot 10^{-6}$ моль \cdot л $^{-1}$

Схема 1. Возможные реакции, ведущие к сонохемилюминесценции $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$



Первая строчка на схеме отражает основной факт по сонолизу воды – образование и выход в объем раствора радикалов Н и ОН, возможно, и электронов. Далее идут реакции с участием этих радикальных продуктов в растворе. Исходя из окислительно-восстановительных потенциалов пар соединений, участвующих в реакциях, несомненно как реакция окисления двухвалентного комплекса ОН радикалом, так и реакция его восстановления гидратированным электроном (e_{aq}^-) и (или) атомом водорода. Хотя гидратированный электрон не относится к достоверно установленным продуктам сонолиза воды [1], восстановление рутения(III) в реакции с e_{aq}^- включено в схему реакций в качестве более эффективного для хемилюминесценции процесса, чем восстановление в реакции с атомом Н. Известно, что именно для реакции $Ru(III) + e_{aq}^-$ характерен высокий выход возбужденного рутения(II) (0.25 на каждый акт реакции), для реакции восстановления атомом водорода выявлен на два порядка меньший выход возбуждения [9]. Хемилюминесцентной является также реакция окисления одновалентного рутения [8]. Наконец, наиболее эффективно (с выходом, практически равным единице) идет образование возбужденного продукта в реакции диспропорционирования ионов Ru(I) и Ru(III) [8].

Участие радикальных продуктов в реакциях сонохемилюминесценции рутения подтверждается обнаруженным нами подавлением полосы рутения(II) в растворах, содержащих O₂ или добавки известных [10] акцепторов радикалов: I⁻, Cr₂O₇²⁻, этанол и др.¹ В то же время, как и следовало ожидать в соответствии с механизмом СФЛ, сонолюминесценция родамина В этими акцепторами не тушится. В рамках механизма радикальной хемилюминесценции можно объяснить и заметное из рис. 1 увеличение интенсивности полосы рутения по мере увеличения акустического давления и повышения степени хаотичности его движений (от неподвижного пузырька к движению со все более резкими сменами направления перемещения). При интенсификации движений повышается степень деформации пузырька, на-

рушается сферичность и сплошность границы раздела газ – жидкость с образованием микропотоков, облегчающих массоперенос через данную границу. Это повышает выход радикальных продуктов из пузырька в раствор и усиливает хемилюминесценцию.

Вывод. Обнаружена люминесценция при однопузырьковом сонолизе водных растворов Ru(bpy)₃Cl₂, обусловленная образованием электронно-возбужденных ионов $*[Ru(bpy)_3]^{2+}$. Предложена схема окислительно-восстановительных сонохемилюминесцентных реакций с участием радикальных продуктов сонолиза воды и ионов $[Ru(bpy)_3]^{2+}$ в объеме раствора, позволяющая объяснить наблюдаемую однопузырьковую люминесценцию нелетучего комплекса металла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко В.А. Сонолюминесценция: Эксперименты и модели (обзор) // Акустический журнал. 2015. Т. 61 (3). С. 333–360.
2. Harvey E.N. Sonoluminescence and sonic chemiluminescence // J. Am. Chem. Soc. 1939. V. 61. P. 2392–2398.
3. Шарипов Г.Л., Гареев Б.М. Абдрахманов А.М. Однопузырьковая сонолюминесценция водных растворов хлоридов лантанидов и модели сонохимии нелетучих солей металлов // Письма в ЖЭТФ. 2010. Т. 91, № 11. С. 634–638.
4. Greenland P. T. Sonoluminescence // Contemporary Physics. 1999. V. 40 (1). P. 11–30.
5. Шарипов Г.Л., Гайнетдинов, Р.Х., Абдрахманов А.М. Сонолюминесценция водных растворов солей лантанидов // Изв. АН. Сер. хим. 2003. № 9. С. 1866–1869.
6. Казаков В.П., Шарипов Г.Л. Радиоломинесценция водных растворов. М: Наука, 1986. 136 с.
7. Ashokkumar M. Grieser F. Sonophotoluminescence from aqueous and non-aqueous solutions // Ultrason. Sonochem. 1999. V. 6. P. 1–5.
8. Kalyanasundaram K. Photophysics, photochemistry and solar energy conversion with tris(bipyridyl)ruthenium(II) and its analogues // Coordination Chemistry Reviews, 1982. V. 46. P. 159–244.
9. Jonah Ch.D., Matheson M.S., Meisel D. Reaction of e_{aq}^- into excited states of $Ru(bpy)_3^{2+}$ // J. Am. Chem. Soc. 1978. V. 100. P. 1449–1456.

¹ Влияние акцепторов радикалов на сонолюминесценцию рутения будет подробнее рассмотрено в следующем сообщении.

10. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Радиолит газов и жидкостей. М: Наука, 1986. 440 с.

References

1. Borisenok V.A. Sonoluminescence: Experiments and models (Review). *Acoustical Physics*, 2015, vol. 61 (3), pp. 308–332.

2. Harvey E.N. Sonoluminescence and sonic chemiluminescence. *J. Am. Chem. Soc.*, 1939, vol. 61, pp. 2392–2398.

3. Sharipov G.L., Gareev B.M., Abdrakhmanov A.M. Single-bubble sonoluminescence of aqueous solutions of lanthanide chlorides and models of the sonochemistry of nonvolatile metal salts. *JETP Lett.*, 2010, vol. 91, pp. 566–569.

4. Greenland P. T. Sonoluminescence. *Contemporary Physics*, 1999, vol. 40 (1), pp. 11–30.

5. Sharipov G.L., Gaynetdinov R.Kh., Abdrakhmanov A.M. Sonoluminescence of aqueous solutions of lanthanide salt. *Russian Chemical Bulletin*, 2003, vol. 52, no. 9, pp. 1969–1973.

6. Kazakov V.P., Sharipov G.L. Radioluminestsiya vodnykh rastvorov (in Russian). Moscow, Nauka, 1986. 136 p.

7. Ashokkumar M. Grieser F. Sonophotoluminescence from aqueous and non-aqueous solutions. *Ultrason. Sonochem.*, 1999, vol. 6, pp. 1–5.

8. Kalyanasundaram K. Photophysics, photochemistry and solar energy conversion with tris(bipyridyl)ruthenium(II) and its analogues. *Coordination Chemistry Reviews*, 1982, vol. 46, pp. 159–244.

9. Jonah Ch.D., Matheson M.S., Meisel D. Reaction of e_{aq}^- into excited states of $Ru(bpy)_3^{2+}$. *J. Am. Chem. Soc.*, 1978, vol. 100, pp. 1449–1456.

10. Pikaev A.K. Sovremennaya radiatsionnaya khimiya. Radioliz gazov i jidkostey (in Russian). Moscow, Nauka, 1986. 440 p.

SINGLE BUBBLE SONOCHEMILUMINESCENCE IN AQUEOUS SOLUTION OF BIVALENT RUTHENIUM COMPLEX

© G.L. Sharipov¹, A.M. Abdrakhmanov¹, B.M. Gareev¹, L.R. Yakshembetova¹, R. Khoroljav²

¹ Institute of Petrochemistry and Catalysis, RAS,
141, prospekt Oktyabrya, 450075, Ufa, Russian Federation

² Institute of Physics and Technology, Mongolian Academy of Sciences,
54B, Enkhtaivan av., Ulaanbaatar, Republic of Mongolia

Luminescence was detected in single bubble sonolysis of aqueous solutions of $Ru(bpy)_3Cl_2$ of low concentration ($2 \cdot 10^{-6}$ mol/l), caused by the formation of electron-excited ions $*[Ru(bpy)_3]^{2+}$. Possible mechanisms for the appearance of the band of the metal complex against the background of the structureless continuum of water in the spectrum of single bubble sonoluminescence, including the mechanism of sonophotoluminescence, are analyzed. The most significant mechanism is the sonochemiluminescence in oxidation-reduction reactions involving $[Ru(bpy)_3]^{2+}$ ions and radical products of sonolysis of water in the solution volume.

Key words: sonoluminescence, sonochemiluminescence, tris(bipyridine)ruthenium(II) dichloride.

УДК 576.5:57.085

**РАЗВИТИЕ АНДРОКЛИННЫХ РЕГЕНЕРАНТОВ ПШЕНИЦЫ
В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ *IN VITRO* И *EX VITRO*****© Н.Н. Круглова, О.А. Сельдиминова, Д.Ю. Зайцев,
И.Р. Галин, А.Е. Зинатуллина, Н.С. Анохина**

Исследование посвящено оценке в лабораторных условиях *in vitro* и *ex vitro* развития андроклинных регенерантов яровой мягкой пшеницы, полученных путем прямого полиэмбриоидогенеза *in vitro*, а также сравнению их этапов органогенеза и фенофаз развития с аналогичными показателями донорных растений в полевых условиях *in vivo*. Использовали методы культуры *in vitro* пыльников и полиэмбриоидов, цитогенетического анализа, лабораторной оценки всхожести зерновок, фенологических наблюдений, статистическую обработку полученных результатов. Установлено, что на I и II этапах органогенеза моноэмбриоиды, составляющие полиэмбриоид, развиваются различными темпами, однако на III этапе органогенеза все моноэмбриоиды одного полиэмбриоида находятся на одной и той же фенофазе. В целом андроклинные регенеранты в своем развитии *in vitro* и *ex vitro* проходят те же этапы органогенеза, те же фенофазы и в той же продолжительности, что и донорные растения *in vivo*. Дигамплоидные регенеранты формируют зерновки достаточно высокого качества. Выявлены сорта пшеницы, перспективные для биотехнологических исследований.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, *Triticum aestivum* L., культура пыльников *in vitro*, андроклиния, полиэмбриоид.

Для решения прикладных задач селекции яровой мягкой пшеницы разрабатываются различные биотехнологические методы, в частности, культура *in vitro* пыльников, основанная на феномене андроклинной гаплоидии и различных путях морфогенеза в культивируемых пыльниках [1–3], в том числе наиболее биотехнологически оптимальном пути – прямом эмбриоидогенезе *in vitro* [4].

Один из вариантов прямого андроклинного эмбриоидогенеза пшеницы – полиэмбриоидогенез *in vitro*, состоящий в формировании из морфогенетических клеток пыльника (как правило, микроспор) полиэмбриоидов – зародышеподобных полимерных структур, состоящих из субъединиц – моноэмбриоидов, объединенных единым корнем [5]. Одноклеточное происхождение полиэмбриоидов пшеницы гарантирует генетическую однородность получаемого селекционного матери-

ала. Нами предложено использовать феномен полиэмбриоидогенеза *in vitro* в биотехнологических исследованиях пшеницы как один из способов клонирования ценного селекционного материала [6].

Практическую значимость биотехнологических методов *in vitro* определяет образование на конечном этапе *ex vitro* полноценных фертильных растений-регенерантов. Поэтому важно проводить лабораторную оценку полученных регенерантов по таким показателям, как, например, их цитогенетический статус, прорастание спелых зерновок. Немаловажное значение имеет и сравнение этапов органогенеза и фенофаз развития регенерантов *in vitro* и *ex vitro* с аналогичными показателями донорных растений пшеницы в полевых условиях *in vivo*.

В связи с этим исследование посвящено оценке в лабораторных условиях *in vitro* и *ex vitro*

КРУГЛОВА Наталья Николаевна – д.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru
СЕЛЬДИМИНОВА Оксана Александровна – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН,
e-mail: seldimirova@anrb.ru

ЗАЙЦЕВ Денис Юрьевич – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru

ГАЛИН Ильшат Рафкатович – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru

ЗИНАТУЛЛИНА Анна Евгеньевна – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru

АНОХИНА Надежда Сергеевна – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru

развития андроклинных регенерантов пшеницы, полученных путем прямого полиэмбриоидогенеза *in vitro*, а также сравнению этапов их органогенеза и фенофаз развития с развитием донорных растений в полевых условиях *in vivo*.

Материал и методы исследования.

Объектом исследования послужили 5 сортов яровой мягкой пшеницы – Скала, Жница, Башкирская 26, Салават Юлаев и Экада 70, перспективных для климатической зоны Южного Урала. Донорные растения выращивали в полевых условиях научного стационара Уфимского Института биологии РАН (Уфимский район).

В работе применяли основанный на эмбриологических и физиологических данных метод культуры *in vitro* пыльников яровой мягкой пшеницы [1–3] с использованием авторской периодизации развития пыльников злаков, адаптированной к изучению андроклинии. Пыльники культивировали на индукционной среде Potato II с введением синтетического ауксина 2,4-Д в концентрации, ранее нами [6] выявленной как оптимальной для формирования полиэмбрионидов у каждого изучаемого сорта пшеницы. Так, для низкоауксиновых сортов Жница и Салават Юлаев концентрация 2,4-Д составила 1.0 мг/л, для высокоауксиновых сортов Скала, Башкирская 26 и Экада 70 – 0.5 мг/л.

Регенеранты из полиэмбрионидов получали на регенерационной среде Blaydes с введением гормонов ИУК и кинетин в концентрации 0.2 мг/л каждый.

Развитие регенерантов и донорных растений оценивали согласно этапам органогенеза и фено-

фазам развития злаков (по [7]). Вели цитогенетическую оценку регенерантов (по [8]) и общепринятую лабораторную оценку всхожести их зерновок.

Прижизненную съемку полиэмбрионидов и регенерантов проводили с применением цифровой камеры «Olympus Camedia C-4000» («Olympus Optical Co., LTD», Japan). Все эксперименты проводили в трех повторностях. Статистическую обработку полученных результатов вели с применением программы Microsoft Office Excel 2010. В таблицах приведены средние значения со стандартными ошибками.

Результаты и обсуждение. Сформированные полиэмбриониды с типичными для зародышей злаков органами (щиток-семядоля, дифференцированная почечка, состоящая из апекса побега и первого листа, колеоптиль, суспензор) (рис. 1, а) появлялись на поверхности пыльников (рис. 1, б) на 21–23-е сут от момента инокуляции пыльников на индукционную питательную среду.

В первые сутки от момента появления на пыльниках полиэмбриониды переносили на регенерационную среду, где они начинали прорастать (рис. 1, в) без прохождения периода покоя. Развитие проростка *in vitro* происходило в сходные сроки (в среднем 8 сут) и сходным образом с прорастанием зиготического зародыша пшеницы *in vivo*. На 7–8 сут у регенерантов (рис. 2, а) отмечено разворачивание первого листа, что соответствует I этапу органогенеза злаков, или фенофазе всходов.

Как правило, моноэмбриониды, составляющие полиэмбрионид, на ранних стадиях развива-

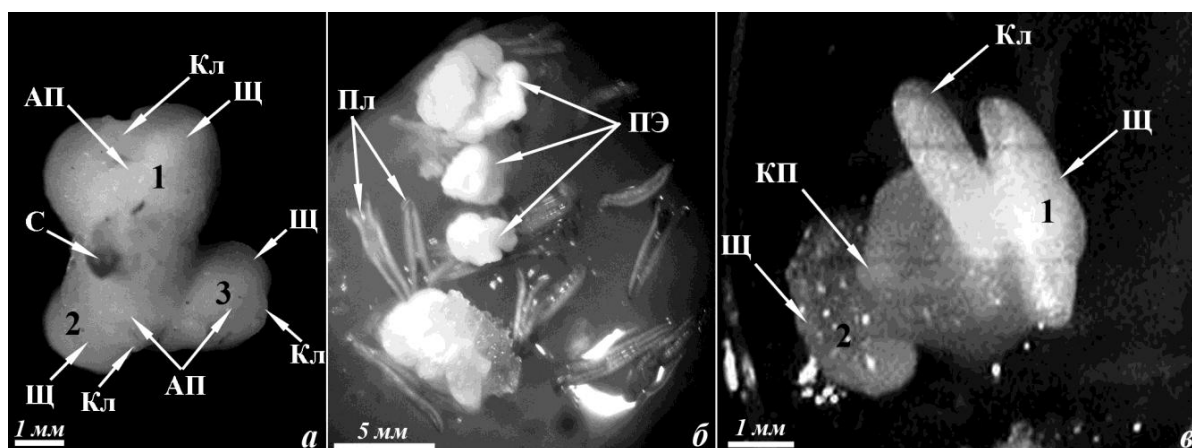


Рис. 1. Сформированный полиэмбрионид (а), полиэмбриониды на поверхности пыльников (б) и начало прорастания полиэмбрионид (в). Условные обозначения: АП – апекс побега, Кл – колеоптиль, КП – корневой полюс, ПЛ – пыльник, ПЭ – полиэмбрионид, С – суспензор, Щ – щиток. Прижизненная съемка
Примечание. Цифрами отмечены моноэмбриониды одного полиэмбрионид. Пояснения в тексте.

ются различными темпами, поэтому на рисунках временные показатели приведены для «лидирующего» моноэмбриоида.

В условиях выполненных экспериментов полиэмбриоиды всех изученных сортов пшеницы оказались способны к формированию проростков на регенерационной среде *in vitro*, но с различным количеством сформированных проростков на 7 сут культивирования (табл. 1). Сорта Жница, Скала и Салават Юлаев следует оценить как более перспективные для дальнейших биотехнологических исследований, поскольку их полиэмбриоиды способны формировать сравнительно большее количество проростков в условиях культуры *in vitro*.

Дальнейшее развитие регенерантов *in vitro* также шло сходно с развитием донорного растения в полевых условиях *in vivo*. На 12 сут культивирования отмечался II этап органогенеза, или фенофаза третьего листа (рис. 2, б), на 29 сут –

III этап органогенеза, или фенофаза кущения (рис. 2, в). Продолжительность этих этапов органогенеза и фенофаз совпадала с аналогичными показателями донорного растения. Следует отметить, что на III этапе органогенеза все моноэмбриоиды одного полиэмбриоида находятся в одной и той же фенофазе кущения, без выделения «лидирующего» моноэмбриоида.

В фенофазе кущения вели цитогенетический контроль растений-регенерантов. Для этого регенеранты извлекали из пробирок и подсчитывали число хромосом в метафазной пластинке клеток кончика одного из корешков. Растения, прошедшие тест на гаплоидность ($n=21$), подвергали воздействию смеси 0.2%-го колхицина и 0.03%-го папаверина (1:1) с целью их дигаплоидизации. Дигаплоидность ($n+n=42$) растений после процедуры воздействия смесью также контролировали и сравнивали с данными цитогенетического анализа донорного растения ($2n=42$).

Т а б л и ц а 1

Формирование 7-суточных проростков пшеницы при культивировании полиэмбриоидов на регенерационной среде *in vitro*

Сорт	Количество проростков на один полиэмбриоид, шт
Жница	5.7±0.3
Скала	4.7±0.3
Салават Юлаев	2.9±0.2
Башкирская 26	2.6±0.2
Экада 70	2.8±0.1

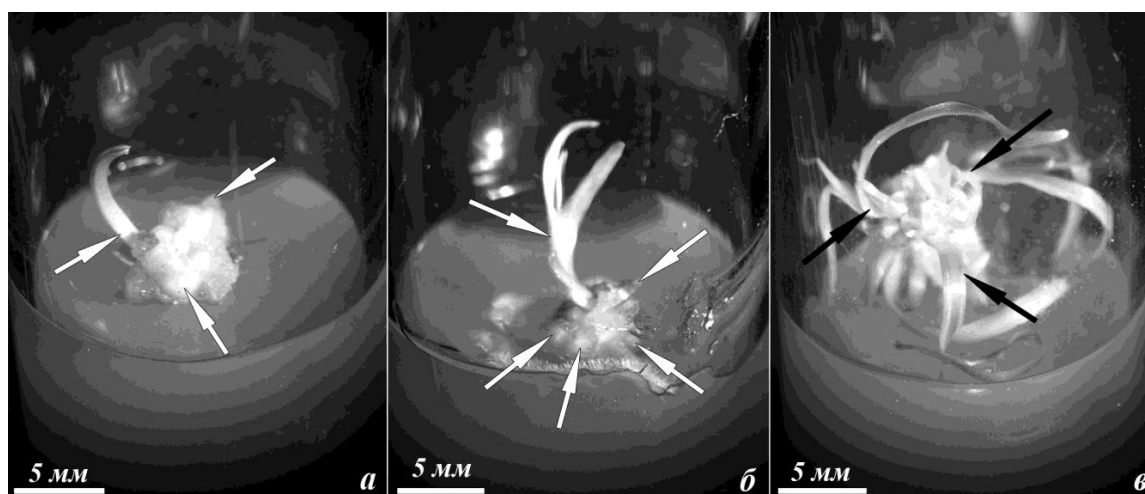


Рис. 2. Андроклиновые регенеранты пшеницы *in vitro* на I этапе органогенеза, или фенофазе всходов, 7 сут культивирования (а), II этапе органогенеза, или фенофазе третьего листа, 12 сут культивирования (б), III этапе органогенеза, или фенофазе кущения, 29 сут культивирования (в). Прижизненная съемка

Примечание. Стрелками отмечены моноэмбриоиды на различных стадиях развития (а, б) и отдельные моноэмбриоиды (в). Пояснения в тексте.

Дигаплоидные регенеранты высаживали в сосуды с почвенной смесью. Дальнейшая вегетация регенерантов проходила в условиях *ex vitro* на лабораторной светоплощадке при температурном режиме (+20...22°C) и освещенности, приближенной к условиям светового дня (16–18 тыс. люкс, 16 ч света/8 ч темноты). Развитие регенерантов *ex vitro* шло сходно с развитием донорных растений *in vivo* по продолжительности и последовательности прохождения этапов органогенеза и фенофаз развития: IV–V этапы, или фенофаза выхода в трубку (рис. 3, а), VI–VIII этапы, или фенофаза колошения, IX этап, или фенофаза цветения, X этап, или фенофаза молочной спелости зерна, XI этап, или фенофаза восковой спелости зерна (рис. 3, б), XII этап, или фенофаза полной спелости зерна (рис. 3, в).

В фенофазе полной спелости зерна провели лабораторную оценку всхожести зерновок полученных регенерантов их проращиванием в чашках Петри при

+27°C в темноте в течение 3 сут. Полученные результаты демонстрируют достаточно высокую лабораторную всхожесть зерновок регенерантов большинства изученных сортов пшеницы (табл. 2).

Исследованиям вопросов регенерации андроклиновых растений злаков из отдельных эмбрионидов в условиях *in vitro* и *ex vitro* посвящено немало публикаций (обзор [9]). Однако формирование и развитие регенерантов злаков полиэмбриодогенного происхождения за редким исключением [10] ранее не изучалось. Авторы работы [10] провели генетическое исследование андроклиновых полиэмбриодогенных регенерантов тритикале с использованием полиморфных SSR-маркеров и выявили клоновый статус большинства из них, при этом анализируя полиэмбрионид как целостную структуру, не приводя данных по отдельным ее моноэмбриоидам. В целом же исследования различных аспектов регенерации растений из полиэмбрионидов находятся на начальных этапах.

Т а б л и ц а 2

Лабораторная всхожесть зерновок регенерантов пшеницы различных сортов яровой мягкой пшеницы

Сорт	Лабораторная всхожесть зерновок, %
Жница	93.1±4.2
Салават Юлаев	93.1±1.4
Скала	92.8±3.6
Башкирская 26	92.4±3.7
Экада 70	88.7±2.3

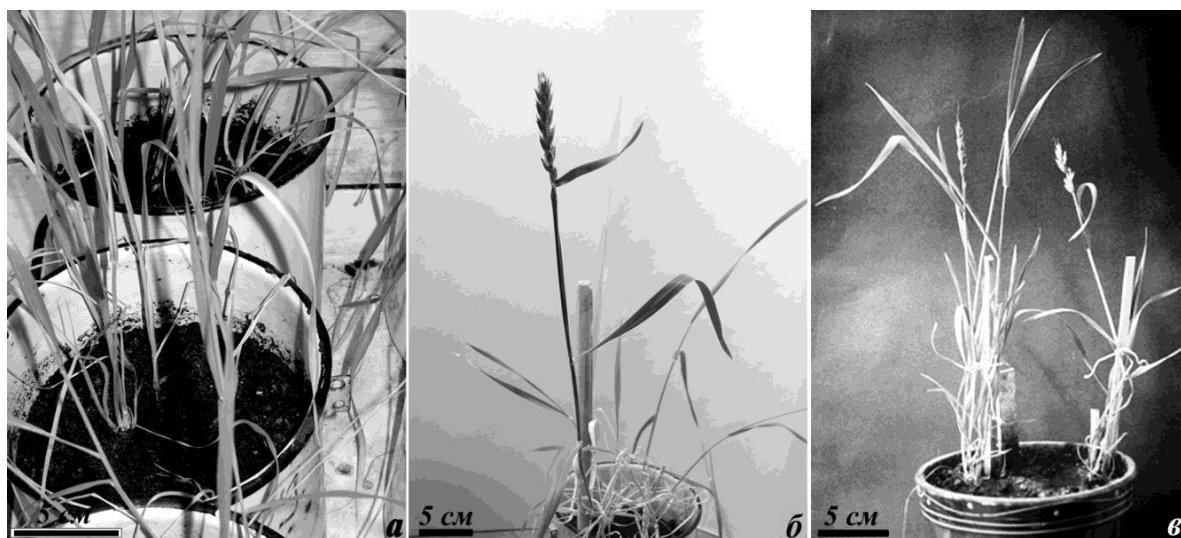


Рис. 3. Андроклиновые регенеранты пшеницы *ex vitro* на IV–V этапах органогенеза, или фенофазе выхода в трубку (а), XI этапе органогенеза, или фенофазе восковой спелости зерна (б), XII этапе органогенеза, или фенофазе полной спелости зерна (в). Прижизненная съемка

Примечание. Рамками отмечены регенеранты, образовавшиеся из моноэмбрионидов одного полиэмбриоида.

Таким образом, анализ полученных нами результатов свидетельствует, что андроклиновые регенеранты полиэмбриоидогенного происхождения могут быть использованы в биотехнологических программах пшеницы с различными целями.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 01201361803.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эмбриологические основы андроклинии пшеницы / Н.Н. Круглова, Т.Б. Батыгина, В.Ю. Горбунова, Г.Е. Титова, О.А. Сельдимирова. М.: Наука, 2005. 99 с.
2. От микроспоры – к сорту / Т.Б. Батыгина, Н.Н. Круглова, В.Ю. Горбунова, Г.Е. Титова, О.А. Сельдимирова. М.: Наука, 2010. 177 с.
3. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Регенерация пшеницы *in vitro* и *ex vitro*. Уфа: Гилем, 2011. 124 с.
4. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Особенности начальных этапов эмбриоидогенеза *in vitro* в каллусах различного происхождения // Известия РАН. Серия биол. 2013. Т. 40. № 5. С. 447–454.
5. Титова Г.Е., Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н., Галин И.Р., Батыгина Т.Б. Феномен «сиамских зародышей» у злаков *in vivo* и *in vitro*: кливажная полиэмбриония и фасциации // Онтогенез. 2016. Т. 47. № 3. С. 152–169.
6. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Формирование полиэмбриоидов в культуре *in vitro* как этап биотехнологии клонирования пшеницы // Известия Уфимского научного центра РАН. 2014. № 1. С. 22–26.
7. Батыгина Т.Б. Хлебное зерно. Л.: Наука, 1987. 103 с.
8. Световой микроскоп как инструмент в биотехнологии растений / Н.Н. Круглова, О.В. Егорова, О.А. Сельдимирова, Д.Ю. Зайцев, А.Е. Зинатуллина. Уфа: Гилем, 2013. 128 с.

9. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Андроклиновый эмбриоидогенез *in vitro* злаков // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134, № 5. С. 476–487.

10. Oleszczuk S., Tyrka M., Zimny J. The origin of clones among androgenic regenerants of hexaploid triticale // Euphytica. 2014. V. 198. P. 325–336.

References

1. Kruglova N.N., Batygina T.B., Gorbunova V.Yu., Titova G.E., Seldimirova O.A. Embriological bases of wheat androcliny. Moscow, Nauka, 2005. 99 p.
2. Batygina T.B., Kruglova N.N., Gorbunova V.Yu., Titova G.E., Seldimirova O.A. From microspore to cultivar. Moscow, Nauka, 2010. 177 p.
3. Kruglova N.N., Seldimirova O.A. Wheat regeneration *in vitro* and *ex vitro*. Ufa. Gilem, 2011. 124 p.
4. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Properties of the initial stages of embryogenesis *in vitro* in calli of various origin. Biology Bulletin, 2013, vol. 40, no. 5, pp. 447–454.
5. Titova G.E., Seldimirova O.A., Kruglova N.N., Galin I.R., Batygina T.B. Phenomenon of “Siamese embryos” in cereals *in vivo* and *in vitro*: Cleavage polyembryony and fasciations. Ontogenez, 2016, vol. 47, no. 3, pp. 152–169.
6. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Formation of polyembryoids in *in vitro* culture as a biotechnological stage in wheat cloning. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2014, no. 1. pp. 22–26.
7. Batygina T.B. Cereal grain. Leningrad, Nauka, 1987. 103 p.
8. Kruglova N.N., Egorova O.V., Seldimirova O.A., Zaytsev D.Yu., Zinatullina A.E. Light microscope as a tool in plant biotechnology. Ufa, Gilem, 2013. 128 p.
9. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Androclinal *in vitro* embryogenesis in cereals. Uspekhi sovremennoy biologii, 2014, vol. 134, no. 5, pp. 476–487.
10. Oleszczuk S., Tyrka M., Zimny J. The origin of clones among androgenic regenerants of hexaploid triticale. Euphytica, 2014, vol. 198, pp. 325–336.

DEVELOPMENT OF WHEAT ANDROCLINAL REGENERANTS UNDER LABORATORY CONDITIONS *IN VITRO* AND *EX VITRO*

© N.N. Kruglova, O.A. Seldimirova, D.Yu. Zaytsev, I.R. Galin, A.E. Zinatullina, N.S. Anokhina

Ufa Institute of Biology, RAS,
69, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

The study deals with the development in laboratory conditions *in vitro* and *ex vitro* of spring wheat androclinal regenerants obtained by direct polyembryoidogenesis *in vitro* as well as the comparison of its the stages of organogenesis and phenological phases of development with the similar indicators from donor plants in field conditions *in vivo*. Used methods were anther and polyembryoid culture *in vitro*, cytogenetic analysis, laboratory assessment of germination of grain, phenological observations and statistical processing of the obtained results. It was established that at I and II stages of organogenesis the monoembryoids as components of polyembryoid developed at different rates, but at III stage of organogenesis all monoembryoids of one polyembryoid are at the same phenological phase. Overall, androclinal regenerated in its development *in vitro* and *ex vitro* undergo the same stages of organogenesis, the same phenological phases and the same duration as the donor plants *in vivo*. Dihaploid regenerants form the grains of high enough quality. The cultivars of wheat, promising for biotechnological research, were identified.

Key words: spring soft wheat, *Triticum aestivum* L., anther culture *in vitro*, androclinal, polyembryoid

УДК 576.5:57.085

**РАЗВИТИЕ АНДРОКЛИННЫХ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ
В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ *IN VIVO*****© Н.Н. Круглова, О.А. Сельдиминова, Д.Ю. Зайцев,
И.Р. Галин, А.Е. Зинатуллина, Н.С. Анохина**

Исследование посвящено оценке в полевых условиях *in vivo* развития андроклинных растений яровой мягкой пшеницы поколения R1, полученных из зерновок регенерантов поколения R0 полиэмбриоидогенного происхождения *in vitro*, а также сравнению их этапов органогенеза и фенофаз развития с аналогичными показателями донорных растений в полевых условиях *in vivo*. Использовали методы полевого опыта, фенологических наблюдений, структурного анализа урожая, лабораторной оценки всхожести зерновок, статистическую обработку полученных результатов. Установлено, что в целом андроклинные растения пшеницы поколения R1 в своем развитии в полевых условиях *in vivo* проходят те же этапы органогенеза (I–XII) и те же фенофазы (от всходов до полной спелости зерна), как и донорные растения, при некотором ускорении продолжительности их вегетационного периода. Растения R1 формируют зерновки достаточно высокого качества. Выявлены сорта пшеницы, перспективные для биотехнологических исследований.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, *Triticum aestivum* L., андроклиния, полиэмбриоид, развитие растений в полевых условиях.

Инновационные агробиотехнологии в настоящее время все активнее используются для решения прикладных задач селекции яровой мягкой пшеницы. Одна из таких перспективных технологий базируется на использовании культуры *in vitro* пыльников, основанной на феномене андроклиной гаплоидии и различных путях морфогенеза в культивируемых пыльниках [1–3], в том числе наиболее биотехнологически оптимальном пути – прямом эмбриоидогенезе *in vitro* [4].

Один из вариантов прямого андроклинного эмбриоидогенеза пшеницы – полиэмбриоидогенез *in vitro*, состоящий в формировании из морфогенетических клеток пыльника (как правило, микроспор) полиэмбриоидов – зародышеподобных полимерных структур, состоящих из субъединиц – моноэмбриоидов, объединенных единым корнем [5]. Одноклеточное происхождение полиэмбриоидов пшеницы гарантирует генетическую

однородность получаемого селекционного материала. Нами предложено использовать феномен полиэмбриоидогенеза *in vitro* в биотехнологических исследованиях пшеницы как один из способов клонирования ценного селекционного материала [6].

Практическую значимость биотехнологических методов *in vitro* определяет образование на конечном этапе полноценных фертильных растений-регенерантов. Ранее нами была дана лабораторная оценка регенерантов поколения R0, полученных из полиэмбриоидов ряда сортов яровой мягкой пшеницы в условиях *in vitro* и *ex vitro*. Было показано, что андроклинные регенеранты в своем развитии *in vitro* и *ex vitro* проходят те же этапы органогенеза, те же фенофазы и в той же продолжительности, что и донорные растения *in vivo*; дигаплоидные регенеранты R0 формируют зерновки достаточно высокого качества [7].

КРУГЛОВА Наталья Николаевна – д.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru
СЕЛЬДИМИНОВА Оксана Александровна – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН,
e-mail: seldimirova@anrb.ru

ЗАЙЦЕВ Денис Юрьевич – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru
ГАЛИН Ильшат Рафкатович – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru
ЗИНАТУЛЛИНА Анна Евгеньевна – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru
АНОХИНА Надежда Сергеевна – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Kruglova@anrb.ru

В то же время в условиях *in vitro* и *ex vitro* возможно проводить анализ ограниченного числа признаков. Поэтому важно провести оценку развития растений пшеницы следующего поколения R1, полученных из зерновок регенерантов поколения R0, в полевых условиях *in vivo* по таким показателям, как продолжительность вегетативного периода, последовательность и продолжительность этапов органогенеза и фенофаз, а также ряду морфометрических показателей (высота, кустистость, семенная продуктивность). Немаловажное значение имеет и сравнение вегетационного периода, этапов органогенеза и фенофаз развития растений R1 с аналогичными показателями донорных растений пшеницы в полевых условиях *in vivo*.

В связи с этим исследование посвящено оценке в полевых условиях *in vivo* ряда морфометрических показателей растений пшеницы поколения R1, полученных из зерновок регенерантов поколения R0 полиэмбриодогенного происхождения *in vitro*, а также сравнению продолжительности их вегетационного периода, последовательности и продолжительности этапов органогенеза и фенофаз развития с развитием донорных растений в полевых условиях *in vivo*.

Материал и методы исследования. Объектом исследования послужили растения поколения R1 сортов яровой мягкой пшеницы – Скала, Жница, Башкирская 26, Салават Юлаев и Экада 70, перспективных для климатической зоны Южного Урала. Растения R1 и донорные растения выращивали в полевых условиях научного стационара Уфимского Института биологии РАН (Уфимский район) в вегетационный сезон 2016 г.

В работе применяли методику полевого опыта [8], при этом для растений R1 каждого сорта пшеницы определяли следующие продуктивные показатели структурного урожая: высоту растения, общую и продуктивную кустистость, количество и массу зерен с одного растения. Развитие растений R1 и донорных растений оценивали согласно этапам органогенеза и фенофазам развития злаков (по [9]). Вели лабораторную оценку всхожести зерновок растений R1 общепринятым методом.

Все эксперименты проводили в трех повторностях. Статистическую обработку полученных результатов вели с применением программы Microsoft Office Excel 2010. В таблицах приведены средние значения со стандартными ошибками.

Результаты и обсуждение. Андроклинные растения пшеницы поколения R1 изучаемых сортов изучали в полевых условиях научного стационара (Уфимский район) в течение вегетационного сезона 2016 года. Согласно анализу полученных данных, развитие растений пшеницы R1 *in vivo* шло сходно с развитием донорных растений *in vivo* по продолжительности и последовательности прохождения этапов органогенеза и фенофаз развития.

На 7–8 сут от посева зерновок регенерантов R0 у растений R1 отмечается разворачивание выходящего из coleoptиле первого листа, что соответствует I этапу органогенеза, или фенофазе всходов; через 12–15 сут наблюдается разворачивание третьего листа, или II этап органогенеза, или фенофаза третьего листа (рис. 1, а); через 29–32 сут начинается образование боковых побегов, или III этап органогенеза, или фенофаза кущения (рис. 1, б); через 45–48 сут отмечается начало

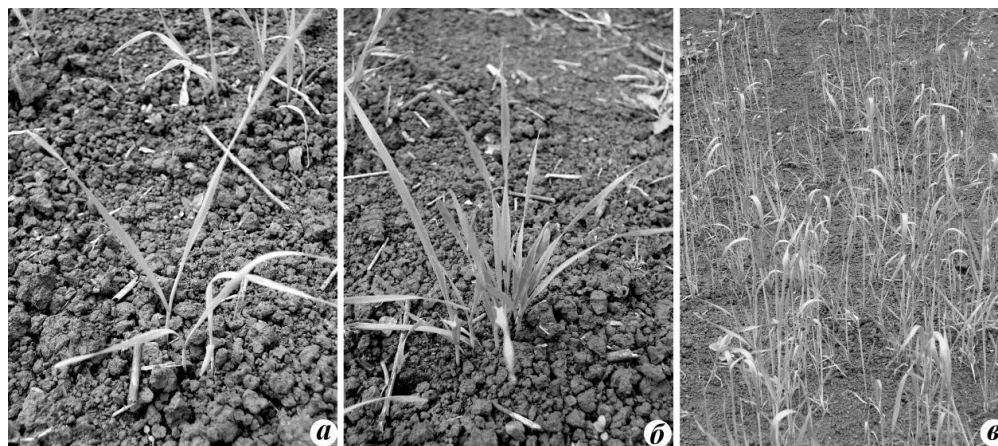


Рис. 1. Андроклинные растения пшеницы поколения R1 сортов Салават Юлаев (а), Скала (б), Жница (в) в различные фенофазы в полевых условиях *in vivo*. Пояснения в тексте

роста стебля – это IV–V этапы органогенеза, или фенофаза выхода в трубку (рис. 1, в); через 86–89 сут отмечается выдвигание колоса наполовину из влагалища верхнего листа, что соответствует VI–VIII этапам органогенеза, или фенофазе колошения; через 101–113 сут наступает IX этап органогенеза, или фенофаза цветения, которые определяются созревaniem пыльников цветков средней трети колоса; через 125–131 сут отмечается X этап органогенеза, или фенофаза молочной спелости зерна; через 145–150 сут отмечается XI этап органогенеза, или фенофаза воско-

вой спелости зерна (рис. 2); через 161–165 сут – XII этап органогенеза, или фенофаза полной спелости зерна.

Период вегетации андроклинных растений пшеницы R1 в полевых условиях *in vivo* по продолжительности (163±5 сут) практически совпал с периодом вегетации донорных растений (170±3 сут) при некотором ускорении развития андроклинных растений.

В фенофазу полной спелости зерна была дана оценка ряда морфометрических показателей андроклинных регенерантов R1 (табл. 1).



Рис. 2. Андроклинные растения пшеницы поколения R1 сортов Скала (а), Жница (б), Башкирская 26 (в) в фенофазу восковой спелости зерна в полевых условиях *in vivo*. Пояснения в тексте

Т а б л и ц а 1

Морфометрические показатели андроклинных растений пшеницы поколения R1 в полевых условиях (сезон 2016 г.)

Сорт	Высота растения, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Число зерен с растения, шт.	Масса зерна в колосе, г	Масса зерна с растения, г
Жница	110±15	23.7±7.0	31.2±8.1	192±29	1.5±0.39	6.9±1.5
Скала	107±13	22.5±6.0	29.2±7.5	187±22	1.4±0.46	6.3±1.7
Салават Юлаев	105±18	22.7±4.0	30.7±3.1	182±19	1.5±0.86	6.1±1.3
Башкирская 26	100±17	20.7±8.0	21.2±9.1	176±12	1.1±0.41	5.9±1.5
Экада 70	88±12	18.3±4.1	19.2±7.1	161±17	0.9±0.21	4.8±1.1

Т а б л и ц а 2

Всхожесть зерновок андроклинных растений пшеницы поколения R1 в лабораторных условиях

Сорт	Лабораторная всхожесть зерновок, %
Жница	91.1±3.2
Скала	83.1±1.9
Салават Юлаев	78.8±4.6
Башкирская 26	62.4±3.7
Экада 70	58.7±2.3

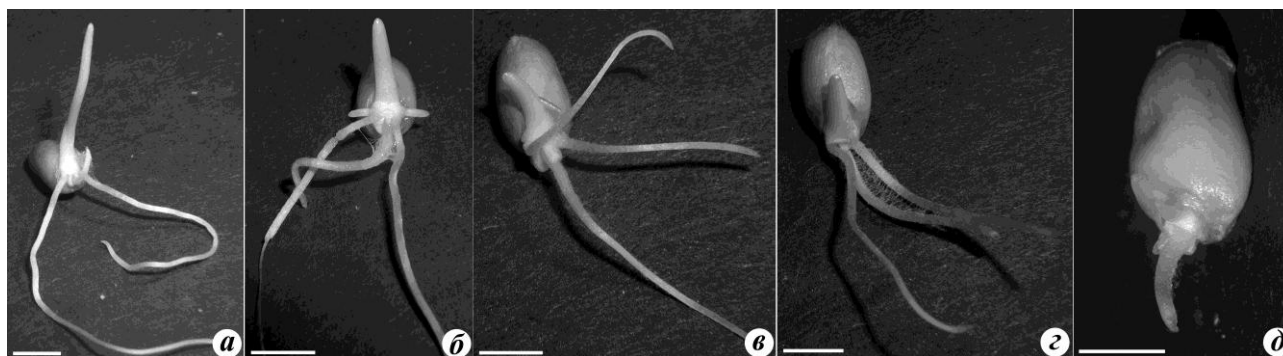


Рис. 3. Проращивание зерновок андроклиновых растений пшеницы поколения R1 сортов Жница (а), Скала (б), Башкирская 26 (в), Салават Юлаев (г), Экада 70 (д) в лабораторных условиях. Масштаб – 3 мм

В фенофазе полной спелости зерна провели лабораторную оценку всхожести зерновок растений R1 их проращиванием в чашках Петри при +27°C в темноте в течение 3 сут (рис. 3, табл. 2).

Полученные результаты демонстрируют различную лабораторную всхожесть зерновок растений (см. табл. 2), что позволило разбить изучаемые сорта пшеницы на условные группы: I группа – всхожесть зерновок выше 80% (Жница, Скала), II группа – всхожесть зерновок от 60 до 80% (Салават Юлаев, Башкирская 26) и III группа – всхожесть зерновок менее 60% (Экада 70). Таким образом, сорта пшеницы Жница и Скала следует оценить как более перспективные для дальнейших биотехнологических исследований, поскольку зерновки их растений поколения R1 характеризуются повышенными показателями всхожести. Эти данные совпадают с ранее полученными данными о способности полиэмбрионов пшеницы именно этих сортов формировать сравнительно большее количество проростков в условиях культуры *in vitro* [7].

Исследованиям различных вопросов регенерации андроклиновых растений злаков из отдельных эмбрионов в условиях *in vitro* и *ex vitro* посвящено немало публикаций (обзор [10]). Однако формирование и развитие растений злаков полиэмбриодогенного происхождения в полевых условиях *in vivo* ранее не изучалось.

Таким образом, анализ полученных нами результатов свидетельствует, что андроклиновые растения полиэмбриодогенного происхождения могут быть использованы в биотехнологических программах пшеницы с различными целями.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 01201361803.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эмбриологические основы андроклинии пшеницы / Н.Н. Круглова, Т.Б. Батыгина, В.Ю. Горбунова, Г.Е. Титова, О.А. Сельдимирова. М.: Наука, 2005. 99 с.
2. От микроспоры – к сорту / Т.Б. Батыгина, Н.Н. Круглова, В.Ю. Горбунова, Г.Е. Титова, О.А. Сельдимирова. М.: Наука, 2010. 177 с.
3. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Регенерация пшеницы *in vitro* и *ex vitro*. Уфа: Гилем, 2011. 124 с.
4. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Особенности начальных этапов эмбриодогенеза *in vitro* в каллусах различного происхождения // Известия РАН. Серия биол. 2013. Т. 40, № 5. С. 565–573.
5. Титова Г.Е., Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н., Галин И.Р., Батыгина Т.Б. Феномен «сиамских зародышей» у злаков *in vivo* и *in vitro*: кливажная полиэмбриония и фасциации // Онтогенез. 2016. Т. 47, № 3. С. 152–169.
6. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Формирование полиэмбрионов в культуре *in vitro* как этап биотехнологии клонирования пшеницы // Известия Уфимского научного центра РАН. 2014. № 1. С. 22–26.
7. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зайцев Д.Ю., Галин И.Р., Зинатуллина А.Е., Анохина Н.С. Развитие андроклиновых регенерантов пшеницы в лабораторных условиях *in vitro* и *ex vitro* // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. С. 21–25.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Батыгина Т.Б. Хлебное зерно. Л.: Наука, 1987. 103 с.

10. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Андроклиный эмбриогенез *in vitro* злаков // Успехи соврем. биологии. 2014. Т. 134, № 5. С. 476–487.

References

1. Kruglova N.N., Batygina T.B., Gorbunova V.Yu., Titova G.E., Seldimirova O.A. Embriological bases of wheat androcliny. Moscow, Nauka, 2005. 99 p.

2. Batygina T.B., Kruglova N.N., Gorbunova V.Yu., Titova G.E., Seldimirova O.A. From microspore to cultivar. Moscow, Nauka, 2010. 177 p.

3. Kruglova N.N., Seldimirova O.A. Wheat regeneration *in vitro* and *ex vitro*. Ufa. Gilem, 2011. 124 p.

4. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Properties of the initial stages of embryogenesis *in vitro* in calli of various origin. Biology Bulletin, 2013, vol. 40, no. 5, pp. 447–454.

5. Titova G.E., Seldimirova O.A., Kruglova N.N., Galin I.R., Batygina T.B. Phenomenon of “Siamese embryos” in cereals *in vivo* and *in vitro*: Cleavage

polyembryony and fasciations. Ontogenez, 2016, vol. 47, no. 3, pp. 152–169.

6. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Formation of polyembryoids in culture *in vitro* as a biotechnological stage in wheat cloning. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2014, no. 1. pp. 22–26.

7. Kruglova N.N., Seldimirova O.A., Zaytsev D.Yu., Galin I.R., Zinatullina A.E., Anokhina N.S. Development of wheat androclinal regenerants under laboratory conditions *in vitro* and *ex vitro*. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2017. (In print).

8. Dospekhov B.A. Field experimental methods (with fundamentals of statistical processing of the research results). Moscow, Agropromizdat, 1985. 351 p.

9. Batygina T.B. Cereal grain. Leningrad, Nauka, 1987. 103 p.

10. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Androclinal *in vitro* embryogenesis in cereals. Uspekhi sovremennoy biologii, 2014, vol. 134, no. 5, pp. 476–487.



DEVELOPMENT OF WHEAT ANDROCLINAL PLANTS UNDER FIELD CONDITIONS *IN VIVO*

© N.N. Kruglova, O.A. Seldimirova, D.Yu. Zaytsev, I.R. Galin, A.E. Zinatullina, N.S. Anokhina

Ufa Institute of Biology, RAS,
69, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

The study deals with the evaluation in field conditions *in vivo* of development of spring wheat androclinal plants R1 obtained from grains of regenerants R0 of polyembryoidogenic origin *in vitro* as well as the comparison of its the stages of organogenesis and phenological phases of development with the similar indicators from donor plants in field conditions *in vivo*. The used methods were field experience, phenological observations, structural analysis of the harvest, laboratory assessment of germination of grains and statistical processing of the obtained results. It was established that in general wheat androclinal plants R1 during its development in field conditions *in vivo* undergo the same stages of organogenesis (I–XII), the same phenological phases (from shoots to full ripeness of grain) as the donor plants while some acceleration of the length of their growing season. Plants R1 form the grains of high enough quality. The cultivars of wheat, promising for biotechnological research, were identified.

Key words: spring soft wheat, *Triticum aestivum* L., androcliny, polyembryoid, plant development in field conditions.

УДК 581.553+638.132.15

АНАЛИЗ МЕДОПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ХРЕБТОВ УРАЛТАУ, ИРЕНДЫК, КРЫКТЫТАУ НА ТЕРРИТОРИИ АБЗЕЛИЛОВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

© Л.М. Ишбирдина, Р.Г. Фархутдинов, Р.Р. Хисамов, Э.А.Фазлутдинов

В полевой сезон 2016 года было проведено предварительное обследование растительных сообществ горно-лесной зоны Абзелиловского района Республики Башкортостан как потенциальной базы развития лесного пчеловодства. В западной части района хребты Уралтау, Ирендик, Крыктытау образуют горно-лесную зону, восточная часть района занята грядово-мелкосопочной равниной. Пробные площадки подбирались с учетом возможности организации и содержания пасек. В ходе маршрутного обследования территории было выполнено 14 полных геоботанических описаний в разных типах травянистых, кустарниковых и лесных сообществ. Описанные сообщества отнесены к 3 классам, 5 порядкам, 6 союзам и 3 подсоюзам флористической классификации. Была проведена оценка нектаропродуктивности пробных площадок и их медопродуктивный потенциал. Нектаропродуктивность ксерофитных и ксеромезофитных травянистых сообществ, подверженных выпасу скотом, колеблется в пределах от 2–5 до 10 кг/га. На вырубках нектаропродуктивность участков доходила до 70–90 кг/га. Средняя нектаропродуктивность травянистых сообществ на пробных площадках составила 14.6 кг/га, что можно охарактеризовать как поддерживающий медосбор. Методом опроса жителей 7 населенных пунктов, вблизи которых были заложены пробные площадки, установлено, что в среднем в каждом поселении имелось от 2 до 10 пчелиных семей на 50–100 хозяйств. Продукты пчеловодства используются в основном только для личных нужд. Это свидетельствует о низком уровне развитии пчеловодства в изученной местности.

Ключевые слова: медоносные ресурсы, травянистые медоносы, лесное пчеловодство, горно-лесная зона Республики Башкортостан.

Одним из доступных способов обеспечения занятости населения является развитие в Зауральском регионе лесного пчеловодства, которое, помимо получения продуктов пчеловодства, важно для увеличения семенной продуктивности энтомофильных видов сосудистых растений, формирующих лесные и луговые растительные сообщества. Кроме того, исследование медоносных ресурсов необходимо как научная база для развития эксплуатации лесного и граничащих с ним травянистых биоценозов, что также способствует сохранению и размножению редких и исчезающих видов растений и растительных сообществ в целом [1].

Характеристика района исследований.

Абзелиловский район Республики Башкортостан находится в пределах зоны хребта Уралтау и Магнитогорского мегасинклинария. В западной части района хребты Уралтау, Ирендик, Крыктытау образуют горно-лесную зону, восточная часть района занята грядово-мелкосопочной равниной с пологим уклоном к долине р. Урал [2]. По сельскохозяйственному использованию район входит в зауральскую степную зону [2].

Материалы и методы исследований.

В ходе маршрутного обследования территории было выполнено 14 полных геоботанических описаний в разных типах травянистых, кустарниковых

ИШБИРДИНА Лилия Маратовна – к.б.н., Башкирский государственный аграрный университет, e-mail: butomus11@yandex.ru

ФАРХУТДИНОВ Рашит Габдулхаевич – д.б.н., Башкирский государственный университет, e-mail: frg2@mail.ru

ХИСАМОВ Раиль Рауфович – д.б.н., Башкирский государственный аграрный университет, e-mail: hisrail@mail.ru

ФАЗЛУТДИНОВ Эльдар Айратович, Башкирский государственный аграрный университет, e-mail: hisrail@mail.ru

и лесных сообществ. Площадки имели размер от 225 до 400 м². Обилие вида на площадке оценивалось по шкале Браун-Бланке. Классификация растительности проведена до ранга союзов и подсоюзов по методу Браун-Бланке [3]. Названия видов растений приведены по С.К. Черепанову [4]. Нектаропродуктивность сообществ лугов, лесных полян, опушек и выгонов может сильно варьировать, в зависимости от густоты произрастания медоносов. С этой целью пользовались методом учетных делянок в 1 м² (рамкой размером 1×1 м). Нектаропродуктивность травянистых сообществ (лугов, лесных полян, опушек и выгонов), покрытых смешанной растительностью, определяли по густоте произрастания медоносов. Пробную площадку обследовали по диагонали, через каждые 5 шагов определяли на земле квадрат размером 1 м². Среднее количество определений – 5–7 на одной пробной площадке. Подсчитывали количество стеблей каждого нектароноса в травостое. Для подсчетов сумму стеблей всех растений принимали за 100% и вычисляли процент каждого нектароносного вида. По соотношению растений в травостое определяли площадь, которая в общей сложности приходилась на долю соответствующего медоноса на всем участке пробной площадки. На основе справочных данных вычисляли общий запас некта-

ра на пробной площадке [5]. К доступным запасам относится то количество нектара, которое пчелы могут собрать, т.е. 30–50% потенциального запаса данного участка [5].

Результаты исследований. Всего при первом обследовании растительности как базы для развития лесного пчеловодства в Абзелиловском районе Башкортостана были описаны сообщества, отнесенные к 3 классам, 5 порядкам, 6 союзам и 3 подсоюзам растительности. Продромус сообществ представлен ниже.

Описание пробных площадок:

Сообщество подсоюза *Helictotricho desertori-Stipenion rubentis* (Диагностические виды (Д.в.) в табл. 1, описания 1, 2).

Проективное покрытие травяного яруса 80–85%, кустарникового яруса – 5%. Среднее число видов в описании – 67. Типичные настоящие степи союза *Helictotricho-Stipion* с преобладанием *Stipa lessingiana*, *S. zaleskii* распространены в Башкирском Зауралье [6]. В Абзелиловском районе данные сообщества были описаны на хребте Крыктыгау, где они приурочены к нижним частям склонов южной экспозиции. В данных сообществах присутствуют виды-медоносы, типичные для настоящих степей (*Galium verum*, *Filipendula vulgaris*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Medicago falcata*,

ПРОДРОМУС РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ, СЛУЖАЩИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ БАЗОЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ПЧЕЛОВОДСТВА НА ТЕРРИТОРИИ АБЗЕЛИЛОВСКОГО РАЙОНА РБ

Класс *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947

Порядок *Helictotricho-Stipetalia* Toman 1969

Союз *Helictotricho desertori-Stipenion rubentis* Toman 1969

Подсоюз *Helictotricho desertori-Stipenion rubentis* Toman 1969

Союз *Amygdalion nanae* Golub 2011

Класс *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937

Порядок *Carici macrourae-Crepidetalia sibiricae* Ermakov et al. 1999

Союз *Polygonion krascheninnikovii* Kashapov 1985

Подсоюз *Polygonenion krascheninnikovii* Mukhamediarova ex Yamalov et Sultangareeva 2010

Подсоюз *Amorio montanae-Polygonenion krascheninnikovii* Mukhamediarova ex Yamalov et

Sultangareeva 2010

Порядок *Arrhenatheretalia* R. Tx. 1931

Союз *Festucion pratensis* Sipajlova et al. 1985

Подсоюз *Festucion pratensis* Mirkin et Naumova 1986

Класс *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae* Ermakov, Koroljuk et Latchinsky 1991

Порядок *Chamaecytiso ruthenici-Pinetalia sylvestris* Solomeshch et Ermakov in Ermakov et al. 2000

Союз *Trollio europaea-Pinion sylvestris* Fedorov ex Ermakov et al. 2000

Союз *Veronico teucrii-Pinion sylvestris* Ermakov in Ermakov et al. 2000

Thymus marschallianus, *Phlomis tuberosa*, *Amoria montana*, *Potentilla argentea*, *Centaurea scabiosa*, *Fragaria viridis* и др.). На смешанный тип увлажнения местообитаний данных сообществ указывают постоянно встречающиеся луговые медоносы, характерные для вторичных лесных мезофитных лугов Южного Урала (*Lupinaster pentaphyllus*, *Origanum vulgare*, *Stachys officinalis* и др.), а также лугов на богатых незасоленных почвах [3] (*Achillea millefolium*, *Sanguisorba officinalis*, *Galium boreale*, *Pimpinella saxifraga* и др.). Изредка встречаются кустарниковые медоносы: *Caragana frutex*, *Spiraea crenata*, *Rosa majalis*. С небольшим обилием присутствует ряд медоносных видов, имеющих оптимум в гемибореальных остепненных и мезоксерофитных сосновых и березовых горных лесах (*Veronica spicata*, *Aster alpinus*, *Campanula rotundifolia*, *Sedum hybridum* и др.), граничащих с данным сообществом.

Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 2 составила 5 кг/га, а на пробной площадке 3 – 12 кг/га.

Сообщество союза *Amygdalion nanae* (Д.в. в табл. 1, описание 3).

Проективное покрытие травяного яруса 80%, кустарникового яруса – 45%. Число видов в описании – 52. Медоносные кустарники *Caragana frutex*, *Spiraea crenata*, *Cerasus fruticosa* образуют ярус сомкнутостью от 20 до 80% и средней высотой 60–80 см. Травостой представлен луговыми, степными и опушечными видами. Постоянно встречаются медоносные степные виды (*Achillea setacea*, *Amoria montana*, *Centaurea scabiosa*, *Galium verum*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Filipendula vulgaris*, *Fragaria viridis*, *Phlomis tuberosa* и др.). На мезофитные условия местообитаний, создающиеся под пологом кустарников, указывает присутствие видов вторичных лесных лугов, так же являющихся хорошими медоносами и пергоносами: *Aconogonon alpinum*, *Veronica teucrium*, *Origanum vulgare*.

Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 1 составила 38 кг/га.

Сообщество подсоюза *Polygonion krasheninnikovii* (Д.в. в табл. 1, описание 4).

Проективное покрытие травяного яруса 85%, среднее число видов в описании – 28. Сообще-

ства подсоюза представляют собой лесные мезофитные луга Южного Урала. Среди медоносов с высоким обилием встречаются луговые мезофитные медоносы (*Geum rivale*, *Alchemilla vulgaris*, *Aconogonon alpinum*, *Trollius europaeus*, *Trifolium pratense*, *Leucanthemum vulgare*, *Amoria repens*, *Vicia cracca* и др.).

Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 4 составила 7 кг/га.

Сообщество подсоюза *Amorio montanae-Polygonion krasheninnikovii* (Д.в. в табл. 1, описание 5).

Проективное покрытие травяного яруса 70%, среднее число видов в описании – 66. Подсоюз объединяет сообщества остепненных лесных среднегорных лугов Южного Урала. В травостое помимо ксеромезофитных видов (*Fragaria viridis*, *Filipendula vulgaris*, *Centaurea scabiosa*, *Phlomis tuberosa*, *Amoria montana*), являющихся ценными медоносами, постоянно встречаются мезофитные медоносы вторичных лесных лугов Южного Урала (*Geum rivale*, *Bistorta major*, *Trollius europaeus*, *Aegopodium podagraria*), а также виды лугов на богатых почвах (*Trifolium pratense*, *Galium album*, *Sanguisorba officinalis*, *Achillea millefolium*, *Galium boreale*, *Geranium pratense* и др.). Кроме того, хорошо представлены виды-медоносы, характерные для мезофитных сосновых и сосново-березовых лесов Южного Урала (*Veronica spuria*, *Inula hirta*, *Veronica chamaedrys* и др.). Значительная пастбищная нагрузка диагностируется присутствием рудеральных видов-медоносов *Linaria vulgaris*, *Pastinaca sativa* и *Berteroa incana*.

Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 5 составила 10 кг/га.

Сообщество союза *Polygonion krasheninnikovii* (Д.в. в табл. 1, описания 6, 7, 8).

Среднее проективное покрытие травяного яруса 70%, средняя сомкнутость древесного яруса 3%, среднее число видов в описании – 68. Союз объединяет сообщества лесных мезофитных лугов Южного Урала. Сообщества, отнесенные к этому союзу, описаны на лесных полянах березового леса и в слабо выпасаемых разреженных березовых лесах.

Сокращенная таблица растительных сообществ, служащих потенциальной базой для развития лесного пчеловодства в горно-лесной зоне Абзелюловского района РБ

Площадь описания, м ²	400	400	225	225	225	400	225	225	225	400	400	625	400	400	
Средняя высота древесного яруса, м												15	20	15	15
Средняя высота кустарникового яруса, м	0,7	0,6	0,8												
Средняя высота травяного яруса, см	25	25	25	50	30	50	20	70	35	45	45	45	45	40	40
Общее проективное покрытие (ОПП) древесного яруса, %												50	55	40	10
ОПП кустарникового яруса, %	5	5	45									5	5	5	5
ОПП травяного яруса, %	85	80	80	85	70	80	65	60	75	75	40	80	75	60	60
Число видов на пробной площади	70	64	52	28	66	52	45	85	61	62	47	97	90	98	98
Авторский номер описания	13	14	6	1	10	8	4	3	7	9	5	11	12	2	2
Табличный номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14
Д.в. подсоюза <i>Helictotricho desertori-Stipenion rubentis</i> , союза <i>Helictotricho-Stipion</i> и порядка <i>Helictotricho-Stipetalia</i>															
<i>Galatella angustissima</i> *	+	+	r							+					
<i>Stipa lessingiana</i>	1	1													
<i>Helictotrichon desertorum</i>	+	1													
Д.в. союза <i>Amygdalion nanae</i>															
<i>Caragana frutex</i> * C.f.-P.s.	r	r	1						r			+			r
<i>Spiraea crenata</i> *	r	r	1												
<i>Cerasus fruticosa</i> * C.f.-P.s.			1												
Д.в. союза <i>Festucion valesiacaе</i> , порядка <i>Festucetalia valesiacaе</i>															
<i>Dracocephalum ruyschiana</i> * C.m.-C.s., V.t.-P.s	+	+	+			+				+	+	+	+	r	
<i>Achillea setacea</i> *	1	+	+							+	r	r	+	r	
<i>Stipa pennata</i>	+	+	r							r	r				
<i>Medicago falcata</i> *	+		+							+	+				
<i>Stipa capillata</i>	+	+	+							r	r				
<i>Stipa tirma</i>	r	r	+							r	r				
<i>Thymus marschallianus</i> *	+	+	r												
<i>Polygala comosa</i> *	r	r													
Д.в. класса <i>Festuco-Brometea</i>															
<i>Potentilla argentea</i> * P.k.	1	+	+		+		+	+	+	+					+
<i>Thalictrum minus</i> * B.p.-B.p.	+	r	+		+	+				r	+		+	+	
<i>Artemisia sericea</i> ** C.f.-P.s.	+	+	+							r	+		r	+	
<i>Dianthus versicolor</i> *	+	+	+							+	+				+
<i>Plantago urvillei</i> **	r	+								+	+				+
<i>Phleum phleoides</i> V.t.-P.s	+	+	+								+				
<i>Rosa majalis</i> *	+	r													
<i>Trommsdorffia maculata</i> *										+	+	r	+	+	
Д.в. подсоюза <i>Polygonenion krasheninnikovii</i>															
<i>Filipendula ulmaria</i> **				1	+	+	+	+	+			+	+	+	+
<i>Geum rivale</i> *				1	+	+	+	+			r	+	r	r	
<i>Alopecurus pratensis</i> M.-A.				2					+				+	+	1
<i>Ranunculus acris</i> M.-A.				+				r	+						
<i>Angelica sylvestris</i> * M.-A.				r	r	+									
<i>Cirsium heterophyllum</i> *				r				r							
<i>Deschampsia cespitosa</i>				+				r							
Д.в. подсоюза <i>Amorio montanae-Polygonenion krasheninnikovii</i>															
<i>Galium verum</i> * F.v., V.t.-P.s	+	+	1		1	+				+	+		+	+	
<i>Fragaria viridis</i> * F.-B.	+	+	+		1		+			+	+	+	+	r	1
<i>Filipendula vulgaris</i> * F.v., V.t.-P.s	+	+	+		1	+			r	+	+	r	+	+	+
<i>Centaurea scabiosa</i> * F.-B.	+	+	+		+	+				+	+	+	+	+	

<i>Phlomis tuberosa</i> * F.v., V.t.-P.s	+	+	+		+				r		r	+	+	
<i>Amoria montana</i> * F.-B.	+	+	+		+				+	+				
<i>Adonis vernalis</i> * F.v.	+	+	+		r				+	+				
<i>Astragalus danicus</i> *	+				r									+
Д.в. союза <i>Polygonion krascheninnikovii</i>														
<i>Origanum vulgare</i> * V.t.-P.s	+	+	+		r	r		l	+	+	r	+	+	l
<i>Veronica teucrium</i> * O.v., V.t.-P.s	+	+	+	r	r	r	+	+			+	+	+	+
<i>Stachys officinalis</i> * O.v., B.p.-B.p.	+				r	+	+	+	+	+	r	+	+	+
<i>Trifolium medium</i> * B.p.-B.p.					+	r	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lupinaster pentaphyllus</i> * B.p.-B.p.	r	+				+	r	r				+	+	
<i>Thalictrum simplex</i> C.m.-C.s.			+	r	r	+	r	r	+			+	r	
<i>Hypericum perforatum</i> *				r		+	+	+			r	+	+	+
<i>Alchemilla vulgaris</i> *				2		+	+	+			+	+	+	+
<i>Aconogonon alpinum</i> * C.m.-C.s.			l	l	r	r	r	+		+	r	l	l	
<i>Campanula persicifolia</i> * O.v.								+		r		r	+	+
<i>Lathyrus pisiiformis</i> * C.m.-C.s.						+		r				r	+	
Д.в. порядка <i>Caricimacroureae-Crepidetalia sibiricae</i>														
<i>Crepis sibirica</i> *					r	r		r			r	r	r	r
<i>Lilium martagon</i> *								r			r	r	r	r
Д.в. подсоюза <i>Festucenion pratensis</i> и союза <i>Festucenion pratensis</i>														
<i>Poa pratensis</i> M.-A.					+	+	+		l	l				+
<i>Trifolium pratense</i> * M.-A.	+			l	+	+	+		+	+	+	r	r	+
<i>Festuca pratensis</i> M.-A.			+	2	+	+	+	l	l	l		+	+	l
<i>Phleum pratense</i> M.-A.					+				+	r		+	r	l
<i>Galium album</i> *					+				l	+		+	+	+
<i>Festuca rubra</i> M.-A.			+						r	r		+	r	
Д.в. порядка <i>Arrhenatheretalia</i> и класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>														
<i>Sanguisorba officinalis</i> *	+	+			+	l	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Achillea millefolium</i> *	+	+		+	l	l	+	+	+	l		+	r	l
<i>Galium boreale</i> *	+	r			+	+	r	+	+	+		+	+	+
<i>Pimpinella saxifraga</i> *	+	r		+	r							+	+	
<i>Leucanthemum vulgare</i> *				l	l	l	+	+	+	+		+	+	l
<i>Agrostis gigantea</i>				2	+		+	+	+	r		+		+
<i>Dactylis glomerata</i>					+	+	+	+	+		+	+	+	
<i>Geranium pratense</i> *					+	+	+	r	+	+	+	+		+
<i>Stellaria graminea</i> *					r	+		+	+	+				+
<i>Rhinanthus minor</i> *					+	+			+	l		+	r	
<i>Amoria repens</i> *					+	+		+			+			+
<i>Bromopsis inermis</i>					+		r		+					+
<i>Rumex acetosa</i> **	+				r	+						+		
<i>Prunella vulgaris</i> *							+	+	+					+
<i>Potentilla anserina</i> *					r			+						+
<i>Lathyrus pratensis</i> *						+						+	r	
<i>Taraxacum officinale</i> *							+							l
<i>Carum carvi</i> *						r		+						
<i>Plantago major</i> **						+			+					
<i>Ranunculus repens</i>						r		+						
Д.в. союза <i>Trollio europaea-Pinion sylvestris</i>														
<i>Bistorta major</i> * C.m.-C.s., P.k.					+	+		+	+	+	r	l	l	
<i>Trollius europaeus</i> * P.k.				+	+	+			+	+	+	l	l	
<i>Aegopodium podagraria</i> * P.k.					+			+		+	r	r	+	
<i>Aconitum septentrionale</i>					r			r			r	r	l	r
<i>Succisa pratensis</i> * M.-A.							r	+			+	+	r	r
<i>Milium effusum</i>											+	+	+	
<i>Cerastium pauciflorum</i> *												+	+	
<i>Maianthemum bifolium</i>											+		r	

Д.в. союза <i>Veronico teucrii-Pinion sylvestris</i>														
<i>Vicia cracca</i> * M.-A.				+		+	+	+	+	+		+	+	+
<i>Elytrigia repens</i>				+		+	+	l		+		+	r	l
<i>Genista tinctoria</i> **	+	+						r						+
<i>Veronica spicata</i> * F.-B.	+	+	+						r			r	r	+
<i>Poa angustifolia</i>		+			+	+	+							l
<i>Cotoneaster melanocarpus</i> *	r	r												r
<i>Ranunculus polyanthemus</i> M.-A.							+					+	+	+
<i>Pulsatilla patens</i> **			+						+					+
<i>Seseli krylovii</i> *								r						+
Д.в. союза <i>Caragano fruticis-Pinion sylvestris</i>														
<i>Larix sibirica</i>				r						r	r		r	r
<i>Poa transbaicalica</i>	+	+	+						r	r				
<i>Aster alpinus</i> *	+	+	+											r
<i>Campanula rotundifolia</i> *	r	r	r											r
<i>Sedum hybridum</i> *	+	+	+											
<i>Scutellaria supina</i> *			+						l	r				
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i> *			r						r	r				
Д.в. порядка <i>Chamaecytiso ruthenici-Pinetalia sylvestris</i>														
<i>Veronica spuria</i> *	+	+	+		+	+			+	+	r	+	+	r
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> *								r			+	+	r	+
<i>Adenophora lilifolia</i> *											+	r	+	r
<i>Primula macrocalyx</i> * O.v., P.k.							+	+			r	+	r	r
<i>Digitalis grandiflora</i> *								+			+	r	+	+
<i>Inula hirta</i> * V.t.-P.s	+		+		+						r	+	+	
<i>Carex digitata</i>								r			r			+
<i>Veronica chamaedrys</i> *					+						r	r		+
<i>Geranium pseudosibiricum</i> *											r	+	+	r
<i>Carex rhizina</i>											r	r	r	
Д.в. класса <i>Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae</i>														
<i>Betula pendula</i> ** B.p-B.p	r	r			r			r			l	2	l	+
<i>Pinus sylvestris</i>	r	r			l			r			+	r	r	+
<i>Calamagrostis arundinacea</i> C.m.-C.s.	+	r			+			+			+	+	+	l
<i>Brachypodium pinnatum</i> C.m.-C.s.					r			+			r	+	+	+
<i>Hieracium umbellatum</i> *					r	+						+	+	r
<i>Pulmonaria mollis</i> *						+					+	+	+	r
<i>Serratula coronata</i> *						r					r	+	+	r
<i>Rubus saxatilis</i> * C.s.					r			+			+	+	+	+
<i>Bupleurum longifolium</i>				r				r			+	+	+	
<i>Vicia sepium</i> *											+	r	+	+
<i>Agrimonia pilosa</i> *											+	+	r	+
Д.в. союза <i>Geranion sanguinei</i>														
<i>Trifolium alpestre</i> *					+		+	+	r	+	+	+	+	r
<i>Melampyrum cristatum</i> *	r	+									+	+	+	+
<i>Nepeta pannonica</i> *									+	+				
Д.в. союза <i>Trifolion medii</i>														
<i>Agrimonia eupatoria</i> *							+	+				+	r	+
<i>Campanula patula</i> *				+				+	+	+				
Д.в. порядка <i>Origanetalia vulgaris</i> и класса <i>Trifolio-Geranietea sanguinei</i>														
<i>Campanula bononiensis</i> *	+	r										+	r	r
<i>Solidago virgaurea</i> *					r							r	+	+
<i>Koeleria delavignei</i>									+	r	+			
<i>Knautia arvensis</i> *					+							r		+
Д.в. союза <i>Dauco-Melilotion</i>														
<i>Linaria vulgaris</i> *					r			+				+		l
<i>Pastinaca sativa</i> *					+							+	+	r

Д.в. союза <i>Onopordion acanthi</i> и порядка <i>Onopordetalia acanthii</i>													
<i>Berteroa incana</i> *	r	+	+		+				+	+		+	
<i>Dracocephalum thymiflorum</i> *	+	r	+										
Д.в. союза <i>Arction lappa</i> и порядка <i>Artemisietalia vulgaris</i>													
<i>Geum urbanum</i> *											r	+	+
Д.в. класса <i>Artemisietea vulgaris</i>													
<i>Cirsium setosum</i> *								r	+			+	r
<i>Tanacetum vulgare</i> **				+		+							
Прочие виды:													
<i>Calamagrostis epigeios</i>	+	r	+			+		+	+	+	+		
<i>Verbascum nigrum</i> *	r	+	r					r	r		+	r	r
<i>Campanula glomerata</i> *	r	+	+		+	+		+				+	r
<i>Erigeron acris</i>	r	+				+	+	+					+
<i>Artemisia armeniaca</i> **	+	+	+							+		+	+
<i>Dianthus deltoides</i> *	+	+	+			+		+					+
<i>Senecio jacobaea</i>	+	+	r					+	+				
<i>Allium strictum</i>	+	+	r						r				
<i>Silene viscosa</i> *	+	+	r						+				
<i>Elymus caninus</i>			+		r			+	+				
<i>Inula britannica</i> *	+	r										+	r
<i>Rubus idaeus</i> *								+				r	r
<i>Potentilla longipes</i> *						+		+		+		r	+
<i>Heracleum sibiricum</i> *						r				r		r	r
<i>Fragaria vesca</i> *							+	+				+	r
<i>Silene repens</i> *	+											+	+
<i>Chamaenerion angustifolium</i> *								+				r	+
<i>Artemisia abrotanum</i> **								r				r	+
<i>Lathyrus vernus</i> *											+	+	r
<i>Silene noctiflora</i> *	r	r						+					
<i>Eremogone longifolia</i> *	r	+	+										
<i>Gentiana cruciata</i> *						r				+			r
<i>Leontodon autumnalis</i> *							+	+					l
<i>Euphrasia brevipila</i> **						+	+						l
<i>Populus tremula</i> **						r			r			l	

Примечания: Описание 1, 2 – сообщество подсоюза *Helictotricho desertori-Stipenion rubentis*; описание 3 – сообщество союза *Amygdalion nanae*; описание 4 – сообщество подсоюза *Polygonenion krasheninnikovii*; описание 5 – сообщество подсоюза *Amorio montanae-Polygonenion krasheninnikovii*; описания 6, 7, 8 – сообщество союза *Polygonenion krascheninnikovii*; описания 9, 10 – сообщество подсоюза *Festucenion pratensis*; описания 11, 12, 13 – сообщество союза *Trollio europaea-Pinion sylvestris*; описание 14 – сообщество союза *Veronico teucrii-Pinion sylvestris*.

* – нектароносный вид; ** – пыльценосный вид (перганос)

Сокращения:

C.f.-P.s. – союз *Caragano fruticis-Pinion sylvestris* Solomeshch et al. 2002

C.m.-C.s. – порядок *Carici macrourae-Crepidetalia sibiricae* Ermakov et al. 1999

V.t.-P.s. – союз *Veronico teucrii-Pinion sylvestris* Ermakov in Ermakov et al. 2000

P.k. – союз *Polygonenion krascheninnikovii* Kashapov 1985

B.p.-B.p. – класс *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae* Ermakov, Koroljuk et Latchinsky 1991

M.-A. – класс *Molinio-Arrhenatheretea* R.Tx. 1937

F.v. – порядок *Festucetalia valesiaca* Br.-Bl. et R. Tx. ex Br.-Bl. 1949

F.-B. – класс *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947

O.v. – порядок *Origanetalia vulgaris* Th. Müller 1961

Локалитеты описаний:

1 – Хребет Крыктытау. Подножие склона. 53°18'7.2" с.ш. 58° 25'38.64" в.д;

2 – Хребет Крыктытау. Нижняя треть склона. 53°18'10.08" с.ш. 58°25'17.04" в.д;

3 – Южный склон горы близ д. Бурангулово. 53°26'13.92" с.ш. 58°17'10.32" в.д.;

4 – Поворот дороги на д. Шарипово (дорога Белорецк–Аскарково),
грунтовый съезд. 53°36'41.22" с.ш. 58°12'14" в.д.;

- 5 – Окрестности д. Амангильды, пойма р. Кизил. 53°21'39.24" с.ш. 58°19'6.6" в.д.;
 6 – Окрестности д. Бурангулово. 53°26'15.36" с.ш. 58°17'45.6" в.д.;
 7 – Окрестности д. Майгашты. 53°33'1.8" с.ш. 58°12'44.64" в.д.;
 8 – Окрестности д. Хамитово. 53°30'50.04" с.ш. 58°2'49.92" в.д.;
 9 – Южный склон горы близ д. Бурангулово. 53°26'11.04" с.ш. 58°17'9.6" в.д.;
 10 – Окрестности д. Бурангулово. 53°26'9.6" с.ш. 58°17'10.68" в.д.;
 11 – Окрестности д. Ишкильдино, облесенный западный склон. 53°25'20.82" с.ш. 58°18'51.23" в.д.;
 12 – Хребет Ирандык. Окрестности деревни Рыскужино. 53°15'23.04" с.ш. 58°20'30.12" в.д.;
 13 – Хребет Ирандык. Окрестности деревни Рыскужино. 53°15'9.72" с.ш. 58°20'49.2" в.д.;
 14 – Окрестности д. Шарипово. 53°35'17.16" с.ш. 58°6'54" в.д.

В травостое обычны луговые мезофитные виды-медоносы (*Geum rivale*, *Sanguisorba officinalis*, *Achillea millefolium*, *Galium boreale*, *Leucanthemum vulgare*, *Vicia cracca* и др.) и луговые мезоксерофитные медоносы (*Origanum vulgare*, *Stachys officinalis*, *Trifolium medium*, *Hypericum perforatum*, *Alchemilla vulgaris*, *Aconogonon alpinum* и др.).

Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 6 составила 30 кг/га, на пробной площадке 7 – 5 кг/га, на 8 – 27 кг/га.

Сообщество подсоюза ***Festucenion pratensis*** (Д.в. в табл. 1, описания 9,10).

Проективное покрытие травяного яруса 75%, среднее число видов в описании – 62. Сообщество описано у подножия склонов хребта Уралтау, визуально определяется как мезоксерофитный луг. Среди медоносов заметна доля участия луговых мезофитов (*Trifolium pratense*, *Galium album*, *Sanguisorba officinalis*, *Achillea millefolium*, *Galium boreale*, *Leucanthemum vulgare*, *Geranium pratense* и др.), велика роль более ксерофитных степных медоносных видов (*Dracocephalum ruyschiana*, *Achillea setacea*, *Medicago falcata*, *Potentilla argentea*, *Trommsdorfia maculata* и др.), а также характерно постоянное присутствие видов-медоносов остепненных лесных среднегорных лугов Южного Урала [7] (*Galium verum*, *Fragaria viridis*, *Filipendula vulgaris*, *Centaurea scabiosa*, *Amoria montana*, *Origanum vulgare*, *Stachys officinalis*, *Bistorta major* и др.).

Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 9 составила 30 кг/га, на пробной площадке 10 – 17 кг/га.

Сообщество союза ***Trollio europaea-Pinion sylvestris*** (Д.в. в табл. 1, описания 11,12,13).

Среднее проективное покрытие травяного яруса 80–85%, средняя сомкнутость древесного

яруса – 53%. Среднее число видов в описании – 78. Сообщества обычно встречаются в средних и нижних частях пологих склонов хребтов [8].

Медоносами являются виды мезофитных и гигромезофитных березово-сосновых и лиственнично-сосновых смешанных травяных лесов, распространенных в центральной части Южного Урала на относительно богатых и хорошо увлажненных почвах (*Bistorta major*, *Trollius europaeus*, *Succisa pratensis*, *Hieracium umbellatum*, *Serratula coronata*, *Rubus saxatilis*, *Bupleurum longifolium*, *Agrimonia pilosa*, *Stachys officinalis* и др.), а также ксеромезофитные медоносы этих лесов (*Veronica spuria*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Inula hirta*, *Geranium pseudosibiricum* и др.) и степные виды, проникающие из граничащих степных сообществ (*Dracocephalum ruyschiana*, *Achillea setacea*, *Trommsdorfia maculata*, *Fragaria viridis*, *Filipendula vulgaris*, *Centaurea scabiosa*, *Phlomis tuberosa* и др.). Вместе с тем для описываемых сообществ характерно постоянное присутствие мезофитных медоносных видов вторичных лесных лугов (*Geum rivale*, *Veronica teucrium*, *Stachys officinalis*, *Hypericum perforatum*, *Alchemilla vulgaris*, *Aconogonon alpinum* и др.). Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 11 составила 2 кг/га, на пробной площадке 12 – 5 кг/га, на 13 – 5 кг/га.

Сообщество союза ***Veronico teucrii-Pinion sylvestris*** (Д.в. в табл. 1, описание 14).

Проективное покрытие травяного яруса 60%, сомкнутость древесного яруса – 10%, число видов в описании – 98. Союз объединяет ксеромезофитные березово-сосновые и березовые травяные леса, широко распространенные в лесостепной зоне и в лесном поясе Южного Урала [3]. По отноше-

нию к увлажнению и богатству почв сообщества данного союза занимают промежуточное положение между ксерофитными и ксеромезофитными сообществами остепненных сосняков союза **Caragano-Pinion** и мезофитными сообществами союза **Trollio-Pinion** [8]. Медоносами являются обычные для этих сообществ виды: *Vicia cracca*, *Veronica spicata*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Seseli krylovii*, *Veronica spuria*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Veronica chamaedrys*, *Geranium pseudosibiricum*, *Hieracium umbellatum*, *Pulmonaria mollis*, *Serratula coronata*, *Rubus saxatilis* и др. При этом в описываемых сообществах встречаются как более ксерофитные (*Potentilla argentea*, *Dianthus versicolor*, *Fragaria viridis*, *Filipendula vulgaris* и др.), так и мезофитные (*Geum rivale*, *Astragalus danicus*, *Hypericum perforatum*, *Alchemilla vulgaris*, *Trifolium pratense*, *Galium album*, *Sanguisorba officinalis*, *Achillea millefolium*, *Galium boreale*, *Leucanthemum vulgare*, *Geranium pratense* и др.) медоносные виды. В результате выпаса в сообщество проникают также рудеральные виды-медоносы (*Linaria vulgaris*, *Pastinaca sativa*, *Geum urbanum*, *Cirsium setosum*, *Carduus crispus*, *Cirsium vulgare*).

Средняя нектаропродуктивность травянистого сообщества на пробной площадке 14 составила 12 кг/га.

В связи с тем, что Абзелиловский район РБ находится в горно-лесной зоне на границе основных ареалов луговых степей порядка **Festucetalia valesiacae** и настоящих степей порядка **Helictotricho-Stipetalia**, в степных сообществах, описанных на склонах хребтов Уралтау и Крыктытау, наблюдается присутствие видов, диагностирующих оба порядка (*Galium verum*, *Stipa capillata*, *Veronica spicata*, *Phleum phleoides*, *Filipendula vulgaris*, *Seseli libanotis*) [9]. При этом в нижних частях остепненных склонов хребта Крыктытау, расположенного восточнее, произрастают более ксерофитные виды настоящих степей (*Galatella angustissima*, *Stipa lessingiana*, *Helictotrichon desertorum*), отсутствующие на склонах хребта Уралтау, расположенного в западной части района исследования. На остепненных склонах хребта Уралтау присутствуют с высоким обилием мезофитные виды союза **Festucion pratensis** (*Poa pratensis*, *Festuca pratensis*,

Phleum pratense, *Galium album*, *Festuca rubra*), отсутствующие на Крыктытау. При этом на хребтах Уралтау и Крыктытау хорошо представлены мезоксерофитные (*Galium verum*, *Filipendula vulgaris*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Adonis vernalis*, *Achillea setacea*, *Medicago falcata* и др.) и мезофитные (*Sanguisorba officinalis*, *Achillea millefolium*, *Galium boreale*, *Pimpinella saxifraga*) виды. Изученные степные сообщества располагаются в верхних и средних частях склонов южной и восточной экспозиций и содержат большое количество видов-медоносов.

Среди луговых сообществ горно-лесной зоны Абзелиловского района наибольшее количество видов-медоносов и пергоносов отмечено в нижних частях южных, юго-восточных и восточных склонов Уралтау (сообщество подсоюза **Festucion pratensis** союза **Festucion pratensis**), где появление типичных ксерофитов (*Dracocephalum ruyschiana*, *Achillea setacea*, *Stipa pennata*, *S. capillata*, *Artemisia sericea* и др.) объясняется близостью степных сообществ, расположенных выше по склону. Одновременное присутствие богатого мезофитного разнотравья делает эти сообщества потенциально пригодными для развития лесного пчеловодства. Среди медоносных видов сообщества подсоюза **Amorio montanae-Polygonenion krasheninnikovii** представлены как ксерофитные (*Fragaria viridis*, *Filipendula vulgaris*, *Centaurea scabiosa*, *Phlomis tuberosa*, *Amoria montana*), так и мезофитные (*Geum rivale*, *Bistorta major*, *Trollius europaeus*, *Aegopodium podagraria*, *Galium album*, *Sanguisorba officinalis* и др.) виды. Лучшими потенциальными ареалами медосбора являются местообитания богатых медоносным разнотравьем сообщества подсоюза **Polygonenion krasheninnikovii**, описанных на лесных полянах и в поймах ручьев.

Разреженные лесные сообщества, расположенные на северных, северо-западных и западных склонах изученных хребтов также содержат большое количество видов-медоносов. При этом в сообществах более мезофитного союза **Trollio europaea-Pinion sylvestris** лучше представлены мезоксерофитные (*Galium verum*, *Fragaria viridis*, *Filipendula vulgaris*, *Centaurea scabiosa*, *Phlomis tuberosa*) и мезофитные (*Bistorta major*,

Trollius europaeus, *Maianthemum bifolium*, *Rubus idaeus*, *Fragaria vesca*, *Chamaenerion angustifolium* и др.) медоносы, а в сообществах более ксерофитного союза ***Veronico teucrii-Pinion sylvestris*** чаще встречаются ксерофитные медоносы (*Caragana frutex*, *Potentilla argentea*, *Veronica spicata*, *Aster alpinus* и др.). В то же время в сообществах лесов класса ***Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae*** обычны и обильны мезоксерофитные (*Trifolium alpestre*, *Melampyrum cristatum*, *Campanula bononiensis*, *Solidago virgaurea*, *Origanum vulgare*, *Veronica teucrium*, *Stachys officinalis*, *Trifolium medium*) и мезофитные (*Geum rivale*, *Hypericum perforatum*, *Sanguisorba officinalis*, *Achillea millefolium*, *Leucanthemum vulgare* и др.) медоносы.

Известно, что главный медосбор в Республике Башкортостан формируется, как правило, за счет древесных культур (липа, клен, ивы и т.д.) [5]. Установленная нами нектаропродуктивность сообществ на пробных площадках показала, что растительность района исследования может рассматриваться как кормовая база, обеспечивающая поддерживающий медосбор, который позволит развиваться пчелиным семьям в течение сезона [5]. При этом большие площади в изученной части горно-лесной зоны занимают мезофитные травянистые растительные сообщества союза ***Polygonion krasheninnikovii***, подсоюза ***Festucenion pratensis***, а также разреженные леса союзов ***Trollio europaea-Pinion sylvestris*** и ***Veronico teucrii-Pinion sylvestris***. Также следует отметить, что развитие пчеловодства в горно-лесной зоне Абзелиловского района будет способствовать лучшей опыляемости редких степных видов, это сделает возможным сохранение и восстановление их численности, что является важной проблемой, решение которой входит в число приоритетных задач охраны природы в РБ и России [8, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ишбирдина Л.М., Фархутдинов Р.Г., Хисматов Р.Р., Онучин М.С. Рекогносцировочное изучение травянистых сообществ северо-востока Башкортостана как потенциальной базы для развития лесного пчеловодства // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2. С. 1891–1896.

2. Хисматов М.Ф. Абзелиловский район. URL: <http://bashkirskaya-encyklopediya.rf/index.php/component/content/article/2-statya/7378-abzelilovskij-rajon> – (дата обращения: 01.12.2016).

3. Миркин, Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем, 1998. 413 с.

4. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

5. Фархутдинов Р.Г., Туктаров В.Р., Ишемгулов А.М. Медоносные ресурсы. Уфа: Изд-во Башкирский ГАУ, 2013. 212 с.

6. Ямалов С.М., Миркин, Б.М. Флористическая и географическая дифференциация настоящих и луговых степей Южного Урала // *Растительный мир Азиатской России*. 2010. № 2(6). С. 58–65.

7. Мартыненко В.Б. Синтаксономия лесов Южного Урала как теоретическая основа развития системы их охраны: автореф. дис. ... биол. наук. Уфа. 2009. 37 с.

8. Ямалов С.М. Синтаксономия и динамика травяной растительности Южно-Уральского региона: автореф. дис. ... биол. наук. Уфа. 2011. 28 с.

9. Ямалов С.М., Баянов А.В., Муллагулов Р.Т., Мулдашев А.А. Разнообразие сообществ степей Зауралья Республики Башкортостан // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. Т. 15, № 3. С. 117–123.

10. Ямалов С.М., Баянов А.В., Мулдашев А.А. Разнообразие степных сообществ предуралья Республики Башкортостан и вопросы их охраны // *Вестник Башкирского университета*. 2012. Т. 17, № 4. С. 1753–1757.

References

1. Ishbirdina L.M., Farkhutdinov R.G., Khismatov R.R., Onuchin M.S. Reconnaissance research of grass communities in north-eastern Bashkortostan as a potential base for developing forest bee keeping. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2015, no. 2, pp. 1891–1896.

2. Khismatov M.F. Abzelilovsky District, Available at: <http://bashkirskaya-ehnciklopediya.rf/index.php/component/content/article/2-statya/7378-abzelilovskij-rajon> (accessed December 1, 2016).

3. Mirkin B.M., Naumova L.G. Plant science (history and current state of basic concepts). Ufa, Gilem. 1998. 413 p.

4. Cherepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent countries (within the former USSR). St. Petersburg, Mir i semya, 1995. 992 p.

5. Farkhutdinov R.G., Tuktarov V.R., Ishemgulov A.M. Honey-bearing resources. *Uchebnoe posobie*. Ufa, Bashkirskiy GAU, 2013. 212 p.

6. Yamalov S.M., Mirkin, B.M. Floristic and geographical differentiation of true and meadow steppes of the South Urals. *Rastitelnyy mir Aziatskoy Rossii*, 2010, no. 2(6), pp. 58–65.

7. Martynenko V.B. Forest syntaxonomy of the South Urals as the theoretical basis for developing the protection system. Dr. Sci. Thesis in Biology. Ufa, 2009. 37 p.

8. Yamalov S.M. Syntaxonomy and dynamics of grass vegetation in the South Ural region. Dr. Sci. Thesis in Biology. Ufa, 2011. 28 p.

9. Yamalov S.M., Bayanov A.V., Mullagulov R.T., Muldashev A.A. Diversity of steppe communities in the Trans-Ural region of the Republic of Bashkortostan. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, vol. 15, no. 3, pp. 117–123.

10. Yamalov S.M., Bayanov A.V., Muldashev A.A. Diversity of steppe communities in the Cis-Ural region of the Republic of Bashkortostan and problems of their protection. *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, 2012, vol. 17, no. 4. pp. 1753–1757.



HONEY-BEARING POTENTIAL OF SOME PLANT COMMUNITIES ON THE URALTAU, IRENDYK AND KRYKTYTAU RIDGES IN THE ABZELILOVSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

© L.M. Ishbirdina¹, R.G. Farkhutdinov², R.R. Khisamov¹, E.A. Fazlutdinov¹

¹Bashkir State Agrarian University
34, ulitsa 50-letiya Oktyabrya, 450001, Ufa, Russian Federation

²Bashkir State University
32, ulitsa Zaki Validi, 450076, Ufa, Russian Federation

During a field season of 2016 year an exploratory survey of plant communities, as potential base of development of forest beekeeping, in a mountain and forest zone of the Abzelilovsky District of the Republic of Bashkortostan was conducted. The ridges UralTau Range, Irendyk and Kryktytau form a mountain and forest zone in the western part of the area, the east part of the area is occupied with the hummocky ridge plain (gryadovo-melkosopochny plain). The sample plots were selected taking into account a possibility of the organization of maintenance of apiaries. In different types of grassy, shrubby and forest communities, 14 geobotanical relevays were carried out. The investigated plant communities belong to 3 classes (*Festuco-Brometea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae*), 5 orders (*Festucetalia valesiacae*, *Helictotricho-Stipetalia*, *Arrhenatheretalia*, *Carici macrourae-Crepidetalia sibiricae*, *Chamaecytiso ruthenici-Pinetalia sylvestris*), 6 alliances (*Amygdalion nanae*, *Helictotricho desertori-Stipion rubentis*, *Festucion pratensis*, *Polygonion krascheninnikovii*, *Trollio europaea-Pinion sylvestris*, *Veronico teucrii-Pinion sylvestris*) and 3 suballiances (*Helictotricho desertori-Stipenion rubentis*, *Festucion pratensis*, *Polygonenion krascheninnikovii*, *Amorio montanae-Polygonenion krascheninnikovii*).

In the sample plots, the assessment of nectar efficiency and the honey-bearing potential were carried out. The productivity of nectar in the xerophytic and xero-mesophytic plant communities ranges from 2–5 to 10 kg/hectare. In communities with predominance of species typical for meadow, steppe and forest edges, the productivity of nectar consists 38–40 kg/hectare, in the clear-cutting areas – 70–90 kg/hectare. The average nectar production of herbaceous communities on the sample plots was 14.6 kg/hectare, which can be characterized as supporting honey collection. Having interviewed inhabitants of 7 settlements of study area, it was established that in each settlement there were from 2 to 10 bee families on 50–100 households. Products of beekeeping are mainly used for personal needs. It testifies to low level development of beekeeping in the study area.

Key words: melliferous resources, grassy melliferous herbs, forest beekeeping, mountain and forest zone of the Republic of Bashkortostan.

**ТАКСАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР КЕДРА СИБИРСКОГО
В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ И НА ЮЖНОМ УРАЛЕ**

© К.В. Путенихина, В.П. Путенихин, З.Х. Шигапов

Кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) в условиях интродукции в Башкирском Предуралье и на Южном Урале демонстрирует достаточно высокие таксационные показатели. Большинство исследованных участков лесных культур являются высокополнотными (полнота больше 0.8), высоко- и среднебонитетными (II–III классы бонитета), что свидетельствует об их значительной продуктивности. По своим таксационным характеристикам лесные культуры кедра сибирского в районе исследований не уступают, а в целом ряде случаев (особенно по запасу древесины) превосходят искусственные насаждения вида в других интродукционных регионах. Более того, установленные таксационные показатели не только соответствуют, но иногда и превышают параметры роста естественных древостоев кедра сибирского соответствующего возраста, приближаясь в этом отношении к природным насаждениям I–II классов бонитета. Выделены участки лесных культур с наибольшими показателями высоты и диаметра ствола, запаса древесины. По росту в высоту и среднемноголетнему приросту (30–32 см в год) особо выделяются Стерлитамакский и Янаульский участки в Башкирском Предуралье, Салаватский участок на Южном Урале. По диаметру ствола и среднемноголетнему радиальному приросту (4.4 мм в год) наилучшими показателями характеризуется Янаульский участок, а также участок Белорецкий-1 на Южном Урале. По запасу древесины и среднемноголетнему приросту запаса (5.3–5.5 куб. м/га в год) в Башкирском Предуралье наиболее производительными являются высокобонитетные участки Стерлитамакский, Татышлинский и Мишкинский, на Южном Урале – Салаватский. По абсолютным значениям высоты, диаметра ствола и запаса древесины (несмотря на относительно сниженные показатели среднемноголетнего прироста) к числу наиболее производительных следует отнести участок старовозрастных деревьев Белорецкий-2 (возраст 110 лет) на Южном Урале. Выделенные культуры могут использоваться в качестве лесосеменных участков для сбора семян с целью выращивания посадочного материала местной репродукции и расширения посадок кедра сибирского в Башкирском Предуралье и на Южном Урале.

Ключевые слова: кедр сибирский, лесные культуры, таксационные показатели, продуктивность, Башкирское Предуралье, Южный Урал.

В 1940–1970-х гг. предприятиями лесного хозяйства Башкирии были выполнены масштабные работы по закладке лесных культур кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) [1, 2]. К концу 1950-х гг. общая площадь посадок составила 170 га, а к середине 1970-х гг. была доведена до 543 га. На сегодняшний день в Республике Башкортостан выявлено 219 пунктов произрастания кедра сибирского на общей площади 345 га, в т.ч. лесных культур с преобладанием кедра в составе древостоя – 62 участка на площади 232 га; лесных культур с участием кедра – 44 участка

на площади 113 га [2]. Сравнение с имеющимися данными [3–5] показывает, что общая площадь культур кедра сибирского в Республике Башкортостан, возможно, одна из самых больших за пределами природного ареала вида.

Таксационная структура культур кедра сибирского ранее изучалась в различных регионах России и ближнего зарубежья [3–8]. При этом установлено, что интродукционные культуры сильно различаются по своим таксационным показателям; в ряде случаев продуктивность искусственных насаждений сопоставима с природными древостоя-

ПУТЕНИХИНА Карина Валерьевна, Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: cat8778@mail.ru

ПУТЕНИХИН Валерий Петрович – д.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: vpp99@mail.ru

ШИГАПОВ Зиннур Хайдарович – д.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: shigapov@anrb.ru

ми кедр сибирского. На территории Башкирского Предуралья и Южного Урала лесотаксационные исследования кедр сибирского фактически не проводились, имеются лишь отрывочные данные по районам закладки культур и некоторым лесоводственным показателям общего плана [1, 2].

Объекты и методы исследований.

В период с 2013 по 2016 год нами были заложены пробные площади в 14 участках лесных культур кедр сибирского: 9 участков в Башкирском Предуралье, 5 – на Южном Урале. В районе исследований выбранные участки охватывают различные ботанико-географические районы (исключая крайний юг региона, где культуры кедр отсутствуют). Большинство исследованных культур (13 участков) были созданы в 1949–1972 гг.; их возраст на конец 2016 г. составляет 45–68 лет (чаще 52–60 лет), один участок, расположенный в центральной части Южного Урала (Белорецкий-2), является старовозрастным (110 лет). Среди участков лесных культур ботаническими памятниками природы являются участки Белорецкий-2 и Стерлитамакский; участок Уфимский служит опытно-экспериментальным объектом Уфимского лесотехнического техникума, входит в состав памятника природы «Юматовские опытные лесные культуры».

В процессе таксационного описания лесных культур на каждой пробной площади осуществляли сплошной пересчет деревьев с распределением их по ступеням толщины. Определяли следующие таксационные показатели насаждений [9]: состав древостоя, среднюю высоту и средний диаметр ствола, бонитет, полноту, запас древесины. Размеры пробных площадей, обеспечивающие около 200 и более деревьев на каждой из них, составляли 0.16–0.33 га.

Результаты и их обсуждение. Большинство участков лесных культур являются высокополнотными (полнота > 0.8), шесть из 14 характеризуются как высокобонитетные (II класс бонитета), что свидетельствует об их высокой продуктивности в условиях региона (табл.). Один участок (Бакалинский в Башкирском Предуралье) низкобонитетный (IV класс), остальные – среднебонитетные.

По литературным источникам приведем обобщенные таксационные показатели лесных культур кедр сибирского в различных районах интродукции. Соответственно возрасту культур,

исследованных нами в Башкирском Предуралье и на Южном Урале, распределим имеющиеся данные по 4 возрастным группам: около 45 лет, 50–60 лет, 61–70 лет, около 110 лет.

Для культур в возрасте около 45 лет (плюс-минус 2–3 года) таксационные показатели имеются для Московской, Ленинградской, Архангельской, Вологодской, Ярославской, Липецкой, Калужской, Челябинской областей, Чувашии, Марий Эл [3–8]. Высота культур составляет 8.5–15 (18) м (среднегодовалый прирост – 21–33 см в год), диаметр ствола 9.2–17 (24.9) см (2.1–4.3 мм в год), бонитет II–III (I), запас древесины составляет 110–190 куб. м/га (2.56–4.22 куб. м/га в год).

Обобщенные данные по интродукционным культурам кедр сибирского 50–60-летнего возраста следующие (Ленинградская, Московская, Псковская, Калининская, Липецкая, Челябинская области, Карелия, Чувашия, Марий Эл) [3–6]: высота культур достигает 10–17 (22) м (22–28 см в год), диаметр – 14–32 см (2.8–5.3 мм в год), бонитет II–III, запас древесины 110–290 (2.20–4.83 куб. м/га в год).

Для возрастной группы 61–70 лет по имеющимся источникам можно привести следующие данные (Ленинградская, Архангельская, Московская, Псковская, Калужская, Челябинская области, Белоруссия, Марий Эл): высота древостоя – 12–20 (22) м (прирост 20–29 см в год), диаметр – 18–33 (44) см (2.9–4.7 мм в год), бонитет II–III, запас древесины 180–300 куб. м/га (2.95–4.29 куб. м/га в год) [4, 5, 7, 8].

Таксационные показатели по интродукционным культурам в возрасте около 110 лет (плюс-минус 10 лет) таковы (Ленинградская, Ярославская, Калужская, Владимирская, Ивановская, Орловская, Нижегородская области, Марий Эл): высота насаждений составляет 15–26 м (прирост 15–24 см в год), диаметр – 20–40 (до 46–54) см (2.0–3.6 мм в год), бонитет III, запас древесины 300–320 (около 3.0 куб. м/га в год) [3–5].

Сравнение полученных нами данных (табл.) с приведенными выше литературными сведениями показывает, что по своим таксационным характеристикам лесные культуры кедр сибирского в Башкирском Предуралье и на Южном Урале не уступают, а в целом ряде случаев (особенно по запасу древесины) превосходят искусственные насаждения вида в других интродукционных регионах.

Т а б л и ц а

Таксационные показатели кедров сибирского в лесных культурах в Башкирском Предуралье и на Южном Урале

Участок лесных культур	Год посадки / возраст *	Таксационные показатели **					
		Состав древостоя	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Полнота	Запас древесины, м ³ /га
<i>Башкирское Предуралье</i>							
Бакалинский	1957 / 59	8К2Е+Б	13.2 / 0.23	18.6 / 0.32	IV	0.86	174 / 2.95
Бирский	1967 / 50	7К3С ед. БКл	12.2 / 0.24	14.9 / 0.30	III	0.81	155 / 3.10
Караидельский	1963 / 53	9К1Б+С	13.5 / 0.25	19.4 / 0.37	III	1.23	239 / 4.51
Мишкинский	1965 / 51	6К4С ед. В3	14.6 / 0.29	18.9 / 0.37	II	1.16	268 / 5.25
Стерлитамакский	1963 / 53	10К	16.9 / 0.32	15.4 / 0.29	II	1.13	291 / 5.49
Татышлинский	1963 / 53	6К4Е+ПБИВ ед. ЛпОс	15.2 / 0.29	20.6 / 0.39	II	1.14	281 / 5.30
Туймазинский	1949 / 66	5С5Б; 7К3Кл+Лп ед. Д***	15.9 / 0.24	18.7 / 0.28	III	0.83	204 / 3.09
Уфимский	1961 / 53	10К	15.3 / 0.29	20.1 / 0.38	II	0.97	218 / 4.11
Янаульский	1972 / 44	9К1С+Е ед. Б	14.3 / 0.32	19.5 / 0.44	II	0.82	180 / 4.09
<i>Южный Урал</i>							
Белорецкий-1	1959 / 57	8К2С ед. Б	15.8 / 0.28	24.8 / 0.44	III	0.69	185 / 3.25
Белорецкий-2	1907 / 109	10К	23.8 / 0.22	33.6 / 0.31	III	1.15	435 / 3.99
Бурзянский	1965 / 51	4К3С1Б1Ос1Лп+Д ед. Кл	13.3 / 0.26	13.2 / 0.26	III	1.19	246 / 4.82
Салаватский	1963 / 53	7К2С1Б	15.8 / 0.30	17.7 / 0.33	II	1.15	286 / 5.40
Учалынский	1960 / 56	6К2С2Б ед. Ос	14.7 / 0.26	16.6 / 0.30	III	0.88	188 / 3.36

Примечание. * – возраст на момент таксационного описания (с учетом года описания); таксационные описания выполнены преимущественно в 2015 г., участок Уфимский в 2013 г., Туймазинский – в 2014 г., Бирский – в 2016 г.; ** – средняя высота, средний диаметр и класс бонитета приведены для кедров сибирского, полнота и запас древесины – для всего насаждения (через дробь представлены среднемноголетние приросты по высоте, диаметру ствола и запасу древесины); *** – состав первого и второго ярусов.

Сопоставление с таблицами хода роста естественных насаждений кедров сибирского в различных географических районах [9, 10] свидетельствует также о том, что установленные нами таксационные показатели культур не только соответствуют, но иногда и превышают показатели роста естественных древостоев соответствующего возраста, приближаясь в этом отношении к насаждениям I–II классов бонитета [10].

По росту в высоту и среднемноголетнему приросту в 30–32 см в год (см. табл.) среди исследованных нами культур особо выделяются Стерлитамакский и Янаульский участки в Башкирском Предуралье, Салаватский участок на Южном Урале. По диаметру ствола и среднемноголетнему радиальному приросту (4.4 мм в год) наилучшими показателями опять же характеризуется Янаульский участок, а также Белорецкий-1 на Южном Урале. По запасу древесины и среднемноголетнему приросту запаса (5.3–5.5 куб. м/га в год) в Башкирском Предуралье лучшими являются высокобонитетные участки Стерлитамакский, Татышлинский и Мишкинский, на Южном Урале – Салаватский. Кроме того, по абсолютным значениям высоты, диаметра ствола и запаса древесины (несмотря на относительно сниженные показатели среднемноголетнего прироста) к числу наиболее производительных следует отнести участок старовозрастных деревьев Белорецкий-2 на Южном Урале.

Таким образом, кедр сибирский в условиях интродукции в Башкирском Предуралье и на Южном Урале демонстрирует достаточно высокие таксационные характеристики в лесных культурах. Выделены культуры с наибольшими показателями высоты, диаметра ствола и запаса древесины, которые могут использоваться в качестве лесосеменных участков для сбора семян в урожайные годы с целью выращивания посадочного материала местной репродукции и расширения посадок кедров сибирского в регионе. Производство лесных культур кедров сибирского возможно в центральной и северной части Башкирского Предуралья и на всей территории Южного Урала; для создания культур предпочтительны ровные или слегка пологие местоположения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследова-

ований Президиума РАН «Биоразнообразие природных экосистем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» в рамках проекта «Интродукционные ресурсы хозяйственно-ценных растений: биологические особенности видов и разработка технологий их расширенного воспроизводства».

ЛИТЕРАТУРА

1. Ситдииков Р.Г. Лесовыращивание на Южном Урале. Уфа: Гилем, 1997. 251 с.
2. Путенихин В.П., Фарукшина Г.Г. Генофонд кедров сибирского в Республике Башкортостан // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Спец. вып. 2009. С. 151–153.
3. Кедр сибирский на европейском севере СССР: его распространение, возобновление и культура / отв. ред. А. А. Корчагин. Л.: Наука, 1972. 84 с.
4. Игнатенко М.М. Сибирский кедр (биология, интродукция, культура). М.: Наука, 1988. 160 с.
5. Еремин Н.В., Калегин А.А., Михеев В.М., Бродников С.Н. Лесные культуры. Ч. 1. Сосна кедровая сибирская в Среднем Поволжье. Йошкар-Ола: Поволжский гос. технол. ун-т, 2014. 144 с.
6. Гиргидов Д.Я. Культуры новых хвойных пород в северо-западных районах СССР // Географический сборник. V. Географические вопросы лесного хозяйства. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 25–93.
7. Дроздов И.И., Дроздов Ю.И. Лесная интродукция. М.: Московский гос. ун-т леса, 2005. 134 с.
8. Чернов Н.Н., Митрофанов С.В. Лесные культуры кедров сибирского в восточноуральской лесостепи. Екатеринбург: Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2008. 140 с.
9. Лесотаксационный справочник / Б.И. Грошев, С.Г. Сеницын, П.И. Мороз И.П. Сеперович. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 288 с.
10. Семечкин И.В., Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г. Общие таблицы хода роста и биологической продуктивности полных («нормальных») насаждений сосны кедровой сибирской // Лесная таксация и лесостроительство. 2005. Вып. 1. С. 7–27.

References

1. Sitdikov R.G. Forest planting in the South Urals. Ufa, Gilem, 1997. 251 p.
2. Putenikhin V.P., Farukshina G.G. Gene pool of Siberian stone pine in the Republic of Bashkortostan. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2009, special issue, pp. 151–153.

3. Siberian stone pine on the European North of the USSR: Its distribution, regeneration and culture. A.A. Korchagin (ed.). Leningrad, Nauka, 1972. 84 p.
4. Ignatenko M.M. Siberian stone pine (biology, introduction, culture). Moscow, Nauka, 1988. 160 p.
5. Yeregin N.V., Kalegin A.A., Mikheev V.M., Brodnikov S.N. Forest cultures. Pt. 1. Siberian stone pine in the Middle Volga Region. Yoshkar-Ola, Povolzhskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet, 2014. 144 p.
6. Girgidov D.Yu. Cultures of new conifers in the North-Western regions of the USSR. Geograficheskiy sbornik. Vol. 5. Geograficheskie voprosy lesnogo khozyaystva. Moscow, Leningrad, AN SSSR, 1955, pp. 25–93.
7. Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. Forest introduction. Moscow, Moskovskiy gosudarstvennyy universitet lesa, 2005. 134 p.
8. Chernov N.N., Mitrofanov S.V. Forest cultures of Siberian stone pine in the East Ural forest-steppe. Ekaterinburg, Uralskiy gosudarstvennyy lesnoy universitet, 2008. 140 p.
9. Groshev B.I., Sinitin S.G., Moroz P.I., I.P. Seperovich. Forest taxation handbook. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 1980. 288 p.
10. Semechkin I.V., Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G. General tables of growth course and biological productivity of stocked («normal») stands of Siberian stone pine. Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo, 2005, no. 1, pp. 7–27.



TAXATION STRUCTURE OF FOREST CULTURES OF SIBERIAN STONE PINE IN THE BASHKIR CIS-URALS AND THE SOUTH URALS

© **K.V. Putenikhina, V.P. Putenikhin, Z.Kh. Shigapov**

Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS,
105/3, ulitsa Mendeleeva, 450080, Ufa Russian Federation

Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Do Tour) demonstrates rather high taxation values under condition of introduction in Bashkir Cis-Urals and the South Urals. The majority of investigated sites of forest cultures are high-stocked (stocking is more 0.8), high- and middle-bonitet (site index is II–III) that give an evidence of its significant productivity. By their taxation characteristics the forest cultures of Siberian stone pine in the region under investigation do not yield and in some cases (especially by wood growing stock) exceed artificial stands of the species in other introduction regions. Moreover, the determined taxation values not only correspond but sometimes excel the growth parameters of natural stocks of Siberian stone pine of the same age approaching in this respect to the natural stands of I–II site indices. Forest culture sites with the greatest values of growing stock, stem height and diameter are determined. Sterlitamak and Yanaul sites in Bashkir Cis Urals, Salavat site in the South Urals are selected by growth in height and average many-years increment (30–32 cm per year). Yanaul site as well as Sooth-Uralian Beloretsk-1 one are characterized by the best values of stem diameter and average many-years radial increment (4.4 mm per year). High-bonitet sites of Sterlitamak, Tatyshly and Mishkino from Bashkir Cis-Urals, Salavat site from the South Urals are the most productive by growing stock and average many-years increment (5.3–5.5 cubic meter per hectare per year). Old-aged site of Beloretsk-2 in the South Urals (age is about 110 years old) should also be considered as a highly productive stand in spite of its relatively lowed values of average many-years increment. The selected cultures may be used as forest seed sites for seed collection with the aim of raising of plant material of local reproduction and widening of Siberian stone pine cultivation area in Bashkir Cis-Urals and the South Urals.

Key words: Siberian stone pine, forest cultures, taxation values, productivity, Bashkir Cis-Urals, the South Urals.

УДК 615.9

**ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОПРЕПАРАТОВ-НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ
СЕРИИ «ЛЕНОЙЛ»®**

© Т.Ю. Коршунова, О.Н. Логинов

Проведены токсикологические испытания биопрепаратов-нефтедеструкторов «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП (с титром 1×10^8 КОЕ/г каждый), предназначенных для очистки почв, грунтов и водных поверхностей от нефтяного загрязнения и восстановления продуктивности рекультивируемых почв. В ходе экспериментов, выполненных в соответствии с действующей нормативной документацией, были определены следующие параметры опасности биопрепаратов для здоровья человека: острая токсичность и класс опасности при внутрижелудочном поступлении; ингаляционная токсичность в статических условиях при насыщающих концентрациях; влияние на слизистые оболочки глаз; раздражающее действие на кожу, кожно-резорбтивное, кумулятивное и сенсибилизирующее действие. На основании полученных данных установлено, что биопрепараты-нефтедеструкторы «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП относятся к 4 классу опасности (вещество малоопасное), т.к. их среднесмертельная однократная доза (LD_{50}) при внутрижелудочном поступлении составила более 6.4 г/кг. Биопрепараты не вызывают признаков раздражения дыхательных путей и кожных покровов, не обладают кожно-резорбтивным и сенсибилизирующим действием, но способны оказывать слабое раздражающее действие на слизистые оболочки глаз. Кумулятивные свойства биопрепаратов не выражены, однако изменение некоторых показателей интоксикации (признаки лейкоцитоза, увеличение коэффициентов массы печени, пониженная активность сульфгидрильных групп в сыворотке крови, отклонение в поведенческих реакциях), свидетельствует о реальной возможности развития хронического отравления при длительном поступлении в организм указанных продуктов. Результаты токсикологических исследований позволяют заключить, что биопрепараты-нефтедеструкторы «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП могут использоваться по назначению, т.е. для ускорения разложения нефти и нефтепродуктов в ходе рекультивации нефтезагрязненных объектов при соблюдении работающими санитарно-гигиенических норм при их производстве и использовании.

Ключевые слова: биопрепараты-нефтедеструкторы «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП, класс опасности, кожно-резорбтивное, раздражающее, сенсибилизирующее действие, кумулятивный эффект.

В Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Уфимском Институте биологии Российской академии наук» с 1997 г. велись научные изыскания по разработке биопрепаратов для очистки почвы и водных поверхностей от нефти и нефтепродуктов. На сегодняшний день производство целой серии этих продуктов под торговой маркой «Ленойл»® («Ленойл»®, СХП, «Ленойл»® – гранд, СХП и «Ленойл»® – СХП – супер, СХП, «Ленойл»® – NORD, СХП) на основе разработанной и утвержденной в соответствии с российскими стандартами технической документации осуществляется ЗАО НПП «Биомедхим» (г. Уфа). Биопрепараты-нефтедеструкторы «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд,

СХП с титром не менее 1×10^8 КОЕ/г каждый, предназначены для биологической обработки нефтезагрязненных почв, грунтов, водных поверхностей с целью ускорения биоразложения нефти и нефтепродуктов, восстановления продуктивности рекультивируемых почв и очистки водных объектов. Они выпускаются в виде порошка (СХП), что обеспечивает длительный срок хранения и позволяет перевозить их на любые расстояния любым видом транспорта. Помимо окислительной активности, свойственной классическому биопрепарату «Ленойл»®, СХП [1], биопрепараты «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП обладают нитрогеназной, нитрогеназной и рост-стимулирующей активностью соответственно и

состоят из ассоциаций клеток микроорганизмов, растущих на нефти и дизельном топливе. В состав биопрепарата «Ленойл»® – супер, СХП входят бактерии *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1, *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2 и *Pseudomonas* sp. ИБ-4, в состав «Ленойл»® – гранд, СХП – *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1, *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2, *Pseudomonas* sp. ИБ-4 и *Paenibacillus ehimensis* ИБ-739. Все штаммы депонированы во Всероссийской коллекции микроорганизмов и хранятся в Коллекции микроорганизмов УИБ РАН.

Целью работы является токсикологическая оценка полифункциональных биопрепаратов-нефтедеструкторов «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП.

В процессе экспериментальных исследований были определены следующие показатели токсичности биопрепаратов: острая токсичность и класс опасности при внутрижелудочном поступлении; ингаляционная токсичность в статических условиях при насыщающих концентрациях; влияние на слизистые оболочки глаз; раздражающее действие на кожу, кожно-резорбтивное, кумулятив-

ное и сенсibiliзирующее действие. Токсикологическая оценка проведена в соответствии с действующей нормативной документацией [2–6]. Биопрепараты испытывались по отдельности.

Для определения параметров острой токсичности биопрепарат в виде водной взвеси в максимальной дозе до 6.4 г/кг (в пересчете на основной препарат) однократно вводили в желудок белых крыс. Клиническая картина отравления отсутствовала. В последующие 2 недели гибель животных не зафиксирована. Среднесмертельная доза (LD₅₀) при однократном пероральном введении биопрепарата «Ленойл»® – супер, СХП или «Ленойл»® – гранд, СХП составила более 6.4 г/кг каждого.

В ходе однократной двухчасовой статической ингаляционной заправки в условиях насыщающих концентраций биопрепарата-нефтедеструктора «Ленойл»® – супер, СХП или «Ленойл»® – гранд, СХП у подопытных белых мышей признаков раздражения дыхательных путей и внешних симптомов интоксикации не наблюдалось. В последующий стандартный срок наблюдения (2 недели) летальных исходов не отмечено.

Т а б л и ц а 1

Показатели кожно-резорбтивного действия биопрепаратов-нефтедеструкторов «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП

Показатели	Контроль	«Ленойл»®– супер, СХП	P	«Ленойл»® – гранд, СХП	P
Физиологические показатели					
Масса тела (грамм): фон	189.2±5.3	186.7±7.9	>0.05	185.8±6.2	>0.05
контроль	215.8±7.1	212.5±7.1	>0.05	211.7±4.4	>0.05
Поведенческие реакции (усл.ед.):					
– вертикальная подвижность	3.5±0.7	2.5±0.4	>0.05	3.0±0.3	>0.05
– горизонтальная подвижность	6.8±0.7	5.0±0.3	>0.05	5.2±0.3	>0.05
– «норковый рефлекс»	8.8±0.9	7.2±0.3	>0.05	6.2±0.3	>0.05
– суммарная подвижность	19.3±1.9	14.7±0.7	>0.05	14.3±0.5	>0.05
Гематологические показатели					
Эритроциты (млн/мл)	9.74±0.16	8.79±0.16	>0.05	10.08±0.12	>0.05
Гемоглобин (г/л)	159.6±5.9	148.9±0.6	>0.05	168.0±7.05	>0.05
Лейкоциты ($n \cdot 10^9$ /л)	5.9±0.4	6.2±0.2	>0.05	6.8±0.35	>0.05
Биохимические показатели сыворотки крови					
АЛТ (ммоль/ч.л)	4.5±0.6	5.0±0.2	>0.05	4.7±0.4	>0.05
SH-группы (мкмоль/100мл)	46.6±1.4	47.2±1.2	>0.05	43.6±1.3	>0.05
Морфологические показатели (коэффициенты массы внутренних органов)					
Печень (относит. ед.)	34.0±0.9	32.7±0.7	>0.05	34.8±0.9	>0.05
Почки (относит. ед.)	5.8±0.1	6.4±0.3	>0.05	6.5±0.4	>0.05
Селезенка (относит. ед.)	3.5±0.3	3.3±0.1	>0.05	4.4±0.5	>0.05
Сердце (относит. ед.)	3.4±0.1	3.6±0.1	>0.05	3.6±0.2	>0.05
Легкие (относит. ед.)	6.7±0.3	6.6±0.2	>0.05	7.1±0.3	>0.05

После нанесения на конъюнктиву глаз белых крыс по 1 капле водной суспензии биопрепарата «Ленойл»® – супер, СХП или «Ленойл»® – гранд, СХП в первые часы отмечался быстрый спазм глазной щели, слезотечение и гиперемия слизистых оболочек глаз, которые проходили через 24 ч после нанесения. Следовательно, биопрепараты обладают раздражающим действием на слизистые оболочки глаз при однократном контакте.

Каких-либо внешних признаков раздражения кожи как после однократной экспозиции хвостов белых крыс (пробирочным методом) в водной вытяжке биопрепарата «Ленойл»® – супер, СХП или «Ленойл»® – гранд, СХП, так и после повторных аппликаций (ежедневно, по 4 часа в течение 2-х недель) не зафиксировано.

Для оценки кожно-резорбтивного действия хвосты белых крыс размещались в водной взвеси биопрепарата «Ленойл»® – супер, СХП или «Ленойл»® – гранд, СХП на 4 ч ежедневно в течение 1 месяца. В ходе испытания у животных опытных и контрольной групп активность и подвижность не отличались (табл. 1). Признаков интоксикации и летальных исходов не наблюдалось.

Статистически достоверной разницы в гематологических и биохимических показателях крови как в опытных, так и в контрольной группах не обнаружено. При патоморфологическом исследовании внутренних органов патологические изменения отсутствовали.

Показатели кумулятивных свойств биопрепаратов-нефтедеструкторов «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП определяли на беспородных белых крысах путем ежедневного в течение 1 месяца введения в желудок 33% водной взвеси биопрепарата в дозе 1.0 г/кг массы тела (табл. 2). У крыс, получавших биопрепараты, наблюдалось статистически достоверное увеличение содержания в крови лейкоцитов, а при вскрытии выявлено увеличение коэффициентов относительной массы печени, свидетельствующих о развитии отечности. У опытных животных, которым вводили биопрепарат «Ленойл»® – гранд, СХП, обнаружены отклонения в поведенческих реакциях (снижение активности и подвижности); у крыс, которым вводили «Ленойл»® – супер, СХП, установлено уменьшение активности сульфгидрильных групп (SH-) в сыворотке

Т а б л и ц а 2

Показатели кумулятивных свойств биопрепаратов-нефтедеструкторов «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП

Показатели	Контроль	«Ленойл»® – супер, СХП	Р	«Ленойл»® – гранд, СХП	Р
Физиологические показатели					
Масса тела (грамм):					
фон	176.7±3.5	176.7±3.5	>0.05	178.3±3.4	>0.05
контроль	230.8±6.2	222.3±5.3	>0.05	220.0±8.0	>0.05
Поведенческие реакции (усл.ед.):					
– вертикальная подвижность	1.2±0.2	2.7±0.2	>0.05	1.0±0.2	>0.05
– горизонтальная подвижность	7.5±1.2	5.3±0.7	>0.05	3.5±0.5	<0.05
– «норковый рефлекс»	7.8±0.9	7.3±0.7	>0.05	4.0±0.5	>0.05
– суммарная подвижность	17.0±2.1	14.3±1.6	>0.05	8.5±1.2	<0.05
Гематологические показатели					
Эритроциты (млн/мл)	10.13±0.06	10.01±0.19	>0.05	9.72±0.19	>0.05
Гемоглобин (г/л)	142.7±3.9	156.3±0.9	>0.05	134.8±5.8	>0.05
Лейкоциты ($n \cdot 10^9$ /л)	6.2±0.3	8.0±0.3	<0.05	7.6±0.1	<0.05
Биохимические показатели сыворотки крови					
АЛТ (ммоль/ч.л)	4.70±0.27	4.8±0.6	>0.05	4.51 ±0.23	>0.05
SH-группы (мкмоль/100мл)	47.6±1.4	43.0±0.9	<0.05	48.6±2.3	>0.05
Морфологические показатели (коэффициенты массы внутренних органов)					
Печень (относит. ед.)	31.1±0.6	34.8±0.3	<0.05	36.0±1.6	<0.05
Почки (относит. ед.)	6.1±0.2	6.5±0.2	>0.05	7.3±0.3	>0.05
Селезенка (относит. ед.)	3.8±0.4	3.4±0.4	>0.05	4.6±0.3	>0.05
Сердце (относит. ед.)	3.5±0.1	3.9±0.3	>0.05	3.5±0.2	>0.05
Легкие (относит. ед.)	6.8±0.3	6.6±0.5	>0.05	7.0±0.3	>0.05

крови. Летальных исходов не отмечено. У обоих биопрепаратов явления материальной кумуляции не зафиксированы, но имеющиеся изменения свидетельствуют о реальной возможности развития хронического отравления при длительном поступлении в организм биопрепаратов «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП.

При исследовании сенсibiliзирующего действия биопрепарата «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП в эксперименте на белых мышах формирования гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) не выявлено.

Заключение. Экспериментально установлено, что биопрепараты-нефтедеструкторы «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП, согласно ГОСТ 12.1.007-76 [6], относятся к 4 классу опасности (вещество малоопасное), т.к. их среднесмертельная однократная доза (LD_{50}) при внутрижелудочном поступлении составила более 6.4 г/кг для каждого. Биопрепараты не вызывают признаков раздражения дыхательных путей и кожных покровов, не обладают кожно-резорбтивным и сенсibiliзирующим действием, но способны оказывать слабое раздражающее действие на слизистые оболочки глаз. Кумулятивные свойства биопрепаратов не выражены, однако изменение некоторых показателей интоксикации (признаки лейкоцитоза, увеличение коэффициентов массы печени), а также функциональные сдвиги в центральной нервной системе (поведенческие реакции) при использовании биопрепарата «Ленойл»® – гранд, СХП и пониженная активность сульфгидрильных групп в сыворотке крови при введении биопрепарата «Ленойл»® – супер, СХП, свидетельствует о реальной возможности развития хронического отравления при длительном поступлении в организм указанных продуктов. Результаты токсикологических исследований позволяют заключить, что биопрепараты-нефтедеструкторы «Ленойл»® – супер, СХП и «Ленойл»® – гранд, СХП могут использоваться по назначению, т.е. для ускорения разложения нефти и нефтепродуктов в ходе рекультивации нефтезагрязненных объектов при соблюдении работающими санитарно-гигиенических норм.

Данные, использованные в статье, получены в результате исследований, проведенных на хозяй-

ственно-договорной основе в Федеральном бюджетном учреждении здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан».

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршунова Т.Ю., Мухаматдьярова С.Р., Логинов О.Н. Консорциум микроорганизмов, окисляющий нефтяные углеводороды // Вестник Башкирского университета. 2013. № 3. С. 734–735.
2. Методические указания «Показатели токсикометрии, подлежащие определению на разных стадиях производства и применения химических веществ». № 4230-86 от 25.12.1986 г.
3. Методические указания к постановке исследований для обоснования санитарных стандартов вредных веществ в воздухе рабочей зоны. № 2163-80 от 04.04.1980 г.
4. Методические указания по оценке воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнения кожи. № 2102-79 от 01.11.1979 г.
5. Методические указания «Требования к постановке экспериментальных исследований по обоснованию ПДК промышленных химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы». № 1.1.578-96 от 21.10.1996 г.
6. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

References

1. Korshunova T.Yu., Mukhamedyarova S.R., Loginov O.N. Microbial consortium oxidizing oil hydrocarbons. Vestnik Bashkirskogo universiteta, 2013, no. 3, pp. 734–735.
2. Methodical guidelines “Toxicity indices to be determined at different stages of chemical substance production and use”. No. 4230-86, December 25, 1986.
3. Methodical guidelines for carrying out research to validate sanitary standards on hazardous substances in work zone air. No. 2163-80, April 4, 1980.
4. Methodical guidelines for assessing the impact of hazardous chemical compounds on skin and validation of skin contamination cut-off levels. No. 2102-79, November 1, 1979.
5. Methodical guidelines «Requirements for carrying out experimental research to validate cut-off

concentrations of industrial chemical allergens in work zone and ambient air». No. 1.1.578-96, October 21, 1996.

6. GOST 12.1.007-76. Hazardous substances. Classification and general safety requirements.



TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF OIL-DEGRADING BIOLOGICAL PRODUCTS OF THE “LENOIL” SERIES®

© **T.Yu. Korshunova, O.N. Loginov**

Ufa Institute of Biology, RAS,
69, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

Toxicological tests of biological products oil-destroyers «Lenoil»® – super, SHP and «Lenoil»® – grand, SHP are carried out. Biological products are designed for cleaning soils, ground and surface water from the oil pollution and restore soil productivity. The experiments were performed in accordance with the current regulatory documentation. It was determined the following parameters hazard biological product for human health: acute toxicity and hazard class in intragastric admission; inhalation toxicity in static conditions at saturating concentrations; effect on the mucous membranes of the eyes; irritating to the skin, skin-resorptive, cumulative and sensitizer. It was found that oil-destroyers «Lenoil»® – super, SHP and «Lenoil»® – grand, SHP are 4 class of hazard (substance low hazard), as of the mean of a single dose (LD_{50}) in intragastric admission amounted to more than 6.4 g/kg. Biological products do not cause signs of respiratory tract irritation and skin do not have skin-resorptive and sensitizing effect. Biological products render weak irritant action on mucosas of eyes. Cumulative properties are not expressed, however, some variation toxicity indices (leucocytosis signs, increased liver weight coefficients, decreased activity of the sulfhydryl groups in blood serum, behavioral responses) indicating the real possibility of chronic poisoning by prolonged intake of this product in the organism. The results of toxicological studies indicate that biological products oil-destroyers «Lenoil»® – super, SHP and «Lenoil»® – grand, SHP can be used for its intended purpose, i.e, for the decomposition of oil and oil-products during the remediation of oil-contaminated sites in compliance with personnel health and hygiene standards during its manufacture and use.

Key words: biological products oil-destroyers «Lenoil»® – super, SHP and «Lenoil»® – grand, SHP, hazard class, skin-resorptive, irritant effects, the cumulative effect, sensitizer effect.

УДК 635.92:581.143.6

КУЛЬТУРА *IN VITRO* ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *CLEMATIS L.*

© А.Ш. Ахметова, А.А. Мухаметвафина, А.А. Зарипова

Clematis L. – один из самых перспективных декоративных растений. В последние годы особое внимание физиологов, вирусологов, селекционеров и цветоводов привлекает метод культуры тканей и органов *in vitro*. Разработана технология клонального микроразмножения некоторых сортов рода *Clematis L.*, включающая эксплантрование исходной ткани, собственно микроразмножение, укоренение размноженных побегов, перевод растений-регенерантов в почвенный субстрат и грунт. Определение оптимальных условий стерилизации эксплантов проводили с применением стерилизующих веществ в различных концентрациях и комбинациях. В результате подобраны условия стерилизации, позволяющие достичь максимальное число жизнеспособных эксплантов – 75%. В ходе исследований было установлено, что каллусы на эксплантатах образуются через 18–24 дня инкубирования. При этом побеги, изолированные в зимнее время, давали высокий выход каллусов – 60% от числа эксплантатов. С началом периода весеннего пробуждения, в апреле, активность каллусогенеза повысилась до 75–80%. Таким образом, установлено, что оптимальными сроками изоляции эксплантов клематиса является фаза начала активного роста (апрель, май). Развитие эксплантов, вероятно, находится в тесной корреляционной зависимости с сезонными ритмами изменения баланса ингибиторов и регуляторов роста, определяющих регенерационную способность. При исследовании роли регуляторов роста в инициации каллусов установлено, что оптимальной питательной средой для получения хорошо пролиферирующей каллусной ткани, способной впоследствии к морфогенезу, является среда, содержащая БАП 0.5 мг/л +ИУК 2.0 мг/л и ИУК 0,5 мг/л+ИМК 0.5 мг/л. Культивирование каллусной ткани клематиса с использованием БАП 0.5 мг/л и БАП 1.0 мг/л+ИУК 0.1 мг/л приводит к образованию регенерантов путем индукции адвентивных побегов *de novo*. При этом коэффициент мультипликации составил 2–5 на эксплант в зависимости от генотипа. Результаты эксперимента указывают на целесообразность использования в качестве индукторов ризогенеза для микропобегов клематиса ИМК и ИУК в концентрации по 0.5 мг/л, обеспечивающие высокий процент укорененных побегов – 88.6%. Интенсивность ризогенеза составила 6.4 шт на эксплант, а длина корней достигала 16.8 см. Приживаемость растений-регенерантов клематиса в почвенном субстрате составила 68%. Впоследствии адаптированные растения переводили в открытый грунт.

Ключевые слова: клематис, культура *in vitro*, каллус, регенерация, размножение, регуляторы роста.

Clematis L. – один из самых перспективных декоративных растений, который в мировом промышленном цветоводстве занимает в настоящее время лидирующие позиции. Эта культура нетребовательна к почвам, засухоустойчива и почти не подвержена болезням и вредителям. Его выращивают из-за красивых цветов, сохраняющих декоративность в течение всего вегетационного периода [1]. Традиционно клематис разводят черенками и отводками. Однако в последние годы особое внимание физиологов, вирусологов, селек-

ционеров и цветоводов привлекает метод культуры тканей и органов *in vitro*. Этот способ позволяет наиболее полно реализовать способность растений к размножению [2–4].

Целью работы являлась разработка способа размножения некоторых сортов рода *Clematis L.* в культуре *in vitro*. Решались следующие задачи: отработка схемы стерилизации, подбор питательных сред для культивирования и определение морфогенетических потенций эксплантов.

АХМЕТОВА Альбина Шамсуновна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: al_sham@mail.ru

МУХАМЕТВАФИНА Аниса Анасовна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: mukhametvafina@mail.ru

ЗАРИПОВА Альфия Ануровна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: zaripova.al@mail.ru

Условия эксперимента. Объектами исследований были клематисы ‘Bleckitny Aniol’, ‘Madame Julia Correvan’ и ‘Blue Jem’ из коллекции Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. В настоящее время род *Clematis* включает 25 видов и 78 сортов и является наиболее представленной группой в коллекции лиан. В качестве эксплантов использовали конус нарастания (апекс) с листовыми примордиями и пазушные почки вегетирующих побегов. Работу в асептических условиях, стерилизацию питательных сред и эксплантов проводили согласно имеющимся рекомендациям [5]. Питательную среду готовили по прописи Мурасиге и Скуга (MS) [6]. Для инициации морфогенетических процессов в качестве регуляторов роста использовали цитокинины: 6-бензиламинопурин (БАП), кинетин и ауксины: б-нафтилуксусную кислоту (НУК), индолилуксусную кислоту (ИУК), индолилмасляную кислоту (ИМК) и 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4-Д). Культивирование эксплантов проводили при 16-часовом фотопериоде, освещенности 3000 лк, температуре 25°C и относительной влажности воздуха 70%.

Результаты и обсуждение. *Определение условий стерилизации, срока изоляции экспланта и каллусогенез клематиса ‘Bleckitny Aniol’.* Определение оптимальных условий стерилизации апексов с листовыми примордиями проводили с применением стерилизующих веществ в различных концентрациях и комбинациях (табл. 1).

Для оценки успешности стерилизации посадочного материала использованы следующие показатели: число инфицированных, некротизирован-

ных и жизнеспособных эксплантов после стерилизации. Результаты опытов показали, что максимального числа жизнеспособных (75%), минимального числа инфицированных (12%) и некротизированных (13%) эксплантов удалось достичь при последовательном выдерживании эксплантов в 70% растворе этанола в течение 1 мин, 0.1% растворе диацита в течение 12 мин и 1.0% растворе лизоформина – 5 мин (см. табл. 1).

В течение 3–4 недель культивирования почек клематиса наблюдали каллусообразование. Установлено, что каллусная ткань формировалась по всей поверхности первичного экспланта.

При исследовании роли регуляторов роста в инициации каллусов апикальные и пазушные почки помещали на среду MS, содержащую органические добавки и регуляторы роста, которые вносили в разных комбинациях и концентрациях. Результаты опытов по инициации каллусов представлены в табл. 2. Интенсивность каллусогенеза зависит от наличия регуляторов роста, использованных в питательной среде. При их отсутствии в среде на эксплантатах хотя иногда и образовывались каллусы, но они погибали в результате некроза. Среды, содержащие только ауксины или цитокинины, поддерживали лишь слабый рост каллусов, тогда как при использовании ауксинов совместно с цитокининами образовывались интенсивно растущие каллусы. При этом количество образовавшихся каллусов достигало 65.6–73.6% от числа эксплантатов. В результате опытов определены три наиболее оптимальных для индукции каллусогенеза варианта комбинаций регуляторов роста: I – кинетин 0.2+2.4-Д 2.0 мг/л;

Т а б л и ц а 1

Влияние стерилизующих растворов на показатели инфицированности и жизнеспособности эксплантов клематиса ‘Bleckitny Aniol’ в культуре *in vitro*

Стерилизующие растворы		Доля эксплантов, %		
концентрация	экспозиция, мин	инфицированных	жизнеспособных	некротизированных
70% этанол, 0.1% диацит	1 8	59.0	20.0	21.0
70% этанол, 0.1% диацит	1 10	36.0	31.0	33.0
70% этанол, 0.1% диацит	1 12	12.0	75.0	13.0
70% этанол, 1.0% лизоформин	1 5	14.0	80.0	6.0

Влияние регуляторов роста на каллусогенез эксплантов клематиса 'Blekitny Aniol'

Концентрация регуляторов роста, мг/л					Число высаженных эксплантов	Интенсивность образования каллуса, %
кинетин	2,4-Д	НУК	БАП	ИУК		
–	0.2	–	–	–	22	14.1 ± 0.8
–	0.4	–	–	–	74	62.8 ± 0.6
0.1	0.4	–	–	–	21	29.6 ± 0.5
0.2	1.0	–	–	–	23	37.1 ± 0.1
0.2	2.0	–	–	–	37	65.6 ± 1.7
–	–	–	–	–	18	33.2 ± 1.2
0.5	–	–	–	–	30	34.6 ± 1.1
0.5	–	2.0	–	–	32	56.4 ± 0.9
–	–	–	0.5	2.0	34	73.6 ± 0.6

II – кинетин 0.5+НУК 2.0 мг/л; III – БАП 0.5+ИУК 2.0 мг/л. Первое сочетание регуляторов роста в среде приводило к образованию серых полужидких каллусов, второе – белых рыхлых, а третье – зеленых плотных каллусов. Поэтому в дальнейших опытах для каллусогенеза клематиса использовали среду MS, содержащую БАП 0.5 мг/л+ИУК 2.0 мг/л (см. табл. 2).

В результате экспериментов установлено, что оптимальной питательной средой для получения хорошо пролиферирующей каллусной ткани, способной впоследствии к морфогенезу, является среда, содержащая БАП 0,5+ИУК 2,0 мг/л.

В ходе исследований было установлено, что каллусы на эксплантатах образуются через 18–24 дня инкубирования. При этом побеги, изолированные в зимнее время, давали высокий выход каллусов – 60% от числа эксплантатов, а образовавшиеся каллусы интенсивно росли. С началом периода весеннего пробуждения, в апреле, активность каллусогенеза повысилась до 75–80%. Летом каллусогенез был подавлен: из 60 эксплантатов, посаженных на питательные среды в июне–августе, не было получено ни одного каллуса.

Осенью способность клематиса к образованию каллусов восстанавливалась. Инфицированность растений изменялась по сезонам в обратной закономерности – зимой она была наименьшей, а весной и летом увеличивалась, достигая к сентябрю 95%.

Таким образом, установлено, что оптимальными сроками изоляции эксплантов клематиса является фаза начала активного роста (апрель, май). Развитие эксплантов, вероятно, находится в тесной корреляционной зависимости с сезонными ритмами изменения баланса ингибиторов и регуляторов роста, определяющих регенерационную способность.

Индукция морфогенеза клематиса 'Blekitny Aniol'. Известно, что БАП является активным индуктором морфогенеза [7]. В наших опытах БАП также существенно влиял на переход каллусов к морфогенезу (табл. 3).

Культивирование на всех вариантах питательной среды приводило к индукции морфогенеза, который выражался в дифференциации меристематических очагов в первичной каллусной ткани. Причем независимо от состава питательной сре-

Т а б л и ц а 3

Пролиферация клематиса 'Blekitny Aniol' на разных средах культивирования

Концентрация БАП, мг/л	Концентрация ИУК, мг/л						
	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0
0	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00
0.1	1.2 ± 0.13	1.2 ± 0.20	2.2 ± 0.29	1.2 ± 0.13	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00
0.5	7.0 ± 0.21	4.2 ± 0.29	2.8 ± 0.15	3.4 ± 0.27	3.2 ± 0.25	4.0 ± 0.21	2.0 ± 0.26
1.0	5.4 ± 0.22	5.6 ± 0.40	5.4 ± 0.22	4.8 ± 0.29	4.2 ± 0.20	4.2 ± 0.13	1.4 ± 0.27
2.5	6.3 ± 0.21	4.2 ± 0.20	6.5 ± 0.31	5.2 ± 0.33	6.6 ± 0.22	3.6 ± 0.27	3.4 ± 0.27
5.0	4.4 ± 0.16	4.0 ± 0.21	4.0 ± 0.21	5.0 ± 0.13	4.8 ± 0.29	4.4 ± 0.16	4.2 ± 0.29



Рис. 1. Пролиферация клематиса 'Bleckitny Aniol' на питательной среде MS, дополненной БАП 0.5 мг/л

ды среднее число адвентивных почек, формирующихся в каллусной ткани во всех вариантах питательной среды, было невысоким и не превышало в среднем 1.3–1.5 шт. Исключение составил лишь один вариант, где в качестве стимулятора морфогенеза в питательной среде присутствовал БАП 0.5 мг/л. В этих условиях культивирования в первичной каллусной ткани образовывалось максимальное количество меристематических зон, из которых в дальнейшем развивались нормальные по морфологии растения. При этом коэффициент размножения составил 2:5 (см. табл. 3, рис. 1).

Таким образом, использование БАП 0.5 мг/л для размножения клематиса приводит к образованию регенерантов путем индукции адвентивных побегов *de novo*.

Микроразмножение активацией пазушных меристем. Для выявления морфогенетического потенциала пазушных почек побегов 'Madame Julia Corgevan' и 'Blue Jem' использовали следующие схемы внесения гормонов в питательную среду:

1) БАП 1.0 мг/л → БАП, кинетин, ИУК по 1.0 мг/л → БАП 5.0 мг/л+ИУК 1.0 мг/л;

2) БАП 1.0 мг/л → БАП, кинетин, ИУК по 1.0 мг/л → БАП 1.0 мг/л+ИУК 0.1 мг/л;

3) ИМК 0.5 мг/л + ИУК 0.5 мг/л → БАП 1.0 мг/л + ИУК 0.1 мг/л.

На первом этапе культивирования на питательные среды высаживали узлы с пазушными почками. Гормональный состав модифицированной питательной среды MS, на которую высаживали узлы, способствовал активации пазушных почек и вызывал их рост.

Присутствие в питательной среде БАП, ИУК и кинетина по 1.0 мг/л способствовало образованию мощного каллуса, который пересадили на два варианта питательной среды: 1) БАП 1.0 мг/л+ИУК 0.1 мг/л; 2) БАП 5.0 мг/л + ИУК 1.0 мг/л. Культивирование каллуса на питательной среде с добавлением БАП 1.0 мг/л + ИУК 0.1 мг/л приводило к некрозу. На питательной среде с добавлением гормонов БАП 5.0 мг/л + ИУК 1.0 мг/л каллус становился плотным светло-зеленым, увеличивался в размерах. Однако побегообразования не наблюдалось.

Использование на первом этапе культивирования ауксинов ИУК и ИМК в концентрации по 0.5 мг/л без добавления кинетина способствовало образованию морфогенного каллуса. Дальнейшее его культивирование на питательной среде с добавлением БАП 1.0 мг/л + ИУК 0.1 мг/л при-



Рис. 2. Растение-регенерант клематиса 'Bleckitny Aniol' в почвенном субстрате

водило к образованию микропобегов. У всех исследованных объектов морфогенетические процессы протекали одинаково. Разница наблюдалась только в коэффициенте мультипликации. Коэффициент мультипликации составил 2–5 на эксплант в зависимости от генотипа.

Таким образом, максимальный коэффициент мультипликации отмечен при использовании третьей схемы: ИМК 0.5 мг/л + ИУК 0.5 мг/л → БАП 1.0 мг/л + ИУК 0.1 мг/л. Присутствие на начальном этапе культивирования в питательной среде только ауксинов приводило к образованию морфогенного каллуса, на котором при дальнейшем культивировании на питательной среде с добавлением БАП формировались микропобеги с коэффициентом мультипликации 2–5.

Ризогенез, адаптация регенерантов в условиях in vivo клематиса 'Bleckitny Aniol'. Укоренение микропобегов, их последующая адаптация к почвенным условиям являются наиболее трудоемкими этапами, от которых зависит успех клонального микроразмножения. На этапе укоренения изменяли основной состав среды: использовали S концентрацию минеральных солей по прописи MS, уменьшили количество сахарозы до 10 мг/л и полностью исключили цитокинины, оставив лишь ауксины. В качестве стимуляторов корнеобразования использовали ИМК, ИУК. Укоренение микропобегов проводили способом непосредственного культивирования в течение 4 недель на питательной среде, дополненной ИМК 0.5 мг/л и ИМК 0.5 мг/л + ИУК 0.5 мг/л. Результаты эксперимента указывают на целесообразность использования в качестве индукторов ризогенеза для микропобегов клематиса 'Bleckitny Aniol' ИМК и ИУК в концентрации по 0.5 мг/л, обеспечивающих высокий процент укорененных побегов – 88.6%. Интенсивность ризогенеза составила 6.4 шт. на эксплант, а длина корней достигала 16.8 см.

Пересадка растений-регенерантов в субстрат является ответственным этапом, завершающим процесс клонального микроразмножения. Растения с хорошо развитой корневой системой осторожно вынимали из колб. Корни отмывали от остатков агара проточной водой. Почвенный субстрат предварительно стерилизовали при 90°C в течение 1 часа. Растения-регенеранты пересаживали

в стаканчики с почвенным субстратом из дерновой почвы и песка в соотношении 2:1, которые содержали в теплице с высокой влажностью воздуха. В первые 2–3 недели растения накрывали полиэтиленовой пленкой, которую открывали до полной адаптации растений (рис. 2). Приживаемость растений составила 68%. Адаптированные растения, полученные в культуре *in vitro* через 2–3 месяца выращивания в почвенном субстрате, переводили в открытый грунт.

В результате исследования установлено, что реализация органогенного потенциала у растений рода *Clematis* L. определяется генетическими особенностями сорта, физиологическим состоянием экспланта, составом питательных сред и условиями культивирования. Показано, что клетки специализированных тканей клематиса в культуре *in vitro* способны к каллусогенезу и морфогенезу. Экспланты формируют морфогенную каллусную ткань с последующим развитием побегов. Установлено, что основным методом, использованным при размножении клематиса, являлась индукция образования адвентивных почек *de novo* из первичной каллусной ткани. Проведенные исследования дают возможность оценить метод клонального микроразмножения, позволяющий депонировать клематис как материал для размножения посадочного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бескаравайная М.А. Клематисы. М.: ЗАО «Фитон», 2004. 208 с.
2. Зарипова А.А. Размножение редкого вида *Thermopsis schischkinii* Czefr. с использованием биотехнологических методов // Аграрная Россия. 2014. № 8. С. 13–17.
3. Байбурина Р.К., Мухаметвафина А.А., Миронова Л.Н. Опыт культивирования некоторых видов *Lilium* L. *in vitro* // Растительные ресурсы. 2004. Т. 40, № 1. С. 229–231.
4. Ахметова А.Ш. Влияние регуляторов роста на регенерационную способность тканей органов тюльпана в культуре *in vitro* // Агробиология. 2010. № 7. С. 33–40.
5. Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964. 272 с.

6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.* 1962. V. 15. № 13. P. 473–497.

7. Бутенко Р.Г., Грушвицкий И.В., Слепян Л.И. Органогенез и соматический эмбриогенез в культуре тканей женьшеня и других представителей рода *Panax* L. // *Ботанический журнал.* 1968. Т. 53, № 7. С. 906–911.

References

1. Beskaravaynaya M.A. Clematises. Moscow, Fiton, 2004. 208 p.

2. Zaripova A.A. Reproduction of the rare species *Thermopsis schischkinii* Czefr. using biotechnological methods. *Agrarnaya Rossiya*, 2014, no. 8, pp. 13–17.

3. Bayburina R.K., Mukhametvafina A.A., Mironova L.N. Experience in cultivating some species

of *Lilium* L. *in vitro*. *Rastitelnye resursy*, 2004, vol. 40, no. 1, pp. 229–231.

4. Akhmetova A.Sh. The effect of growth regulators on regenerative ability of tulip tissue cultures *in vitro*. *Agrokimiya*, 2010, no. 7, pp. 33–40.

5. Butenko R.G. The culture of isolated tissues and physiology of plant morphogenesis. Moscow, Nauka, 1964. 272 p.

6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 1962, vol. 15, no. 13, pp. 473–497.

7. Butenko R.G., Grushvitsky I.V., Slepyan L.I. Organogenesis and somatic embryogenesis in tissue cultures of ginseng and other representatives of the genus *Panax* L. *Botanicheskiy zhurnal*, 1968, vol. 53, no. 7, pp. 906–911.



IN VITRO CULTURE OF MEMBERS OF THE GENUS *CLEMATIS* L.

© **A.Sh. Akhmetova, A.A. Mukhametvafina, A.A. Zaripova**

Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS,
195/3, ulitsa Mendeleeva, 450080, Ufa, Russian Federation

Clematis L. – one of the most promising of ornamental plants. In recent years, special attention of physiologists, virologists, breeders and growers attracts method *in vitro* of tissue and organs culture. Worked out the technology of clonal micropropagation of some varieties of the genus *Clematis* L., including explanting original tissue, actually micropropagation, rooting multiplied shoots, movement of regenerated plants to soil substrate and ground. Determination of optimal conditions for sterilization of explants was performed using sterilizing agents in various concentrations and combinations. As a result, selected sterilization conditions, maximizes the number of viable explants – 75%. Studies have found that the explant callus formed after 18–24 days incubation. The shoots isolated in the winter, giving a high yield of callus – 60% of the explants. Since the beginning of the period of spring awakening, in april, callusogenesis activity increased to 75–80%. Thus, it was found that the optimal timing of insulation explants of clematis is beginning active growth phase (april, may). The development of the explants, probably is in close correlation with the seasonal rhythms of the changing balance of inhibitors and growth regulators which determine regenerative capacity. In the study of the role of growth regulators in the initiation of callus found that the optimum breeding ground for good proliferating callus tissue that can later morphogenesis, a medium containing BAP 0.5 mg/l + IAA 2.0 mg/l and IAA 0.5 mg/l+IMC 0.5 mg/l. Culturing clematis callus tissue using BAP 0.5 mg/l and BAP 1.0 mg/l + IAA 0.1 mg/l leads to the formation of regenerated plants by inducing adventitious shoots *de novo*. In this case multiplication coefficient was 2–5 on explant in depending of genotype. The experimental results indicate the feasibility of using as inducers of rhizogenesis for microshoots clematis IMC and IAA at a concentration of 0.5 mg/l, that ensure a high percentage of rooted scions – 88.6%. The intensity of root formation was 6.4 pc. to explant and root length reached 16.8 cm. Survival rate of regenerated plants of clematis in soil was 68%. Later adapted plants transferred to the open ground.

Key words: clematis, *in vitro* culture, callus, regeneration, propagation, growth regulators.

УДК 634.03.30

**ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ ЛИСТЬЕВ У ЗДОРОВЫХ И ОСЛАБЛЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ
БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH) В УСЛОВИЯХ
СТЕРЛИТАМАКСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА**

© Р.Х. Гиниятуллин, А.Ю. Кулагин

Выполнена оценка относительного жизненного состояния березовых насаждений в условиях промышленного загрязнения Стерлитамакского промышленного центра и в зоне условного контроля, а также исследование корневых систем древесных растений. Представлены материалы по водному дефициту листьев у здоровых и ослабленных деревьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях промышленного загрязнения Стерлитамакского промышленного центра в период 2010 по 2016 год. Выявлено, что в условиях промышленного загрязнения Стерлитамакского промышленного центра в полдень с увеличением температуры и уменьшением относительной влажности воздуха расход влаги увеличивается у здоровых и ослабленных деревьев березы повислой. Максимальный водный дефицит в дневное время наблюдается в 13–15 ч. Сухая жаркая погода 2010, 2012, 2016 гг. в течение вегетационного периода определила формирование значительного водного дефицита у деревьев березы. При этом у ослабленных деревьев в условиях промышленного загрязнения СПЦ в ночные часы предыдущий расход воды не покрывается поступлением через корневую систему, поэтому следующий день в утренние часы начинается с некоторым водным дефицитом. В результате проведенных исследований установлено, что в условиях промышленного загрязнения Стерлитамакского промышленного центра с ухудшением жизненного состояния деревьев и с понижением доли поглощающих корней березы отмечается значительное увеличение показателей водного дефицита.

Ключевые слова: водный дефицит, здоровые и ослабленные деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth), относительное жизненное состояние деревьев, поглощающие корни, Стерлитамакский промышленный центр.

Береза повислая (*Betula pendula* Roth) – древесное растение, широко используемое при создании защитных насаждений, насаждений санитарно-защитных зон, озеленении селитебной зоны и территорий промышленных предприятий. Береза успешно произрастает в парках, скверах, санитарно-защитных зонах ряда промышленных предприятий г. Стерлитамака [1].

Стабильный водный обмен древесных растений – одно из важнейших условий роста и развития растений. Объем поглощаемой деревом воды определяется интенсивностью транспирации, в зависимости от которой в растении создается больший или меньший дефицит воды. Водный дефицит в растениях изменяется как в течение суток, так и вегетационного периода [2]. Вода является составной частью растений, а ее содержание в растении составляет от 40 до 90% [3]. Водный обмен древесного растения – динамический процесс, зави-

сящий от характеристик дерева, сопротивления движения воды и ее запасов в разных частях водопроводящей системы и от факторов внешней среды. Значительный недостаток воды в воздухе и почве тормозит рост и развитие растений и снижает их продуктивность [4]. Древесные насаждения, произрастающие на территориях, испытывают техногенные нагрузки, которые в сочетании с экстремальными природными факторами (засуха) нередко создают сложные и критические условия водообеспечения [5].

В Стерлитамакском промышленном центре (СПЦ) лесные насаждения находятся под техногенным воздействием. Объем валовых выбросов от передвижных и стационарных источников составил 105.9 тыс. т, в том числе от автотранспорта 46.3 тыс. т, или 43.7%, а в целом уровень загрязнения воздуха характеризуется как «очень высокий» [6].

ГИНИЯТУЛЛИН Рафак Хизбуллинович – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН,
e-mail: grafak2012@yandex.ru

КУЛАГИН Алексей Юрьевич – д.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: coolagin@list.ru

В санитарно-защитных насаждениях березы СПЦ выявлена дифференциация древостоев, что проявляется в наличии в составе отдельных насаждений деревьев, относящихся к категориям «здоровые» и «ослабленные» [1, 7]. Цель исследования – характеристика водного дефицита у здоровых и ослабленных деревьев березы повислой, произрастающих в условиях промышленного загрязнения СПЦ.

Методы исследования. Исследования проводились в березовых насаждениях, расположенных на различном удалении от промышленных предприятий г. Стерлитамака и в зоне условного контроля (ЗУК). Объектами исследования были здоровые и ослабленные деревья березы (50–53 года).

Оценку жизненного состояния деревьев определяли по методике В.А. Алексеева [7]. При исследовании насаждений у каждого дерева березы на пробной площади (ПП) оценивались густота кроны (в % от нормальной густоты), наличие на стволе мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе), степень повреждения листьев токсикантами, патогенами и насекомыми (средняя площадь некрозов, хлорозов и объеданий в % от площади листа или хвои).

$$L_n = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N},$$

где L_n – относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное по числу деревьев; n_1 – число здоровых деревьев на пробной площади; n_2 , n_3 , n_4 – то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев соответственно; 100, 70, 40, 5 – коэффициенты, выражающие (в процентах) жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев; N – общее число деревьев на пробной площади (включая сухостой).

При значении относительного жизненного состояния от 100 до 80% древостой оценивается как «здоровый», при 79–50% – «ослабленный», при 49–20% – «сильно ослабленный», при 19% и ниже – «полностью разрушенный».

Исследование корневых систем березы повислой в условиях промышленного загрязнения СПЦ и в зоне условного контроля проводили методом количественного учета – методом монолитов. Траншеи (почвенные разрезы) на пробных площадях закладывали перпендикулярно по на-

правлению роста горизонтальных корней на расстоянии 70 см от ствола. Расположение траншей по сторонам горизонта произвольное. Все почвенные разрезы имели одинаковые размеры 1×1 м.

В полевых условиях в годичной и сезонной динамике определялись такие показатели водного обмена, как общее содержание воды в листьях березы, водный дефицит. В полевых условиях для определения водного дефицита применяли методику Catsky [8]. В условиях промышленного загрязнения Стерлитамакского промышленного центра пробы листьев и верхушечных вегетативных годичных побегов брали из верхней, средней и нижней частей кроны древесных растений со стороны источника загрязнения с помощью секатора на шесте. Первое взвешивание проводили сразу после срезания. Отделенные от растения листья после взвешивания ставили во влажную камеру черешками в воду. Второе взвешивание листьев производили через 120 мин. Работы выполнялись в летние месяцы (июнь, июль, август) в 2010, 2012, 2016 гг. Содержание воды в листьях определяли в утренние (M1) и в полуденные (M2) часы, отношение этих показателей $M1 > M2$ за определенный период времени указывало на отрицательный водный баланс. Снижение содержания воды в дневные часы ($M1 - M2$) – водный дефицит, который выражается в процентах от общего содержания воды в листьях [9].

Полученные материалы обрабатывались с использованием общепринятых методов математической статистики.

Результаты и их обсуждение. При исследовании относительного жизненного состояния (ОЖС) насаждения березы повислой оценивались густота кроны, наличие на стволе мертвых сучьев, степень повреждения листьев (хлорозы, некрозы). Древостои березы повислой в условиях Стерлитамакского промышленного центра оцениваются в целом как «здоровые» ($L_n = 86.75\%$) (табл. 1).

В данном древостое имеется наибольшее (12 шт.) среди всех исследованных количество деревьев, относящихся к категории «здоровых», и наименьшее (7 шт.) количество «ослабленных». Наибольшее количество мертвых и отмирающих ветвей сосредоточено в нижней части кроны. Более 15% площади листовых пластинок характеризуются наличием хлорозов и некрозов.

Относительное жизненное состояние насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) Стерлитамакского промышленного центра и в зоне условного контроля

№ ППП	Количество деревьев на ППП по категориям, шт.						ОЖС насаждений	
	общее	здоровых	ослабленных	сильно ослабленных	отмирающих	сухих	Lп, %	категория
СПЦ	20	12	7	1	0	0	86.75	«здоровое»
Контроль	20	17	3	0	0	0	97.75	«здоровое»

Охарактеризованы особенности формирования корневых систем «здоровых» и «ослабленных» деревьев березы в возрасте 50 лет в условиях промышленного загрязнения СПЦ и в ЗУК (рис.).

Из полученных результатов установлено, что в условиях промышленного загрязнения СПЦ отмечается снижение коренасыщенности почвы поглощающими корнями у «здоровых» и «ослабленных» деревьев березы по сравнению с контролем (рис.). Установлено, что в условиях промышленного загрязнения СПЦ у здоровых и ослабленных деревьев березы отмечается снижение поглощающих корней в 2–2.5 раза по сравнению с зоной условного контроля.

Дефицит водного насыщения – лабильный и чувствительный к различным внешним воздействиям показатель. Информативность его недостаточна, чтобы охарактеризовать обеспеченность листьев водой, особенно у растений в экстремальных условиях [2, 9]. В течение ряда лет проводилось определение водного дефицита у здоровых и ослабленных деревьев березы в ус-

ловиях промышленного загрязнения СПЦ и в ЗУК (табл. 2).

На модельных деревьях березы в течение вегетационного периода и в течение ряда лет оценивались показатели водного дефицита листьев. Установлено, что в июне, июле, августе 2010, 2012, 2016 гг. утренний водный дефицит составляет с 9.00 до 11.00 часов у ослабленных деревьев березы от 14.8 до 16.5%. Самый сухой и жаркий месяц был июль 2010 г. Средняя влажность составила всего 36–38%. В 2012 г. июль и август были довольно сухими. В июле и августе относительная влажность воздуха в полуденные часы падала до 26–30%, а температура поднималась до 28–32°C. Самый сухой август был в 2016 году. Полученные результаты полуденных значений водного дефицита в условиях промышленного загрязнения СПЦ у «ослабленных» деревьев березы достигают от 26 до 28.1% и превышают норму на 15%. В условиях промышленного загрязнения СПЦ деревья в относительно хорошем состоянии также имеют достаточно высокие величи-

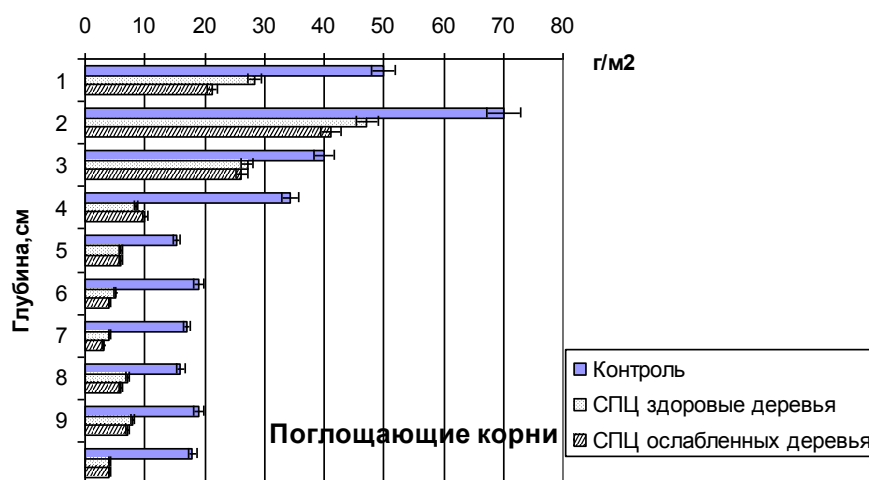


Рис. Насыщенность почвы поглощающими корнями березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях загрязнения Стерлитамакского промышленного центра и в зоне условного контроля

ны утренних значений водного дефицита. Полуденный водный дефицит у «здоровых» деревьев березы в условиях промышленного загрязнения СПЦ – 23.9%, а в ЗУК – 20.3%. Видимо, в условиях промышленного загрязнения СПЦ корни древесных растений не успевают компенсировать расход воды, использованной на транспирацию. Интенсивность транспирации в полуденные часы сильно возрастает. Установлено, что величина полуденных значений водного дефицита у здоровых деревьев березы в условиях промышленного загрязнения СПЦ на 10.9% выше нормы.

В августе 2010, 2012, 2016 гг. в условиях промышленного загрязнения СПЦ полуденный водный дефицит у ослабленных деревьев березы достигал от 24 до 27.6% всей содержащейся воды, что указывает на отрицательный характер водного баланса. В условиях СПЦ и в ЗУК у здоровых и ослабленных деревьев березы в полдень с увеличением температуры и уменьшением относительной влажности воздуха расход влаги увеличивается, достигая максимального водного дефицита в дневное время с 13–15 ч. В вечерние часы с 17 до 19 ч водный дефицит в ЗУК у березы уменьшается. В ночные часы транспирация почти отсутствует, создавшийся водный дефицит компенсируется поступлением воды из почвы через корни растений. Это может наблюдаться только тогда, когда в почве имеется доступная для растения влага [9]. Однако в июле – августе 2010, 2012, 2016 гг. в условиях СПЦ в утренние часы водный дефицит у березы отмечен выше нормы и составил от 14.6 до 18% а в ЗУК – в пределах 12–13%. Видимо, в условиях загрязнения СПЦ у изученных деревьев в ночные часы расход воды не покрывался ее поступлением, поэтому следующий день начинался

с некоторым водным дефицитом. В условиях СПЦ это явление можно рассматривать как показатель уменьшения почвенной влаги. Влажность почвы в условиях промышленного загрязнения СПЦ в июле – августе в 2010, 2012, 2016 гг. в верхнем слое почвы от 0 до 20 см составляет всего 14–15%. При уменьшении влажности почвы вода становится менее доступной для растений, а сопротивление ее передвижения по направлению к корням повышается [4].

Установлены показатели водного дефицита листьев березы повислой, в 2011, 2013, 2014, 2015 гг. в условиях промышленного загрязнения СПЦ и в зоне условного контроля. Данные, представленные в табл. 1, показывают, что здоровые и ослабленные деревья березы в условиях СПЦ и в ЗУК в 2011 г. испытывают значительно меньший водный дефицит по сравнению с 2010, 2012, 2016 гг. В 2011, 2013, 2014, 2015 гг. июнь, июль и август были довольно влажными. В сухие периоды относительная влажность воздуха в полуденные часы падала до 70–85%, а температура воздуха поднималась до 18–20°C. Влажность почвы в условиях промышленного загрязнения СПЦ и в ЗУК в эти годы в верхнем слое почвы от 0 до 20 см составляла 29–35%. В условиях промышленного загрязнения СПЦ водный дефицит у ослабленных деревьев березы достигает в среднем от 12 до 17.5%, а у здоровых деревьев меньше. В зоне условного контроля водный дефицит в полуденные часы у березы еще ниже, чем в условиях загрязнения СПЦ. Причиной изменений величины водного дефицита растений в эти годы, видимо, стало изменение погодных условий (температура, влажность воздуха) в дневное время. Также большую роль играет влажность почвы.

Т а б л и ц а 2

Водный дефицит (% , средние значения) у здоровых и ослабленных деревьев березы повислой (Betula pendula Roth) в условиях промышленного загрязнения Стерлитамакского промышленного центра и в зоне условного контроля

Местоположение, категории деревьев	Годы проведения исследований						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
СПЦ, здоровые деревья	23.9	15.2	18.8	11.2	11.8	9	24.7
СПЦ, ослабленные деревья	28.1	17.5	22.4	13.2	14.5	12.8	29.1
ЗУК, здоровые деревья	20.3	12.0	15.7	7.1	6.5	6.3	18.6

Расход растениями влаги зависит прежде всего от ее количества в почве.

В условиях СПЦ зависимость водного дефицита растений от влажности почвы хорошо прослеживается в июле и августе в 2010, 2012, 2016 гг. Влажность почвы в условиях промышленного загрязнения СПЦ и в зоне условного контроля в июле – августе в 2010, 2012, 2016 гг. в верхнем слое почвы от 0 до 20 см почти на 15–20% меньше, чем в 2011, 2013, 2014, 2015 гг.

Одной из причин увеличения значений утреннего, полуденного и вечернего водного дефицита у древесных растений в условиях СПЦ может являться снижение корненасыщенности почвы поглощающими корнями по сравнению с контролем. Также следует отметить, что в условиях промышленного загрязнения СПЦ сильный водный дефицит может быть вызван торможением поглощения воды поглощающими корнями вследствие загрязнения почвы тяжелыми металлами или вследствие повышенной транспирации. В условиях промышленного загрязнения СПЦ водный дефицит может вызвать и ухудшение относительного жизненного состояния (ОЖС) деревьев. Для «здоровых» деревьев по сравнению с «ослабленными» деревьями березы характерна меньшая выраженность утреннего, полуденного и вечернего водного дефицита листьев.

Выраженный водный дефицит в условиях промышленного загрязнения отмечается у ослабленных деревьев березы. В условиях промышленного загрязнения СПЦ деревья в относительно хорошем состоянии также в определенной степени подвержены влиянию загрязнителей. Водный дефицит их повышался довольно значительно – на 5–6% по сравнению с ЗУК. Высокий водный дефицит листьев березы не наблюдается в относительно чистой зоне. Можно сказать, что снижение поглощающих корней и ухудшение ОЖС у ослабленных деревьев березы в условиях промышленного загрязнения СПЦ вносит свой вклад в более частое возникновение водного дефицита.

Как показывают результаты исследований, резких различий между здоровыми и ослабленными деревьями березы не наблюдается, однако отмечена тенденция к увеличению водного дефицита у ослабленных деревьев на 2–3.5%. Во влаж-

ные, с незначительными отклонениями в количестве осадков 2011, 2013, 2014, 2015 гг. величина водного дефицита у «здоровых» и «ослабленных» деревьев березы в условиях промышленного загрязнения СПЦ выше, чем в ЗУК. В условиях СПЦ наибольшие значения утреннего, полуденного и вечернего водного дефицита отмечены у здоровых и ослабленных деревьев березы повислой в 2010, 2016 гг., а наименее выражен водный дефицит листьев березы в прохладный влажный 2015 год.

Таким образом, полученные значения водного дефицита листьев березы повислой в зоне сильного воздействия воздушного загрязнения (СПЦ) в сухой жаркой 2010 г. изменялись в пределах 5–6% по сравнению с ЗУК. Очевидно, что в условиях промышленного загрязнения СПЦ древесные растения санитарно-защитных насаждений периодически испытывают недостаток воды и действие повышенных температур. Было установлено, что увеличение содержания металлов в почвах санитарно-защитной зоны СПЦ приводит к угнетению роста и развития корневой системы древесных растений. В условиях промышленного загрязнения СПЦ увеличение водного дефицита древесных растений связано с влажностью почвы и уменьшением доли поглощающих корней на глубине 10 (20) см. В условиях промышленного загрязнения СПЦ водный дефицит усугубляется снижением поглощения воды меньшим объемом поглощающих корней. Следует отметить, что более сильный водный дефицит наблюдается в условиях промышленного загрязнения СПЦ у ослабленных деревьев.

Проведенные исследования позволили охарактеризовать адаптивные возможности березы (*Betula pendula* Roth), обеспечивающие успешное ее произрастание в условиях промышленного загрязнения СПЦ. При этом наблюдается дифференциация деревьев в древостоях, которая проявляется не только в снижении их относительного жизненного состояния, увеличении содержания тяжелых металлов в органах, снижении массы поглощающих корней, но и в нарушении показателей водного режима на фоне усиления загрязнения окружающей среды. В целом эти материалы позволяют прогнозировать развитие процессов деградации насаждений и определять необходимость реконструкции березовых насаждений санитарно-защитных зон промышленных центров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулагин А.Ю., Гиниятуллин Р.Х., Уразгильдин Р.В. Средостабилизирующая роль лесных насаждений в условиях Стерлитамакского промышленного центра. Уфа: Гилем, 2010. 108 с.
2. Кайбияйнен Л.К., Сазонова Т.А. Динамика водного обмена сосны // Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и водного режима растений в полевых условиях. Иркутск, 1983. С. 110–124.
3. Крамер П.Д., Козловский Т.Г. Физиология древесных растений. М.: Лес. пром., 1983. 464 с.
4. Жунгиету Г.И., Жунгиету И.И. Химическая экология высших растений. Кишинев: Изд-во Штиинца, 1991. 200 с.
5. Вербицкая О.А. Водный обмен древесных растений в условиях хронического действия органических ксенобиотиков // Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ. 2011. Вып. 16, № 1. С. 93–102.
6. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2010 г. Уфа, 2011. 334 с.
7. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
8. Catsky L. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades // *Physiol. Plantarum*. 1960. Vol. 2, № 1. P. 76–78.
9. Пахомова Г.И., Безуглов В.К. Водный режим растений. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1980. 249 с.

References

1. Kulagin A.Yu., Giniyatullin R.Kh., Urazgildin R.V. Environment stabilizing role of forest plantations under conditions of the Sterlitamak industrial centre. Ufa, Gilem, 2010. 108 p.
2. Kaybiyaynen L.K., Sazonova T.A. Dynamics of water exchange of Scots pine. *Ekologo-fiziologicheskie issledovaniya fotosinteza i vodnykh rezhimov rasteniy v polevykh usloviyakh*. Irkutsk, 1983, pp. 110–124.
3. Kramer P. D., Kozlovsky T.G. Physiology of woody plants. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 1983. 464 p.
4. Zhungietu G. I., Zhungietu I.I. Chemical ecology of higher plants. Kishinev, Shtiintsa, 1991. 200 p.
5. Verbitskaya O.A. Water exchange of woody plants under chronic effect of organic xenobiotics. *Pitaniya bioindikatsii ta ekologii*. Zaporozhye, ZNU, 2011, vol. 16, no. 1, pp. 93–102.
6. State report on the status of natural resources and environment of the Republic of Bashkortostan in 2010. Ufa, 2011. 334 p.
7. Alekseev V. A. Diagnosis of the vitality of trees and forest stands. *Lesovedenie*, 1989, no. 4, pp. 51–57.
8. Catsky L. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. *Physiol. Plantarum*, 1960, vol. 2, no. 1, pp. 76–78.
9. Pakhomov G.I., Bezuglov V.K. Water regime of plants. Kazan. *Izdatelstvo Kazanskogo universiteta*, 1980. 249 p.

**WATER DEFICIT OF LEAVES IN HEALTHY AND WEAKENED TREES
OF BIRCH PLANTINGS (*BETULA PENDULA* ROTH) UNDER CONDITIONS
OF THE STERLITAMAK INDUSTRIAL CENTRE**

© R.Kh. Giniyatullin, A.Yu. Kulagin

Ufa Institute of Biology, RAS,
69, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

Evaluated the relative life status of birch plantings in the conditions of industrial pollution Sterlitamak industrial centre and in the area of conditional control, the study of root systems of woody plants. Presented materials in water deficit leaves of healthy and weakened trees of birch (*Betula pendula* Roth) in conditions of industrial pollution Sterlitamak industrial center in the period 2010 to 2016. Revealed that under conditions of industrial pollution Sterlitamak industrial center in the afternoon with increasing temperature and decreasing relative humidity moisture depletion increased in healthy and weakened trees of birch. The maximum water deficit during the day from 13-15 h. thus, the dry hot weather 2010, 2012, 2016, during the vegetation period was determined by the formation of significant water deficit from birch trees. Thus weakened trees in the conditions of industrial pollution in the night hours of the previous water consumption is not covered by the flow through the root system, so the next day in the morning started with some water deficit. As a result of researches it is established that in conditions of industrial pollution Sterlitamak industrial center with the deterioration of the vital state of the trees and with lower shares of the absorbing roots of the birch has been a significant increase in water deficit.

Key words: water deficit, healthy and weakened trees of birch (*Betula pendula* Roth), the relative living condition of the trees, the absorbing roots, Sterlitamak industrial center.

УДК 574.2

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ *BETULA PENDULA* ROTH И КОСВЕННОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ (Г. О. ТОЛЬЯТТИ)

© Ю.В. Беляева

Рассмотрена проблема устойчивости городских насаждений к воздействию урбосреды. Из всех факторов городской среды воздушное загрязнение в большей степени отрицательно влияет на жизненное состояние городских насаждений. На примере *Betula pendula* Roth была выявлена зависимость морфофизиологического состояния растения от количества автотранспортных выбросов и городской пыли. В работе приведена статистическая обработка полученных данных двумя методами: двухфакторный дисперсионный анализ влияния года исследования и местоположения объектов и корреляционный анализ влияния количества выбросов вредных веществ от автотранспорта и городской пыли на устойчивость и развитие древесного растения в целом.

Ключевые слова: корреляционный анализ, биоиндикация, фитомониторинг, городские насаждения, антропогенное воздействие.

Введение. Многие авторы активно исследуют проблему устойчивости растений к воздушному загрязнению городской среды [1–7]. Устойчивость реализуется за счет морфологических, физиологических, анатомических и биохимических особенностей организма растения. Работы многих авторов подтверждают наличие различных изменений у растений, произрастающих в условиях антропогенного воздействия [3, 6, 7]. Известно, что отрицательное воздействие воздушного загрязнения сказывается на листовых пластинках растений. Основным загрязнителем атмосферы является автотранспорт. Выбросы автотранспорта – это комплекс различных ингредиентов. В выхлопных газах автотранспорта содержатся оксиды азота, соединения свинца, угарный газ, сажа (копоть), несгоревшее топливо, ароматические углеводороды (бензапирен), сернистый газ. Доля загрязнения воздуха автомобилями составляет более 60% от общего загрязнения атмосферы [8]. Исследователи отмечают, что суммарное действие этих веществ на растения иное, нежели каждого загрязнителя в отдельности [5–7]. Растение реагирует на газообразные токсиканты в соответствии с их химической природой (реакционностью, концентрацией, продолжительностью взаимодействия с растением),

важны также индивидуальные особенности растений (интенсивность газообмена, способность нейтрализовать токсикант и регенерировать частично нарушенные клеточные органеллы и функциональные системы) [5, 8, 9].

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в 2013–2015 гг. в условиях г.о. Тольятти. Объектом исследования стала береза повислая (бородавчатая) *Betula pendula* Roth, произрастающая на территории города [10]. В ассортименте растений, рекомендованных некоторыми ботаническими учреждениями РФ (например, ЦСБС СО АН РФ), *Betula pendula* отнесена к растениям, неустойчивым к действию воздушных загрязнителей [7]. Предмет исследования – морфофизиологическое состояние листовой пластинки *Betula pendula*.

Цель работы – выявить особенности устойчивости *Betula pendula* к автовыбросам и пылевой нагрузке городской среды. Изучались следующие морфофизиологические признаки: величина флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки, величина водоудерживающей способности (ВС) и величина количества устьиц (КУ) листовой пластинки, величина пылевой нагрузки (ПН) на листовую пластинку; а также относительное жизненное состояние (ОЖС) особей в целом

и величина автотранспортных выбросов. Статистическая и математическая обработка, представление данных в табличном и графическом виде осуществлена общепринятыми методиками (Удольская, 2004; Василевич, 1969) с использованием различных компьютерных программ (Microsoft Excel 2010, Statsoft Statistica 6.0, Microsoft Office Word 2007, Adobe Photoshop CS5, Paint.NET, DoubleGIS 2011, GoogleMaps, YandexMaps и др.).

Исследования проводились в 5 точках: 1 – Узюковский бор в 25000 м от черты города, в 500–600 м от дороги (контроль); 2 – пригородный лес 200–300 м от дороги; 3 – Парк Победы на расстоянии 100 м от дороги; 4 – вдоль улицы Банькина на расстоянии 40–50 м от дороги; 5 – вдоль улицы Коммунальной в Промышленной зоне города на расстоянии 40–50 м от дороги. Возраст исследуемых растений в черте города составляет в среднем 50–60 лет, пробы взяты на одной высоте от поверхности земли. Измерение ФА листовых пластинок проводилось по методу, рекомендуемому Центром экологической политики России (Захаров, 2000; Зотова, 2009), осуществлялось линейкой, циркулем, транспортиром. Для изучения ВС листовых пластинок применялся весовой метод (Третьяков, 1990; Николаевский, 2002) с использованием сушильного шкафа (ШС-80) и электронных весов (лабораторные ТВЕ-0,21-0,001/2). Подсчет КУ листовых пластинок осу-

ществлялся с помощью метода подсчета количества устьиц на 1 мм² (Третьяков, 1990), с использованием микроскопа (медицинский МИК-МЕД-5). Изучение ПН на листовых пластинках проводилось по методу смыва (Федорова с соавт., 2001; Алексеенко, 2006) с помощью электронных весов (лабораторные ТВЕ-0,21-0,001/2). Изучение площади листовых пластинок для определения ПН проводилось на их аналогах, переведенных на миллиметровую бумагу. Оценка ОЖС городских насаждений проводилась по общепринятой адаптированной шкале В.А. Алексева (1990) и «Методическим рекомендациям по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке» от 10 сентября 2002 г. N 743-ПП. В полевых условиях при оценке внешнего вида крон и стволов учетных деревьев использовался бинокль Veber Classic БПЦ 7×50 VR. Пробы брались 3 раза в летний сезон: июнь, июль, август в течение трех лет. Количество вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, было оценено расчетным методом [8].

Результаты исследования и обсуждения. Дисперсионный анализ полученных данных позволил установить достоверность зависимости величины ФА листовых пластинок *Betula pendula* и экологических условий в рамках месторасположения. По величине асимметрии влияние фактора месторасположения пробных площадок явля-

Т а б л и ц а 1

Корреляционный анализ влияния автотранспортных выбросов на морфофизиологические показатели *Betula pendula* (г.о.Тольятти)

Годы	Площадки	Q, л	ФА, ед.	ВС, %	КУ, шт./мм ²	ПН, мг/см ³
2015	ПП5	13.38	0.062	30.85	499	0.495
	ПП4	6.2	0.050	33.10	458	0.334
	ПП3	5.31	0.047	42.60	351	0.257
2014	ПП5	10.65	0.058	35.20	461	0.407
	ПП4	6.11	0.046	35.56	430	0.262
	ПП3	5.61	0.044	42.41	348	0.210
2013	ПП5	13.21	0.055	39.62	429	0.344
	ПП4	6.38	0.045	43.94	391	0.238
	ПП3	5.03	0.045	48.71	319	0.196
Корреляция Пирсона (r)			0,915	-0,552	0,717	0,851
			+	-	+	+

Примечание. Q – общее количество сожженного топлива двигателем каждого вида транспорта (л); ФА – коэффициент (показатель) флуктуирующей асимметрии (ед.); ВС – вододерживающая способность (%); КУ – количество устьиц на 1 мм²; ПН – пылевая нагрузка (мг/см³); ППЗ – Улица Банькина; ПП4 – Парк Победы; ПП5 – Промышленная зона; + достоверно; – недостоверно.

ется достоверным (доля влияния – 40.2%). Влияние года не является существенным или значимым (достоверным) – 0.8%. Под влиянием года понимается сумма эффективных температур $T^{\circ}C$, зарегистрированная в годы исследования. Данный показатель не имел резких отличий: в 2013 г. соответствовал 21 916; 2014 – 20 410; 2015 – 21 262.

Совместное влияние и площадки, и года также не является значимым – 0.4% (рис.). Корреляционный анализ данных показал достоверность влияния автотранспортных выбросов на ФА (в ед.) листовых пластинок, полученное значение $t = 0.915$ (при пороге достоверности $t = 0.666$) (табл. 1). Достоверность влияния пылевой нагрузки на ФА листовых пластинок соответствует $t = 0.974$ (табл. 3). Это позволило предположить, что загрязнение воздуха оказывает влияние на величину ФА листовых пластинок. В условиях загрязнения воздуха автотранспортом происходит увеличение асимметрии листовых пластинок за летний период (>0.050). Наблюдая за изменением асимметрии, было обнаружено увеличение показателя у растений вдоль дорог в сравнении с контрольными *Betula pendula* в Узюковском бору (табл. 2) [5].

Дисперсионный анализ величины ВС (в %) листовых пластинок *Betula pendula* за 2013–2015 гг. показал, что влияние фактора площадок является достоверным (доля влияния – 43.6%). Влияние года также является существенным или значимым (достоверным), однако доля влияния невелика и составляет всего 1.3% (см. рис.). Совместное влияние и площадки, и года тоже невелико – 1.0%. Корреляционный анализ влияния автотранспорта на ВС листовых пластинок был признан недостоверным, полученное значение $t = -0.552$ (при пороге достоверности $t = 0.666$) (см. табл. 1). Однако полученное значение по модулю близко к достоверному. При изучении ВС листовых пластинок не получено достоверных различий в результатах между данными опыта и контроля, что говорит о возможной устойчивости данных показателей к автомобильному загрязнению воздуха. Достоверность влияния пылевой нагрузки на ВС соответствует $t = -0.828$ (см. табл. 3). В условиях сильного атмосферного загрязнения происходит увеличение величины ВС листовых пластинок за летний период.

Т а б л и ц а 2

Изменение морфо-физиологических признаков листовых пластинок Betula pendula в зависимости от положения изучаемых объектов по отношению к автомагистрали на ПП5 (2013–2015 гг.)

Положение объекта по отношению к автомагистрали, м	ФА, ед.	ВС, %	КУ, шт./мм ²	ПН, мг/см ³
15–30	0.069	30.12	502	1.89
31–45	0.061	33.68	463	1.76
46 и более	0.057	35.74	441	1.57

Т а б л и ц а 3

Корреляционный анализ влияния пылевой нагрузки на морфофизиологические показатели Betula pendula (г.о.Тольятти)

Годы	Площадки	ПН, мг/см ³	ФА, ед.	ВС, %	КУ, шт./мм ²
2015	ПП5	0.495	0.062	30.85	499
	ПП4	0.334	0.05	33.1	458
	ПП3	0.257	0.047	42.6	351
2014	ПП5	0.407	0.058	35.2	461
	ПП4	0.262	0.046	35.56	430
	ПП3	0.21	0.044	42.41	348
2013	ПП5	0.344	0.055	39.62	429
	ПП4	0.238	0.045	43.94	391
	ПП3	0.196	0.045	48.71	319
Корреляция Пирсона			0.974	-0.828	0.899
			+	-	+

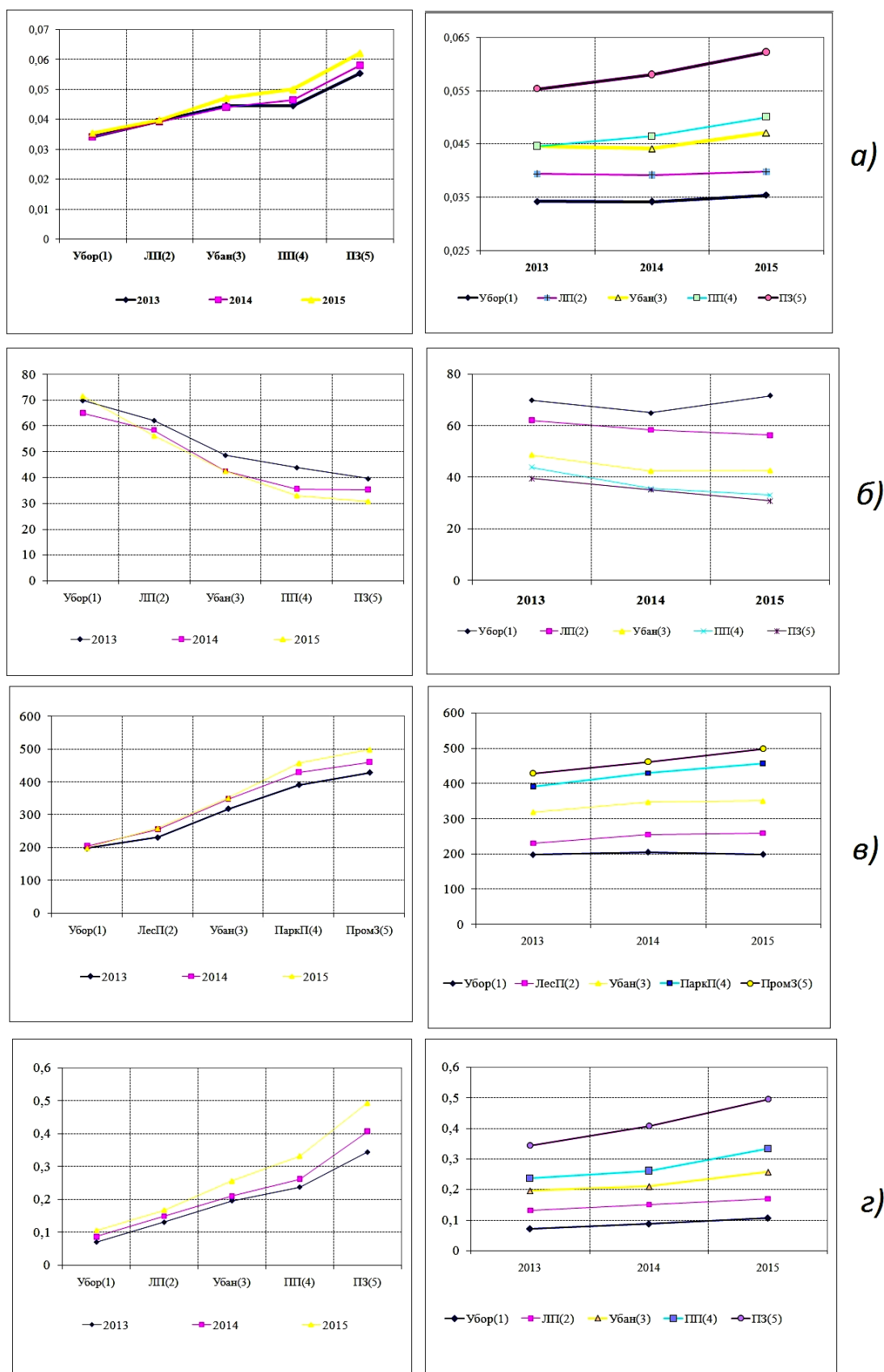


Рис. Изменение морфофизиологических признаков листовых пластинок *Betula pendula* в зависимости от года исследования и местоположения площадок: а – флуктуирующей асимметрии (в ед.); б – водоудерживающей способности (в %); в – количества устьиц (в шт/мм²); г – количества осажженной пыли (в мг/см³)

Диагностические признаки древостоя *Betula pendula* на исследуемых площадках (2013–2015 гг.)

Пораженность листа, %			Мертвые сучья, %			Облиственность, %			Индекс ОЖС LN, %		
2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
0–5	0–5	1–5	1–5	1–5	1–5	85–100	85–95	85–95	95	95	95
0–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	85–95	85–95	85–90	93	93	92
1–10	1–10	1–10	1–10	1–10	1–15	85–90	85–90	85–90	83	82	80
1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	1–10	85–90	85–90	85–90	90	90	88
1–10	10–15	10–20	1–15	15–20	15–20	60–75	60–70	55–65	80	78	73

Дисперсионный анализ показателя КУ (на 1 мм²) листовых пластинок *Betula pendula* показал, что влияние фактора площадок является достоверным (доля влияния – 70.4%). Влияние года также является существенным или значимым (достоверным), однако доля влияния невелика и составляет всего 1.2% (см. рис.). Совместное влияние и площадки, и года не является значимым – 0.9%. Корреляционный анализ данных КУ листовых пластинок был признан достоверным, полученное значение $t = 0.717$ (порог достоверности $t = 0.666$) (см. табл. 1). Достоверность влияния пылевой нагрузки на КУ листовых пластинок $t = 0.899$ (см. табл. 3). Это позволило предположить, что загрязнение воздуха оказывает влияние на величину КУ листовых пластинок. При изучении данной зависимости было установлено, что растения вдоль автотрассы имеют более высокие показатели адаптации (см. табл. 2). В процессе адаптации к условиям загрязненной городской атмосферы у растений появляется мелкоклеточность, утолщение клеточных оболочек, уменьшение площади листовой пластинки, увеличение жилкования и количества устьиц [7].

Дисперсионный анализ ПН листовых пластинок (в мг/см²) *Betula pendula* показал, что влияние фактора месторасположения площадок является достоверным (доля влияния – 37.6%) (см. рис.). Влияние года также является существенным или значимым (достоверным), однако доля влияния невелика и составляет всего 2.0%. Совместное влияние и площадки, и года не является значимым – 0.8%. Корреляционный анализ данных по ПН листовых пластинок был признан достоверным, полученное значение $t = 0.851$ (порог достоверности $t = 0.666$) (см. табл. 1). Это позволило предположить, что загрязнение воздуха ока-

зывает влияние на ПН листовых пластинок. Достоверность опыта высокая, что позволяет говорить о прямой зависимости пылевой нагрузки от количества загрязняющих веществ в воздухе.

Была проведена оценка жизненного состояния особей по шкале категорий ОЖС деревьев, произрастающих в различных типах насаждений г.о. Тольятти по следующим диагностическим признакам: сомкнутость и густота кроны (в % от нормальной густоты), наличие на стволе мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе), наличие биологических повреждений листовых пластинок. Общий вид деревьев по внешним признакам поражения кроны и ствола характеризовался 5 категориями их жизненного состояния (табл. 4). Присутствуют в различной степени поражения листовых пластинок распространенными патогенами, края листовых пластинок повреждены насекомыми.

На площадках в зоне загрязнения отмечается скрученность листовых пластинок, появление коричневой и бурой окраски, ожогов, точечный и пятнистый некроз, мертвый край листа и мертвая верхушка, изменение формы листа. Причем на площадке промышленной зоны отмечается суховершинность и наибольшее количество пораженных листовых пластинок большим числом патогенов, нежели на остальных площадках. Показатели состояния древостоя уменьшаются по мере удаления от магистралей.

Техногенная среда оказывает влияние на некоторые морфофизиологические показатели состояния растений.

Выводы. По результатам трехлетних исследований (2013–2015 гг.) выявлено, что у растений, произрастающих в непосредственной близости к выбросам автотранспорта, наблюдались

показатели, превышающую норму. Критические показатели наблюдаются у особей, произрастающих в загрязненном районе города (промышленная зона) и у тех особей, которые ближе всего находились к дороге (см. табл. 1, 2). Высокая корреляционная зависимость асимметрии и автовывбросов подтверждает связь между флуктуирующей асимметрией листовой пластинки и автомобильной нагрузкой. Достоверность – 0.915 (при пороге достоверности $t = 0.666$). Не было получено прямой связи между количеством автовывбросов и величиной водоудерживающей способности листовой пластинки *Betula pendula* ($t = -0.512$). Отмечена корреляционная зависимость автовывбросов и количества устьиц листовой пластинки ($t = 0.717$); автовывбросов и пылевой нагрузки на листовую пластинку ($t = 0.851$). На основании полученных результатов сформулированы следующие выводы:

1. В зоне сильного воздействия выбросов вредных веществ от автотранспорта происходят некоторые нарушения развития листовых пластинок растения и признаки адаптации к неблагоприятным условиям (увеличение флуктуирующей асимметрии и количества устьиц листовой пластинки);

2. Критериями, используемыми для выявления загрязнения атмосферы выбросами автотранспортом, можно считать: флуктуирующую асимметрию листовой пластинки, количество устьиц листовой пластинки и количество пыли на листовой пластинке;

3. Обнаружено ухудшение морфофизиологических показателей и жизненного состояния у растений, произрастающих непосредственно вдоль автомагистралей;

4. Данные корреляционного анализа показывают, что одной из причин ухудшения морфофизиологических показателей и ухудшения жизненного состояния является количественный состав загрязняющих веществ от автотранспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, Ленинградское отделение. 1990. 197 с.
2. Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология. М.: МГУЛ, 2003. 528 с.

3. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методы оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

4. Кавеленова Л.М. Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи. Самара: Универс-груп, 2006. 223 с.

5. Козловская О.В., Беляева Ю.В. Сосновые леса мелекесско-ставропольского ландшафтного района. Лесотипологическая характеристика // Экология и география растений и сообществ Среднего Поволжья. 2014. С. 427–443.

6. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 125 с.

7. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.

8. Молодцов В.А., Гуськов А.А. Определение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. Тамбов: ТГТУ, 2014. 22 с.

9. Рубин Б.А. Курс физиологии растений. М.: Высшая школа, 1976. С. 157–167.

10. Савенко О.В., Саксонов С.В., Сенатор С.А. Материалы для флоры Узюковского лесного массива // Исследования в области естественных наук и образования: Межвуз. сб. науч.-исслед. работ. Вып. 2. Самара, 2011. С. 48–53.

References

1. Alekseev V.A. Forest ecosystems and air pollution. Leningrad, Nauka, 1990. 197 p.
2. Bulygin N.E., Yarmishko V.T. Dendrology. Uchebnoe posobie. 2nd ed. Moscow, MSFU, 2003. 528 p.
3. Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubinishvili A.T. Healthy environment: Evaluation methods. Moscow, Tsentr ekologicheskoy politiki Rossii, 2000. 68 p.
4. Kavelenova LM Organization problems of the urban environment phytomonitoring system under forest-steppe conditions. Samara, Univers Group, 2006. 223 p.
5. Kozlovskaya O.V., Belyaeva Yu.V. Pine forests of the Melekessky-Stavropol landscape area. Forest typological characteristics. Ekologiya i geografiya rasteniy Srednego Povolzya. Moscow, 2014, pp. 427–433.

6. Kulagin Yu.Z. Woody plants and industrial environment. Moscow, Nauka, 1974. 125 p.

7. Nicholaevsky V.S. Biological basis of gas resistance in plants. Novosibirsk, Nauka, 1979. 280 p.

8. Molodtsov V.A., Guskov A.A. Determination of pollutant emissions from motor vehicles. Tambov, TSTU, 2014. 22 p.

9. Rubin B.A. Course in plant physiology, Moscow, Vysshaya shkola, 1976, p. 157–167.

10. Savenko O.V., Saksonov S.V., Senator S.A. Materials on the flora of the Uzyukovo forest massif. Issledovaniya v oblasti estestvennykh nauk i obrazovaniya. Mezhvuzovskiy sbornik nauchno-issledovatel'skikh rabot. Issue 2. Samara, 2011. pp. 48–53.



**CORRELATION ANALYSIS FOR RESPONSES OF *BETULA PENDULA* ROTH
AND INDIRECT HUMAN IMPACT UNDER CONDITIONS
OF DIFFERENT HABITATS (CITY OF TOLYATTI)**

© **Yu.V. Belyaeva**

Institute of Ecology of the Volga River Basin, RAS,
10, ulitsa Komzina, 445003, Tolyatti, Russian Federation

The article considers the problem of resistance to the effects of urban spaces *urbosredy*. Of all the factors of the urban environment air pollution increasingly negative impact on the living condition of urban spaces. For example, *Betula pendula* Roth was revealed the dependence of morphological and physiological condition of the plants on the number of vehicle exhaust and city dust.

Key words: correlation analysis, bioindication, Phytomonitoring, urban spaces, anthropogenic influence.

УДК 547.913:543.51

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *MONARDA* L., ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

© И.Е. Анищенко, К.А. Пупыкина, Е.В. Красюк, О.Ю. Жигунов

Впервые представлены результаты изучения химического состава эфирных масел пяти представителей рода *Monarda* L. в культуре в Республике Башкортостан. Среди них: *M. fistulosa* L., *M. didyma* L., *M. hybrida hort.*, *M. citriodora* Cerv. ex Lag. и *M. russeliana* Nutt. ex Sims, выращенные на коллекционном участке пряно-ароматических растений в Ботаническом саду-институте Уфимского научного центра РАН. Определение содержания эфирного масла в исследуемых образцах монарды проводили путем его перегонки с водяным паром из растительного сырья и последующим измерением объема эфирного масла. Для выделенных эфирных масел были определены органолептические характеристики и показатель преломления. Компонентный состав эфирного масла анализировали методом хромато-масс-спектрометрии. Идентификацию компонентов проводили по масс-спектрам электронного удара, фиксируя такие показатели, как названия соединений, времена удерживания, величины количественного вклада в сумму соединений эфирного масла, индекс сходства библиотечного и полученного спектров. При этом индекс сходства с величиной более 90% свидетельствовал об оптимальном совпадении соединений. По результатам исследований было отмечено, что в эфирных маслах, полученных от изученных представителей рода *Monarda*, идентифицировано разное количество компонентов монотерпеновой, сесквитерпеновой и ароматической природы. Максимальное количество компонентов (27) отмечено в эфирном масле *M. didyma*, среди которых преобладают 1-октен-3-ол (2.66%), цимол (7.90%), линалоол (2.64%), 4-терпениол (3.60%), метиловый эфир карвакрола (15.59%), п-винилгваякол (36.43%), карвакрол (2.00%) и др. В эфирном масле *M. fistulosa* идентифицировано 21 соединение, у *M. hybrida* обнаружено 20 веществ, у *M. citriodora* – 19 веществ, у *M. russeliana* – 17 соединений. Изученные виды рода *Monarda* могут быть рекомендованы для дальнейшего изучения в качестве перспективных эфирно-масличных культур в условиях Республики Башкортостан.

Ключевые слова: род *Monarda* L., Республика Башкортостан, эфирное масло, компонентный состав, хромато-масс-спектрометрия.

К роду *Monarda* L. (Монарда) семейства Яснотковых (*Lamiaceae* Lindl.) относится более 20 видов, родом из Северной Америки. Монарды – это многолетние и однолетние корневищные растения с прямыми или ветвистыми стеблями до 150 см высотой, с простыми, продолговато-ланцетными, зубчатыми листьями [1]. Растения во всех своих частях содержат эфирные масла, кумарины, флавоноиды, реже сапонины, чем обусловлено их важное практическое значение.

Монарды – ценные эфиромасличные растения. Эфирные масла находятся в основном в соцветиях и

в листьях, и содержат достаточно большое количество ароматических эфиров: п-цимен (цимол – 32,5, карвакрол – 24,0, тимол – 12,6%). В состав масла входят также терпены: моноциклические – α -терпинен, линалоол, лимонен; из бициклических – α - и β -пинены. Помимо эфирных масел монарда содержит горечи, дубильные вещества, витамины С, В₁ и В₂ и др.

Монарда используется как душистая и полезная пряность, улучшающая пищеварение и обладающая лекарственными свойствами. Свежую монарду применяют в гомеопатии. Сок из листьев монарды используется для заживления ран.

АНИЩЕНКО Ирина Евгеньевна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: angel3207@mail.ru

ПУПЫКИНА Кира Александровна – д.фармац.н., Башкирский государственный медицинский университет, e-mail: pupykinaka@gmail.com

КРАСЮК Екатерина Васильевна, Башкирский государственный медицинский университет, e-mail: medicekv91@yandex.ru

ЖИГУНОВ Олег Юрьевич – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: zhigunov2007@yandex.ru

Основную роль в целебном воздействии играют эфирные масла, проявляющие бактерицидную, антигельминтную, антибиотическую, иммуномодулирующую активность [2, 3].

Анализ химического состава эфирных масел монарды ранее был изучен для растений, культивируемых в Крыму, Северном Кавказе, Западной Сибири, Московской и Ленинградской областей [4–9].

В работе впервые приводятся данные по компонентному составу эфирных масел пяти изученных представителей рода *Monarda* в культуре в Республике Башкортостан.

Материал и методы. В качестве объектов исследования использовали культивируемые образцы сырья различных видов монарды: м. трубчатая (*M. fistulosa* L.), м. двойчатая (*M. didyma* L.), м. гибридная (*M. hybrida hort.*), м. лимонная (*M. citriodora* Cerv. ex Lag.) и м. Рассела (*M. russeliana* Nutt. ex Sims), выращенные на коллекционном участке пряно-ароматических растений в Ботаническом саду-институте Уфимского научного центра РАН.

Посадочный материал растений монарды получен нами в виде семян и живых растений в разные годы из ботанических садов России, Польши и Чехии.

Определение содержания эфирного масла в исследуемых образцах монарды проводили по методу I Государственной фармакопеи XI издания путем его перегонки с водяным паром из растительного сырья, с использованием приемника А.С. Гинзберга и последующим измерением объема эфирного масла [10]. Были подобраны оптимальные условия получения эфирного масла из сырья (табл. 1), на основании которых экспозиция перегонки составляла 1 час. Содержание эфирного масла выражают в объемно-весовых процентах в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Результаты выхода эфирного масла, в зависимости от фазы вегетации, представлены в табл. 2.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что максимальное накопление эфирного масла наблюдалось в фазу цветения, а наибольший выход эфирного масла был получен из *M. citriodora* и *M. didyma*.

Эфирные масла, полученные от различных видов монарды, представляли собой прозрачные маслянистые жидкости, от желтоватого до красновато-коричневого цвета, с приятным ароматным лимонно-карвакрольным или мятно-тимольным запахом. Для выделенных эфирных масел были

Т а б л и ц а 1

Влияние условий перегонки на выход эфирного масла видов рода *Monarda*

Степень измельчения сырья	Выход эфирного масла, %			
	Время перегонки			
	30 минут	1 ч	1.5 ч	2 ч
<i>M. fistulosa</i>				
1 мм	0.31±0.02	0.52±0.04	0.31±0.02	0.10±0.01
2 мм	0.50±0.03	1.26±0.05	0.83±0.05	0.50±0.03
3 мм	0.10±0.01	0.83±0.05	0.62±0.04	0.31±0.02
<i>M. didyma</i>				
1 мм	0.82±0.05	1.10±0.07	0.9±0.05	0.20±0.02
2 мм	1.04±0.07	1.73±0.08	1.04±0.06	0.50±0.03
3 мм	0.50±0.03	0.70±0.04	0.5±0.03	0.21±0.02
<i>M. hybrida</i>				
1 мм	0.10±0.01	0.10±0.01	0.10±0.01	–
2 мм	0.30±0.02	1.00±0.04	0.48±0.03	0.20±0.01
3 мм	0.10±0.01	0.31±0.02	0.31±0.03	0.10±0.01
<i>M. citriodora</i>				
1 мм	1.10±0.06	1.40±0.06	0.95±0.04	0.40±0.03
2 мм	1.60±0.08	2.30±0.09	1.90±0.08	1.06±0.04
3 мм	0.95±0.05	1.30±0.06	1.10±0.04	0.65±0.02
<i>M. russeliana</i>				
1 мм	0.15±0.01	0.20±0.01	0.20±0.02	0.10±0.01
2 мм	0.34±0.03	0.62±0.02	0.40±0.03	0.36±0.02
3 мм	0.28±0.02	0.42±0.03	0.30±0.03	0.16±0.01

Динамика накопления эфирного масла в зависимости от фазы вегетации

Вид	Выход эфирного масла в разные фазы вегетации, %		
	бутонизация	цветение	плодоношение
<i>M. fistulosa</i>	0.75±0.04	1.26±0.05	1.04±0.04
<i>M. didyma</i>	0.86±0.04	1.73±0.08	1.60±0.07
<i>M. hybrida</i>	0.41±0.02	1.00±0.04	0.51±0.02
<i>M. citriodora</i>	0.87±0.04	2.30±0.09	2.10±0.09
<i>M. russeliana</i>	0.42±0.02	0.62±0.02	0.53±0.02

Т а б л и ц а 3

Физико-химические показатели образцов эфирных масел видов рода *Monarda*

Наименование образца	Органолептические показатели		Показатель преломления
	цвет	запах	
<i>M. fistulosa</i>	оранжевый	пряный, лимонно-карвакрольный, не резкий	1.5030
<i>M. didyma</i>	красновато-желтый	пряный, мятно-тимольный, резкий	1.4987
<i>M. hybrida</i>	светло-коричневый	пряный, мятно-тимольный, резкий	1.5033
<i>M. citriodora</i>	красновато-коричневый	пряный, лимонно-карвакрольный, не резкий	1.4983
<i>M. russeliana</i>	оранжевый	пряный, мятно-тимольный, резкий	1.4990

определены органолептические характеристики и показатель преломления (табл. 3).

Компонентный состав эфирного масла анализировали методом хромато-масс-спектрометрии. Приготовленные пробы анализировали с использованием газового хроматографа «Agilent» (США) модели 7820 N с масс-селективным детектором модели 5975 при следующих условиях: колонка – капиллярная HP-5MS (30 м × 0,25 мм, толщина пленки фазы 0,25 мкм); температура инжектора 280°C, интерфейса детектора 280°C; начальная и конечная температура термостата колонки 50 и 280°C соответственно; температура колонки изменялась со скоростью 10 град/мин; газ-носитель – гелий; объем вводимой пробы – 1 мкл, пробу вводили в режиме с делением потока 40:1; масс-селективный детектор работал в режиме электронного удара (70 эВ).

Идентификацию компонентов проводили по масс-спектрам электронного удара, фиксируя такие показатели, как названия соединений, времена удерживания, величины количественного вклада в сумму соединений эфирного масла, индекс сходства (Match quality) библиотечного и получен-

ного спектров. Результаты изучения компонентного состава эфирных масел различных видов монарды, интродуцированных в Республике Башкортостан, представлены в табл. 4.

Результаты и обсуждение. В эфирном масле *M. fistulosa* идентифицировано 21 соединение и в максимальном количестве накапливаются цимол (12.89%), линалоол (3.83%), камфора (2.98%), метиловый эфир карвакрола (13.02%), тимол (37.36%), карвакрол (3.03%), фарнезол (4.76%), спатуленол (2.59%).

В эфирном масле *M. didyma* обнаружено 27 веществ, среди которых преобладают 1-октен-3-ол (2.66%), цимол (7.90%), линалоол (2.64%), 4-терпениол (3.60%), метиловый эфир карвакрола (15.59%), п-винилгваякол (36.43%), карвакрол (2.00%), цис-метил-изоэвгенол (2.94%), фарнезол (2.13%), оксид кариофеллина (2.42%).

В эфирном масле *M. hybrida* обнаружено 20 веществ и в максимальном количестве накапливаются цимол (2.67%), линалоол (3.83%), камфора (4.18%), 3-циклогексен-1-ол (2.60%), метиловый эфир карвакрола (2.25%), цимен-2,5-дион (6.44%), тимол (54.42%), оксид кариофиллина (2.79%).

Компонентный состав эфирных масел видов видов рода *Monarda*

Соединение	Содержание в смеси, %				
	<i>M. fistulosa</i>	<i>M. didyma</i>	<i>M. hybrida</i>	<i>M. citriodora</i>	<i>M. russeliana</i>
тимол	37.36	6.50	54.42	28.65	25.01
метилвый эфир карвакрола	13.02	15.59	2.25	14.96	3.26
цимол	12.89	7.90	2.67	10.21	4.11
линалоол	3.83	2.64	3.83	3.02	17.31
карвакрол	3.03	2.00	–	3.40	19.76
1-октен-3-ол	2.66	2.66	1.17	2.66	0.65
фарнезол	4.76	2.13	4.76	1.54	–
камфора	2.98	0.90	4.18	2.13	–
γ-терпинен	0.38	0.38	–	0.38	0.12
борнеол	1.63	0.71	1.70	–	0.06
п-винилгвалкол	–	36.43	–	–	–
3-циклогексен-1-ол	2.04	–	2.60	–	0.41
β-кариофиллен	0.74	1.38	1.28	–	0.59
4-терпинеол	–	3.60	–	3.60	–
оксид кариофиллина	–	2.42	2.79	–	1.17
σ-кадинен	0.77	0.84	–	0.84	–
2-карен	–	0.19	–	–	–
цис-сабинен	0.86	–	–	–	0.25
сабинен	–	0.96	–	0.96	–
цимол	–	0.26	–	–	–
β-туйон	–	–	0.68	–	–
2-циклогексен-1-ол	–	0.26	–	0.26	–
β-фенхильовый спирт	1.22	–	–	–	–
анизол	0.81	–	–	–	0.34
цимен-2,5-дион	–	–	6.44	–	4.39
камфен	1.36	–	–	–	–
α-терпинил ацетат	–	–	0.34	–	–
геранил пропионат	–	–	0.44	–	–
α-копаен	0.10	–	–	0.10	0.08
β-бурбонен	0.36	0.44	0.38	–	–
цис-метил-изоэвгенол	–	2.94	–	2.94	–
γ-муролен	–	0.57	0.30	–	–
гермакрен	–	–	0.93	–	0.69
α-аморфен	–	–	0.91	–	–
спатуленол	2.59	–	–	–	–
σ-кадиен	0.98	–	–	–	–
γ-муролен	–	1.84	–	–	–
бисаболол оксид	–	–	1.21	–	–
α-фарнезен	–	0.22	–	0.22	–
α-фелландрен	–	0.78	–	0.78	1.02
α-туйон	–	0.24	–	0.24	–
α-пинен	–	0.22	–	0.22	–

В эфирном масле *M. citriodora* обнаружено 19 веществ, среди которых преобладают 1-октен-3-ол (2.66%), цимол (10.21%), линалоол (3.02%), 4-терпенеол (3.60%), метилвый эфир карвакрола (14.96%), тимол (28.65%), карвакрол (3.40%), камфора (2.13%).

В эфирном масле *M. russeliana* идентифицировано 17 соединений и в максимальном коли-

честве накапливаются цимол (4.11%), линалоол (17.31%), метилвый эфир карвакрола (3.26%), тимол (25.01%), карвакрол (19.76%).

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно отметить, что в эфирных маслах, полученных от изученных представителей рода *Monarda*, идентифицировано разное количе-

ство компонентов монотерпеновой, сесквитерпеновой и ароматической природы. Максимальное количество компонентов (27) отмечено в эфирном масле *M. didyma*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машанов В. И., Покровский А. А. Пряно-ароматические растения. М., 1991. 287 с.
2. Кунакова Р.В., Зайнуллин Р.А., Фахретдинов И.Р., Анищенко И.Е., Абрамова Л.М., Гайдеров А.Г. Перспективы применения растений рода *Monarda* для производства напитков в Республике Башкортостан // Вестник АН РБ. 2007. Т. 12, № 1. С. 57–61.
3. Кунакова Р.В., Зайнуллин Р.А., Абрамова Л.М., Анищенко И.Е. Пищевые и лекарственные растения в функциональном питании. Уфа, 2011. 376 с.
4. Бакова Н.Н., Хлыпенко Л.А., Работягов В.Д. Перспективы использования эфирно-масличных растений семейства яснотковые / International Meeting of Young Scientists in Horticulture // Materials of the 7th International Conference. 1999. P. 144–146.
5. Опарин Р.В., Покровская Л.М., Высочина Г.И., Ткачев А.В. Исследование химического состава эфирного масла *Monarda fistulosa* L. и *Monarda didyma* L., культивируемых в условиях Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2000. № 3. С. 19–24.
6. Серкова А.А., Тютюнник В.И., Халыгина С.В., Платонова Т.В. Изучение монарды как источника БАВ // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: 2-й межд. симпозиум. 1997. Т. 2. С. 88–90.
7. Замуреев В.А., Ключев Н.А., Бочаров Б.В., Кабанов В.С. Исследование компонентного состава *Monarda fistulosa* L. // Химия природных соединений. 1989. № 5. С. 646–649.
8. Вишневецкая О.Е., Шаварда А.Л., Соловьева А.Е., Зверева О.А. Исследование компонентного состава эфирного масла растений рода *Monarda* (*Lamiaceae*), культивируемых в условиях северо-западного региона // Аграрная Россия. 2006. № 6. С. 60–62.
9. Мяделец М.А., Домрачев Д.В., Крикливая А.Н., Высочина Г.И. Зависимость состава эфирного масла *Monarda didyma* от возраста растений и характера сырья // Химия растительного сырья. 2014. № 3. С. 215–219.

10. Самылина И.А., Аносова О.Г. Фармакогнозия. Т. 1. Общая часть. Термины и техника микроскопического анализа в фармакогнозии. М., 2007. 189 с.

References

1. Mashanov V.I., Pokrovsky A.A. Aromatic plants. Moscow, 1991. 287 p.
2. Kunakova R.V., Zaynullin R.A., Fakhretdinov I.R., Anishchenko I.E., Abramova L.M., Gayderyov A.G. The prospects for applying plants of the genus *Monarda* for the production of drinks in the Republic of Bashkortostan. Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan, 2007, vol. 12, no. 1. pp. 57–61.
3. Kunakova R.V., Zaynullin R.A., Abramova L.M., Anishchenko I.E. Food and medicinal plants in functional nutrition. Ufa, 2011. 376 p.
4. Bakova N.N., Khlypenko L.A., Rabotyagov V.D. Prospects for using essential oil plants of the family *Lamiaceae*. International Meeting of Young Scientists in Horticulture. Materials of the 7th International Conference. Czech Republic, pp. 144–146.
5. Oparin R.V., Pokrovskaya L.M., Vysochina G.I., Tkachev A.V. 2000. Research on the chemical composition of essential oils from *Monarda fistulosa* L. and *Monarda didyma* L., cultivated under conditions of Western Siberia. Khimiya rastitelnogo syrya, 2000, no 3, pp. 19–24.
6. Serkova A.A., Tyutyunnik V.I., Khalyavina S.V., Platonova T.V. The study of *Monarda* plants as a source of biologically active substances. Vtoroy mezhdunarodnyy simpozium “Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh prakticheskogo ispolzovaniya”. Pushchino, 1997, pp. 88–90.
7. Zamureenko V.A., Klyuev N.A., Bocharov B.V., Kabanov V.S. Research on the component structure of *Monarda fistulosa* L. Khimiya prirodnykh soedineniy, 1989, no. 5, pp. 646–649.
8. Vishnevskaya O.E., Shavarda A.L., Solovyeva A.E., Zvereva O.A. Research on the component structure of essential oil from *Monarda* plants (*Lamiaceae*) cultivated under conditions of the northwestern region. Agrarnaya Rossiya, 2006, no 6, pp. 60–62.
9. Myadelets M.A., Domrachev D.V., Krikliyaya A.N., Vysochina G.I. Dependence of the structure of *Monarda didyma* essential oil on the age of plants and type of raw materials. Khimiya rastitelnogo syrya, 2014, no 3, pp. 215–219.

10. Samylina I.A., Anosova O.G. Pharmacognosy. microscopic analysis in pharmacognosy. Moscow, Training book. General part. Terms and technology of 2007. 189 p.

THE COMPONENT STRUCTURE OF ESSENTIAL OILS FROM SOME REPRESENTATIVES OF THE GENUS *MONARDA* L. INTRODUCED INTO THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

© I.E. Anishchenko¹, K.A. Pupykina², E.V. Krasnyuk², O.Yu. Zhigunov¹

¹ Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS,
195/3, ulitsa Mendeleeva, 450080, Ufa, Russian Federation

² Bashkir State Medical University,
3, ulitsa Lenina, 450000, Ufa, Russian Federation

Results of studying of component composition of essential oils of five representatives of genus *Monarda* L. in the culture in Bashkortostan Republic for the first time are presented in the article. Among them: *M. fistulosa* L., *M. didyma* L., *M. hybrida* hort., *M. citriodora* Cerv. ex Lag. and *M. russeliana* Nutt. ex Sims, grown up on collection site of aromatic plants in the Botanical garden-institute of Ufa scientific center of the Russian Academy of Sciences. Determination of content of essential oil in studied samples of bee balm was carried out by his distillation with water vapor from vegetable raw materials and subsequent measurement of volume of essential oil. For the emitted essential oils organoleptic characteristics and index of refraction have been defined. The component composition of essential oil was analyzed by chromatography-mass-spectrometry method. Identification of components was carried out on mass spectrums of electronic blow, fixing such indicators as: names of connections, times of keeping, size of quantitative contribution to the sum of compounds of essential oil, an index of similarity of the library and received ranges. At the same time the index of similarity to size more than 90% demonstrated optimum coincidence of connections. By results of researches it has been noted that in essential oils received from the studied representatives of genus *Monarda* the different quantity of components of monoterpene, sesquiterpene and aromatic nature is identified. The maximum quantity of components (27) is noted in *M. didyma* essential oil among which prevail – 1-octene-3-ol (2.66%), cymene (7.90%), linalool (2.64%), 4-terpeniol (3.60%), methyl ether of carvacrol (15.59%), p-vinylgвайкол (36.43%), carvacrol (2.00%), etc. In *M. fistulosa* essential oil 21 connections are identified, at *M. hybrida* 20 substances, at *M. citriodora* – 19 substances, at *M. russeliana* – 17 connections are revealed. The studied species of genus *Monarda* can be recommended for further studying as perspective radio oil-bearing crops in the conditions of the Bashkortostan Republic.

Key words: genus *Monarda* L., Bashkortostan Republic, essential oil, component composition, chromatography-mass-spectrometry.

УДК 581.9

**МИНИМУМ-АРЕАЛЫ КОНКРЕТНЫХ ФЛОР КАК ОСНОВА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИИ**

© А.В. Иванова

Понятие «конкретная флора» (КФ) известно из работ А.И. Толмачева. Конкретная флора представляет собой элементарную флористическую единицу регионального уровня, на территории которой наблюдается флористическая гомогенность. Ключевым моментом выявления КФ является выявление ее минимум-ареала. В работе определены значения характеристик минимума-ареала конкретной флоры для территории Сокского бассейна (Самарская область, Заволжье). С использованием серии отдельных флористических описаний (проб флоры) и кривой «число видов – площадь» получена оценка площади (400–1000 км²), которая в зависимости от антропогенной преобразованности территории и уровня сохранности естественной растительности может существенно меняться. Показано, что для условий лесостепной зоны Самарского Заволжья «флористический портрет» конкретной флоры должен включать не менее 700 видов. При этом у трех рассмотренных минимум-ареалов отмечено полное совпадение состава десятки ведущих семейств с семейственным спектром флоры всего бассейна реки Сок. Процент содержания семейств, представленных одним видом во флоре, изменяется от 28 до 35, а десять ведущих семейств содержат 61–62% видового состава флоры.

С помощью серии из трех минимум-ареалов охарактеризована флористическая структура исследуемой территории. Показано, что бассейн реки Сок представляет собой флористически неоднородную территорию, то есть содержит более одной КФ. Используя данные проб флор других ландшафтных районов, показано, что флора бассейна реки Сок отличается от таковых соседних территорий в степени, характерной для разных КФ.

Ключевые слова: конкретная флора (КФ), минимум-ареал КФ, пробная площадь, флора ландшафта, бассейн реки Сок, Самарская область, флористическая структура.

Понятие «конкретная флора» (КФ) известно из работ А.И. Толмачева [1]. Конкретная флора представляет собой элементарную флористическую единицу регионального уровня, на территории которой наблюдается флористическая гомогенность. Б.А. Юрцев в своих работах отводил значительное внимание вопросу «площади выявления» флоры, подразумевая под этим «площадь выявления КФ и ее компонентов: площади выявления спектра экотопов, площади выявления сводных парциальных флор каждого класса экотопов; а также размер контуров элементарных естественных флор в целом» [2]. Определение минимум-ареала КФ является ключевым моментом ее выявления, его можно рассматривать как своеобразную «пробную площадь». Эта площадь в зависимости от исторических, природных и антропогенных факторов может существенно изменяться [2, 3].

Работ, посвященных площади выявления ареала-минимума КФ, в литературе не так мно-

го. Обобщая данные ряда исследователей, Б.А. Юрцев указывает на некую градиацию изменения «площади выявления» флоры в зависимости от географического месторасположения: «в северной тайге 300–350 км², в полосе восточноевропейских хвойно-широколиственных лесов 700–750 км², в тропическом поясе – не менее 1000 км²» [2].

Помимо величины площади минимальный ареал КФ («пробная площадь») имеет еще одну важную характеристику – число видов как оценка экологической емкости разнообразия флоры. Соответствующий список видов выступает в качестве «флористического портрета» КФ. Основные таксономические, биоморфологические и другие параметры полученного списка видов должны приближаться к таковым для местной региональной флоры. Только в этом случае выбранная «пробная площадь» может рассматриваться как основа для исследования флоры изучаемой территории.

Изучение основных параметров ««пробной площади» в конкретных природных условиях можно рассматривать как первый этап работы по выявлению флористической структуры территории. Зная значения этих параметров, можно оценить любой список видов с точки зрения достаточности и целесообразности его использования. Серия «пробных площадей», заложенных определенным образом, способна дать информацию о флористической структуре территории.

Флористической структурой территории в нашем понимании является количество КФ, а также особенности перехода между ними.

В качестве исследуемой территории рассмотрен бассейн реки Сок, расположенный в северной части Самарского Заволжья. Река Сок берет начало на западных склонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности в 0.5 км к югу от с. Курско-Васильевки Северного района Оренбургской области и впадает в Саратовское водохранилище слева, в 1.5 км к юго-востоку от поселка Волжского (с. Большая Царевщина). Бассейн реки занимает фрагменты территорий двух областей (Оренбургской и Самарской) и Республики Татарстан, при этом большая часть водосбора (93%) расположена в пределах Самарской области. Река Сок является типичной равнинной рекой Волжского бассейна. Она имеет 53 притока длиной не менее 1 км. Самым крупным из них является р. Кондурча [4]. Бассейн реки Сок занимает около 22% территории Самарской области, т.е. имеет достаточно большую площадь и разнообразные экологические условия. Все это объясняет неоднозначный подход к районированию данной территории. Следовательно, при изучении флористической структуры есть вероятность обнаружить ее неоднородность (несколько КФ).

Опираясь на имеющееся физико-географическое районирование [5, 6] и гипотезу о принадлежности флоры ландшафтного района одной КФ [7], осуществлена оценка размеров «пробных площадей» территории бассейна реки Сок. Рассматриваемая территория, согласно физико-географическому районированию Среднего Поволжья, входит в Сокский возвышенно-равнинный район с двухъярусным рельефом и занимает основную его площадь, за исключением небольшой части устья реки. Исследуемый речной бассейн лежит в

пределах лесостепной провинции Высокого Заволжья [5]. Ландшафтное районирование Урало-Каспийского региона выделяет на территории Сокского бассейна три ландшафтных района – Кондурчинский, Нижнесокский, Верхнесокский и Прикинельский. Причем первый и три последних района принадлежат к разным провинциям [6].

Основой данной работы послужили флористические описания, собранные сотрудниками лаборатории фиторазнообразия ИЭВБ РАН за период полевых исследований с 2007 по 2015 год. Информация о них хранится в базе данных БД FD SUR [8]. Флористические описания представляют собой списки видов высших сосудистых растений, составленных на местности с учетом собранного и определенного впоследствии гербарного материала. Серия таких описаний, претендующая на характеристику флоры минимального ареала, должна максимально полно представлять видовой состав парциальных флор данной местности. Это достигается максимальным охватом при работе на местности всех возможных экотопов. При этом каждое из описаний включает лишь часть экотопов и является неполным для характеристики флоры. После объединения видовых списков полученный общий список приближается к флоре регионального уровня, поэтому и может характеризовать минимальный ареал. Таким образом, нами предпринята попытка выявления минимума-ареала КФ методом объединения выборочных проб флоры (в нашем случае – с помощью флористических описаний, проведенных маршрутным методом, с разной степенью детализации и охватом вегетационного периода). Такой подход обусловлен значительной антропогенной нагрузкой (например, использование земель под сельскохозяйственные нужды составляет до 60%) и полноценные флористические описания возможны только по отдельным «островкам» естественной растительности, а также по территориям памятников природы регионального уровня.

Выявление площади минимального ареала нами производилось путем отслеживания увеличения числа видов в зависимости от приращения площади (метод «кривая виды–площадь»). В трех произвольно выбранных участках Сокского бассейна, территориально расположенных в разных его частях, – исток реки (I), средняя часть (II) и

ближе к устью (III) – флористические описания заложены более плотно (рис. 1).

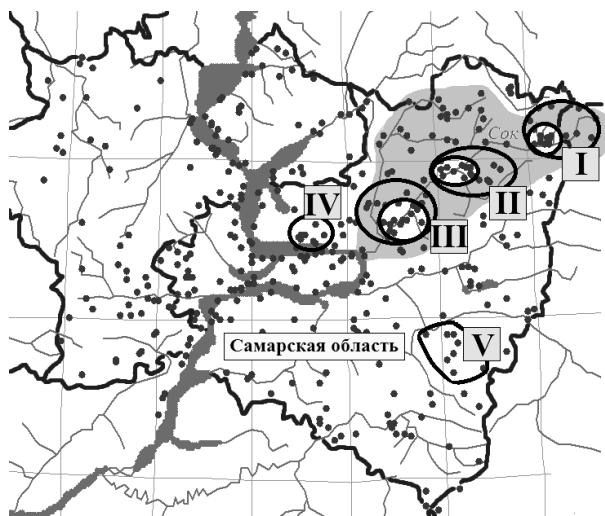


Рис. 1. Расположение рассматриваемых участков территории: I, II, III, IV, V (Условные обозначения: точками обозначены места отдельных флористических описаний; светлые круги – оценка площади минимального ареала)

Кривые, иллюстрирующие накопление числа видов в зависимости от увеличения площади, для трех участков территории Сокского бассейна изображены на рис. 2. Площади минимального ареала КФ для каждого случая соответствует точка на графике, после которой заканчивается процесс массового притока видов, в то время как перечень списка продолжает пополняться более низкими темпами.

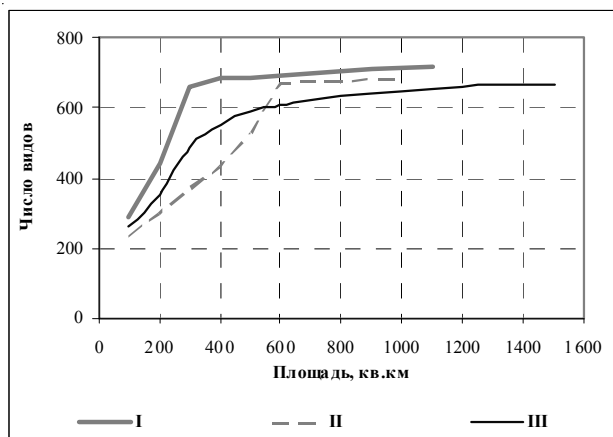


Рис. 2. Накопление числа видов в зависимости от увеличения площади участков (I, II, III) Сокского бассейна [3]

Показано, что репрезентативность R достигает значения 90% в трех участках территории Сокского бассейна при различных значениях пло-

щадей, что скорее всего связано с различной антропогенной преобразованностью территории [3].

Таким образом, согласно имеющимся данным, площадь ареала-минимума для лесостепной зоны оказывается в интервале 400–1000 км² (в зависимости от антропогенной преобразованности). При этом количество видов «пробной площади» не должно быть менее 700 (см. рис. 2). Площадь же целой конкретной флоры, вероятно, всегда больше указанной, хотя она, возможно, различается более существенно, так как является функцией экологических условий местности.

Оценка видовой представленности флор минимальных ареалов производилась в том числе при помощи значений некоторых параметров семейственного спектра: состав и расположение десяти ведущих семейств, процент одновидовых семейств, процент видов в десяти ведущих семействах. Значения перечисленных параметров для трех флор минимум-ареалов представлены в табл. 1.

Флоры трех минимум-ареалов характеризуют лишь основные особенности КФ, не ожидается полного совпадения состава флор. Вопрос о принадлежности флоры Сокского бассейна одной конкретной флоре еще остается открытым. Однако в качестве «эталонного спектра» [9] для сравнительной оценки видовой представленности в данной работе взят спектр флоры Сокского бассейна.

Для флор трех минимальных ареалов процент десятки ведущих семейств, а также процент содержания одновидовых семейств больше, чем во флоре всего Сокского бассейна. Таким образом, значения у флор исследуемых минимальных ареалов лишь приближаются к значению, характерному для целой флоры. Порядок ведущих семейств совпадает частично – лишь первые четыре порядковых номера. Однако состав десяти ведущих семейств одинаков (табл. 2). С учетом процента одновидовых семейств и процента видов в десяти ведущих семействах можно утверждать, что выделенные флоры минимум-ареалов вполне могут представлять флору бассейна реки Сок, причем в достаточно полной степени.

Для иллюстрации степени различия «сокской» флоры и окружающих территорий нами выбраны две совокупности флористических описаний (участки IV, V из различных ландшафтных районов (см. табл. 2, рис. 1)).

Значения сравниваемых параметров флор трех минимум-ареалов и Сокского бассейна

	I	II	III	Сокский бассейн
	Число видов			
	734	741	706	1135
	Площадь минимум-ареала, км ²			
	400	600	1000	–
	Десятка ведущих семейств семейственного спектра			
1	<i>Asteraceae</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Asteraceae</i>
2	<i>Poaceae</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Poaceae</i>
3	<i>Fabaceae</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Fabaceae</i>
4	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosaceae</i>
5	<i>Lamiaceae</i>	<i>amiaceae</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Brassicaceae</i>
6	<i>Brassicaceae</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Caryophyllaceae</i>
7	<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Lamiaceae</i>
8	<i>Cyperaceae</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Cyperaceae</i>
9	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Scrophulariaceae</i>
10	<i>Apiaceae</i>	<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperaceae</i>	<i>Apiaceae</i>
	% семейств, представленных одним видом			
	31.8	34.7	27.9	25.7
	% видов в десяти ведущих семействах			
	62.4	61.0	62.2	60.3

Т а б л и ц а 2

Соответствие рассматриваемых участков типам районирования

Участок	Принадлежность к районам
I	Сокский возвышенно-равнинный район с двухъярусным рельефом [11]
	Верхнесокский [12]
II	Сокский возвышенно-равнинный район с двухъярусным рельефом [11]
	Нижнесокский, Прикинельский [12]
III	Сокский возвышенно-равнинный район с двухъярусным рельефом [11]
	Нижнесокский, Кондурчинский [12]
IV	Мелекесско-Ставропольский низменно-равнинный район сосновых лесов на бугристых песках [11]
	Черемшано-Сокский [12]
V	Сыртовый равнинный степной район с сырцовыми поверхностями рельефа [11]
	Среднесыртовый [12]

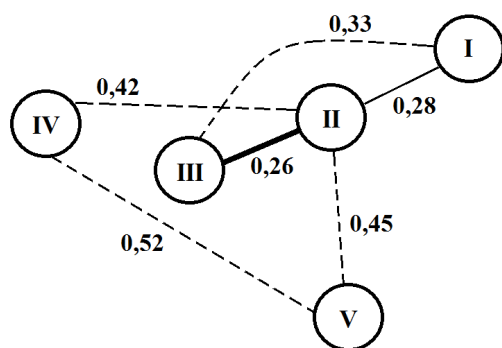


Рис. 3. Результаты анализа видового состава флор минимум-ареалов по показателю различия Престона

По видовому составу минимум-ареалов как опорных единиц, отражающих основные свойства флор, проанализирована флористическая структура изучаемой территории. Используя показатель различия Престона [10], проведено сравнение данных опорных единиц (рис. 3). Ориентируясь на пороговую величину (0.27), следует отметить, что самая большая степень сходства наблюдается для флор II и III минимум-ареалов, которые можно считать принадлежащими одной КФ. При этом флора минимум-ареала I отличается от двух предыдущих и, вероятно, представляет плавный пе-

реход в другую конкретную флору. Взятые для сравнения пробные площади IV и V отличаются более существенно от пробной площади II, а также между собой.

На основании всего вышеизложенного можно утверждать, что флоры трех минимум-ареалов Сокского бассейна представляют собой более тесную флористическую общность, чем вся рассматриваемая совокупность.

Заключение. Для условий лесостепной зоны Самарского Заволжья размер рассматриваемых трех «пробных площадей» в зависимости от антропогенной преобразованности может значительно колебаться (400–1000 км²). Каждая «пробная площадь» (минимальный ареал) из серии выбранных для определения флористической структуры изучаемой территории должна содержать в своем составе не менее 700 видов, что дает достаточно полный «флористический портрет» КФ. Для трех рассмотренных «пробных площадей» бассейна реки Сок отмечено полное совпадение состава десятки ведущих семейств флоры, процент содержания семейств, представленных одним видом во флоре изменяется в интервале 28–35, а десять ведущих семейств содержат 61–62% видового состава флоры.

Используя рассчитанные показатели различия Престона для трех минимум-ареалов бассейна реки Сок, показано, что исследуемая территория является флористически неоднородной. Однако флора бассейна реки Сок отличается от флор соседних территорий в степени, характерной для разных КФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. 244 с.
2. Юрцев Б.А. Элементарные естественные флоры и опорные единицы сравнительной флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Мат-лы II рабочего совещания по сравнительной флористике. Л.: Наука. 1987. С. 47–66.
3. Иванова А.В., Костина Н.В. Выявление площади минимум-ареала конкретной флоры с учетом антропогенной трансформации территории // Изве-

стия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 4. С. 77–80.

4. Кузнецова Р.С. Бассейн реки Сок: общая характеристика притоков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5–1. С. 36–42.

5. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1964. 173 с.

6. Чибилев А.А., Дебело П.В. Ландшафты Урало-Каспийского региона. Оренбург: Институт степи УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2006. 264 с.

7. Лукичева А.Н., Сабуров Д.Н. Конкретная флора и флора ландшафта // Ботанический журнал. 1969. № 12. С. 1911–1920.

8. Костина М.А. База данных «Флористические описания локальных участков Самарской и Ульяновской областей» (FD SUR): информационная основа, структура данных, алгоритмы обработки и результаты использования // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2015. Т. 24, № 2. С. 161–172.

9. Хохряков А.П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике // Ботанический журнал. Т. 85, № 5. 2000. С. 1–11.

10. Preston F.W. The canonical distribution of commonness and rarity // Ecology. 1962. No. 3. P. 410–432.

References

1. Tolmachev A.I. Introduction to plant geography. Leningrad, Izdatelstvo Leningradskogo universiteta, 1974. 244 p.
2. Yurtsev B.A. Elementary natural floras and reference units of comparative floristics. Teoreticheskie i metodicheskie problemy sravnitelnoy floristiki, Materialy II rabocheho soveshchaniya po sravnitelnoy floristike. Leningrad, Nauka, 1987, pp. 47–66.
3. Ivanova A.V., Kostina N.V. Revealing the minimum area of specific flora with consideration to its human transformation. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2015, vol. 17, no. 4, pp. 77–80.
4. Kuznetsova R.S. The Sok River Basin: General characteristics of the tributaries. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2014, vol. 16, no. 5–10, pp. 36–42.
5. Physical and geographical zonation of the Middle Volga Region, A.V. Stupishin (ed.). Kazan, Izdatelstvo Kazanskogo universiteta, 1964. 173 p.

6. Chibilev A.A., Debelo P.V. Landscapes of the Ural-Caspian Region. Orenburg, Institut stepi UrO RAN, Pechatnyy dom Dimur, 2006. 264 p.

7. Lukicheva A.N., Saburov D.N. Specific flora and landscape flora. Botanicheskiy zhurnal, 1969, no. 12, pp. 1911–1920.

8. Kostina M.A. Database “Floristic descriptions of local areas in Samara and Ulyanovsk regions” (FD SUR): Information basis, data structure, processing

algorithms and application results. Samarskaya Luka: problemy regionalnoy i lokalnoy ekologii, 2015, vol. 24, no. 2, pp. 161–172.

9. Khokhryakov A.P. Taxonomic spectra and their role in comparative floristics. Botanicheskiy zhurnal, vol. 85, no. 5, 2000, pp. 1–11.

10. Preston F.W. The canonical distribution of commonness and rarity. Ecology, 1962, no. 3, pp. 410–432.



MINIMUM-AREA OF ELEMENTARY FLORAE AS THE BASIS FOR DETERMINING THE FLORAL STRUCTURE OF THE TERRITORY

© A.V. Ivanova

Institute of Ecology of the Volga River Basin, RAS,
10, ulitsa Komzina, 445003, Tolyatti, Russian Federation

In this paper “*elementary*” flora (EF) will refer to *Tolmachev’s* concept. The EF is an elementary unit of floristic regional level, in the territory of which there is floristic homogeneity. The key to identifying the EF is to identify its minimum-range. Throughout this paper we determine characteristic values of the EF minimum-range in the territory of the Sok river basin (Samara region, the Trans-Volga). Using a series of separate floristic descriptions (flora samples) and the curve “number of species-area” we estimate area (400–1000 km²) which, depending on anthropogenic transformation of the territory and the level of preservation of natural vegetation may vary significantly. It is shown that for the forest-steppe zone of Samara Trans-Volga the EF minimum-range should contain not less than 700 species. At the same time the three considered EF minimum-ranges totally coincide with the composition of top ten families in the floral range of the whole Sok river basin. The percentage of families represented by one species in the flora varies from 28 to 35, and the top ten families comprise 61–62% of the species composition of flora.

We describe floristic composition of the researched territory using of a series of three minimum- ranges. It is shown that the Sok river basin is a heterogeneous floristic area, that is, contains more than one EF. Using florae samples of other landscaped areas, we register shows that the flora of the Sok river basin differs from those of neighboring areas to the extent characteristic for different EF.

Key words: elementary flora (EF), EF minimum-range, sample area, landscape flora, Sok river basin, Samara region, floral structure.

УДК 594.124.628.394.4(262.5)

ДИНАМИКА СОВМЕСТНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. И *MYTILASTER LINEATUS* GMEL. НА КРУПНОМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СООРУЖЕНИИ В УСЛОВИЯХ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

© О.В. Соловьева

Понимание закономерностей распределения видов и их взаимодействия является одной из базовых проблем экологии и должно ложиться в основу прогноза функционирования сообществ в будущем. Исследование совместного существования двух видов митилидных моллюсков в условиях портовой акватории является перспективным вопросом как с точки зрения фундаментальных, так и прикладных исследований. В период с июня 2005 по 2016 год в среднем по набережной Севастопольской бухты отмечен неуклонный рост обилия мидий и митилястеров: показатели численности и биомассы с 2005 по 2015 год возросли в 3 раза; с 2015 по 2016 год – в десять раз. Кластерный анализ показал, что существенным фактором, определяющим обилие мидий на набережной Севастопольской бухты, является степень прибойности его отдельных участков. Для митилястеров, обитающих на набережной Севастопольской бухты, данной зависимости не отмечено. Одним из факторов, влияющих на обилие мидий, может быть их сбор на территории пляжа отдыхающими. Отмечены колебания соотношения численности и биомассы мидий и митилястеров в составе обрастания набережной. Данная пропорция существенно изменяется на протяжении сооружения. Выявлен участок, наиболее благоприятный для обитания мидий – кут б. Артиллерийская. Исследуемое соотношение также показало изменчивость во времени (с 2005 по 2016 год): биомасса мидии относительно митилястеров возросла при снижении относительной численности. При этом не отмечается элиминация ни одного из данных видов, напротив, абсолютные показатели обилия организмов растут.

Ключевые слова: мидии, митилястеры, гидротехнические сооружения, биофильтр, Черное море.

Известно, что в условиях прибрежных акваторий Черного моря гидротехнические сооружения являются благоприятным субстратом для поселения моллюсков семейства *Mytilidae*, мидий и митилястеров. Данные виды образуют на искусственных конструкциях массовые поселения, существенно увеличивая объем естественного биофильтра побережья. Доминирование на тех или иных гидротехнических сооружениях мидий, митилястеров или их совместное обитание широко описано для Севастопольского региона. Известно [1], что различные виды митилидных моллюсков в зависимости от местообитания в условиях Черного моря могут быть руководящими, вплоть до чистых поселений. А границы соответствующих сообществ определяются условиями среды, большей частью абиотическими, и связаны с аутэкологическими особенностями видов-доми-

нантов. Смена руководящих видов и изменение показателей обилия данных моллюсков оказывает влияние на мощность функционирующих биофильтров, что отражается на экологической обстановке побережья в целом.

Учитывая то, что понимание закономерностей распределения видов и их взаимодействия является одной из базовых проблем экологии, и должно ложиться в основу прогноза функционирования сообществ в будущем, исследование совместного существования двух видов митилидных моллюсков в условиях портовой акватории является перспективным вопросом как с точки зрения фундаментальных, так и прикладных исследований. Ввиду своей актуальности подобного рода исследования проводятся на объектах различного масштаба, начиная от побережий целых континентов [2, 3] и заканчивая объектами мас-

штаба нескольких сантиметров, на которых также показана пространственная изменчивость поселений [4].

В данном случае в качестве модельного объекта была выбрана набережная Севастопольской бухты (рис. 1). Это довольно протяженное сооружение, мощность митилидного биофильтра на котором оценивается в 52 795 л/сут.м² [5], что определенным образом влияет на качество вод акватории. На этой конструкции нами были отмечены участки с переменным преобладанием мидий и митилястеров, что позволяет дать оценку влияния различных факторов на распространение данных видов в условиях бухты.



Рис. 1. Схема отбора проб на набережной

Целью настоящей работы стало исследование изменения обилия руководящих видов митилид (мидий и митилястеров) в обрастании гидротехнического сооружения во времени, а также в связи с изменением абиотических условий и антропогенным фактором.

Материал и методы. Материал собран на семи станциях (ст.), расположенных вдоль набережной Севастопольской бухты, между мысами Николаевским и Хрустальным (рис. 1). Пробы были отобраны в результате трех съемок: в июне 2005 г., 2015 и 2016 гг. ручным скребком с глубины 0.5–1 м на площадке 25×25 см в пяти повторностях 2005, и 16×16 см в трех повторках – при последующих работах. Таким образом, общее число проб, собранных на семи станциях, составило 77.

Из образцов обрастания, собранных с поверхности набережной Севастопольской бухты, отбирали мидий (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) и митилястеров (*Mytilaster lineatus* Gmel.). Далее их измеряли штангенциркулем (точность 0.1 мм) и

разделяли на размерные группы 1–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–70, 71–80, 81–90, 91–100 мм. Особи с пограничным размером относили к группе более крупных организмов. Особей мельче 1 мм не учитывали. Моллюсков взвешивали на технических весах (точность 0.1 г).

Для построения дендрограмм сходства был использован кластерный анализ с использованием метода одиночной связи с расчетом евклидового расстояния (статистический пакет Statsoft 6.0).

Результаты и обсуждение. Исследования обрастания набережной Севастопольской бухты были начаты в 2005 г. Продолжение эти работы получили в 2015 и 2016 гг., когда в июне проводилась съемка и оценка состояния митилидного обрастания данного сооружения на различных его участках. Полученные данные позволяют проследить изменение обилия исследуемых видов на протяжении более чем десяти лет.

В 2005 г. численность мидий на различных участках набережной (рис. 2, а) колебалась в пределах от 180 (ст. 1) до 3055 экз./м² (ст. 5), при следующей съемке – от 143 (ст. 1) до 50 586 экз./м² (ст. 4), а в 2016 г. – минимальная численность равнялась 1042 (ст. 1), максимальная – 190 365 экз./м² (ст. 4).

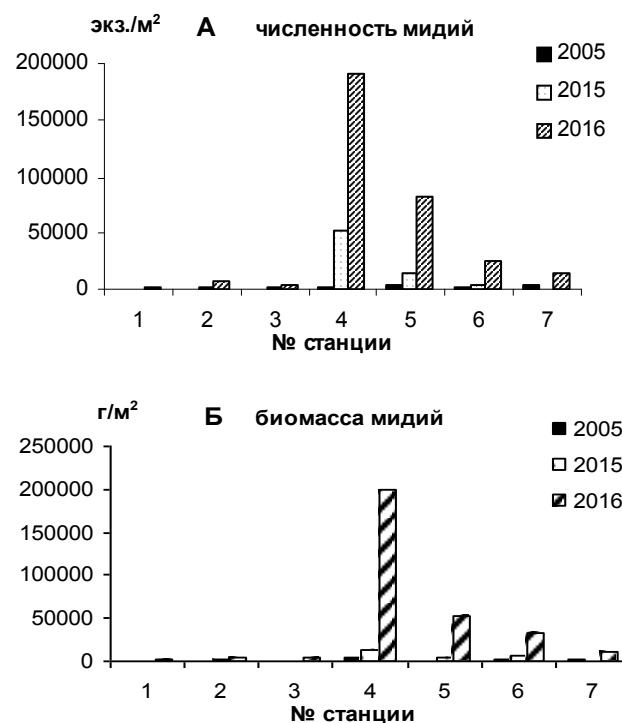


Рис. 2. Численность, экз./м² (а) и биомасса, г/м² (б) мидий на набережной Севастопольской бухты

Средние показатели составили 1715, 10 448 и 45 778 экз./м² соответственно.

Биомасса данного вида (рис. 2, б) в 2006 г. была наименьшей на ст. 1 и составляла 61 г/м², а наибольшей – на ст. 4 – 3815 г/м². В 2015 г. данный показатель колебался от 129 (ст. 1) до 12 380 г/м² (ст. 1). В 2016 г. минимальная биомасса мидий составляла 2076 г/м² (ст. 1), а максимальная – 198 841 г/м² (ст. 4). Средние показатели биомассы за прошедший период изменились следующим образом: 1350, 3480 и 43 597 г/м² соответственно в 2005, 2015 и 2016 гг. Таким образом, в период настоящего исследования отмечено почти тридцатикратное увеличение средней численности и биомассы мидии на поверхности набережной Севастопольской бухты. Интересно, что для естественных субстратов крымского побережья (район Карадагского заповедника) в последние годы отмечено снижение обилия мидий [6].

Как видно из представленных на рисунках данных, численность и биомасса мидий колебались на поверхности сооружения в широких пределах, и разброс составлял от 1 до 3-х порядков. Наиболее обильные поселения мидии образовывали прежде всего в районе ст. 4, а также ст. 5–6. Высокое обилие мидий на ст. 4 хорошо объясняется ее расположением в кутовой части б. Артиллерийской. Ст. 1–3 с низкими показателями численности и биомассы мидий из-за своего местоположения больше подвержены волновому воздействию. На ст. 7, находящейся, как и ст. 5–6 на пляже «Хрустальный», но имеющей ориентацию к выходу из бухты, также обилие мидий снижено. Таким образом, изменение данных показателей на набережной хорошо объясняется гидродинамическими условиями на исследуемых участках. На станциях, расположенных в районе мыса Хрустальный, важным фактором снижения обилия мидий может являться их сбор отдыхающими, уничтожающими крупных моллюсков.

При проектировании гидротехнических сооружений важным элементом оценки воздействия на окружающую среду является их планируемая биопозитивность. Для ее оценки важным элементом является прогноз заселенности тех или иных участков конструкции в зависимости от различных факторов. Получение дополнительных данных о такого рода закономерностях можно произ-

вести на примере исследуемого сооружения. Предлагается сгруппировать станции по обилию моллюсков-фильтраторов и оценить связь данной классификации с условиями окружающей среды. Результатом чего может стать выявление неких групп факторов, обуславливающих биопозитивность крупных гидротехнических сооружений. Прежде всего для интерпретации полученных результатов используем фактор прибойности, который, как известно, имеет большое значение в формировании митилидных обрастаний в прибрежной зоне моря [1]. В данной работе степень прибойности района не параметризовалась, а лишь была результатом натуральных наблюдений.

Для статистически достоверной группировки станций отбора проб был проведен кластерный анализ. Исходя из его результатов (рис. 3), для мидий резко выделяется ст. 4, на которой нами отмечены самые высокие показатели численности и биомассы мидий. Она находится в куту бухты, и наименее подвержена штормам. Станции 1–3 с низкими показателями обилия образуют группу с малыми отличиями и располагаются на юго-восточном берегу бухты, обращенном к ее выходу. В результате такой ориентации при ветрах северо-западных румбов данный участок нередко находится под ударом достаточно мощных волн. Точки 5–7, расположенные на пляже Хрустальный, имеют существенные различия. Ст. 7 по своим характеристикам больше приближена к ст. 1–3, чем к близлежащим точкам. При этом она имеет сходную с 1–3 пространственную ориентацию: обращена ко входу в бухту и открыта волновому воздействию. Таким образом, можно заключить, что существенным фактором, опре-

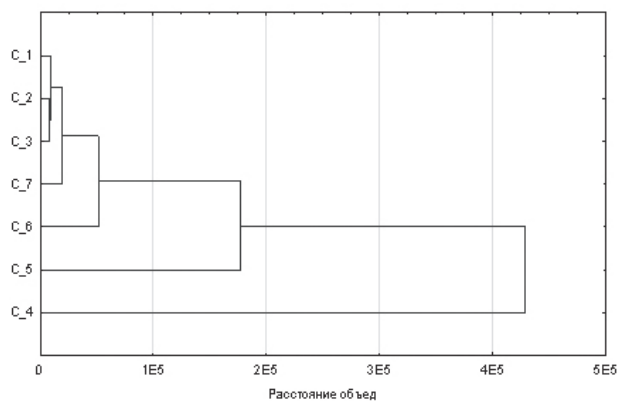


Рис. 3. Дендрограмма сходства станций набережной Севастопольской бухты по показателям обилия мидий

деляющим обилие мидий на набережной Севастопольской бухты, является степень прибойности его отдельных участков. Оценивая данные выводы, необходимо учитывать, что гидробионты обитают в окружающей среде с большим числом различных факторов, и данные упрощенные модели не всегда могут достоверно описывать происходящие процессы и служить основанием для надежных прогнозов [3].

Численность митилястеров (рис. 4, а) в 2005 г. была минимальной на ст. 1 и равнялась 840 экз./м², а максимума достигала на ст. 5 – 14 894 экз./м². В 2015 г. наименьшая численность была 2435 экз./м² (ст. 1), наибольшая – 56484 экз./м². К 2016 г. настоящий показатель достигал 42 188 экз./м² (ст. 1) и 515 625 экз./м² (ст. 5) соответственно. Средняя численность митилястеров на набережной Севастопольской бухты составляла 7891, 23 032 и 217 281 экз./м².

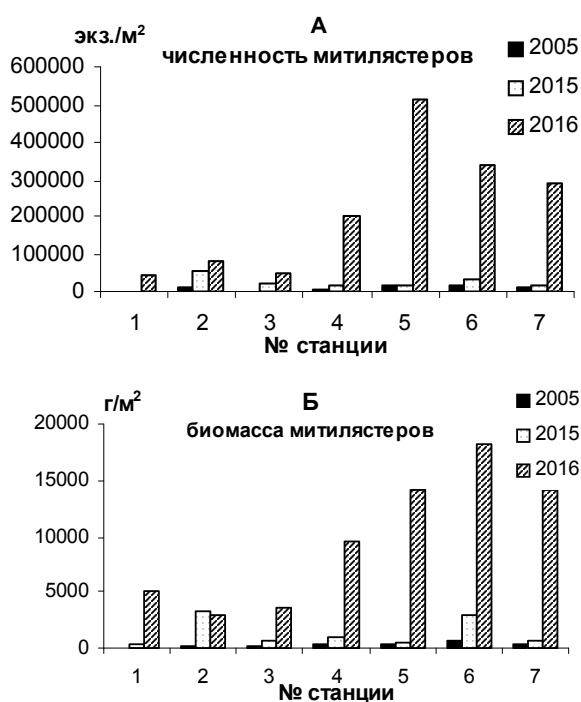


Рис. 4. Численность, экз./м² (а) и биомасса, г/м² (б) митилястеров на набережной Севастопольской бухты

Биомасса последних (рис. 4, б) при первой съемке имела минимум на ст. 1 и составляла 78 г/м², а максимум на ст. 6 – 646 г/м². К 2015 г. данный показатель возрос, а его минимум и максимум составили 297 (ст. 1) и 3223 г/м² (ст. 2) соответственно. В 2016 г. наименьшая биомасса данного вида была 3555 г/м² (ст. 3), а наибольшая –

18 216 г/м² (ст. 6). Средняя биомасса митилястеров за период исследований составляла 276, 1295, 9652 г/м². Следует отметить, что за прошедшие 11 лет численность и биомасса митилястеров на поверхности сооружения возросли также, как и для мидии примерно в 30 раз. В то же время на скалах Карадага не отмечено изменение численности митилястеров, прослеживалось лишь колебание их биомассы [7].

Показатели обилия митилястеров на поверхности набережной имели разброс, который для численности был 1–2 порядка, а для биомассы – не превышал одного порядка. Пики обилия митилястера не связаны с защищенными от волн участками, как это показано для мидий. Это, вероятно, обусловлено большей устойчивостью данного вида к волновому воздействию [1]. Однако можно выделить группы станций, на которых митилястеры существуют успешнее – это ст. 4–7. И если на ст. 4 данный факт можно связать с благоприятными условиями для развития обрастания в целом, связанными с относительно закрытым от волн местоположением, то на ст. 5–7, приуроченных к мысу Хрустальный, данное явление нельзя объяснить этим фактором.

По результатам кластерного анализа для митилястеров (рис. 5), наибольшее сходство отмечено для ст. 1–3, хотя и не такое близкое, как для мидий. Ст. 6 и 7 близки между собой. Максимальные отличия отмечены для ст. 5, расположенной на мысе Хрустальном, и имеющей наибольшие показатели численности моллюсков. Таким образом, станции 1–3, где присутствуют низкие показатели обилия митилястеров, сходны

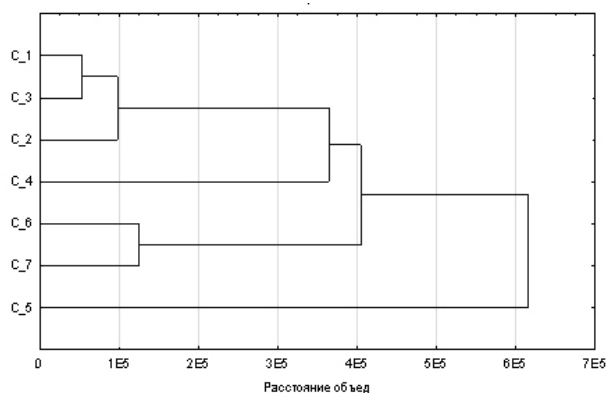


Рис. 5. Дендрограмма сходства станций набережной Севастопольской бухты по показателям обилия митилястеров

между собой, а те точки, в которых показатели численности и биомассы выше, имеют и большие статистические отличия, не образуя каких-либо группировок. В отличие от мидий, для митилястеров не удалось проследить зависимости их обилия от прибойности района.

Как видно за период исследования, численность и биомасса обоих видов претерпели изменения. Оба показателя существенно возросли. При этом на различных участках набережной и в разные периоды отличались не только показатели обилия данных видов, но и соотношений их численностей и биомасс. Нередко данные величины связаны с особенностями местообитания и характеризуют его пригодность для того или иного гидробионта. Мидии и митилястеры на твердых субстратах, в частности на морских гидротехнических сооружениях, образуют смешанные поселения. Хотя оба и являются фильтраторами, но имеют различные предпочтения в условиях окружающей среды. Очевидно, этим и определяется их различное соотношение в перифитоне на отдельных участках приповерхностного горизонта крупного сооружения. Так, мидия менее устойчива к волновому воздействию и повышенным температурам [8, 1], в то время как митилястеры успешно переносят удары волн и прогрев воды [8, 1].

Как видно из рис. 6, а наибольшее соотношение численности мидий и митилястеров было в кутовой части Артиллерийской бухты. Оно достигало 13. В 2005 г. почти на всех станциях численно преобладали мидии, в 2015 г. такого рода доминирование было только на ст. 4–6, а в 2016 г. – только на ст. 4. Относительная численность мидий к 2016 г. сократилась. При этом сложно говорить об ухудшении условий обитания данного вида, так как абсолютные величины численности и биомассы мидий возросли.

Соотношение биомассы моллюсков (рис. 6, б) также имеет максимум на ст. 4, хотя в 2005 г. он был не так выражен, как в последующие периоды, когда данный показатель возрастал. Обращает внимание и резкое повышение соотношения массы данных видов в 2016 г., что, вероятно, связано с относительно мягкими погодными условиями предшествующей зимы и весны [9], а также, возможно, некой цикличностью в развитии исследуемых видов [10]. При этом если на протяжении

2005–2006 гг. данное соотношение для численности падало, то для биомассы оно росло. К 2016 г. относительная биомасса мидий возросла при снижении относительной численности.

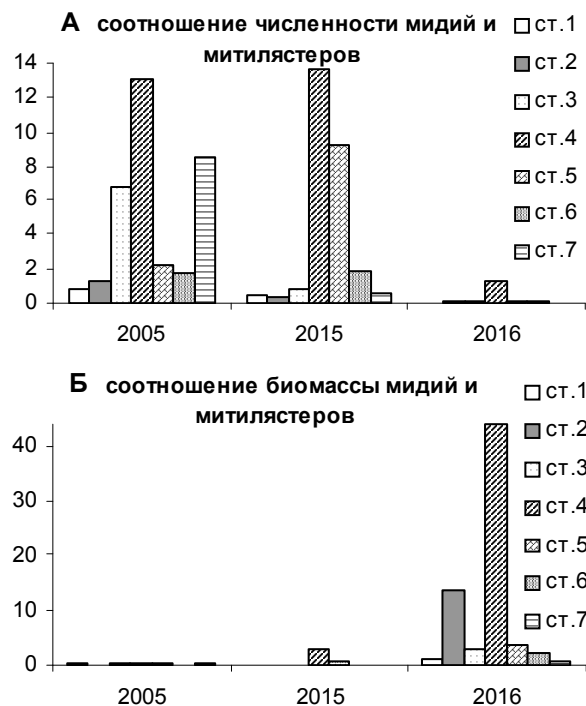


Рис. 6. Соотношение численностей (а) и биомасс (б) мидий и митилястеров

Наши исследования показали колебания соотношения исследуемых видов. При этом не отмечается элиминация ни одного из них, напротив, абсолютные показатели обилия организмов растут. Выявлен участок, наиболее благоприятный для обитания мидий – ст. 4. На нем создаются условия для активного развития митилидного образования, в котором ведущую роль играют мидии. Вероятно, благодаря защищенности данного участка от штормов, мидии успешно развиваются, не давая возможности колонизировать данную станцию большому количеству митилястеров.

Выводы: 1. В период с июня 2005 по 2016 г. на всех участках набережной Севастопольской бухты совместно обитали мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) и митилястеры (*Mytilaster lineatus* Gmel.). За время исследования в среднем по сооружению отмечен неуклонный рост обилия мидий и митилястеров: показатели численности и биомассы в период с 2005 по 2015 г. возросли в 3 раза; с 2015 по 2016 г. – в 10 раз. 2. Существенным фактором, определяющим оби-

лие мидий на набережной Севастопольской бухты является степень прибойности его отдельных участков. Для митилястеров, обитающих на набережной Севастопольской бухты, не удалось проследить зависимость их обилия от прибойности района. Одним из факторов, влияющих на обилие мидий, может быть их сбор на территории пляжа отдыхающими. 3. Отмечены колебания соотношения численности и биомассы мидий и митилястеров в составе обрастания набережной. Данная пропорция существенно изменяется на различных участках сооружения. Выявлено место, наиболее благоприятное для обитания мидий, – кут б. Артиллерийская. Исследуемое соотношение также показало изменчивость во времени (с 2005 по 2016 г.): биомасса мидии относительно митилястеров возросла при снижении относительной численности. При этом не отмечается элиминация ни одного из данных видов, напротив, абсолютные показатели обилия организмов растут.

Работа выполнена в Институте морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН в рамках государственного задания «Создание методов и технологий оперативного контроля экологического состояния биоты, оценки и прогноза качества морской среды» (№ 1001-2014-0016).

Литература

1. Митилиды Черного моря. Киев : Наук. думка, 1990. 208 с.
2. Blanchette C.A., Gaines S.D. Distribution, abundance, size and recruitment of the mussel, *Mytilus californianus*, across a major oceanographic and biogeographic boundary at Point Conception, California, USA // J. of Experimental Marine Biology and Ecology. 2007. N 340. P. 268–279.
3. McQuaid C.D., Porri F., Nicastro K.R., Zardi G.I. Simple, scale-dependent patterns emerge from very complex effects: An example from the intertidal mussels *Mytilus Galloprovincialis* and *Perna Perna* // Oceanography and Marine Biology. 2015. N 53. P. 127–156.
4. Lawrie S.M., McQuaid C.D. Scales of mussel bed complexity: structure, associated biota and

recruitment // J. of Experimental Marine Biology and Ecology. 2001. N 257. P. 135–161.

5. Соловьева О.В. Роль митилид (Mollusca: Mytilidae) в процессах самоочищения морской воды от нефтяных углеводородов // Экология моря. 2007. Вып. 73. С. 91–100.

6. Ковалева М.А., Болтачева Н.А., Макаров М.В. и др. Обрастания естественных твердых субстратов (скал) акватории Карадагского природного заповедника // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 10. С. 77–81.

7. Ковалева М.А., Макаров М.В., Болтачева Н.А. и др. Многолетняя динамика макрофауны скал в акватории Карадага (Черное море) // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Биол. 2015. № 3–4 (64). С. 320–325.

8. Говорин И.А., Шацилло Е.И. Перифитонные поселения мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) и митилястера *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) в условиях аномально высокой температуры прибрежных морских вод // Ruthenica. 2012. Vol. 22, N 2. P. 101–110.

9. Севастопольский метеосервер. URL: <http://www.sevmeteo.info/archive/>

10. Бондарев И.П. Динамика руководящих видов современных фаций Черного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2013. N 3 (33). С. 78–93.

References

1. Zaika V.E., Valovaya N.A., Povchun A.S., Revkov N.K. Mytilides of the Black Sea. Kiev, Naukova dumka, 1990. 208 p.
2. Blanchette C.A., Gaines S.D. Distribution, abundance, size and recruitment of the mussel, *Mytilus californianus*, across a major oceanographic and biogeographic boundary at Point Conception, California, USA. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2007, vol. 340, pp. 268–279.
3. McQuaid C.D., Porri F., Nicastro K.R., Zardi G.I. Simple, scale-dependent patterns emerge from very complex effects: An example from the intertidal mussels *Mytilus Galloprovincialis* and *Perna Perna*. Oceanography and Marine Biology, 2015, vol. 53, pp. 127–156.
4. Lawrie S.M., McQuaid C.D. Scales of mussel bed complexity: Structure, associated biota and

recruitment. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2001, vol. 257, pp. 135–161.

5. Solovyeva O.V. The role of mytilides (Mollusca: Mytilidae) in the processes of marine water self-purification from oil hydrocarbons. Ekologiya morya, 2007, issue 73, pp. 91–100.

6. Kovaleva M.A., Boltacheva N.A., Makarov M.V., Bondarenko L.V. Fouling on natural hard substrates (cliffs) in the water area of the Karadag Nature Reserve. Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana, 2014, issue 10, pp. 77–81.

7. Kovaleva M.A., Makarov M.V., Boltacheva N.A., Bondarenko L.V. Long-term dynamics of cliff macrofaunal assemblages in the Karadag water area (Black

Sea). Nauchnye zapiski Ternopolskogo natsionalnogo pedagogicheskogo universiteta, ser. Biologiya, 2015, no. 3–4 (64), pp. 320–325.

8. Govorin I.A., Shatsillo E.I. Periphytonic settlements of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) and *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) under abnormally high temperature conditions. Ruthenica, 2012, vol. 22, no. 2, pp. 101–110.

9. Sevastopol meteosever. Available at: <http://www.sevmeteo.info/archive/>

10. Bondarev I.P. Index species dynamics of the Black Sea present-day facies. Geologiya i poleznye iskoparmye Mirovogo okeana, 2013, vol. 3 (33), pp. 78–93.



THE DYNAMICS OF THE CO-EXISTENT SETTLEMENTS OF *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. AND *MYTILASTER LINEATUS* GMEL. ALONG LARGE HYDRAULIC STRUCTURE IN THE CONDITIONS OF SEVASTOPOL BAY (BLACK SEA)

© O.V. Solovyeva

A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, RAS,
2, prospekt Nakhimova, 299011, Sevastopol, Russian Federation

Understanding the patterns of species distribution and their interactions is one of the major problems of ecology and should form the basis of communities functioning forecast. Investigations of the co-existence of two mytilidae species in the port water area have considerable promise from the viewpoint of fundamental and applied research. From June 2005 to 2016 there was a steady increase in the abundance of mussels and mytilasters growing in the average along the waterfront of Sevastopol Bay. Abundance and biomass indices increased 3 times from 2005 to 2015 and ten times from 2015 to 2016. Cluster analysis showed that the degree of breaking *intensity* of *surfing* waves at individual sites along the waterfront of Sevastopol Bay is a significant factor in determining the mussel abundance. This dependence was not observed for mytilasters inhabiting the waterfront of Sevastopol Bay. One of the factors affecting the mussel abundance may be their collection by vacationers on the beach. Fluctuations were recorded in the abundance and biomass ratio of mussels and mytilastes in the fouling composition. This ratio varies considerably along the waterfront. The most favourable place for mussels to live is the corner of Artilleriyskaya Bay. The ratio in question is also indicative of temporal variability (from 2005 to 2016.): the mussel biomass relative to that of mytilastes has increased with the reduction of their relative abundance. There is no elimination in any of the species; on the contrary, the absolute figures of their abundance are still growing.

Key words: mussels, mytilasters, biofilter, hydraulic structure, Black Sea.

ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАПАСОВ КОРНЕВИЩ *ACONITUM SEPTENTRIONALE* НА ВЫРУБКАХ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРНО-ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

© Н.И. Федоров, С.Н. Жигунова, О.И. Михайленко, З.А. Ибатуллина, Э.Р. Муллагулова

Корневища *Aconitum septentrionale* используют в качестве сырья для производства высокоэффективного антиаритмического препарата Аллапинин на основе дитерпенового алкалоида лаппаконитина. Этот вид широко распространен в центральной части горно-лесной зоны Южного Урала. Основную площадь лесов этой территории занимают сосново-березовые леса ассоциации *Vupleuro longifoliae*-*Pinetum sylvestris*. На вырубках возрастом до 5 лет могут формироваться растительные сообщества варианта *Populus tremula* субассоциации *epilobietosum montanae* ассоциации *Chamaenerio angustifolii*-*Deschampsietum cespitosae*, являющиеся одними из наиболее перспективных местообитаний для заготовок корневищ *A. septentrionale*. В связи с планируемым производством препарата Аллапинин на территории Республики Башкортостан, разработан способ долгосрочного прогнозирования возможных изменений запасов корневищ *A. septentrionale* на этих вырубках в зависимости от изменения их площадей в ходе планируемой лесохозяйственной деятельности. Установлено, что при соблюдении действующей нормы рубок в течение следующих 10 лет эксплуатационные запасы корневищ на вырубках этого типа увеличатся в 5 раз, после чего несколько снизятся и через сорок лет стабилизируются на уровне 370–380 тонн, что превышает современный эксплуатационный запас в три раза. Для организации нового производства препаратов на основе дитерпенового алкалоида лаппаконитина на территории Республики Башкортостан необходимо 40–50 тонн растительного сырья в год. Показана динамика эксплуатационного запаса корневищ *A. septentrionale* в отсутствии промышленных заготовок, при ежегодных заготовках в размере 50 тонн в сухом весе, а также при потенциальном увеличении объема ежегодного сбора в два раза в случае существенного увеличения объемов производства препарата. Анализ динамики эксплуатационных запасов корневищ *A. septentrionale* при различных объемах заготовок показал, что в случае организации производства препаратов на основе лаппаконитина в Республике Башкортостан, его обеспеченность сырьем будет сохраняться даже при удвоении объемов производства.

Ключевые слова: *Aconitum septentrionale*, эксплуатационный запас, вырубки, Южный Урал.

Корневища борца северного (*Aconitum septentrionale* Koelle) (сем. Ranunculaceae Juss.) используют в качестве сырья для производства антиаритмического препарата Аллапинин на основе дитерпенового алкалоида лаппаконитина [1, 2]. Препараты на основе лаппаконитина входят в «Перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения на 2016 год», утвержденный Министерством здравоохранения РФ [3]. В связи с высокой востребованностью препаратов на основе лаппаконитина появилась

необходимость создания производства препарата на территории Республики Башкортостан (РБ). Для организации производства препарата необходимы оценка состояния и долгосрочный прогноз изменения запасов растительного сырья этого вида. Одним из перспективных мест для заготовки корневищ *A. septentrionale* является подзона сосново-березовых лесов центральной части горно-лесной зоны Южного Урала, где исследуемый вид имеет широкое распространение и достаточное для промышленных заготовок содержание лаппаконитина в корне-

ФЕДОРОВ Николай Иванович – д.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: fedorov@anrb.ru
 ЖИГУНОВА Светлана Николаевна – к.б.н., Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: Zigusvet@yandex.ru
 МИХАЙЛЕНКО Оксана Ивановна – к.х.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: trioksan@mail.ru
 ИБАТУЛЛИНА Зарина Азатовна, Уфимский Институт биологии РАН, e-mail: zarina.ibatullina.91@mail.ru
 МУЛЛАГУЛОВА Эльвира Рафиковна – к.б.н., Национальный парк «Башкирия», e-mail: ragiz63@mail.ru

вицах [2]. Основную площадь лесов этой территории занимают сосново-березовые леса ассоциации *Vupleuro longifoliae-Pinetum sylvestris*. Эти леса приурочены к наиболее удобным местам для ведения лесохозяйственной деятельности, в связи с чем подвергаются интенсивной рубке. На вырубках возрастом до десяти лет формируются растительные сообщества ассоциации *Chamaenerio angustifolii-Deschampsietum cespitosae* [4], являющиеся одними из основных местообитаний для заготовок ряда лекарственных видов растений (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. Ex Woloszcz.) Klaskova, *Origanum vulgare* L., *Valeriana wolgensis* Kazak. [5]), в том числе и для *A. septentrionale* [6]. Преимущество вырубок в качестве мест заготовок *A. septentrionale* определяется не только его высокой продуктивностью в этих местообитаниях, но и отсутствием необходимости нормирования сбора, так как он в любом случае снижает свое обилие по мере формирования древостоя. Таким образом, эксплуатационные запасы корневищ *A. septentrionale* в горно-лесной зоне в значительной степени зависят от площади вырубок, которая ежегодно изменяется под влиянием лесохозяйственной деятельности.

Цель работы – прогноз динамики ресурсных запасов *A. septentrionale* на вырубках сосново-березовых лесов в центральной части горно-лесной зоны Южного Урала в зависимости от лесохозяйственной деятельности.

Материалы и методы. Место проведения исследований – центральная часть горно-лесной зоны Южного Урала, которая по геоботаническому районированию соответствует подзоне сосново-березовых лесов горно-лесной зоны РБ. Большую часть этой территории занимает Авзянский лесхоз (Белорецкий район РБ), имеющий протяженность в направлении с севера на юг – 74 км, с запада на восток – 82 км. Леса и разновозрастные вырубки занимают 84.7% территории лесхоза.

В качестве исходного материала для построения модели временной динамики площадей вырубок под влиянием лесохозяйственной деятельности были использованы материалы лесоустройства Авзянского лесхоза.

Для оценки площадей разновозрастных сосново-березовых лесов и вырубок на территории Авзянского лесхоза было проведено сопоставление лесохозяйственных типов, использованных при проведе-

нии лесоустройства, и единиц эколого-флористической классификации [7]. Далее на основе материалов лесоустройства и разработанной схемы соответствия лесохозяйственных типов и ассоциаций эколого-флористической классификации в среде QGIS была создана ГИС-карта лесов масштаба 1:25000, на которой лесная растительность и растительность вырубков представлена более чем 21 тысячей контуров.

Для прогноза динамики запасов корневищ *A. septentrionale* в центральной части горно-лесной зоны Южного Урала построена модель изменения площадей, занимаемых сосново-березовыми лесами разных возрастных групп (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные) и производными от них вырубками от 1 до 5 лет и от 6 до 10 лет под влиянием лесохозяйственной деятельности. При построении модели были использованы утвержденные лесохозяйственным регламентом расчетные лесосеки для доминирующих в этих лесах древесных видов (*Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L.) и рекомендуемые для них возраста рубок.

Алгоритм расчета изменения площадей сосново-березовых лесов и разновозрастных вырубок (на примере лесов с доминированием сосны):

$$\begin{aligned} C_{1-5}^1 &= C_{1-5}^0 \cdot 4/5 + C_{81-}^0 \cdot P; \\ C_{6-10}^1 &= C_{6-10}^0 \cdot 4/5 + C_{1-5}^0 \cdot 1/5; \\ C_{11-40}^1 &= C_{11-40}^0 \cdot 29/30 + C_{6-10}^0 \cdot 1/5; \\ C_{41-60}^1 &= C_{41-60}^0 \cdot 19/20 + C_{11-40}^0 \cdot 1/30; \\ C_{61-80}^1 &= C_{61-80}^0 \cdot 19/20 + C_{41-60}^0 \cdot 1/20; \\ C_{81-}^1 &= C_{81-}^0 - C_{81-}^0 \cdot P + C_{61-80}^0 \cdot 1/20; \end{aligned}$$

где C – площадь лесов с доминированием сосны и вырубок на месте этих лесов разного возраста: C_{1-5} – вырубки до 5 лет, C_{6-10} – вырубки от 6 до 10 лет, C_{11-40} – молодняки 11–40 лет, C_{41-60} – средневозрастные 41–60 лет, C_{61-80} – приспевающие 61–80 лет, C_{81-} – спелые и перестойные более 80 лет; верхний индекс: C^0 – исходный период, C^1 – через один год; P – процент ежегодных рубок от площади спелых и перестойных лесов, согласно лесохозяйственному регламенту (для сосны – 4.2% от площади спелых и перестойных сосняков).

Через год площадь вырубок возрастом до 5 лет (C_{1-5}^1) будет равна сумме площади вырубленных за этот период лесов согласно утвержденной лесохозяйственным регламентом расчетной лесосеке ($C_{81-}^0 \cdot P$) и 4/5 части исходной площади вырубков возрастом до 5 лет (C_{1-5}^0). Площадь вырубков возрастом 6–10 лет

(C^1_{6-10}) будет равна сумме 4/5 части исходной площади вырубок возрастом от 6 до 10 лет (C^0_{6-10}) и 1/5 части исходной площади вырубок до 5 лет (C^0_{1-5}). Площадь молодняков (C^1_{11-40}) будет равна сумме 1/5 части исходной площади вырубок возрастом 6–10 лет (C^0_{6-10}) и 29/30 исходной площади молодняка (т.к. молодняку соответствует 30-летний возрастной интервал и за год в группу средневозрастных перейдут древостои возрастом 40 лет, которые в среднем составляют 29/30 часть от всех молодняков). Сходным образом изменяются площади средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных древостоев.

Аналогичная система уравнений была составлена для лесов с доминированием лиственницы, березы и осины (с учетом возрастных интервалов и сроков проведения рубок этих видов). Для расчета ежегодных изменений площадей в программе Excel создавалась таблица, в которой строки – это возрастные группы соответствующего древостоя, а столбцы – занимаемые ими площади в различные годы, начиная с 2016 по 2116 год. При создании модели предполагалось, что нормы рубок, согласно лесохозяйственному регламенту, будут реализовываться в полном объеме.

Для расчета запасов корневищ *A. septentrionale* использованы данные о его продуктивности в растительных сообществах, рассчитанные на основе использования разработанной нами оригинальной методики экспресс-оценки продуктивности лекарственных видов растений по их обилию [6, 8, 9]. При расчетах эксплуатационных запасов корневищ *A. septentrionale* средняя продуктивность этого вида на вырубках умножалась на занимаемую ими площадь и коэффициент доступности, который для района исследования равен 0.6 [10]. При расчете динамики эксплуатационных запасов корневищ *A. septentrionale* учитывались только площади вырубок варианта *Populus tremula* субассоциации *epilobetosum montanae* ассоциации *Chamaenerio angustifolii-Deschampsietum cespitosae*, которые формируются в первые пять лет после рубок перестойных сосново-березовых лесов субассоциации *hypericetosum maculati* ассоциации *Vupleuro longifoliae-Pinetum sylvestris* в условиях хорошего режима увлажнения. Эти местообитания являются наиболее перспективными для заготовки корневищ *A. septentrionale* из-за высокой продуктивности этого вида, отсутствия необходимости нормирования сбора и наличия подъездных дорог к ним [6].

Результаты исследований. Динамика эксплуатационных запасов корневищ *A. septentrionale* напрямую зависит от изменения площади вырубок, так как эксплуатационные запасы рассчитывались как произведение продуктивности корневищ, площади вырубок и коэффициента доступности. Установлено, что при соблюдении норм рубки площадь вырубок возрастом до 5 лет и эксплуатационный запас корневищ *A. septentrionale* в первые пять лет увеличатся в 5 раз, а затем за 40 лет уменьшатся на 20%, после чего стабилизируются на уровне 370–380 тонн, что превышает современный эксплуатационный запас в три раза (рис.). При оценке потребности в сырье для начала нового производства препарата Аллапинин в РБ можно исходить из того, что в Институте химии растительных веществ Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент) для производства лекарственной формы Аллапинин заводом ВИЛАР (г. Москва) ежегодно нарабатывалось до 300 кг субстанции препарата (лаппаконитина), что при среднем содержании его в корневищах 0.7% приблизительно соответствует 43 тоннам корневищ в сухом весе. Таким образом, для организации нового производства на территории РБ необходимо 40–50 тонн растительного сырья в год. На рис. показана динамика эксплуатационного запаса корневищ *A. septentrionale* в отсутствии промышленных заготовок (1), при ежегодных заготовках в размере 50 тонн в сухом весе (2), а также при потенциальном увеличении объема ежегодного сбора в два раза в случае существенного увеличения объемов производства препарата (3).

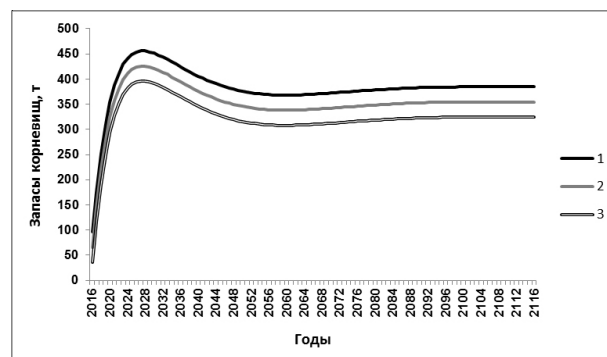


Рис. Динамика запасов корневищ *A. septentrionale* на вырубках до 5 лет в центральной части горно-лесной зоны Южного Урала в зависимости от изменения их площадей вследствие лесохозяйственной деятельности. Эксплуатационные запасы сырья: 1 – в отсутствии промышленных заготовок; 2 – при ежегодной заготовке 50 тонн; 3 – при удвоении планируемой ежегодной заготовки.

Из рис. видно, что лесохозяйственная деятельность не приведет к снижению эксплуатационных запасов корневищ *A. septentrionale* в центральной части горно-лесной зоны Южного Урала. Выпуск препаратов на основе дитерпенового алкалоида лап-паконитина будет обеспечен сырьем даже при увеличении производства в два раза. Следует учитывать, что все расчеты проведены исключительно для выруб-бок с большой продуктивностью корневищ изучае-мого вида, в то время как его локальные заросли могут встречаться при нарушениях древесного яруса и в других типах лесной растительности [6].

Выводы. 1. Прогноз изменения площадей, за-нимаемых рубками под влиянием лесохозяйствен-ной деятельности может быть использован для рас-четов долгосрочной динамики запасов лекарствен-ных видов, разрастающихся на рубках.

2. При соблюдении норм рубки запасы корне-вищ *A. septentrionale* на рубках через 10 лет уве-личатся в 5 раз, а затем в течение 40 лет будут сни-жаться, после чего стабилизируются на уровне 370–380 тонн, что превышает современный эксплуата-ционный запас в три раза.

3. Анализ динамики эксплуатационных запасов корневищ *A. septentrionale* при различных объемах за-готовки показал, что в случае организации производ-ства препаратов на основе лаппаконитина в Республике Башкортостан, его обеспеченность сырьем будет сохра-няться даже при удвоении объемов производства.

Работа выполнена при финансовой поддер-жке программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразии природных си-стем. Биологические ресурсы России: оценка состо-яния и фундаментальные основы мониторинга» (тема «Разработка инновационных подходов к управлению растительными ресурсами для произ-водства лекарственных препаратов на основе ди-терпеновых алкалоидов»).

Литература

1. Лугманова М.Р., Федоров Н.И., Михайлен-ко О.И., Гуркова Я.О. Суммарное содержание алкало-идов в некоторых растениях лесного пояса Южного Ура-ла // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, № 4. С. 113–118.

2. Федоров Н.И. *Aconitum L.* и *Delphinium L.* на Южном Урале: внутривидовая структура, закономер-ности содержания алкалоидов, оптимизация ресурсно-го использования: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Уфа, 2006. 45 с.

3. Перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского примене-ния на 2016 год. 2015. URL: <http://government.ru/media/files/MzyV0Mmm2FoDAP7AWAAVLLpjoLoiShib.pdf>.

4. Жигунова С.Н., Федоров Н.И., Михайленко О.И. Восстановительные сукцессии на сплошных рубках сосново-березовых лесов центральной части Южного Урала // Научные ведомости Белгородского государствен-ного университета. 2013. № 3 (146). Вып. 22. С. 30–35.

5. Жигунова С.Н., Федоров Н.И., Михайленко О.И., Ахметова М.Р. Продуктивность лекарственных видов растений на рубках сосново-березовых лесов в цент-ральной части Южного Урала // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2013. Т. 15, №3(1). С. 361–365.

6. Жигунова С.Н., Ибатуллина З.А., Шендель Г.В., Михайленко О.И. Биологическая продуктивность кор-невищ *Aconitum septentrionale* Koelle в растительных сообществах горно-лесной зоны Республики Башкор-тостан // Известия Самарского научного центра Россий-ской академии наук. 2016. Т. 18, № 2–1. С. 84–87.

7. Федоров Н.И., Жигунова С.Н., Михайленко О.И., Шендель Г.В., Тагиров В.В. Модель временной динами-ки площадей рубок в подзоне сосново-березовых лесов центральной части горно-лесной зоны Южного Урала // Вестник Башкирского государственного аграр-ного университета. 2014. № 3. С. 105–109.

8. Федоров Н.И., Жигунова С.Н., Михайленко О.И. Методологические основы оптимизации ресурсного использования лекарственной флоры Южного Урала. М.: Наука, 2013. 212 с.

9. Жигунова С.Н., Федоров Н.И., Михайленко О.И. Распространение и сырьевая продуктивность *Chamaecytisus ruthenicus* (Fabaceae) в растительных сообществах Республики Башкортостан // Растительные ресурсы. 2013. Т. 49, № 3. С. 353–359.

10. Цицилин А.Н. Ресурсная характеристика ново-го лекарственного растения борца северного – *Aconitum septentrionale* Koelle. в Среднем Поволжье и на Южном Урале: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1992. 16 с.

References

1. Lugmanova M.R., Fedorov N.I., Mikhailenko O.I., Gurkova Ya.O. The total content of alkaloids in some plants of the forest belt of Southern Urals // Rastitelnye resursy. 2011. Vol. 47, № 4. P. 113–118. (In Russian).

2. Fedorov N.I. *Aconitum L.* i *Delphinium L.* na Yuzhnom Urale: vnutrividovaya struktura, zakonomernosti soderzhaniya alkaloidov, optimizatsiya resursnogo ispolzovaniya // Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk [Aconitum L. and Delphinium L. in the South Urals: intraspecies structure, regularities of the content of alkaloids, optimization of resource using // Abstr. ... Diss. Doct. (Biology) Sci.]. Ufa, 2006. 45 p. (In Russian).

3. Perechen zhiznenno neobkhodimyykh i vazhneyshikh lekarstvennykh preparatov dlya meditsinskogo primeneniya na 2016 god. [The list of vital and essential drugs for medical

use in 2016.]. 2015. URL: <http://government.ru/media/files/MzyV0Mmm2FoDAP7AWAAVLLpjoLoiShib.pdf>.

4. Zhigunova S.N., Fedorov N.I., Mikhailenko O.I. Succession on felled areas of pine-birch forests of the central part of the South Urals // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013. № 3 (146). Vol. 22. P. 30–35. (In Russian).

5. Zhigunova S.N., Fedorov N.I., Mikhailenko O.I., Achmetova M.R. Productivity of medicinal plants on felled area of pine and birch forests in the central part of the South Urals // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. Vol. 15. № 3(1). P. 361–365. (In Russian).

6. Zhigunova S.N., Ibatullina Z.A., Shendel G.V., Mikhailenko O.I. The biological productivity of *Aconitum septentrionale* Koelle rhizome in the plant communities of mountain-forest zone in Bashkortostan Republic // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2016. Vol. 18, № 2–1. P. 84–87. (In Russian).

7. Fedorov N.I., Zhigunova S.N., Mikhailenko O.I., Shendel G.V., Tagirov V.V. The model of temporal dynamics of cutting areas in pine and birch subzone of the central

part of mountain and forest zone of the Southern Urals // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. Vol. 3. P. 105. (In Russian).

8. Fedorov N.I., Zhigunova S.N., Mikhailenko O.I. Metodologicheskie osnovy optimizatsii resursnogo ispolzovaniya lekarstvennoy flory Yuzhnogo Urala [Methodological foundations of optimization resource use of officinal flora in the South Urals]. Moscow, 2013. 212 p. (In Russian).

9. Zhigunova S.N., Fedorov N.I., Mikhailenko O.I. Distribution and productivity of *Chamaecytisus ruthenicus* (Fabaceae) in plant communities of Bashkortostan Republic // *Rastitelnye resursy*, 2013. Vol. 49. № 3. P. 353–359. (In Russian).

10. Tsitsilin A.N. Resursnaya charakteristika novogo lekarstvennogo rasteniya bortsy severnogo – *Aconitum septentrionale* Koelle v Srednem Povolzhye i na Yuzhnom Urale // *Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [The resource characteristics of the new medicinal plant *Aconite north - Aconitum septentrionale* Koelle. in the Middle Volga and the South Urals // *Abstr. ... Diss. kand. (Biology) Sci.*]. Moscow, 1992. 16 p. (In Russian).

—•••—

**LONG-TERM FORECAST OF THE DYNAMICS OF RESERVES OF RHIZOMES
A. SEPTENTRIONALE ON THE FELLED AREAS OF PINE-BIRCH FORESTS
OF THE CENTRAL PART OF THE MOUNTAIN-FOREST ZONE OF THE SOUTH URALS**

© N.I. Fedorov¹, S.N. Zhigunova¹, O.I. Mikhailenko², Z.A. Ibatullina¹, E.R. Mullagulova³

¹Ufa Institute of Biology, RAS,
69, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

²Ufa State Petroleum Technological University,
1, ulitsa Cosmonauts, building 1, 450062, Ufa, Russian Federation

³Bashkiria National Park,
1, ulitsa Abubakirova 1, v. Nugush, 453870, Meleuz district, Bashkortostan Republic

Rhizomes of *A. septentrionale* is used as a raw material for the production of the effective antiarrhythmic drug Allapinin, based on the diterpene alkaloid lappaconitine. This species is widely distributed in the central part of the mountain-forest zone of the South Urals. The main forest area of this territory is occupied by pine-birch forests of the association *Bupleuro longifoliae-Pinetum sylvestris*. On the felled areas up to five years, the plant communities of the variant *Populus tremula* of subassociation *epilobietosum montanae* of association *Chamaenerio angustifolii-Deschampsietum cespitosae* can be formed, which are one of the most promising habitats for harvesting of the rhizomes of *A. septentrionale*. In connection with the planned production of the drug Allapinin in the Bashkortostan Republic, the method of long-term forecast of possible changes in reserves of the rhizomes of *A. septentrionale* on these felled areas, depending on changes of their area during the planned forest management activities was developed. Subject to the cutting plan for the next 10 years operational reserves of the rhizomes of *A. septentrionale* on these felled areas will increase by 5 times, then decline slightly, and forty years later stabilize at 370–380 tonnes, which exceeds the current operational reserve three times. For the organization of a new production of drugs based on the diterpene alkaloid lappaconitine on the territory of the Bashkortostan Republic must be 40–50 tons of the rhizomes of *A. septentrionale* per year. The dynamics of the operational reserves of the rhizomes *A. septentrionale* in the absence of industrial harvesting, harvesting at the annual 50 tons of rhizomes in dry weight, as well as a potential increase possible annual harvesting in twice in the case of a great increase of drug production was illustrated. Analysis of the dynamics operational reserves of the rhizomes of *A. septentrionale* at different volumes of harvesting showed, that in the case of the organization production of drugs based on lappaconitine in the Bashkortostan Republic, its reserves will be preserved even with a doubling of production volumes.

Key words: *Aconitum septentrionale*, operational reserves, felled areas, South Urals.

УДК 551.436:551.491(470.4/.5)

ГЕОХИМИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПЕРЕУГЛУБЛЕННЫХ ДОЛИНАХ СИСТЕМЫ ПАЛЕО-БЕЛОЙ

© Р.Ф. Абдрахманов, В.Г. Попов

Посвящена вопросам формирования и геохимии подземных вод кинельских отложений позднего миоцена-плиоцена, выполняющих переуглубленные долины р. Палео-Белой и ее основных притоков – р.р. Палео-Демы и Палео-Уфы. Показано, что гидрогеологические условия базального чебеньковского горизонта, залегающего в основании кинельского разреза, в разных частях течения палеорек контролируются литологией тех стратиграфических таксонов палеозоя, в которые вложены песчано-глинистые осадки древних неогеновых долин. В верховье Палео-Белой в базальные галечники происходит дренаж карбонатных каменноугольных комплексов, в среднем и отчасти нижнем течении – сульфатных кунгурских, в низовье – преимущественно карбонатно-терригенных уфимских. Освещены гидрогеодинамические и гидрогеохимические особенности палеодолин Южного Предуралья, приведены основные процессы формирования ионно-солевого состава подземных вод. Особое внимание обращено на участие обменно-адсорбционных взаимодействий в образовании содовых и сульфатных натриевых вод в уфимских терригенных глинистых породах.

Ключевые слова: долины системы Палео-Белой, подземные воды, формирование, гидрогеохимия.

Одна из специфических геолого-гидрогеологических особенностей верхнего структурного этажа Южного Предуралья состоит в наличии разветвленной сети речных долин системы Палео-Белой, выполненных толщей неогеновых песчано-глинистых осадков, содержащих различные геохимические типы подземных вод. Первопричиной образования переуглубленных долин являются дифференцированные вертикальные перемещения земной коры восточной части Русской плиты и Урала, произошедшие на границе миоценовой и плиоценовой эпох. Вместе с ними большую роль в формировании и размещении палеоречной сети сыграли и тектонические движения, проявившиеся непосредственно в Южном Предуралье. Именно с этими зональными процессами связана тектономорфность рельефа региона, заключающаяся в тесной пространственной связи долин Палео-Белой и ее притоков с отрицательными структурами (впадинами, депрессиями, седловинами) разного порядка в палеозойском чехле. При этом возвышенности и водоразделы отвечают положительным тектоническим элементам – сводам, брахиантиклиналям и др. Все эти структу-

ры так или иначе выражены не только в современном рельефе, но и в докембрийском кристаллическом фундаменте, что указывает на активность и унаследованный характер неотектонических процессов [1].

Неогеновые палеодолины, врезанные в палеозойский субстрат, выполнены осадками кинельского надгоризонта позднего миоцена-плиоцена (Nkn), состоящего из чебеньковского, карламанского и кумурлинского горизонтов [2]. Чебеньковский горизонт (3.5–40 м) представлен в основном песчано-галечниковым аллювием, а в верхней части – глинами с прослоями песков. В карламанском и кумурлинском горизонтах (до 150 м) преобладают глины с прослоями алевроитов и глинистых песков озерно-лиманного происхождения. Общая мощность кинельских отложений в осевой, наиболее глубокой части долины Палео-Белой достигает 200 м. В прибортовых частях она сокращается до первых десятков метров. Выше залегают морские и озерно-лиманные осадки зилим-васильевского, аккумуляевского и воеводского горизонтов, соответствующие второй (максимальной) и третьей ингрессиям Акчагыль-

АБДРАХМАНОВ Рафил Фазылович – д.г.-м.н., Институт геологии Уфимского научного центра РАН, e-mail: hydro@ufaras.ru

ПОПОВ Владимир Георгиевич – д.г.-м.н., Южно-Российский государственный политехнический университет, e-mail: popovvg@novoch.ru

ского моря, а также континентальные четвертичные осадки.

Долина Палео-Белой по морфологии, геологическому строению и гидрогеологическим условиям может быть разделена на 3 части (рис.): верховье (горная часть), среднее течение (от выхода Палео-Белой с гор до долины р. Палео-Уфа) и нижнее течение (между долинами рек Палео-Уфа и Палео-Кама).

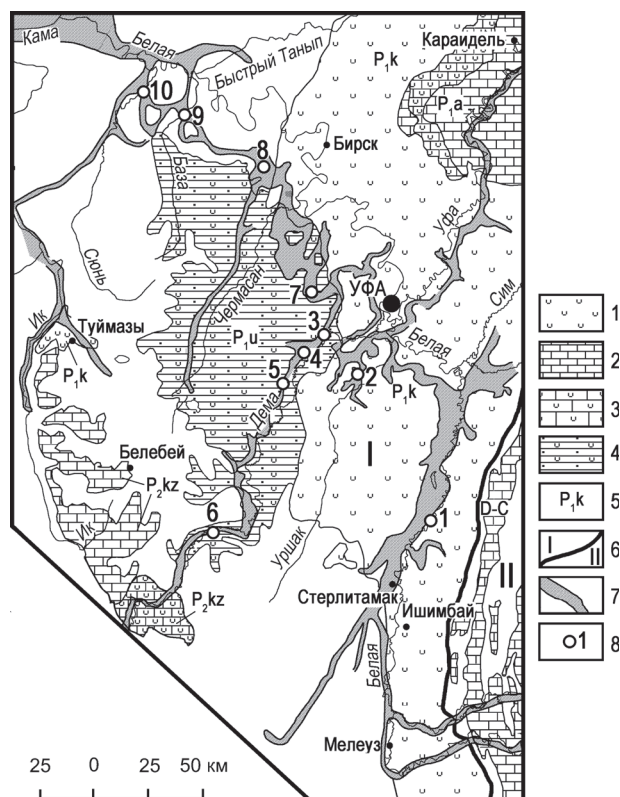


Рис. Схематическая карта долин системы Палео-Белой и типов карста Южного Предуралья: 1–4 – типы карста: 1 – сульфатный, 2 – карбонатный, 3 – сульфатно-карбонатный, 4 – кластокарст спорадического развития; 5 – возраст карстующихся пород; 6 – граница карстовых стран: I – Восточно-Европейская, II – Уральская; 7 – контур палеодолины; 8 – пункт гидрогеохимического опробования и его номер по таблице

В песчано-галечниковых отложениях, залегающих в основании кинельского разреза, заключен выдержанный в пределах русел палеодолин чебеньковский водоносный горизонт. В долине Палео-Белой абсолютные отметки его кровли снижаются вниз по течению от +180 до –40 м. Сверху горизонт перекрыт толщей водоупорных плиоценовых глин, что определяет его напорный характер. Величина напора над кровлей горизонта в нижнем течении дости-

гает 110 м, что обеспечивает самоизливы вод через устья скважин, расположенных на низких абсолютных отметках (+80...+100 м) в долинах современных рек (Сюнь, База и др.). Дебиты скважин при этом достигают 15–20 л/с. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород изменяются от 1 до 6 м/сут и более. Пьезометрическая поверхность вод наклонена на северо-запад, согласно погружению русла Палео-Белой; средняя величина уклона потока подземных вод составляет 0.0003, а скорость движения – 2 м/год [3].

Прослои и линзы водоносных песков (0.5–10 м), залегающих среди глин карламанского, кумурлинского и зилим-васильевского горизонтов, имеют спорадическое распространение главным образом в нижнем течении Палео-Белой. Фильтрационные свойства пород и дебиты скважин низкие – соответственно 0.1–0.3 м/сут и 0.1–0.5 л/с.

Питание подземных вод кинельских отложений осуществляется главным образом за счет вод более древних отложений палеозоя, в которые врезаются долины рек системы Палео-Белой. При этом наиболее значима дренирующая роль базального чебеньковского песчано-галечникового горизонта, куда происходит разгрузка палеозойских водоносных комплексов (C_1 – P_2), слагающих борта и днища палеодолин. В известных гидрогеодинамических ситуациях источником питания может явиться и вышележащий аллювиальный четвертичный водоносный горизонт.

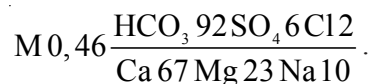
Отсюда следует, что гидрогеохимические особенности кинельских водоносных горизонтов, не имеющих открытых областей питания, почти всецело зависят от состава вод питающих палеозойских комплексов. Последние в разных частях региона сложены терригенными, карбонатными и сульфатными осадками, отложившимися в морских, континентальных и лагунных бассейнах седиментации. Заключенные в них подземные воды в зависимости от литологии пород имеют различный ионно-солевой состав и величину минерализации (М). Тем не менее это типичные гипергенные воды, формирующиеся в гидрогеодинамически подвижной среде (зоны активной и затрудненной циркуляции) за счет литолого-гидрогеохимических процессов в многокомпонентных гетерогенных системах «вода – осадочная порода». Главными из них являются конгруэнтное раство-

рение и выщелачивание, инконгруэнтные обменно-адсорбционные и гидролитические взаимодействия. Особо важную роль играют процессы смешения вод различного геохимического облика.

В верховье миоцен-плиоценовая горная р. Белая протекала в субширотном направлении в глубоком (300–500 м), узком (0.5–1.0 км), с обрывистыми склонами каньоне, сложенными каменноугольными карбонатными породами. Русло ее находится на наиболее высоких абсолютных отметках (+135...+150 м). Судя по створам Юмагузинского и Нугушского водохранилищ, мощность кинельских отложений, вложенных в трещиноватые и закарстованные известняки нижнего-среднего карбона, достигает 70 м. Из них 20–30 м приходится на дренирующий каменноугольный карбонатный базальный валунно-галечниковый горизонт.

В подобной ситуации единственным источником его питания служат подземные воды каменноугольных пород. Здесь в базальном гори-

зонте заключены $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ (Mg-Ca) пресные воды с M 0.2–0.5 г/л. В геохимическом отношении они идентичны водам источников, вытекающих из известняков передовых складок Урала. Ниже приводится химический состав одного из них с дебитом 100 л/с, расположенный вблизи Юмагузинского водохранилища:



Как видно, среди растворенных солей доминируют $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (> 90%). Воды, как правило, еще далеки от насыщения карбонатами, что объясняется невысокими концентрациями CO_2 (< 30 мг/л), высокими скоростями движения вод в карбонатной трещинно-карстовой среде и весьма кратковременном взаимодействии их с породами. В небольших количествах (2–5%) в водах присутствуют Na_2SO_4 и NaCl , вследствие чего они принадлежат к слабо выраженному типу II (сульфатно-натриевому).

Т а б л и ц а

Химический состав подземных вод базального кинельского горизонта

№№ проб	Место отбора пробы, интервал опробования, м	Водовмещающие породы	M, г/л	Ионы, мг/л, %-моль						Индекс состава воды
				HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	
1	Устье р. Зиган, 90–101.4 (самоизлив)	глины с галькой	3.6	235.0 7.0	2140 81.0	234.1 12.0	606.3 55.0	207.4 31.0	177.1 14.0	$S^{\text{MgCa}}_{\text{II}}$
2	Устье р. Уязы, 138.0–141.0	пески, гравий	2.3	228.9 11.0	1392 85.0	48.37 4.0	498.9 73.0	91.22 22.0	39.20 5.0	$S^{\text{MgCa}}_{\text{II}}$
3	Район с. Арсланово, 61.0–67.0	пески	1.1	327.8 34.0	478.1 63.0	16.81 3.0	139.3 44.0	74.93 39.0	61.75 17.0	$CS^{\text{MgCa}}_{\text{II}}$
4	Пос. Чишмы, 82.6–85.7	пески	2.5	205.7 9.0	1547 86.0	66.40 5.0	367.7 49.0	141.2 31.0	172.2 20.0	$S^{\text{NaMgCa}}_{\text{II}}$
5	15 км южнее пос. Чишмы, 78.0–82.8	пески	2.7	220.8 9.0	1738 90.0	14.26 1.0	483.5 60.0	141.8 29.0	101.7 11.0	$S^{\text{MgCa}}_{\text{II}}$
6	Устье р. Мияки, 72.1–73.8	пески, галечники	6.3	181.5 3.0	2334 49.0	1688 48.0	437.2 22.0	132.6 11.0	1527 67.0	$ClS^{\text{CaNa}}_{\text{II}}$
7	С. Шемяк, 70.0–80.0	пески, галечники	3.1	152.6 5.4	2046 92.2	39.01 2.4	472.9 51.1	193.3 34.4	154.0 14.5	$S^{\text{MgCa}}_{\text{II}}$
8	С. Шелканово, 128.0–154.0	галечники	3.4	140.3 4.4	2137 85.4	187.9 10.2	466.9 44.7	184.8 29.1	312.7 26.2	$S^{\text{NaMgCa}}_{\text{II}}$
9	С. Итеево, 95.5–107.0	пески, галечники	3.8	244.1 6.4	960.6 31.6	1383 62.0	440.9 35.0	156.0 20.5	648.3 44.5	$SCl^{\text{MgCaNa}}_{\text{IIa}}$
10	С. Аишево, 93.0–96.5	пески	3.5	225.8 7.1	1743 70.1	418.4 22.8	168.3 16.2	57.15 9.2	889.7 74.6	$ClS^{\text{Na}}_{\text{II}}$

В средней субмеридиональной части долины Палео-Белой мощность дренирующего гравийно-галечникового чебенковского горизонта, залегающего на кунгурских гипсах с солоноватыми (M 1–3 г/л) SO_4 -Ca (Mg-Ca) водами, достигает 55 м. Столь большое «переуглубление» в днище Палео-Белой в месте впадения в нее палеорек Сим, Инзер и Зилим связано с древним позднемiocен-раннеплиоценовым карстом [4]. Абсолютные отметки русла в районе г. Уфы снижаются до –28 м, а в указанных палеокарстовых подрусловых впадинах до –50 м. В свою очередь кинельские отложения перекрыты четвертичным аллювием, содержащем пресные HCO_3 -Ca воды. В этих условиях источниками питания чебенковского горизонта являются: 1) воды, поступающие непосредственно в самом горизонте латеральным путем с Урала, 2) порово-пластовые воды аллювиального горизонта и 3) трещинно-карстовые воды гипсов кунгура.

Значительные объемы этих вод, разгружающиеся в базальный горизонт, вызвали широкое развитие процессов смешения, и, как следствие, трансформацию ионно-солевого состава вод в направлении $HCO_3 \rightarrow HCO_3-SO_4 \rightarrow SO_4$. То есть в ходе этих процессов воды кинельского горизонта приобрели геохимический облик типичных SO_4 -Mg-Ca вод (тип II – сульфатно-натриевый), изначально присущий кунгурским гипсам (табл., №№ 1, 2). Отсюда понятно преобладание в солевом составе вод $CaSO_4$ (50–85%) и $MgSO_4$ (5–30%), тогда как общее содержание $Ca(HCO_3)_2$, Na_2SO_4 и $NaCl$ < 10–15%.

Около г. Уфы в Палео-Белую впадают два притока: левый – Палео-Дема и правый – Палео-Уфа. Долина Палео-Демы берет начало на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, соответствующей южной вершине Татарского свода. Она вскрывает и дренирует различные литолого-стратиграфические подразделения пермской системы: карбонатно-сульфатные казанские в верховье, карбонатно-терригенные уфимские в среднем и нижнем течениях и сульфатные кунгурские в низовье. Подземные воды кинельского горизонта в интервале опробования +20...+50 м абсолютной высоты HCO_3-SO_4 и SO_4 -Mg-Ca, Cl- SO_4 -Ca-Na, SO_4 -Na-Mg-Ca с M 1.1–6.3 г/л, типа II (см. табл., №№ 3–6). Преобладают сульфатные соли, среди которых в отдельных случаях заметное место

занимают $NaCl$ (до 50%) и Na_2SO_4 (до 20%), что объясняется поступлением вод из слабо промытых уфимских отложений, залегающих в зоне затрудненной циркуляции. Но если присутствие в подземных водах $NaCl$ объясняется простым выщелачиванием из пород рассеянных включений галита, то Na_2SO_4 имеет более сложную природу, связанную с обменно-адсорбционными процессами между Ca^{2+} сульфатных вод, с одной стороны, и Na^+ поглощенного комплекса терригенных глинистых осадков – с другой [5].

Истоки Палео-Уфы находятся на Уфимском плато, которое образовалось в результате длительной тектонической эволюции Башкирского свода – сложного сооружения, с разной степенью контрастности выраженного в структуре А-PR кристаллического фундамента, вышележащих R, V и PZ отложений, вплоть до P_1 .

В верхнем течении долина Палео-Уфы дренирует карбонатную толщу (200–250 м) артина, тем самым способствует образованию водообильных карстогенных зон, а местами барражирует потоки трещинно-карстовых вод. В створе Павловского водохранилища ширина долины < 300 м, мощность кинельских отложений в осевой части около 80 м, в т.ч. 20 м базального песчано-гравийно-галечникового горизонта. Вдоль бортов палеодолины артинские известняки подверглись интенсивному карстовому процессу. В них, а также в самом базальном кинельском горизонте образовались концентрированные потоки, аккумулирующие огромные ресурсы пресных вод. О геохимии их можно судить по источнику Красный Ключ, который возник в результате подпруживающего влияния палеодолины р. Уфы [6]. Дебит его в межень до 6 тыс. м³/сут, M 0.2–0.3 г/л, состав HCO_3 -Ca:

$$M\ 0.26 \frac{HCO_3\ 82\ SO_4\ 13\ Cl\ 5}{Ca\ 63\ Mg\ 19\ Na\ 18}$$

За пределами плато, на Прибельской равнине, где долина Палео-Уфы врезана в кунгурские гипсы, в кинельском горизонте развиты HCO_3 - SO_4 -Ca воды с M до 2–3 г/л.

Вернемся к долине Палео-Белой. В нижнем течении она прослеживается в северо-западном направлении, причем русло ее смещено на 15–25 км к юго-западу относительно современного

русла р. Белой. Кинельский надгоризонт (до 170 м), выполняющий неогеновую долину, представлен всеми своими стратиграфическими подразделениями. Контур палеодолины имеет сложные очертания, русло сильно меандрирует, ширина долины в местах расширений достигает 15 км, а сужение уменьшается до 2 км. Абсолютные отметки русла вниз по течению снижаются от –28 м у г. Уфы до –85 м у г. Мензелинска в Татарстане. На фоне плавного погружения русла, выше г. Бирска отмечаются отдельные палеокарстовые впадины, в которых мощность базальных галечников достигает 70 м. Крутизна склонов долины изменяется от 5 до 30°.

В этой части долины Палео-Белой в питании кинельского песчано-галечникового коллектора принимают участие воды только нижнепермских (кунгурских и уфимских) отложений. Четвертичный водоносный горизонт р. Белой вследствие пространственной разобщенности современной и неогеновой долин утратил эту функцию. Движение латерального потока вод в базальном горизонте происходит в северо-западном направлении к магистральной долине Палео-Волги. Гидрогеохимические и гидрогеодинамические данные указывают на разгрузку вод кинельского горизонта и в нижележащие ассельско-артинские карбонатные отложения [3]. В них за счет нисходящих перетоков под руслом палеодолины появились опресненные рассолы с М 47–94 г/л на фоне рассолов с М 159–241 г/л.

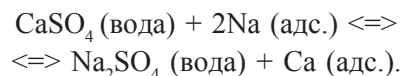
Гидрогеологические условия в нижнем течении Палео-Белой неоднородны. На участке от Уфы примерно до широты Бирска палеодолина заложена в гипсах кунгурского яруса. В них заключен водоносный горизонт, область питания которого находится на западном склоне Уфимского плато, в местах выхода гипсов на поверхность. Поток формирующихся здесь трещинно-карстовых SO_4 -Mg-Ca вод направлен на юго-запад к четвертичной долине Белой, где происходит его частичная разгрузка. Пустоты карстового происхождения высотой до 2.5–5.0 м распространены в иренских (P_{1kir}) и соликамских (P_{1usl}) растворимых сульфатных породах в интервале абсолютных отметок +60...–40 м, т.е. выше и даже несколько ниже вреза переуглубленной долины. Поэтому базальный кинельский горизонт является

местом окончательной разгрузки подземного потока в соликамско-кунгурских гипсах.

В контексте с этим процессом следует указать на один заслуживающий внимания факт, касающийся геологической деятельности трещинно-карстовых вод. Интенсивная циркуляция их в приобтовых частях палеодолины вызвала выщелачивание каменной соли, залегающей в виде включений, прослоев и линз среди иренских карбонатно-сульфатных осадков. По данным нефтяного бурения соль в полосе 2–5 км вдоль русла палеодолины оказалась полностью выщелоченной. Эта зона характеризовалась значительными гидравлическими уклонами и повышенными скоростями вод. Судя по тому, что в базальных кинельских галечниках сейчас преобладают солоноватые (М 2.5–3.4 г/л) SO_4 -Mg-Ca воды с фоновыми концентрациями NaCl (см. табл., № 7), процессы выщелачивания галита протекали главным образом в предшествующую неоген-плейстоценовую эпоху и к настоящему времени завершены.

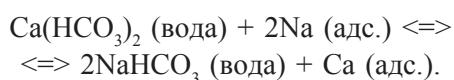
Ниже до слияния с Палео-Камой палеодолина р. Белой полностью заложена в неподверженных карстовым процессам терригенных шешминских отложениях уфимского яруса (P_{1uss}). Кунгурские гипсы находятся вне сферы дренирующего воздействия Палео-Белой и представляют собой водоупор, разделяющий осадочный чехол на 2 этажа с принципиально различными условиями формирования и генезисом подземных вод.

Базальный чебеньковский горизонт залегает на глубинах от 90–95 м в долинах левых притоков р. Белой (Сюнь, База, Чермасан и др.) до 130–140 м на водоразделах. Подземным водам свойственен довольно сложный геохимический облик. Преобладают SO_4 -Na-Mg-Ca и Cl- SO_4 -Na воды типа II с М 3.1–3.5 г/л (см. табл., №№ 8, 10). Солевой состав их представлен главным образом сульфатными солями, среди которых обычно доминирует Na_2SO_4 (до 52%). Природа этой соли, как доказано экспериментальными и теоретическими исследованиями [5], связана с протекающими в сульфатизированных терригенных глинистых породах уфимского возраста обменно-адсорбционными процессами:

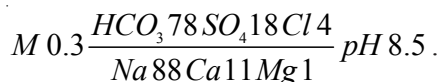


Иногда встречаются воды IIIa (хлор-магниевого) типа. Они имеют SO_4 -Cl-Mg-Ca-Na состав при М 3.8 г/л (см. табл., № 9). Ведущую роль в них приобретают хлоридные соли морского происхождения NaCl и $MgCl_2$, общее содержание которых может превышать 60%.

Воды верхних песчаных прослоев, залегающих среди глин зилим-васильевского, карламанского и кумурлинского горизонтов, имеют HCO_3 -Mg-Ca и SO_4 - HCO_3 -Mg-Ca-Na состав, тип II (сульфатно-натриевый) и I (гидрокарбонатно-натриевый). Они получают инфильтрационное питание из залегающих в зоне активного водообмена уфимских отложений. Наличие в солевом составе $NaHCO_3$ также, скорее всего, связано с обменно-адсорбционными процессами в системе «вода-порода». Но в них участвуют не SO_4 -Ca, а HCO_3 -Ca воды:



В пользу этой реакции свидетельствуют высокие концентрации Na^+ в поглощенном комплексе кинельских глин (до 130–180 мг/100 г породы), а также HCO_3 -Na состав водных вытяжек. Ниже приводится формула химического состава одной из них:



ЛИТЕРАТУРА

1. Рождественский А.П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Предуралья. М.: Наука, 1971. 303 с.
2. Данукалова Г.А. Региональная стратиграфическая схема миоцена Предуралья и основные события на территории Южноуральского региона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. Т. 20, № 5. С. 1–18.
3. Попов В.Г. Формирование подземных вод Северо-Западной Башкирии. М.: Наука, 1976. 159 с.
4. Карст Башкортостана / Р.Ф. Абдрахманов, В.И. Мартин, В.Г. Попов и др. Уфа: Информреклама, 2002. 383 с.
5. Попов В.Г., Абдрахманов Р.Ф. Ионобменная концепция в генетической гидрогеохимии. Уфа: Гилем, Башкирская энциклопедия, 2013. 356 с.
6. Лыкошин А.Г., Соколов Д.С. Красный Ключ // Природа. 1957. № 8. С. 86–88.

References

1. Rozhdestvensky A.P. Recent tectonics and terrain development in the southern Cis-Urals. Moscow, Nauka, 1971. 303 p.
2. Danukalova G.A. Regional stratigraphic scheme of the Myocene deposits in the Cis-Urals and main events within the South Ural region. Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya, 2012, vol. 20, no. 5, pp. 1–18.
3. Popov V.G. Groundwater formation in north-western Bashkiria. Moscow, Nauka, 1976. 159 p.
4. Abdrakhmanov R.F., Martin V.I., Popov V.G., Rozhdestvensky A.P., Smirnov A.I., Travkin A.I. Karst in Bashkortostan. Ufa, Informreklama, 2002. 383 p.
5. Popov V.G., Abdrakhmanov R.F. Ion exchange concept in genetic hydrogeochemistry. Ufa, Gilem, Bashkirskaya entsiklopediya, 2013. 356 p.
6. Lykoshin A.G., Sokolov D.S. Krasny Klyuch spring. Priroda, 1957, no. 8, pp. 86–88.

GEOCHEMISTRY AND FORMATION OF GROUNDWATER IN THE RE-DEEPEMED VALLEYS OF THE PALEO-BELAYA SYSTEM

© R.F. Abdrakhmanov, V.G. Popov

¹Institute of Geology, Ufa Science Centre, RAS,
'6/2, ulitsa Karla Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

²South-Russian State Polytechnic University,
132, ulitsa Prosveshcheniya, 346428, Novocherkassk, Russian Federation

The article is devoted to the formation and the geochemistry of groundwater deposits in Kinel of Late Miocene-Pliocene, performing re-depth paleovalleys of river Paleo-Belaya and its main tributaries – the rivers Paleo-Dyoma and Paleo-Ufa. It is shown that the hydrogeological conditions of the basal chebenkovsky horizon occurring at the base of the cut Kinel, in different parts of the flow paleorivers controlled by the lithology of the stratigraphic Paleozoic taxa, in which are embedded sand-clay sediments of Neogene ancient valleys. In the upper reaches of the Paleo-Belaya in the basal gravel and drainage occurs ki Carboniferous carbonate complexes in the middle and lower part, those chenii – Kungurian sulfate, in the lower reaches – primarily carbonate-clastic Ufa. When covering hydrogeodynamic and hydrogeochemical features paleovalleys Southern Urals, are the main processes of formation of ion-salt composition of groundwater. Particular attention is paid to the participation of exchange-adsorption interactions in the formation of soda and sodium sulphate treatment in Ufa clastic rocks of clay.

Key words: valley system of Paleo-Belaya, groundwater formation, Hydrogeochemistry.

**ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ МОЛОДЕЖИ КАК СОЦИАЛЬНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ
ФОРМИРОВАНИЯ НОВОЙ РАБОЧЕЙ СИЛЫ**

© Ю.В. Мигунова, Т.П. Моисеева

Представлен анализ результатов социологического исследования образа жизни студенческой молодежи, позволяющий определить степень сформированности навыков здорового образа жизни как неотъемлемого требования научно-технического прогресса к новой рабочей силе. Для оценки степени здоровьесберегающего поведения были выбраны основные параметры здорового образа жизни: время, затрачиваемое на сон, питание, физические упражнения, отсутствие или наличие вредных привычек – употребление алкоголя, курение. Результаты исследования показали, что студенты понимают степень зависимости их здоровья от культуры питания, подавляющее большинство ответили, что трехразовое питание и потребление домашней пищи – важнейшие факторы здоровья. Значительное количество студентов ответили, что в силу объективных обстоятельств жизни, финансовых, социально-бытовых и иных трудностей не могут позволить себе следовать такой культуре питания. Приблизительно половина опрошенных студентов вуза отметили, что не досыпают, так как тратят на сон меньше 7 часов. Респонденты указали, что занятия физкультурой и спортом являются неотъемлемой частью студенческой жизни. Сопоставив полученные данные, касающиеся курения и употребления спиртных напитков в студенческой среде, можно сделать вывод о том, что все опрошенные, вне зависимости от места обучения, в большей степени склонны к употреблению в компании спиртных напитков, чем к курению. Широкое распространение на рынке алкогольной продукции слабых алкогольных напитков объективно привело к тому, что они стали пользоваться популярностью и среди студенческой молодежи, причем даже среди тех, кто склонен к здоровому образу жизни. Большинство тех, кто курит, объяснили это необходимостью таким образом снять стресс, расслабиться, преодолеть тревогу, беспокойство, страх, что свидетельствует об отсутствии у молодых людей иных навыков, знаний противостоять жизненным трудностям. Среди ответов, оправдывающих пагубную привычку курить, был и такой: «несмотря на всю вредность и пагубность, эта привычка помогает мне чувствовать себя намного свободнее и увереннее».

Ключевые слова: студенческая молодежь, здоровье, здоровый образ жизни, психофизиологические нагрузки, социально-экономическая активность, социальные потребности, новая рабочая сила.

Современный уровень развития общественного производства, сложная динамика социальной жизни предъявляют новые требования к качеству рабочей силы. Профессионализм и высокая квалификация, способность к напряженному, творческому труду, к быстрому восприятию и обработке информации, ответственному принятию решений в нестандартных ситуациях дополняются мобильностью человека, его психофизиологической устойчивостью, физической выносливостью, высокими адаптационными возможностями. Сочетание этих качеств возможно только при наличии хорошего здоровья, которое становится важным условием формирования и реализации творческо-

го потенциала личности, ее активного социально-профессионального долголетия, значимым фактором решения масштабных задач социально-экономического развития общества [1].

Одним из следствий сложной диалектики современной общественной жизни стало ухудшение здоровья населения и прежде всего – здоровья молодежи, продиктованное различными причинами, в том числе снижением двигательной активности учащихся, увеличением стрессовой нагрузки в семье, школе, обществе, распространением вредных привычек, отказом от культуры традиционного питания и т.д. Это делает насущной проблему формирования здорового образа жизни

МИГУНОВА Юлия Владимировна – к.соц.н., Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН, e-mail: ignatenko_isei@mail.ru

МОИСЕЕВА Татьяна Павловна – д.соц.н., Уфимский государственный авиационный технический университет, e-mail: tatianamoiseeva5@mail.ru

как главного фактора обеспечения здоровья человека на фоне неэффективности проведения социальных реформ вообще и реформы здравоохранения, в частности [2].

Таким образом, актуальность темы исследования обусловлена потребностью формирования качественно новой рабочей силы, адекватной современным требованиям научно-технического прогресса, возрастанием роли здоровья людей для решения социально-экономических, политических задач на фоне постоянного возрастания психофизиологических нагрузок на человека. Воспитание навыков здорового образа жизни, культуры, сохранения и укрепления здоровья как норм повседневных поведенческих практик молодежи – непременное условие жизнедеятельности современных людей, их социально-экономической активности, важный фактор развития общества [3].

Основы здорового образа жизни человека закладываются в детстве, юности, и важную роль в этом процессе играет семья, система образования, прежде всего школа. Какие навыки здорового образа жизни сформировались у современной студенческой молодежи? Насколько успешно молодые люди реализуют эти навыки в своей студенческой жизни? Какие факторы оказывают сдерживающее воздействие на реализацию различных форм здорового образа жизни студенческой молодежи? Ответы на эти вопросы позволяют выявить степень развитости навыков здорового образа жизни у студенческой молодежи, их встроенность в повседневную практику, сформулировать выводы и предложения по принятию необходимых решений для повышения роли различных социальных организаций и учреждений, в том числе учебных заведений, в воспитании у студентов устойчивой потребности здорового образа жизни как важнейшего фактора формирования качественно новой рабочей силы.

Наука утверждает, что здоровье человека, его продолжительность жизни на 20% зависит от наследственности, на 20 – от состояния экологии, на 10 – от степени развитости в стране здравоохранения и на 50% – от образа жизни человека, основными составляющими которого являются сон, питание, физическая культура (физические упражнения), отсутствие вредных привычек. Это позволяет судить о том, что состояние здоровья

нации в значительной степени детерминировано формированием в обществе культуры здорового образа жизни, во многом определяющего качество жизни и ее продолжительность [4].

С целью изучения образа жизни молодежи в 2014–2015 гг. в г. Уфе было проведено социологическое исследование среди студентов-первокурсников Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ) и студентов 1–2 курсов Уфимского авиационного техникума (УАТ), в котором участвовало более 600 респондентов. Возраст опрашиваемых учащихся авиатехникума варьировался в диапазоне от 15 до 21 года. Более половины студентов данного учебного заведения (78.8%) на момент исследования находились в возрасте 15–17 лет. Возраст студентов-первокурсников университета варьировался в диапазоне 16–20 лет. При этом максимальное количество опрошенных – в возрасте 18–19 лет (84.8%).

Для оценки степени здоровьесберегающего поведения были выбраны основные параметры здорового образа жизни: время, затрачиваемое на сон, питание, физические упражнения, отсутствие или наличие вредных привычек – употребление алкоголя, курение.

Сон, количество затрачиваемых на него часов (нормой является 7–9 часов) – важнейший показатель здорового образа жизни для всех возрастных групп. Приблизительно половина опрошенных студентов вуза отметили, что недосыпают, так как тратят на сон меньше 7 часов – это 45% студентов вуза и 38.5%, техникума; 7–9 часов спят 43.4% опрошенных первокурсников УГАТУ и 47% респондентов ссуза. Не придают этому никакого значения 8.4% студентов университета и 10.3% респондентов техникума. Больше 9 часов в день спят 2% первокурсников вуза и 4.1% студентов ссуза. Таким образом, около половины респондентов хронически недосыпают, что не может позитивно влиять на качество освоения ими учебного материала, и в конечном счете может стать причиной психологического надрыва, слома.

Результаты исследования показали, что студенты понимают степень зависимости их здоровья от культуры питания: подавляющее большинство ответили, что трехразовое питание и потребление качественной (домашней) пищи – важнейшие факторы здоровья. Однако только 47.8% сту-

дентов вуза и 48.7% студентов ссуза реально питаются три раза в день. Вариант ответа «иногда питаюсь три раза в день» выбрали в университете – 27.3%, в техникуме – 22% респондентов; «редко» питаются три раза в день 14.1% первокурсников университета и 16.8% учащихся техникума.

Но ценностные установки на правильное питание корректируются обстоятельствами жизни: хотя значительное число опрошенных ответили, что в основном питаются дома (УГАТУ – 61.1%, УАТ – 71.1%), значительное количество студентов утверждают, что в силу объективных обстоятельств жизни, финансовых, социально-бытовых и иных трудностей они не могут позволить себе следовать такой культуре питания. То есть даже студенты, постоянно проживающие в семье, не всегда обеспечены трехразовым питанием. На отсутствие финансовой возможности полноценно питаться указали 8.4% первокурсников университета и 7.3% учащихся авиатехникума.

Вторым по популярности ответом у респондентов университета и авиатехникума был вариант о беспорядочном питании: в УГАТУ – 32%, в УАТ – 27.1% опрошенных. Причем процент студентов, питающихся в столовых и кафе, в УГАТУ в 2 раза выше, чем в техникуме. Меньшее количество студентов УГАТУ выбрали ответ «бутерброды, пирожки, фаст-фуд»: в вузе – 2.8%, в ссузе – 4.4%, что говорит о том, что студенты ссуза в большей мере, чем студенты вуза, ориентированы на потребление несбалансированной и бесполезной пищи.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что более половины опрошенных первокурсников не реализуют один из важнейших принципов здорового образа жизни в своей повседневной практике. В совокупности с высокими психофизиологическими нагрузками, частым недосыпанием учащихся это становится потенциальной причиной роста числа заболеваний системы пищеварения у молодежи.

Физическая активность характерна лишь для половины опрошенных студентов: если в УАТ 39.7% студентов постоянно занимаются физической культурой, то показатель таковых в УГАТУ несколько ниже – 36.2%. «Иногда, если есть время» занимаются физкультурой 48,8% студентов УГАТУ и 41.6% – УАТ. Более того, 11.8% рес-

пондентов университета признались, что довольно редко посвящают время занятиям физкультурой, среди учащихся авиатехникума таких оказалось на 3% больше – 14.8% респондентов. Процент отметивших отсутствие интереса к занятиям физкультурой («физкультурой не занимаюсь») в техникуме почти в 2 раза выше, чем в УГАТУ (2 и 3.6% соответственно).

Полученные результаты коррелируются с ответами на вопрос об образе жизни: 43.8% опрошенных университета указали, что занятия физкультурой и спортом являются неотъемлемой частью их студенческого времяпрепровождения. В авиатехникуме таковых оказалось – 49.5%. При этом 4% студентов авиатехникума заявили, что занятия физкультурой и спортом не характерны для их образа жизни, что в 1.5 раза больше, чем у респондентов университета (2.4%). Из вышесказанного следует вывод, что у более половины студентов устойчивой потребности к занятиям физической культурой не сформировалось.

Важную роль в структуре здорового образа жизни играет наличие или отсутствие вредных привычек, которые существенно влияют на результативность здоровьесберегающего поведения. Данные опроса показывают, что особенностью образа жизни современной студенческой молодежи является отрицательное, в большинстве своем, отношение к курению. Большая часть респондентов вуза ответили, что не курят – 78.7%. В ссузе такой ответ дали 72.5% опрошенных. Тем не менее курение как вредная привычка внедрена в образ жизни студенческой молодежи: 16% первокурсников обследуемого вуза (по сумме ответов «да», «иногда», «редко») ответили утвердительно, в техникуме положительный ответ дали 21.5% респондентов, что почти на 6.5% больше, чем в университете.

В оценке факторов, формирующих привычку к курению, практически все респонденты назвали друзей во дворе, которые и предложили попробовать закурить в первый раз. Этот вариант ответа оказался самым популярным, и он соотносится с данными, полученными при изучении проблем детской безнадзорности в г. Уфе в 2010 г.: безнадзорные подростки, не занятые во внешкольное время и проводящие большую часть дня в компании друзей, неизбежно попадают под

дурное влияние, приобретают навыки нездорового образа жизни и асоциального поведения [5]. Исследования образа жизни студенческой молодежи лишь подтвердили наши прежние выводы: ответ «одноклассники, друзья» как инициаторы курения занял второе место. Остальные позиции, как-то: братья и сестры, однокурсники (старшекурсники), старшеклассники – набрали незначительное количество ответов (0.4–3%).

Большинство тех, кто курит, в обоих учебных заведениях объяснили это необходимостью таким образом снять стресс, расслабиться, преодолеть тревогу, беспокойство, страх. Среди ответов, оправдывающих пагубную привычку курить, был и такой: «несмотря на всю вредность и пагубность, эта привычка помогает мне чувствовать себя намного свободнее и увереннее». Отмечая в целом негативное отношение студентов к курению, отсутствие данной пагубной привычки у значительного количества молодых людей, следует отметить, что у них не сформировались знания и навыки о том, как можно и нужно противостоять психологическим, социальным стрессам, различным жизненным трудностям. А ответы респондентов об употреблении спиртных напитков (15% первокурсников вуза и 6.9% студентов ссуза признались, что употребляют крепкие спиртные напитки) свидетельствуют о том, что все респонденты, вне зависимости от места обучения, в большей степени склонны к употреблению в компании спиртных напитков, чем к курению. Более того, все опрошенные, вне зависимости от учебного заведения, опровергли утверждение о том, что употребление спиртного в компании не характерно для их образа жизни: в УГАТУ так ответили 60.2% опрошенных, в УАТ – 58.3%. Что свидетельствует о сформированном стереотипе общения со сверстниками в компании при обязательном распитии спиртных напитков. Вариант «редко употребляем спиртные напитки в компании» выбрали только 24.9% студентов университета и 22.3% учащихся авиатехникума.

При сопоставлении вопросов о занятиях физкультурой и употреблении спиртных напитков (вопросы: «Занимаетесь ли Вы физкультурой?» и «Пробовали ли Вы спиртные напитки?») обнаружилось, что большинство студентов, употребляющих спиртные напитки, лишь иногда занимают-

ся физкультурой. В этой категории опрошенных оказалось в 2 раза меньше тех, кто не пробовал спиртного вообще – 28.3%. Очевидно, что занятия физической культурой – значимый фактор приобщения студенческой молодежи к здоровому образу жизни.

Широкое распространение на рынке алкогольной продукции слабых алкогольных напитков объективно привело к тому, что они стали пользоваться популярностью и среди студенческой молодежи, причем даже среди тех, кто склонен к здоровому образу жизни. Так, среди студентов вуза, постоянно занимающихся физкультурой, почти половина – 42.7% употребляют пиво, а 16.9% уже пробовали крепкие спиртные напитки. Среди тех, кто довольно редко занимается физкультурой, пьют пиво 55.2% респондентов.

Ответы на эти вопросы студентов вуза коррелируются с ответами студентов техникума: среди тех, кто вообще не занимается физкультурой, 57.1% пьют пиво. Среди тех, кто лишь иногда занимается физической культурой, употребляющих пиво меньше – 50.9%. Среди тех студентов, кто нерегулярно занимается физкультурой, пиво пьют еще меньше – 36.5%. Если среди занимающихся физкультурой редко, иногда и не занимающихся вообще 6.9% употребляли исключительно крепкие спиртные напитки, то среди тех, кто постоянно занимается физкультурой, 45.1% не пьют спиртное вообще.

Примерно одинаковое количество студентов вуза и ссуза (23.7 и 26.7%) впервые попробовали спиртные напитки в возрасте 14–16 лет. Интересно отметить, что на вопрос о возрасте, когда они впервые попробовали крепкие спиртные напитки, не ответили 60.6% первокурсников университета и 67.1% учащихся техникума. Маловероятно, что респонденты этого не помнят, скорее всего, они испытывают определенное неудобство при открытом ответе на такой вопрос. Те, кто ответил, сконцентрировались на возрасте 17–18 лет: 24.9% – студенты вуза и 4.7% – техникума. Из ответивших на данный вопрос 11.2% первокурсников вуза признались, что попробовали крепкие спиртные напитки уже в возрасте 14–16 лет, а в авиатехникуме таковых оказалось 21.5%, это почти в 2 раза больше, чем в вузе. Ответ «9–13 лет» в университете выбрали 2.8%, в техникуме – 4.4%.

Итак, вне зависимости от обследованного учебного заведения большинство студентов, участвовавших в опросе, склонны к употреблению пива, других спиртных напитков. Значимая часть респондентов сделало это впервые в весьма раннем возрасте. Это говорит о том, что широкая распространенность и доступность спиртных напитков на фоне несформировавшегося у молодежи представления о культуре досуга, о здоровом образе жизни и отсутствии эффективных запретов на продажу спиртных напитков несовершеннолетним, распространенные в российском обществе стандарты свободного времяпрепровождения людей становятся значимой причиной принятия стереотипов поведения, отступающих от здоровьесберегающего поведения.

Анализ результатов конкретных социологических исследований образа жизни студенческой молодежи технических вуза и ссуза позволяют сделать следующие выводы:

1. Большинство студентов продемонстрировали понимание роли и значения здорового образа жизни как фактора, детерминирующего их социально-профессиональный успех.

2. Здоровый образ жизни как потребность и норма повседневного поведения у большей половины молодых людей остается несформированной. Теоретические представления о структуре здорового образа жизни, если они и существуют в сознании данной возрастной группы, далеко не всегда воплощаются в их реальной жизни.

3. Одним из факторов, сдерживающих реализацию сформировавшихся поведенческих принципов здорового образа жизни (например, трехразового питания) является низкий уровень материального положения группы студентов, отсутствие учреждений доступного качественного питания.

4. Весьма распространенным условием, негативно влияющим на социальное и психофизиологическое здоровье студентов, является сокращение времени для сна, что свидетельствует о неразвитости навыков планирования режима учебы, режима дня и их соблюдения.

5. Позитивным является отсутствие у большинства студентов вредной привычки курить, распространение моды на некурящих, что является одним из элементов здорового образа жизни. Распространение курения среди части студенческой

молодежи как средства защиты от стресса, тревоги, страха свидетельствует о недоработке психологических служб средних образовательных учреждений, родителей в воспитании необходимых знаний, навыков по преодолению стрессовых ситуаций.

6. Остается весьма распространенным стандарт свободного времяпрепровождения студентов с употреблением спиртных напитков. Сформированный стереотип обнаруживает себя как весьма стойкий и заразительный для окружающей молодежи. Свободная продажа спиртных напитков и неограниченный доступ к ним, отсутствие навыков культурного досуга усугубляют проблему, делают необходимым принятие разнообразных эффективных практических мер для приобщения молодежи к истинным культурным ценностям.

Эффективность формирования навыков здорового образа жизни студенческой молодежи во многом определяется концентрацией усилий различных социальных, политических учреждений и организаций, совместных действий семьи, образовательных учреждений, широкой общественности [6]. Мало принять научно обоснованные программы по формированию и пропаганде здорового образа жизни молодежи, населения в целом. Необходима реализация комплекса практических мероприятий, направленных на создание объективных материальных условий для утверждения стандартов здорового образа жизни, объектов культурного, спортивного досуга, доступных широким слоям населения. Мониторинг проблемы, координированность совместных усилий по достижению реальных результатов, их открытое обсуждение широкой общественностью приблизят решение задачи. Безответственно надеяться на быстрый положительный результат. Следует настраиваться на долгую повседневную, порой рутинную работу, которая обернется положительным результатом в среднесрочной и отдаленной перспективе только в ответ на значимые реальные усилия общества.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института социально-экономических исследований Уфимского научного центра Российской академии наук по теме «Социализация экономической системы, формирующая новые траектории социального развития».

ЛИТЕРАТУРА

References

1. Шагиева Л.А. Сущность и структура социального потенциала общества // Вестн. Баш. ун-та. 2015. Т. 20, № 4. С. 1391–1394.
2. Гаврикова А.В. Здоровый образ жизни как фактор социального роста молодежи // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем: Мат-лы X Международной научно-практической интернет-конференции. Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2016. С. 391–395.
3. Шабунова А.А. Здоровье населения в России: состояние и динамика. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2010. 480 с.
4. Базелюк Н.Н. Социально-философские аспекты здоровья и здорового образа жизни человека // Вестн. Волгоград. гос. ун-та. Сер. 7: Философия. Социология и социальные технологии. 2008. № 2. С. 237–239.
5. Мигунова Ю.В., Моисеева Т.П. Детская безнадзорность как социальная проблема современного российского общества. Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2010. 158 с.
6. Гайфуллин А.Ю., Ишмуратова Д.Ф. Организация досуга, привлечение населения к занятиям физической культурой и спортом // Среднесрочная комплексная программа социально-экономического развития северо-восточных районов Республики Башкортостан на 2011–2015 годы. М.: Экономика, 2011. С. 152–156.

1. Shagieva L.A. The essence and structure of social potential of the society. Vestnik Bashkirskogo universiteta, 2015, vol. 20, no. 4, pp. 1391–1394.
2. Gavrikova A.V. Healthy lifestyle as a factor in the social growth of young people. Problemy funktsionirovaniya i razvitiya territorialnykh sotsialno-ekonomicheskikh system. Materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. Ufa, 2016, pp. 391–395.
3. Shabunova A.A. Health of the population in Russia: State and dynamics. Vologda, ISERT RAN, 2010. 480 p.
4. Bazelyuk N.N. Socio-philosophical aspects of health and healthy lifestyle. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta, Ser. 7: Filosofiya. Sotsiologiya i sotsialnye tekhnologii, 2008, no. 2, pp. 237–239.
5. Migunova Yu.V., Moiseeva T.P. Child neglect as a social problem of modern Russian society. Monograph. Ufa, ISEI UNTs RAN, 2010. 158 p.
6. Gaifullin A.Y., Ishmuratova D.F. Organization of leisure, attracting people to physical culture and sports. Srednesrochnaya kompleksnaya programma sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya severo-vostochnykh rayonov Respubliki Baskortostan for 2011-2015. D.A. Gaynanov, V.V. Pechatkin, S.A. Kirillova, F.A. Saifullin. F.A. Saifullin (ed.). Moscow, Ekonomika 2011, pp. 152–156.

**HEALTHY LIFESTYLE OF YOUNG PEOPLE AS A SOCIAL NEED
TO FORM NEW LABOUR FORCE**

© Yu.V. Migunova¹, T.P. Moiseeva²

¹Institute for Social and Economic Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,
71, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

²Ufa State Aviation Technical University,
12, ulitsa Karla Marksa, 450000, Ufa, Russian Federation

The article presents an analysis of the results of the sociological study of the way of life of student youth, which makes it possible to determine the degree of formation of habits of a healthy lifestyle as an integral requirement of scientific and technological progress to a new labor force. To estimate the extent of healthy behavior were selected basic parameters of a healthy lifestyle: the time spent on sleep, nutrition, exercise, absence or presence of harmful habits – alcohol, smoking. The study results showed that the students understand the dependence of health by of food culture, the vast majority responded that three meals and consumption of homemade food – the most important health factors. A significant amount of students responded that due to objective circumstances of life, financial, social, domestic and other difficulties cannot afford follow a food culture. Approximately half of the students surveyed of the university have noted that do not get enough sleep, since are spending on sleep of less than 7 hours. Respondents of both of education institutions indicated that employment by physical culture and sport are an integral part of the student life. Comparing the data obtained regarding of smoking and drinking alcohol in the student environment, can be concluded that all respondents, regardless of learning places, more inclined to consumption in the company alcohol drinks than to smoking. Wide distribution at the market of alcoholic production low alcoholic of beverages objectively led to the fact that they have become to be popular also among students, even among those who are inclined to a healthy lifestyle.

Key words: student youth, health, healthy lifestyle, psychophysiological pressures, socio-economic activity, social needs, new workforce.

УДК 316.4

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

© А.Ю. Гайфуллин, М.М. Гайфуллина

Рассмотрено социальное развитие региона как качественное новое состояние общественных отношений в регионе.

На основе компаративного анализа социального развития страны и регионов, а также выявления доминирующих тенденций, сформирована система показателей оценки социального развития регионов.

Предложен инструментарий оценки социального развития регионов. Оригинальность предложенного инструментария заключается в том, что он позволяет на основе индивидуальных показателей социального развития рассчитать комплексный показатель социального развития разноуровневых территориальных образований и определить его уровень (высокий, средний, ниже среднего, низкий).

В рамках апробации инструментария оценки социального развития осуществлена оценка социального развития регионов России. По результатам расчетов комплексного показателя социального развития 10 регионов в 2015 г. относятся к группе регионов с высоким уровнем социального развития, 32 региона – со средним уровнем социального развития, 33 региона – с уровнем социального развития ниже среднего, 10 регионов – к регионам с низким уровнем социального развития.

Ключевые слова: социальное развитие, балльная методика оценки, регион, ранжирование регионов, уровень социального развития, комплексный показатель социального развития.

Социальное развитие представляет собой изменения в обществе, в результате которых происходит переход всех общественных отношений к качественно новому состоянию.

Начало исследованию закономерностей социализации экономических процессов было положено в XIX в. в работах американского социолога Ф.Г. Гиддингса [1]. В отечественной науке проблема социального развития регионов начала активно разрабатываться еще с середины 1980-х гг. К изучению этой темы причастны такие известные отечественные научные авторитеты как А.Г. Аганбегян [2], Г.В. Осипов [3], Ж.Т. Тощенко [4] и другие. В то же время проведенный анализ теоретических подходов к исследованию социального развития позволяет сделать вывод об их некоторой ограниченности, поскольку основной акцент в них сделан на частных отдельных составляющих социального развития: системе образования, медицинском обслуживании, уровне и качестве жизни, проблемах молодежи и др. [5–8].

Тем не менее понятие «социальное развитие» охватывает все социальные сферы жизни общества и выходит за рамки исследования одного аспекта, и целесообразно рассматривать его в более широком ключе. Кроме того, содержание и направления социального развития в современных условиях остаются малоизученными и слабо специфицированными по отношению к региональному развитию.

Актуальность вопросов социального развития российских регионов продиктована отмечающимся распространением в нашем обществе социальных рисков и угроз, таких как:

- 1) превышение в течение ближайших 10–15 лет нетрудоспособного населения (в основном за счет лиц пенсионного возраста) над трудоспособным;
- 2) дестабилизация регионального рынка труда в ближайшие 5–10 лет за счет возрастания трудовой миграции в другие регионы;
- 3) резкое усиление социальной напряженности на основе возрастающей дифференциации доходов, значительного увеличения социального слоя бедных;

ГАЙФУЛЛИН Андрей Юрьевич – к.соц.н., Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН, e-mail: gayfullin_a@mail.ru

ГАЙФУЛЛИНА Марина Михайловна – к.э.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: marina_makova@list.ru

4) рост заболеваемости, снижение показателя продолжительности жизни, возвращение к превышению смертности над рождаемостью;

5) достижение критического уровня деградации и десоциализации молодого и среднего поколений на основе распространения девиантных форм поведения.

Для обеспечения высокого уровня социального развития региона необходимо иметь четкую методику оценки социального развития, которая позволяла бы не только объективно оценивать социальное развитие региона, но и предлагать обоснованные варианты управленческих решений. В этой связи тематика научного исследования представляется актуальной.

Инструментарий оценки социального развития регионов.

Исследователями предлагаются различные методы и подходы к оценке социального развития региона. Существующие методики оценки социального развития региона можно объединить в 3 группы.

1) Метод балльной оценки. В данном случае каждый компонент социального развития региона (численность населения, половозрастные характеристики населения, состояние здоровья, уровень образования и др.) выражается соответствующими количественными значениями в определенных пределах (баллах).

2) Метод эталонов – предполагает применение балльных оценок. При этом для выставления баллов применяется оценочная шкала с выделением оптимального, приемлемого, среднего и наихудшего диапазона значений.

3) Методики оценки социального развития региона через расчет обобщающего (комплексного, интегрального) показателя – подразумевают сведение совокупности показателей, определяющих социальное развитие региона, в единый показатель [9].

Нами предлагается комбинация метода балльной оценки и оценки социального развития через расчет обобщающего (комплексного, интегрального) показателя. Предлагаемая методика рейтинговой оценки социального развития регионов основана на ранжировании регионов по каждому из показателей социального развития и включает следующие этапы.

1. Формирование системы индивидуальных показателей оценки социального развития регионов.

2. Сбор и аналитическая обработка исходной информации.

3. Ранжирование регионов по каждому из индивидуальных показателей оценки социального развития.

4. Проставление баллов каждому региону по каждому показателю социального развития.

5. Определить значимость индивидуальных показателей оценки социального развития регионов.

6. Расчет комплексного показателя социального развития регионов.

7. Определение уровня социального развития регионов.

Ключевыми компонентами социального развития региона являются: численность населения региона, показатели прироста населения, уровень образования населения и состояние здоровья, возраст населения. С учетом этого сформирована система показателей, входящих в расчет комплексного показателя социального развития региона.

При расчетах регион, имеющий наилучшее значение показателя, получает максимальное количество баллов (равно общему количеству регионов, участвующих в оценке). Регион, имеющий наихудшее значение показателя, получает один балл. Например, при оценке социального развития всех регионов России (по состоянию на 01.01.2016 их 85) по показателю «численность населения» максимальное значение составляет 85 баллов, которые получает регион, имеющий наибольшую численность населения среди субъектов Российской Федерации. Регион, имеющий наименьшую численность среди субъектов Российской Федерации, получает 1 балл (табл. 1).

Комплексный показатель социального развития для i -го региона определяется как:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot z_j}{n \cdot n}, \quad (1)$$

где x_{ij} – балльное значение j -го показателя социального развития для i -го региона; m – число системы индивидуальных показателей оценки социального развития регионов; n – число регионов, участвующих в оценке социального развития; z_j – значимость j -го показателя социального развития региона.

Расчет весовых коэффициентов значимости показателей социального развития может быть осуществлен на основе экспертного подхода, в частности с использованием метода анализа иерархий (МАИ), разработанным Т. Саати [10, с. 116].

Уровень социального развития региона оценивается в соответствии с предлагаемой шкалой (табл. 2).

Апробация инструментария оценки социального развития регионов России.

На основе предложенного инструментария произведена оценка социального развития регионов России. По результатам расчетов комплексного показателя социального развития 10 регионов в 2015 г. относятся к группе регионов с высоким уровнем социального развития, 32 региона – со средним уровнем социального развития, 33 региона – с уровнем социального развития ниже среднего, 10 регионов – к регионам с низким уровнем социального развития (табл. 3).

Т а б л и ц а 1

Система показателей социального развития региона и порядок их оценки в баллах

Показатель социального развития	Минимальный балл (1)	Максимальный балл* (n)
Численность постоянного населения	Наименьшая	Наибольшая
Коэффициент естественного прироста населения	Наименьший	Наибольший
Относительный прирост (убыль) населения	Наименьший	Наибольший
Ожидаемая продолжительность жизни при рождении	аименьшая	Наибольшая
Коэффициент демографической нагрузки	Наибольший	Наименьший
Доля экономически активного населения	Наименьшая	Наибольшая
Уровень безработицы	Наибольший	Наименьший
Объем ВРП на 1 чел. населения	Наименьший	Наибольший
Доля населения, с доходами меньше величины прожиточного минимума	Наибольший	Наименьший
Доля населения трудоспособного возраста с высшим образованием	Наименьшая	Наибольшая
Охват детей дошкольными учреждениями	Наименьший	Наибольший
Уровень заболеваемости на 1000 чел.	Наибольший	Наименьший
Численность врачей (и среднего мед. персонала) на 10000 чел.	Наименьшая	Наибольшая
Число посещений всех видов учреждений культуры и искусства (и библиотек) на 1000 чел.	Наименьший	Наибольший
Охват населения занятиями физкультурой и спортом	Наименьший	Наибольший
Уровень преступности (количество преступлений на 100 тыс. жителей)	Наибольший	Наименьший

Примечание. * Максимальный балл соответствует числу регионов, участвующих в оценке.
Источник: разработки авторов.

Т а б л и ц а 2

Шкала оценки уровня социального развития регионов

Значение R	Уровень социального развития	Рекомендуемая стратегия социально-экономического развития
$0.7 < C \leq 1$	Высокий	Существенной корректировки ключевых показателей социального развития не требуется. Чтобы удерживать имеющийся уровень социального развития на данном уровне, необходимо за счет имеющихся сильных сторон региона уменьшать влияние возможных угроз.
$0.5 < C \leq 0.7$	Средний	Требуются незначительные корректировки развития по повышению ключевых показателей социального развития. Необходима работа над показателями, показавшими значение ниже среднего.
$0.3 < C \leq 0.5$	Ниже среднего	Требуются корректирующие действия по улучшению ключевых показателей социального развития. Необходима разработка мер, направленных на усиление составляющих социального развития и сохранение конкурентных преимуществ на основе имеющегося фундамента, а также внедрить механизм реагирования на угрозы социального развития.
$C \leq 0.3$	Низкий	Требуются кардинальные действия по улучшению ключевых показателей социального развития.

Источник: разработки авторов.

Группировка регионов России по уровню социального развития в 2015 г.

Регионы	Уровень социального развития
г. Москва, Республика Татарстан, г. Санкт-Петербург, Ханты-Мансийский авт. округ – Югра, Московская область, Тюменская область (без АО), Краснодарский край, Ямало-Ненецкий авт. округ, Республика Саха (Якутия), Красноярский край	Высокий
Свердловская область, Новосибирская область, Самарская область, Сахалинская область, Республика Башкортостан, Белгородская область, Пермский край, Нижегородская область, Ненецкий авт. округ, Ростовская область, Хабаровский край, Мурманская область, Челябинская область, Воронежская область, Ленинградская область, Иркутская область, Томская область, Ставропольский край, Магаданская область, Омская область, Республика Коми, Удмуртская Республика, Оренбургская область, Ярославская область, Калининградская область, Приморский край, Астраханская область, Республика Дагестан, Липецкая область, Камчатский край, Кемеровская область, Саратовская область	Средний
Архангельская область (без АО), Вологодская область, Тульская область, Калужская область, Пензенская область, Волгоградская область, Кировская область, Чукотский авт. округ, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Курская область, Новгородская область, Амурская область, Брянская область, Тамбовская область, Чувашская Республика, Рязанская область, Владимирская область, Тверская область, Ульяновская область, Чеченская Республика, Смоленская область, Республика Карелия, Алтайский край, Республика Мордовия, Республика Марий Эл, Республика Крым, Забайкальский край, Республика Адыгея, Республика Тыва, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Алтай, г. Севастополь	Ниже среднего
Орловская область, Республика Северная Осетия-Алания, Костромская область, Еврейская автономная область, Ивановская область, Республика Ингушетия, Республика Калмыкия, Псковская область, Карачаево-Черкесская Республика, Курганская область	Низкий

Источник: результаты расчеты авторов по данным Росстата <http://www.gks.ru>.

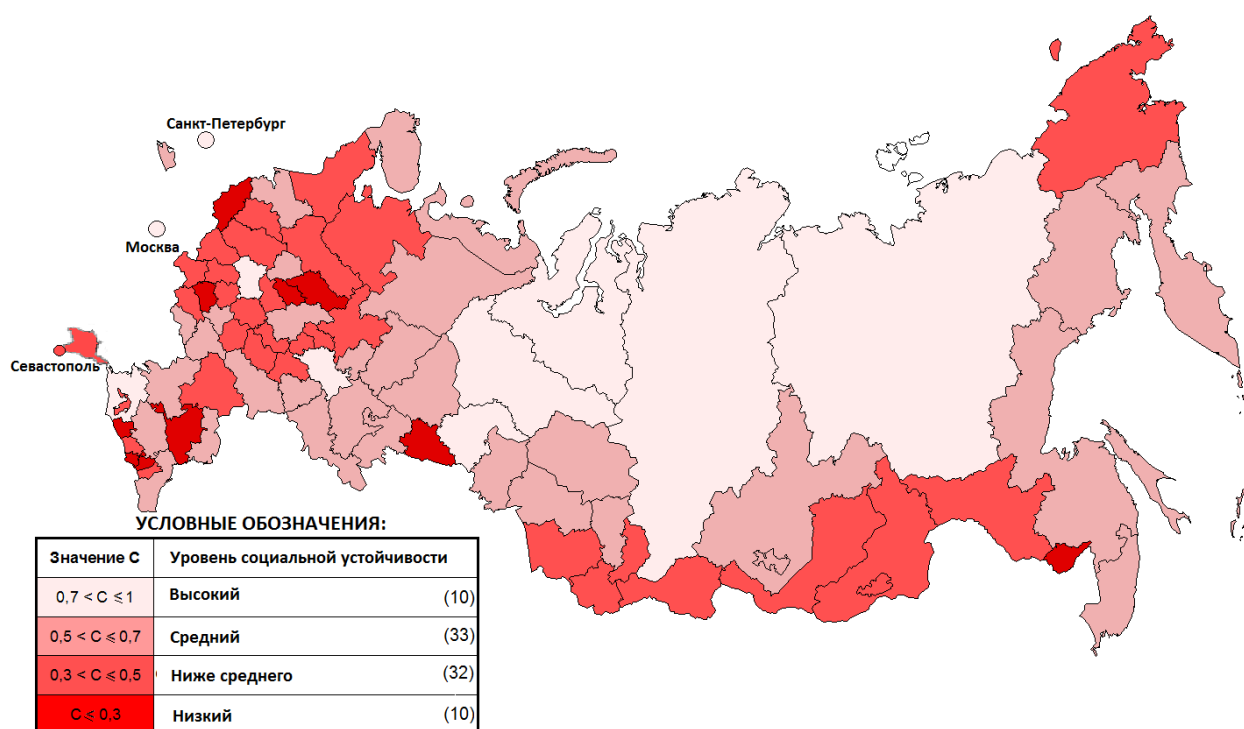


Рис. 1. Комплексная оценка социального развития регионов Российской Федерации в 2015 г. Источник: результаты расчеты авторов по данным Росстата <http://www.gks.ru>.

Высокий уровень социального развития по итогам 2015 г. имеют: г. Москва – 0.856; Республика Татарстан – 0.820; г. Санкт-Петербург – 0.805. Низкий уровень устойчивости социального развития по итогам 2015 г. имеют: Курганская область – 0.234; Карачаево-Черкесская Республика – 0.242; Псковская область – 0.252.

На рис. 1 представлена карта России, графически отображающая рейтинг регионов по комплексной оценке устойчивости социального развития в 2015 г.

К группе регионов с высоким уровнем социального развития попали территории, где сосредоточены ведущие отрасли российской экономики: нефтегазовая отрасль, добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство, а также столичные города (Москва и Санкт-Петербург), уровень социально-экономического развития которых выше, чем в среднем по стране.

Первое место в рейтинге регионов по значению комплексного показателя социального развития в 2015 году занимает Москва (0.856), которая демонстрирует большой потенциал в социальном развитии (непрекращающийся прирост населения, высокая продолжительность жизни, наименьший в стране уровень безработицы).

На втором месте по уровню социального развития находится Республика Татарстан (значение комплексного показателя устойчивости социаль-

ного развития в 2015 году 0.820), на третьем месте – г. Санкт-Петербург.

У регионов со средним уровнем социального развития по большинству показателей наблюдаются средние значения показателей социального развития.

Регионы со слабым социальным развитием одновременно демонстрируют лучшие значения по одним показателям и неудовлетворительные по другим. Так, например, в Чукотском автономном округе (значение комплексного показателя социальной устойчивости в 2015 году 0.467) наблюдается один из самых низких уровней инфляции в стране, самый высокий уровень начисленных заработных плат, высокие доходы бюджета и объем ВРП на душу населения при одновременном действии «катастрофических» демографических процессов: в автономном округе фиксируются одни из худших показателей по ожидаемой продолжительности жизни, общей численности населения и относительной убыли населения. Таким образом, высокие доходы сегодня не делают привлекательной эту суровую землю для жизни, как это было в советские времена.

Республика Дагестан (значение комплексного показателя социального развития в 2015 г. 0.547), напротив, при относительно низком уровне экономического развития, демонстрирует хорошие демографические данные, в том числе по ожидаемой продолжительности жизни, что характерно в целом для Кавказа.

Т а б л и ц а 4

Комплексный показатель социального развития регионов Приволжского федерального округа в 2015 г.

Место в рейтинге	Регион	Значение показателя	Уровень социального развития
1	Республика Татарстан	0.820	Высокий
2	Самарская область	0.662	
3	Республика Башкортостан	0.653	Средний
4	Пермский край	0.642	
5	Нижегородская область	0.637	
6	Удмуртская Республика	0.562	
7	Оренбургская область	0.558	
8	Саратовская область	0.504	
9	Пензенская область	0.491	Ниже среднего
10	Кировская область	0.471	
11	Чувашская Республика	0.420	
12	Ульяновская область	0.394	
13	Республика Мордовия	0.376	
14	Республика Марий Эл	0.369	

Источник: результаты расчеты авторов по данным Росстата <http://www.gks.ru>.

Среди регионов России, относящихся к группе регионов с низким уровнем социального развития, по значительному числу показателей наблюдаются низкие значения. Так, например, в Орловской области низкий коэффициент естественного прироста населения (по данному показателю регион занимает 78 место в России из 85), в Еврейской автономной области – наибольшая среди регионов России естественная убыль населения и низкая ожидаемая продолжительность жизни при рождении (на 82 месте), в Ингушетии – наибольший уровень безработицы, в Псковской области – наибольший отрицательный коэффициент естественного прироста населения.

Для регионов Приволжского федерального округа характерен достаточный разброс по степени социального развития: к регионам с высоким социальным развитием относится только Республика Татарстан, 7 регионов имеют средний уровень социальной устойчивости, 6 регионов относятся к группе с уровнем социального развития ниже среднего. Регионов с низким уровнем социального развития в ПФО нет.

Республика Башкортостан входит в группу регионов, имеющих средний уровень социального развития. Среди регионов Приволжского федерального округа Республика Башкортостан занимает 3 место после Республики Татарстан и Самарской области (табл. 4).

Выявленная неоднородность регионов России по уровню социального развития свидетельствует о необходимости применения дифференцированный подхода к разработке основных направлений и комплекса управленческих мер по его повышению с учетом особенностей регионов. Социальное развитие регионов России обеспечивается, прежде всего, эффективной социальной политикой, поддержанием и стимулированием социальной и экономической активности населения, социальной поддержкой и защитой отдельных категорий населения.

Таким образом, на основе анализа существующих методических подходов к оценке социального развития территориальных систем в статье представлена методика оценки социального развития региона, которая, в отличие от аналогов, позволяет через балльную оценку единичных показателей социального развития рассчитать комплексный показатель социального развития регионов.

Предложенный подход к оценке социального развития регионов России имеет достаточно простую структуру и позволяет:

1) рассчитать комплексный показатель социального развития и оценить уровень социального развития региона;

2) отслеживать изменение комплексного показателя социального развития по направлениям воздействия отдельных угроз социального развития исходя из динамики ключевых показателей социального развития;

3) ранжировать и проводить сравнительную оценку социального развития регионов.

Источниками исходной информации по предлагаемой методике расчета являются открытые статистические данные, размещенные на официальном сайте Федеральной службы государственной статистике.

Представленный пошаговый алгоритм ее реализации делает методику удобной для целей практического применения органами регионального управления, позволяя оперативно оценить уровень социального развития регионов.

Литература

1. Giddings F. H. (1896) *The Principles of Sociology: An Analysis of the Phenomena of Association and of Social Organization*. New York; London, MacMillan & Co., Ltd. xxvi, 476 p.
2. Аганбегян А.Г. О стратегии социально-экономического развития и направленности социальных реформ в России // *Экономическая наука современной России*. 2003. № 2. С. 26–38.
3. Осипов Г.В. Современная социология в научном управлении обществом // *Вестник Российской академии наук*. 2011. Т. 81, № 11. С. 1042–1044.
4. Тощенко Ж.Т. Теоретические и прикладные проблемы исследования новых явлений в общественном сознании и социальной практике // *Социологические исследования*. 2010. № 7. С. 3–6.
5. Martynova S.E., Dmitriev Y.G., Gajfullina M.M., Totskaya Y.A. «Service» municipal administration as part of the development of youth entrepreneurship in Russia // *Social Indicators Research*. 2016. P. 1–14.
6. Гайфуллин А.Ю., Рамазанова Р.Р. Формирование у современной студенческой молодежи ценностно-мотивационных ориентаций и установок на вступление в брак // *Вестник ВЭГУ*. 2012. № 6 (62). С. 20–24.
7. Галлямов Р.Р., Гайфуллин А.Ю. Женское предпринимательство как фактор социально-экономического развития российского региона: социологический

анализ // Инновационные технологии управления социально-экономическим развитием регионов России: Мат-лы VII Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием. В 2 ч. 2015. С. 44–46.

8. Гайфуллин А.Ю. Отношение населения к правоохранительным органам как показатель социальной устойчивости регионального социума // Инновационные технологии управления социально-экономическим развитием регионов России: Мат-лы VII Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием. В 2 ч. 2015. С. 40–43.

9. Гайфуллина М.М. Интегральный подход к оценке кадрового потенциала предприятия // Вестник ВЭГУ. 2015. № 4 (78). С. 22–33.

10. Гайфуллина М.М. Оценка факторов, влияющих на устойчивое развитие территориального образования // Известия Уфимского научного центра РАН. 2016. № 2. С. 114–120.

References

1. Giddings F.H. The principles of sociology: An analysis of the phenomena of association and of social organization. 3rd edn. New York; London, MacMillan & Co., Ltd. 1896. 476 p.

2. Aganbegyan A.G. On the socio-economic development strategy and the focus of social reforms in Russia. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii*, 2003, no. 2, pp. 26–38.

3. Osipov G.V. Modern sociology in the scientific management of society. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*, 2011, vol. 81, no. 11, pp. 1042–1044.

4. Toshchenko Zh.T. Theoretical and applied problems in studying new phenomena in public consciousness and social practice. *Sotsiologicheskie issledovaniya*, 2010, no. 7, pp. 3–6.

5. Martynova S.E., Dmitriev Y.G., Gajfullina M.M., Totskaya Y.A. “Service” municipal administration as part of the development of youth entrepreneurship in Russia. *Social Indicators Research*, 2016, pp. 1–14.

6. Gayfullin A.Yu., Ramazanov R.R. Formation of value and motivational orientations and paradigms to marriage among modern-day student youth. *Vestnik BEGU*, 2012, no. 6 (62), pp. 20–24.

7. Gallyamov R.R., Gayfullin A.Yu. Women’s entrepreneurship as the socio-economic development factor of the Russian regions: Sociological analysis. *Innovatsionnye tekhnologii upravleniya sotsialno-ekonomicheskim razvitiem regionov Rossii. Materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. In 2 parts. Ufa, ISEI UNTs RAN, 2015, pp. 44–46.

8. Gayfullin A.Yu. People’s attitude towards law-enforcement agencies as the social stability indicator of the regional socium. *Innovatsionnye tekhnologii upravleniya sotsialno-ekonomicheskim razvitiem regionov Rossii. Materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. In 2 parts. Ufa, ISEI UNTs RAN, 2015, pp. 40–43.

9. Gayfullina M.M. Integral approach to the personnel potential assessment of an enterprise. *Vestnik BEGU*, 2015, no. 4 (78), pp. 22–33.

10. Gayfullina M.M. Assessment of the factors affecting the sustainable development of territorial units. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2016, no. 2, pp. 114–120.

METHODICAL APPROACH TO ASSESSING REGIONAL SOCIAL DEVELOPMENT

© A.Yu. Gayfullin¹, M.M. Gayfullina²

¹ Institute for Social and Economic Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,
71, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

² Ufa State Petroleum Technological University,
1, ulitsa Kosmonavtov, 450062, Ufa, Russian Federation

Consideration is given to regional social development as a qualitatively new state of public relations in one region or another.

On the basis of the comparative analysis of social development in Russia and its regions and also the identifications of prevailing tendencies, the system of indicators has been created for assessing social development of the regions.

A set of tools is proposed for this purpose. The novelty of the tools is that they make it possible to calculate an integrated social development indicator for different-level territorial units on the basis of individual indicators and to determine the exact level of social development (high, average, below the average, low).

In order to appropiate the set of tools the assessment of social development of the Russian regions was carried out. According to the calculation results of the integrated social development indicator, in 2015 ten regions were at the high level of social development, 32 regions were at the average level, 33 regions were at the level below the average and 10 regions were at the low level.

Key words: social development, point-based assessment system, region, ranking of regions, level of social development, integrated social development indicator.

УДК 343.43

«ЦЕПЬ КОРАНА» – ДЕЛО О «ЗАГОВОРЕ ПАНИСЛАМИСТОВ» В СРЕДНЕЙ АЗИИ (1940) (ПО МАТЕРИАЛАМ АРХИВОВ СОВЕТСКИХ СПЕЦСЛУЖБ)

© Ю.Н. Гусева

Направлена на изучение характера государственно-исламских отношений в довоенный период, понимание феномена «панисламизма» и «панисламистской угрозы», их сущностных характеристик, отраженных в материалах НКВД. Документы, впервые вводимые в научный оборот, позволяют сделать заключение об эволюции «мусульманской» политики на имперском и советском этапе российской истории. Рассматриваемый сюжет является принципиально новым в отечественной историографии. Впервые в научный оборот вводятся архивные материалы о «крупной панисламистской повстанческой организации на территории среднеазиатских республик», получившей в официальных документах НКВД Казахской ССР название «Цепь Корана». В статье анализируются документы, связанные с деятельностью т.н. Самаркандской панисламистской ячейки, действовавшей, согласно материалам следствия, на территории Узбекистана, Казахстана, Туркмении, Таджикистана и состоявшей из 110 человек. Рассмотрены сюжеты взаимодействия лидеров «ячейки» с членами Центрального духовного управления мусульман (ЦДУМ) в г. Уфе, в частности, с заместителем муфтия Кашафутдином Тарджимановым. Особое внимание уделяется региональной специфике социального облика обвиняемых, их принадлежности к ишанским родам.

Проведенное исследование позволило установить: 1) принципиальную схожесть имперской и советской управленческой модели в части «мусульманской угрозы» – противодействие центростремительным тенденциям, любые формы которых квалифицировались как «панисламистские», а также в отношении связей с «мусульманской» миграцией в приграничных районах СССР. Вместе с тем большевики пошли дальше, предположив существование на территории страны организованных групп, действующих в антигосударственных целях по согласованию с эмигрантами, в данном случае, в Афганистане; 2) характер понятий «панисламизм» и «ишанизм», разделяемых сотрудниками ОГПУ–НКВД, их трансформацию и влияние на практическую деятельность властных структур. Выводы позволяют более полно раскрыть влияние «мусульманского» фактора на репрессивную политику советского государства, оценить эволюцию «панисламистской угрозы» и ее влияние на характер государственно-исламских отношений.

Ключевые слова: «Цепь Корана», панисламизм, ислам в СССР, репрессии мусульман, ЦДУМ, ишаны, Узбекистан, Средняя Азия, Кашафутдин Тарджиманов.

В 1940 г. органами НКВД активно велось преследование мусульманской элиты на всем пространстве СССР (исключение составляли Северный Кавказ и Крым). В этих целях было сфабриковано и «раскрыто» дело с поэтическим названием «Цепь Корана», являвшееся одним из крупнейших по количеству подозреваемых и по масштабу обвинений в «мусульманском» деле о всесоюзном «заговоре» мусульман Средней Азии, «ниточки» которого тянулись в Москву, Уфу, Тегеран, Стамбул и Кабул. «Цепью Корана» оказались «скованы» более 350 подозреваемых в РСФСР, Казахстане, Туркмении, Узбекистане, Таджикистане и за рубежом, однако мы не найдем в литературе, публикациях документов, кар-

тотеках и базах данных репрессированных упоминаний о нем. Имеющиеся публикации о репрессиях мусульман в пределах бывшего СССР привычно ограничиваются более ранними хронологическими рамками [1].

В историографии прочно закрепилось понятие «Большой террор» – период 1937–1938 гг., когда политические репрессии в СССР достигли своего пика. Издания, освещающие преследования религиозных лиц и верующих мусульман в Волго-Уральском регионе, на Северном Кавказе, вполне подтверждают устоявшуюся хронологию [2–4]. Тем большую научную ценность имеют новые факты и архивные источники, расширяющие наше представление о формах, масштабах этих явлений,

ГУСЕВА Юлия Николаевна – д.и.н., Самарский филиал Московского городского педагогического университета, e-mail: j.guseva@mail.ru,

устанавливающие логические и фактические связи между репрессиями мулл и верующих в различных «мусульманских» регионах страны.

Анализируемые, качественно новые по содержанию источники также способствуют академическому анализу фобий и объективных устремлений советского государства и исламского сообщества страны в напряженное довоенное время, заставляют исследователя более внимательно относиться к феномену «панисламизма» в российских реалиях. Нами ранее уже отмечались сложность и неопределенность самого термина, регулярно появлявшегося на страницах официальных документов российских и советских чиновников, в чьем ведении находилась «восточная» тема. В данной статье будет рассмотрен конкретный сюжет «панисламистской» угрозы, позволяющий уточнить и дополнить наше понимание специфических черт советской «исламской» политики.

Документы, которые впервые вводятся нами в научный оборот, – «Докладная записка о ходе агентурно-оперативной и следственной работы по делу “Цепь Корана”» [5. Д. 702] и «Обвинительное заключение по делу участников повстанческих панисламистских организаций» [5. Д. 703], были выявлены в архиве Комитета национальной безопасности Республики Казахстан. Первое архивное дело состоит из двух частей: аналитической (пояснительной записки) и протоколов допросов и очных ставок (29 протоколов десяти обвиняемых) [5. Д. 702]. Каждая из частей имеет свою, отдельную, порядковую нумерацию, так как готовилась разными сотрудниками НКВД Казахстана, а в единое дело они были объединены в октябре 1940 г. Оба дела фактически представляют собой две части одного сюжета о «крупной панисламистской повстанческой организации на территории среднеазиатских республик», получившего в официальных документах Казахского НКВД название «Цепь Корана».

Основным звеном в «Цепи» – центром «антисоветской» деятельности – считался Казахстан: к октябрю 1940 г. в республике было арестовано и взято «в разработку» 238 граждан СССР, из них 187 человек – жители Южно-Казахстанской и Актюбинской областей республики. Однако, как следует из документов, второй по масштабам была «панисламистская ячейка» в г. Са-

марканда Узбекской ССР, насчитывавшая не менее 110 человек. С учетом специфики формирования «Цепи Корана» из наработок оперативных материалов НКВД Казахстана и Узбекистана, очевидно, существует отдельный комплекс узбекских документов, ставших «звеньями» единой «Цепи Корана», с которыми автор не имел возможности ознакомиться.

На блестяще выполненной схеме связей между участниками «панисламистских организаций» в Средней Азии и в ближнем зарубежье (ее в данной статье мы не рассматриваем: она достойна отдельного изучения) содержалась пометка «Казахстан» и было указано только три уроженца Узбекской ССР: задержанные по этому делу жители г. Ташкента. Подчеркнем, что в рассматриваемых документах «узбекская» составляющая не выделена, но при внимательном прочтении она легко оформляется в самостоятельный сюжет. Попробуем «соединить» эти «звенья» «Цепи Корана» с тем, чтобы понять логику и масштабы деятельности репрессивной машины.

Какова основная фабула дела? 13 октября 2-й отдел УГБ НКВД Казахской ССР направил Секретарю Центрального комитета КП (б) Казахстана Н.А. Скворцову папку документов с пометкой «только лично». Имевшие гриф «совершенно секретно» докладная записка «О ходе агентурно-оперативной и следственной работы по делу «Цепь Корана» по состоянию на 1.Х. 1940 г.» и текст обвинительного заключения рисовали в воображении сотрудников НКВД следующую картину:

«По заданиям из-за кордона, в непосредственной связи с руководством белоэмигрантского панисламистского центра и через посылаемых в СССР эмиссаров, возникла снова крупная панисламистская повстанческая организация на территории Средне-Азиатских республик: Казахстана, Узбекистана, Туркмении и Таджикистана, готовившая вооруженное восстание в СССР».

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д.702. Л. 8.

«Цели и задачи всех панисламистских формирований были едины, в основном, направленные к созданию единого мусульманского государства и восстановлению религиозных законов “Шариата” путем подготовки

восстания под флагом священной войны против “кяфиров-большевиков”».

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д.702. Л. 9.

Якобы осведомленные о планах стран Ближнего Востока по подготовке интервенции против СССР подозреваемые «добивались более регулярных связей с эмигрантами в Иране и Афганистане для установления контакта и согласования планов антисоветской работы» [5. Д.702. Л.10].

По мнению сотрудников 2-го отдела УГБ НКВД Казахской ССР, целями и задачами организации являлись: пропаганда объединения мусульман под знаменем ислама, антисоветская антибольшевистская пропаганда, возбуждение ненависти к существующему строю и призыв к открытому сопротивлению при поддержке «мусульманских капиталистических государств» «или, проще сказать – призывать мусульманское население и готовить его к так называемой «священной войне» [5. Д.702. Л.10]. В итоге делался роковой для фигурантов дела вывод:

«В 1937–1938 годах бывшие повстанческо-панисламистские авторитеты, ведя антисоветскую пропаганду за необходимость объединения мусульман под знаменем религии ислама, добились воссоздания ранее разгромленных повстанческо-панисламистских организаций».

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д.702. Л.8.

Актив «Самаркандской панисламистской ячейки», по данным НКВД, насчитывал шесть человек – Суфихан Искандеров, Кара-Ахметжан Худайбердиев, Муса-ходжа Аминов, Камалетдин (Кутбитдин) Валиханов-Мухитдинов, Парасходжа Муминходжаев, Аскар Икрамов-Касымов. В большинстве своем они были духовными лицами – муллами и ишанами. В опубликованных списках жертв политических репрессий мы не обнаруживаем сведений о Худайбердиеве, Аминове, Валиханове-Мухетдинове и Муминходжаеве. Краткие данные имеются лишь о двух лидерах: Искандеров Суфихан (1907-?) – уроженец кишлака Торы-Айгир Ак-Дарьинского района Самаркандской области, имел высшее духовное образование, мулла. Был арестован 3 июля 1940 г., Верховным судом Казахской ССР 1 марта 1941 г. был приговорен к 10 годам ИТЛ, реабилитирован 21 августа 1992 г. [6].

Икрамов-Касымов Аскар (1878–1941) – уроженец аула Ак-куль Туркестанского района Южно-Казахской области, казах, грамотный, беспартийный, не судим, потомственный ишан с 1917 года. Согласно материалам дела, имел в своем распоряжении до 70 человек мюридов и вел «антисоветскую работу среди населения Южно-Казахстанской области». С 1937 г. на нелегальном положении проживал в Ташкенте и в Келесском районе Южно-Казахстанской области и «руководил антисоветской деятельностью связанных с ним панисламистов (мюридов), приезжавших у к нему в г. Ташкент из Туркестанского района для получения контрреволюционных установок» [5. Д. 703. ЛЛ. 28, 40, 41]. Арестован 17 июня 1940 г. УНКВД по Южно-Казахстанской обл. Обвинен в преступлениях в пп. 1 и 2 формулы обвинения, предусмотренных ст. 58 пп. 2, 10 ч. 2-я УК РСФСР. Реабилитирован 27 августа 1959 г. [6].

Первым шагом на пути создания дела о «повстанцах-панисламистах» в Узбекской ССР стал арест в Казахстане 3 июля 1940 г. ишана Суфихана Искандерова. Полученные в ходе допросов показания ишана легли в основу дальнейшего расследования: были проверены специально направленным в Самарканд агентом-маршрутником (разведчиком, следующим по заранее определенному маршруту), который подтвердил причастность остальных подозреваемых [5. Д. 702. Л.12]. Затем, согласно договоренности между НКВД Казахской и Узбекской ССР, в Самарканде были арестованы остальные лидеры ячейки – К. Худайбердиев, М. Аминов и К. Валиханов-Мухетдинов, которые «полностью подтвердили показания Искандерова как в отношении созданной ими в Узбекистане панисламистской организации, так и в отношении закордонных связей с эмигрантскими кругами в Афганистане» [5. Д. 702. Л.12].

Узбекский и Казахский НКВД явно не собирались останавливаться на достигнутом – Искандерова оставили в Алма-Ате, так как:

«его практическая деятельность, по заданию самаркандского панисламистского центра из-за кордона производилась, главным образом на территории Казахстана в Пахта-Аральском районе Южно-Казахской области, по линии своего мюридства. Дальнейшие допросы Искандерова должны уточнить его контрре-

волюционную деятельность и ...вскрыть возможные организационные связи как с проходящими по делу «Цепь Корана», так и его самостоятельные, скрытые еще от нас линии связей в Казахстане... На руководящий актив организации в Казахстане, стянутый из областей в Наркомат следствие заканчиваем и в ближайшие дни передаем на рассмотрение трибунала. Следствие по остальным арестованным продолжаем с задачей наиболее полно выявить и изобличить, и изъять состав других участников организации, их практическую деятельность».

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.
Оп.1. Д.702. Л.13.

В результате, основываясь на донесениях своей агентуры и показаниях С. Искандерова, сотрудники НКВД «выявили» участников организации в Самарканде, Ургуте (сейчас – Самаркандская область Республики Узбекистан), в колхозах Самаркандской области, а также в Туркменинии и Казахстане [5. Д.702. Л.12]. Лидеры воображаемой структуры также имели связи с тюркскими эмигрантами в Афганистане.

Не имея доступа к засекреченным материалам узбекских спецслужб, трудно сказать, какова была судьба находившихся под подозрением фигурантов дела. По нашим подсчетам, их было не менее 110 человек. Данными открытых источников подтверждается арест и обвинение двух ключевых фигур «самаркандской ячейки» – С. Искандерова и А. Икрамова-Касымова, остальные, по всей видимости, были взяты «в разработку».

Прежде чем характеризовать людей, попавших под подозрение силовых структур, остановимся подробнее на том, кто стоял за выстраиванием единой мифической «панисламистской» вертикали.

Сотрудники НКВД среднеазиатских республик стремились всеми силами подчеркнуть всесоюзный масштаб деятельности обнаруженной «антисоветской» структуры. В заключении «Цепи Корана» подчеркивалось, что «актив панисламистской организации был обязан вести шпионско-разведывательную работу» по заданию Центрального духовного управления мусульман (в г. Уфе) и лично муфтия Ризаэтдина Фахретдинова, заместителя муфтия Кашафутдина Тарджиманова, и казы (судьи) Магдия Магкулова [5. Д.702. Л.13].

А именно, узбекские и казахские мухтасибы, муллы и ишаны на общероссийских съездах (1923, 1926) якобы получали установки докладывать в ЦДУМ об отношении населения к мероприятиям Советского правительства. Один из обвиняемых «вел разведывательную работу, представляя... – для передачи через ЦДУМ японской и турецкой разведкам информации о политическом настроении населения, экономическом состоянии аулов и об отношении населения к мероприятиям Советского правительства» [5. Д.703. Л.12].

По мнению сотрудников НКВД, главарем организации был Тарджиманов Кашафутдин (Кашаф) – заместитель муфтия ЦДУМ, который в апреле 1936 г., после смерти Р. Фахретдинова, претендовал на пост муфтия. В мае 1936 г. он был арестован и проходил как основной фигурант по т.н. «Делу ЦДУМ» – «крупной контрреволюционной иностранной диверсионной группы» на территории СССР. Обвинялся в связях с японской и турецкой разведками. Был арестован, содержался в тюрьме г. Уфы. Дальнейшая судьба неизвестна: предположительно умер в тюрьме в начале 1940-х гг. [Данные предоставлены А.Б. Юнусовой]. Второй «рукой ЦДУМ» был Магкулов Магди (Магдий) Магкулович (1862 (1874?)–1937) – уроженец г. Петропавловска Карагандинской области, происходил из семьи бедного казахского крестьянина, имел высшее духовное образование. До революции работал учителем в мектебе, после революции – кази (судья) ЦДУМ, член делегации Мекканского конгресса (1926) от духовенства г. Петропавловска (Казахская ССР). В партии не состоял, репрессиям не подвергался, в армиях не служил, «в бандах не участвовал». Был арестован 28 февраля 1937 г., расстрелян 22 декабря 1937 г. Реабилитирован 23 мая 1960 г. [Данные предоставлены А.Б. Юнусовой].

В материалах очной ставки между двумя обвиняемыми от 17 сентября 1940 г. значилось следующее:

«всей антисоветской деятельностью в Уилском районе (сейчас – в Актюбинской области Республики Казахстан – авт.) руководит мухтасиб Сагидулла Изтлеутов, который связан с представителями ЦДУМа – Тарджимановым, Фахруддиновым, Магкуловым и Бекеевым (Возможно, имелся ввиду известный национально-

религиозный лидер российских мусульман Муса Бегиев, с 1930 г. проживавший в Индии, Турции и Египте. – авт.) и что от ЦДУМ Изтлеутов получил установки на проведение активной анти-советской и вредительской работы в промышленности и сельском хозяйстве страны... Эти установки на проведение новыми методами борьбы против Советской власти исходят от ЦДУМ'а в связи с подготовкой таких капиталистических государств, как Япония, Турция и Аравия вооруженного выступления против Советского Союза... Эти последние установки ЦДУМ'а обеспечивают наши стремления и цели – вооруженной борьбы против советской власти, поскольку панисламистское движение ориентируется на вооруженные силы мусульманских капиталистических государств».

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д.702. Л.88.

«О разведывательных функциях ЦДУМ и использовании последними в этих целях ишанов и имамов на следствии рассказали и обвиняемые Ахтанов и Кадыбердиев. Это обстоятельство также подтверждено показаниями японских агентов – Тарджиманова Кашафетдина (так в ист. – авт.), Хамзина Сибгатуллы, Шамсутдинов Абдуллы, Турмухамбетова Оразмухамбета и Изтлеутова Сагидуллы»

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д.703. Л.11.

Задача местных сотрудников НКВД была серьезно облегчена тем, что уже с 1936 г. «правая рука» уфимского муфтия, К. Тарджиманов находился под следствием как главный обвиняемый по «Делу ЦДУМ». В результате полученные от среднеазиатских единоверцев «признания» дополнили картину «шпионской» работы заместителя муфтия. Судьба его уже была предрешена (в 1937 г. он был осужден на 10 лет) и, по сути, факты 1940 г. использовались сотрудниками местных органов НКВД как лишнее доказательство глобального характера обнаруженной ими панисламистской организации на просторах Советского Союза, как демонстрация значимости и эффективности проделанной ими работы.

Нарисуем социальный портрет религиозных деятелей, попавших в жернова репрессий. В качестве лидеров, явно «замаравших» себя связями с

Уфой, рассматривались официальные духовные авторитеты, мухтасибы, те, кто был формально связан с центром. Однако фактически мухтасибов, аффилированных с ЦДУМ, насчитывалось немного, и формализованные связи между регионами к началу 1930-х гг. практически сошли на нет.

Признавая всю глубину и значимость исторически сложившегося духовного, образовательного взаимовлияния двух регионов, следует понимать принципиальную разницу в вопросах управления в Урало-Поволжском регионе (основном районе деятельности уфимского муфтията) и республиках Средней Азии. В отличие от РСФСР организационные усилия духовной элиты Туркестана и будущих советских среднеазиатских республик по созданию единого официального органа управления, имеющего не номинальное, а реальное влияние на всем пространстве Средней Азии или даже в одной конкретной республике в 1920-е годы не увенчались успехом. В середине 1920-х гг. единый муфтият республики существовал в Ташкенте, но не пользовался широкой поддержкой и авторитетом, а в Самарканде, Коканде, Андижане, Намангане, Маргелане, Старой Бухаре, Хиве имелись отдельные духовные управления [7, с. 107]. Причинами имманентной децентрализации и ограниченного влияния ЦДУМ в регионе следует считать и внутреннюю полемику по сугубо богословским сюжетам, по вопросам о сферах влияния, противоречия национального строительства [7, с. 111, 113; 13, с. 158, 159] и противодействие властей любым неподконтрольным попыткам объединения.

В связи с этим второй, и самой массовой, влиятельной группой духовных лиц, которые действительно могли активно контактировать с волгоуральскими единоверцами, были суфийские лидеры, ишаны. Будучи исторически одной из наиболее влиятельных групп среднеазиатского духовенства, потенциально именно они могли выходить и выходили на контакт с различными деятелями «внутренних» районов бывшей Российской империи. Общеизвестно, что ишан Г. Расулев пользовался особым влиянием среди башкир и казахов, вместе с тем, учитывая специфику отношения к ишанам и ишанизму представителей волго-уральской национально-религиозной элиты в первой трети XX в., маловероятно, что имело место систематическое влияние одной группы на другую.

Ишаны во всех частях Союза постоянно находились в поле внимания советских властей, о чем свидетельствуют отчеты сотрудников Восточного отдела ОГПУ 1920-х гг. О значительном влиянии суфийских деятелей на религиозную атмосферу именно в этом в регионе писалось так: «Мечетское духовенство в большинстве случаев назначается с согласия ишанов. Ишаны, ничем не ограниченные в своих действиях, в некоторых районах до сих пор решают тяжбы между своими мюридами (учениками). В этих районах (имелись в виду округи Кашка-Дарья, Сурхан-Дарья и Таджикистан. – авт.) ишаны со значительным успехом противодействуют открытию советских школ» [7, с. 112].

В допросе одного из самаркандских лидеров «ячейки» содержалось следующее описание: *«всей панисламистской организации» в г. Самарканде: 1) «руководящее ядро в лице перечисленных мною лиц объединяло вокруг себя ишанов, мулл и знатных мюридов, которые, в свою очередь, являлись руководителями целой сети панисламистских формирований в кишлаках-колхозах из мюридов и религиозников и в большинстве своем являющиеся антиобщественными элементами...Ишаны и мюриды получали от руководящего ядра установки для панисламистских формирований, действующих в кишлаках и колхозах, которые, в свою очередь, проводили их среди мусульманского населения».*

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.
Оп.1. Д.703. ЛЛ. 9, 10.

Еще в 1927 г. полпредом ОГПУ в Средней Азии Л.С. Бельским ставилась задача углубить вражду между ишанами, «не допускать зикров (радений), даха (радение во время поста Рамадана), сбора ишанами с населения назра (пожертвования. – авт.) и выезда ишана по району в целях вербовки мюридов и сбора с них назра» [7, с. 124]. Власть фактически повторяла тактику, успешно апробированную на официальных мусульманских лидерах.

Отметим, что еще во время восстаний против коллективизации 1930–1931 гг. в Казахстане имела место экстраполяция спецслужбами прежнего имперского нарратива (и европейского колониального дискурса) о масштабном распрос-

транение ишанами среди мусульман идей «священной войны» [8, р. 320, 321]. Однако эти оценки, как показывает и рассматриваемый нами сюжет, далеко не всегда имели под собой прочную основу.

Практически обо всех подозреваемых ишанах приводились «антисоветские» свидетельства о ведении ими усиленной пропаганды за сохранение религии, призывах к соблюдению обычаев и разговорах с мюридами о скором конце Советской власти [5. Д.702. ЛЛ.95, 96].

Любопытен, но не оригинален набор форм и методов «антисоветской агитации»: тут были и ссылки на Коран, и распространение религиозной литературы, вероятно, полученной из-за рубежа, и сочинение соответствующих стихов. Как указывалось в материалах дела, «руководящее ядро самаркандской панисламистской организации рекомендовало использовать в пропаганде среди населения книги Рустами-Достан и Абу-Муслим, призывающие мусульманское население к беспощадной вооруженной борьбе с кяфирами-большевиками и поднимающие дух и самоотверженность у мусульманина к этой борьбе» [5. Д.702. Л.26]. Караахметжан Худайбердиев, указывалось в источнике, «способен сочинять очень складные стихи с антисоветским содержанием». В одном из них, «Шеире» (искаженное узбекское слово «шеър» – «стихотворение, стихи») «писались антисоветские клеветнические измышления о, якобы, голоде в советском Союзе, о недостатке хлеба и других продуктов» [5. Д.702. Л.50].

Итак, положение обвиняемых сильно осложнял фактор их происхождения и/или связи с крупными ишанскими родами, а «все панисламистские кадры, так называемые мюриды» [5. Д.703. Л.5] автоматически находились в первом круге подозреваемых. Делался логический вывод:

«Руководящее ядро самаркандской антисоветской организации объединило вокруг себя ишанов, мулл, знатных мюридов и других панисламистских авторитетов Самаркандской области. Однако, учитывая, что самаркандские ишаны и муллы имеют массу своих мюридов не только на территории Самаркандской области, но и в других областях Узбекистана, Таджикистана и Казахстана, то, естественно, что поле антисоветской деятель-

ности самаркандской антисоветской панисламистской организации выходило далеко за пределы Самаркандской области».

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д.703. Л.25.

Вот как описывает свою «антисоветскую» деятельность один из ключевых обвиняемых, Камалетдин Мухитдинов-Валиханов. Его отец – известный ишан Мухитдин Валиханов – крупный и влиятельный в Узбекистане и Таджикистане ишан, землевладелец, обладатель фруктовых садов, проживал в г. Ургут. В 1928 г. после конфискации имущества и лишения права голоса бежал в Афганистан [5. Д.702. Л.21], умер в 1930 г. в Медине. О нем, как о крупном религиозном деятеле Узбекистана, противодействовавшем советской земельной реформе, говорилось в докладе 4 июня 1927 г. полпреда ОГПУ в Средней Азии Л.Н. Бельского [7, с. 100, 111]. Здесь же упоминалось, что ишан Валихан впоследствии отрекся от своего духовного звания, что не соответствовало действительности.

Сын поддерживал связь с отцом посредством переписки, а после «смерти отца в Аравии в 1930 году по закону шариата стал правомочным ишаном, его приемником, и все панисламистские кадры, так называемые мюриды отца, ишана Мухитдина», перешли в его распоряжение [5. Д.702. Л.21]. «Таким образом, приняв сан ишана и получив отцовское доверие со стороны панисламистских авторитетов, я не мог быть не в курсе всей антисоветской деятельности этих элементов в Самаркандской области и других районах, куда распространялось их влияние», – «признавался» в содеянном сын ишана [5. Д.702. Л.24]. Начиная с этого периода, он якобы вел постоянную «антисоветскую панисламистскую деятельность среди мусульман», призывая мюридов «укреплять религию ислама, закон шариата и вести борьбу с врагами мусульманской религии большевиками-кяфирами» [5. Д.702. Л.21]:

«Во время своих выездов на места к мюридам производил сборы денежных средств с населения. В этом мне оказывали помощь и содействие мои старшие руководящие мюриды. Подчиненные мне мюриды расположены еще моим отцом на территории Узбекистана и Таджикистана. Всего я имею мюридов до

60 человек, большинство из которых известны мне только в лицо»

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д. 702. Л.22.

Ряд т.н. лидеров обвинялся и в налаживании связей с группами эмигрантов в Афганистане, группами, которые в сознании НКВД также приобретали характер устойчивых, систематически действующих, хорошо организованных объединений и именовались «эмигрантскими антисоветскими центрами» [9, с. 378].

«Арестованный нами в Узбекистане Искандеров Суфихан, который лично переходил для этой цели (установление контрреволюционных связей с заграницией – авт.) границу в Афганистане. Он знал, что в Афганистане в г.Мазари-Шериф, кишлаке Кыик-Мазар и др. пунктах вблизи границы сконцентрировалось много бежавших из Советского Союза басмачей, баев, мулл, ишанов, среди которых были и его мюриды»

Источник: Архив ДКНБ РК по г. Алматы.

Оп.1. Д. 702. Л.7.

Следуя этой логике, под подозрением оказывалось значительное количество эмигрантов, причислявших себя к мюридам многочисленных узбекских ишанов или же просто имевших с ними контакты.

Вызывает массу вопросов то, каким образом сотрудники НКВД плели «панисламистскую» сеть, учитывая совершенно не формальный характер связей между ишанами и мюридами. Не случайно, во многих протоколах допросов самаркандских ишанов мы не находим фамилий, а имена снабжены пометками «фамилия неизвестна». Многих своих учеников духовные лидеры знали визуально и/или исключительно по имени. Практика передачи мюридов по наследству от отца-шейха к сыну была вполне типичной для Средней Азии, что также объясняет возможное неведение подозреваемых.

С другой стороны, подобная неопределенность давала в руки НКВД весьма удобный инструмент для расправы и устрашения самых разных категорий населения: им достаточно было попасть на страницы агентурных сводок и показаний задержанных, полученных далеко не всегда законным путем. Определение «панислами-

стские кадры так называемые мюриды», равно как и обозначение близкого круга общения религиозных деятелей термином «организация, ячейка», давали возможность НКВД придавать этим связям формализованный, системный, а потому угрожающий характер.

Усилия ЦДУМ по «собираанию мусульманских земель» в ранее советское время уже в 1927 г. были обозначены Восточным отделом ОГПУ «панисламистские». Среднеазиатские коллеги пошли дальше: в материалах данного дела мусульманские съезды 1920-х гг., проводившиеся под эгидой ЦДУМ, были объявлены собраниями «панисламистских организаций» [5. Д.703. Л.30]. Такого рода радикальных оценок и мнений в документах предшественников не имелось, более того, в докладах Восточного отдела, отправлявшихся высшему руководству страны, не раз рапортовалось об успехах ОГПУ в деле блокирования объединительных усилий уфимского муфтията [10].

«Призрак панисламизма», обитавший на просторах Российской империи, как оказалось успешно пережил все политические катаклизмы и перекочевал в управленческую практику советских органов государственной безопасности. Максимально расширенное, но неизменно угрожающее интересам советского государства, понимание этого явления, равно как расплывчатая трактовка суфийских (околосуфийских) практик становились комфортной формой, в которую облекались управленческие страхи, и являлись удобным предлогом для социального «оздоровления» советского общества.

Как и ранее, эмиграция мусульман или связи граждан СССР с эмигрантскими кругами продолжали рассматриваться как непосредственная угроза государственным интересам. Вместе с тем большевики пошли дальше, предположив существование на территории страны организованных групп, действующих в антигосударственных целях по согласованию с эмигрантами, в данном случае, в Афганистане. Наличие разветвленных неформальных каналов общения между ишанами и мюридами, оставшимися внутри страны и ее покинувшими, также облегчал задачу НКВД в процессе конструирования виртуальной реальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Репрессия 1937–1938 гг. Документы и материалы. Выпуск третий. Жертвы большого террора из Узбекистана. 1937 год, ноябрь. Ташкент: SHARQ, 2008. 496 с.
2. Миннуллин И.Р. Мусульманское духовенство и власть в Татарстане, 1920–1930-е гг. Казань: Изд-во Института истории им. Ш. Марджани АН РТ, 2006.
3. Сулаев И.Х. Государство и мусульманское духовенство в Дагестане: история взаимоотношений (1917–1991 гг.). Махачкала, 2009. 375 с.
4. Юнусова А.Б. Ислам в Башкортостане. Уфа: Уфимский полиграфкомбинат, 1999. 349 с.
5. Архив Департамента Комитета национальной безопасности по г. Алматы. (Название фонда отсутствует – авт.). Оп.1.
6. Жертвы политического террора в СССР. URL: <http://lists.memo.ru/d14/f387.htm>.
7. Ислам и советское государство (1917–1936): Сб. док-ов. Вып. 2. М.: ИД Марджани, 2010. 208 с.
8. Pianciola N. Interpreting an insurgency in Soviet Kazakhstan: The OGPU, Islam and Qazaq “clans” in Suzak, 1930 // Islam, society and states across the Qazaq steppe (18th – early 20th centuries). Pianciola N., Sartori P. (eds.). Wien: OAW, 2013. P. 297–340.
9. Абдуллаев К.Н. От Синьцзяня до Хорасана. Из истории среднеазиатской эмиграции XX века. Душанбе: Ирфон, 2009. 572 с.
10. Гусева Ю.Н. Объединительные тенденции в деятельности Центрального Духовного Управления Мусульман в 20-е годы XX века: «за» и «против» // Гасырлар авазы – Эхо веков. 2013. № 1/2 С. 50–55. URL: http://w2ww.archive.gov.tatarstan.ru/magazine/go/anonymous/main/?path=mg:/numbers/2013_1_2/03/02/

References

1. Repressions of 1937–1938. Documents and materials. Issue 3. Zhertvy bolshogo terrora iz Uzbekistana. 1937 god, noyabr. Shamsutdinov R.T., Abdullaev M.G, Dusmatov E.P., Kurbanov Kh.R. Tashkent, SHARQ, 2008. 496 p.
2. Minnullin I.R. Muslim spiritual leaders and state authorities in Tatarstan, 1920–1930. Kazan, Institut istorii im. Sh. Mardzhani AN RT, 2006.

3. Sulaev I.Kh. State and Muslim spiritual leaders in Dagestan: History of interrelations (1917–1991). Makhachkala, 2009. 375 p.
4. Yunusova A.B. Islam in Bashkortostan. Ufa, Ufimskiy poligrafkombinat, 1999. 349 p.
5. Archives of the Department of the National Safety Committee in Almaty. No number of the collection. Opis 1.
6. Victims of the USSR political terror. Available at: <http://lists.memo.ru/d14/f387.htm>.
7. Islam and Soviet state (1917–1936). Sbornik dokumentov. Issue 2. D.Yu. Arapov (compiler, author of foreword and annotations). Moscow, Izdatelskiy dom Mardzhani, 2010. 208 p.
8. Pianciola N. Interpreting an insurgency in Soviet Kazakhstan: The OGPU, Islam and Qazaq “clans” in Suzak, 1930. In: Islam, society and states across the Qazaq steppe (18th – early 20th centuries). Pianciola N. Sartori P. (eds.). Wien, OAW, 2013, pp. 297–340.
9. Abdullaev K.N. From Xinjiang to Khorasan. From the history of Central Asian emigration in the 20th century. Dushanbe, Irfon, 2009. 572 p.
10. Guseva Yu.N. Associating trends in activities of the Central Spiritual Administration of the Muslims in the 1920s: Pro and contra. Gasyrlar avazy – Ekho vekov, № 1/2, 2013, pp. 50–55. Available at: Http://w2ww.archive.gov.tatarstan.ru/magazine/go/anonymous/main/?path=mg:/numbers/2013_1_2/03/02/



**«THE CHAIN OF THE QURAN»: THE CASE OF THE «PAN-ISLAMIC» CONSPIRACY
OF 1940 IN THE CENTRAL ASIA (ACCORDING
TO THE SOVIET SECRET SERVICE’S ARCHIVAL SOURCES)**

© Yu.N. Guseva

Samara Branch, Moscow City Pedagogical University,
19, ulitsa Rabochaya, 443010, Samara, Russian Federation

The article is closely related to a complex of scientific problems aimed at studying the nature of the state and Islam relations in the pre-war period, the understanding of the universal and specific features of repression phenomena in the diverse national and cultural environment. The study of the phenomenon of ‘pan-Islamism’ and ‘pan-Islamist threat’ and their specific characteristics reflected in the analyzed materials of the NKVD enable one to draw conclusions about the evolution of the ‘Muslim’ policy on the Imperial and Soviet stages of the Russian history. Despite the existence of a scope of regional works dedicated to the ‘Islamic’ component of the repressions of the 1930s, the proposed story about the case of the “Chain of the Quran” (“Tsep’ Korana”) is rather novel: the specialized literature contains no data about it. The documents that are for the first time introduced in the scientific circulation are actually parts of one case of a “large pan-Islamist rebel organization on the territory of the Middle Asian republics” which was named in the official documents of the Kazakh NKVD the “Chain of the Quran”. The article analyzes one of the substantial parts of the case related to the activities of the so-called Samarkand pan-Islamist unit, which, according to the materials of the case, was active in the territories of Uzbekistan, Kazakhstan, Turkmenia, and Tajikistan and comprised some 110 people. The leaders of the ‘unit’ (a total of six people) allegedly coordinated their activities with the members of the Central Muslim Spiritual Board in Ufa, specifically with the deputy Mufti Kashafutdin Tarjimanov. Being Ishani (Sufi leaders), the members of the organization had followers (murids) among the emigrants from Middle Asia in Afghanistan and Iran and were preparing an anti-Soviet rebellion with the objective of establishing of an Islamic state.

As a result, a conclusion is arrived at about the principal similarity of the Imperial and the Soviet administration model with respect to the ‘Muslim threat’: opposition to any centripetal trends; any forms of the same were qualified as ‘pan-Islamist’. The very broad understanding of the ideas of Islamic unity as a threat to the interests of the state, and the very vague interpretation of the Sufi practices became a convenient pretext for the social ‘rejuvenation’ of the Soviet society. As had been the case before, the emigration of Muslims in the Soviet times and their connections with the emigrant communities continued to be regarded as a direct threat to the national interests. At the same time, the Bolsheviks took an extra step and suggested that organized groups had existed in the country which were acting with anti-state objectives that had been coordinated with the emigrants, in this specific case, in Afghanistan.

Key words: “The Chain of the Koran”, Pan-Islamism, Islam in the USSR, Repressions of Muslims, TsDUM, Ishans, Uzbekistan, Kashafutdin Tarjimanov.