

# СОДЕРЖАНИЕ

2017. № 1

## МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА

- В.В. Напалков (мл.)*  
Изоморфизм гильбертовых пространств с воспроизводящим ядром  
и пространство состояний квантовомеханической системы ..... 5
- Р.Н. Бахтизин, Р.М. Зарипов, Г.Е. Коробков, Р.Б. Масалимов*  
Расчетное обоснование возвращения трубопровода в проектное положение  
и обеспечение его прочности изменением его конструкции ..... 9
- С.И. Спивак, Г.К. Райманова, Д.И. Валитов*  
Актuarные расчеты при медицинском страховании процесса заболевания  
сахарным диабетом ..... 17

## ФИЗИКА

- И.Р. Каюмов, Е.С. Шиховцева*  
Динамика 180-градусной доменной границы в ромбическом антиферромагнетике  
в режиме авторезонанса ..... 23

## БИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И ГЕНЕТИКА

- Т.Г. Рябова, Я.М. Голованов, Н.Н. Минина, И.В. Черных*  
К синтаксономии водной и прибрежно-водной растительности города Бирска  
(Республика Башкортостан) ..... 29
- О.Ю. Жигунов, О.А. Каримова*  
Роджерсия (*Rodgersia* A.Gray) – перспективная декоративная культура  
для теневого сада ..... 37
- А.В. Дерюгина, Я.В. Галкина, И.С. Симулис, Г.А. Бояринов, А.А. Мартусевич*  
Экспериментальное обоснование использования озона в трансфузионной терапии  
кровопотери у крыс ..... 41
- Ф.К. Мурзабулатова, Н.А. Рязанова*  
Фенологическая атипичность интродуцированных видов  
и сортов дейций (*Deutzia Thunb.*) ..... 46
- С.А. Аленькина, В.Е. Никитина*  
Влияние лектинов эндофитного и эпифитного штаммов азоспирилл  
на активность пектинолитических ферментов растительной клетки ..... 49
- О.Н. Демина, Л.Л. Рогаль*  
Раритетные сообщества с участием копеечника мелового (*Hedysarum Cretaceum* Fisch.)  
и клоповника Мейера (*Lepidium Meyeri* Claus) в Ростовской области ..... 54

<i>Л.А. Тухватуллина</i> Декоративные луки Ботанического сада-института УНЦ РАН, рекомендуемые для выращивания в Республике Башкортостан .....	61
<i>З.Н. Сулейманова</i> Вегетативное размножение некоторых видов семейства лавровых ( <i>Lauraceae</i> Juss.) в условиях оранжереи .....	68
<i>З.Н. Сулейманова, Г.Г. Кашаева</i> Особенности биологии и размножения некоторых ядовитых лекарственных видов семейства кутровых ( <i>Aprosapaceae</i> Juss.) в условиях оранжереи .....	72
<i>Я.М. Голованов, С.М. Ямалов, М.В. Лебедева</i> Сообщества с доминированием <i>Lonicera Tatarica</i> на Южном Урале: вопросы синтаксономии .....	76
<i>Р.Г. Абдуллина</i> Динамика роста и особенности развития семян некоторых видов рябин ( <i>Sorbus</i> L.) ...	83

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Л.А. Хайрулина</i> К истории изучения геологии Южного Урала .....	88
---	----

## ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, ЭТНОЛОГИЯ

<i>И.И. Бахшиев</i> Геоинформационные системы в области государственной охраны объектов археологического наследия Республики Башкортостан (о формировании реестровой части) .....	94
<i>А.Б. Юнусова, И.В. Фролова</i> Республика Башкортостан: историко-культурные и религиозные символы в имиджевой стратегии республики .....	99
<i>А.Б. Юнусова, О.И. Христовуло, А.Р. Мустафин, Э.Б. Фахретдинова</i> ГИС «Ислам и христианство на Южном Урале» .....	106

## ИСТОРИЯ В ЛИЦАХ

<i>В.Р. Ахметова, Р.В. Кунакова</i> Развитие химии органических соединений серы в Уфе: от нефтяных сульфидов до медицинской химии и металлокомплексного катализа .....	112
--	-----

## ЮБИЛЕЙ

<i>М.А. Ильгамов</i> К 80-летию академика Р.Ф. Ганиева .....	120
---	-----

# CONTENTS

---

---

2017. № 1

---

---

## MATHEMATICS, MECHANICS

- V.V. Napalkov*  
Isomorphism of reproducing kernel hilbert spaces and state space  
in quantum-mechanical system ..... 5
- R.N. Bahtizin, R.M. Zaripov, G.E. Korobkov, R.B. Masalimov*  
Justified calculation of pipeline return into the design position and ensuring the strength  
by changing its design ..... 9
- S.I. Spivak, G.K. Raymanova, D.I. Valitov*  
Actuarial calculations for health insurance of diabetes process ..... 17

## PHYSICS

- I.R. Kayumov, E.S. Shikhovtseva*  
Dynamics of 180-degree domain walls in antiferromagnets in the rhombic autoresonant mode ..... 23

## BIOLOGY, BIOCHEMISTRY AND GENETICS

- T.G. Ryabova, Ya.M. Golovanov, N.N. Minina, I.V. Chernykh*  
On syntaxonomy of coastal aquatic vegetation in the town of Birsik (Republic of Bashkortostan) ..... 29
- O.Yu. Zhigunov, O.A. Karimova*  
*Rodgersia* A. Gray promising as an ornamental culture for shade gardens ..... 37
- A.V. Deryugina, Ya.V. Galkina, I.S. Simutis, G.A. Boyarinov, A.A. Martusevich*  
Experimental substantiation of the use of ozone in transfusion therapy of blood loss in rats ..... 41
- F.K. Murzabulatova, N.A. Ryazanova*  
Phenological atypicity of introduced species and varieties of *Deutzia* Thunb. .... 46
- S.A. Alen'kina, V.E. Nikitina*  
Effect of lectins of endophytic and epiphytic *Azospirillum* strains on the activity  
of pectinolytic enzymes in wheat seedling roots ..... 49
- O.N. Demina, L.L. Rogal*  
Unique plant communities formed by *Hedysarum cretaceum* Fisch.  
and *Lepidium meyeri* Claus in the Rostov region ..... 54

<i>L.A. Tukhvatullina</i> Ornamental onions of the Botanical Garden-Institute of the Ufa Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, recommended for cultivation in the Republic of Bashkortostan .....	61
<i>Z.N. Suleymanova</i> Vegetative reproduction of some species of the family <i>Lauraceae</i> Juss. under greenhouse conditions .....	68
<i>Z.N. Suleymanova, G.G. Kashaeva</i> Features of biology and reproduction of some poisonous medicinal species from the dogbane family ( <i>Apocynaceae</i> Juss.) under greenhouse conditions .....	72
<i>Ya.M. Golovanov, S.M. Yamalov, M.V. Lebedeva</i> Communities with the domination of <i>Lonicera tatarica</i> in the South Urals: Issues of syntaxonomy .....	76
<i>R.G. Abdullina</i> Growth dynamics and development characteristics of seedlings of some <i>Sorbus</i> species .....	83

## EARTH SCIENCES

<i>L.A. Khayrulina</i> On the history of geology of the South Urals .....	88
--	----

## HISTORY, ARCHAEOLOGY, ETHNOLOGY

<i>I.I. Bakhshiev</i> Geoinformation systems in the sphere of government protection of archaeological heritage sites ....	94
<i>A.B. Yunusova, I.V. Frolova</i> Republic of Bashkortostan: Historical, cultural and religious symbols in the image strategy of the republic .....	99
<i>A.B. Yunusova, O.I. Khristodulo, A.R. Mustafin, E.B. Fakhretdinova</i> GIS «Islam and Christianity in the Southern Urals» .....	106

## HISTORY IN THE PERSONS

<i>V.R. Akhmetova, R.V. Kunakova</i> Development of the chemistry of organic sulfur compounds in Ufa: From oil sulfides to medicinal chemistry and metal complex catalysis .....	112
--	-----

## JUBILEE

<i>M.A. Ilgamov</i> On the 80th birthday of Academician Rivner F. Ganiev .....	120
---	-----

УДК 530.145

**ИЗОМОРФИЗМ ГИЛЬБЕРТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ  
С ВОСПРОИЗВОДЯЩИМ ЯДРОМ И ПРОСТРАНСТВО  
СОСТОЯНИЙ КВАНТОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

© В.В. Напалков (мл.)

Исследуется задача построения изоморфизма между двумя гильбертовыми пространствами с воспроизводящим ядром со специальным свойством: образом указанной системы функций в одном пространстве должна быть заданная система функций в другом пространстве. Следует отметить, что образ пространства с воспроизводящим ядром при действии линейным непрерывным оператором не будет, вообще говоря, пространством с воспроизводящим ядром. В статье предлагается новый подход для решения данной задачи, который позволяет избежать возникающих трудностей. Этот подход основан на использовании ортоподобных систем разложения и связанных с такими системами антилинейных операторов. Гильбертовы пространства определяются с помощью ортоподобных систем разложения. Понятие ортоподобной системы разложения является обобщением понятия ортонормированного базиса в гильбертовом пространстве. Примерами ортоподобных систем являются, например, вейвлеты, которые нашли широкое применения в цифровой обработке сигналов. Мы используем тот факт, что ортоподобная система разложения порождает некоторый антилинейный оператор, действующий из исходного пространства в пространство линейных непрерывных функционалов. Нужный нам изоморфизм строится как композиция двух антилинейных операторов. Найдены условия, при которых существует линейный непрерывный унитарный оператор, обладающий следующим свойством: ортоподобная система разложения в одном пространстве переходит в ортоподобную систему разложения в другом пространстве. Полученный в работе результат иллюстрируется на примере пространства Баргмана–Фока, которое является пространством состояний квантовомеханической системы. Ортоподобной системой разложения в данном случае будет система экспонент и система воспроизводящих ядер пространства Баргмана–Фока. Эти системы функций соответствуют когерентным (чистым) состояниям квантовомеханической системы. Из результата статьи следует существование линейного непрерывного унитарного оператора, который является изометрией пространства Баргмана–Фока, и переводит систему экспонент на систему воспроизводящих ядер.

Ключевые слова: гильбертовы пространства с воспроизводящим ядром, когерентные состояния, пространство Баргманна–Фока.

**Введение.** В этой работе мы формулируем и доказываем некоторые утверждения, которые полезны для изучения, например, пространства состояний квантовомеханической системы.

Пусть  $H_1$  – гильбертово пространство с воспроизводящим ядром, состоящее из функций, заданных на множестве точек  $M_1$ . Такое пространство (см. [1]) характеризуется тем, что для любого  $t_0 \in M_1$  функционал  $f \rightarrow f(t_0)$  является линейным и непрерывным функционалом над  $H_1$ . Элементами пространства  $H_1$  являются функции от переменной  $t \in M_1$ .

Пусть  $\Omega$  – некоторое пространство с мерой  $\mu$ . В качестве  $\Omega$  можно взять, например,

область в  $C^n$ . Также в качестве  $\Omega$  может выступать счетное множество точек, при этом  $\mu$ , например, считающая мера. Пусть  $\{e_1(\bullet, \zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$  – ортоподобная система разложения с мерой  $\mu$  в пространстве  $H_1$  (см. [2]), т.е. система  $\{e_1(\bullet, \zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$  принадлежит пространству  $H_1$ , и любая функция  $f \in H_1$  может быть записана в виде:

$$f(t) = \int_{\Omega} (f(\bullet), e_1(\bullet, \eta))_{H_1} e_1(t, \eta) d\mu(\eta), \quad t \in M_1.$$

По поводу определения ортоподобной системы разложения в гильбертовом пространстве с воспроизводящим ядром см. также [3].

Система функций  $\{e_1(\bullet, \zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$ , очевидно, полна в пространстве  $H_1$ . Каждому линейному непрерывному функционалу над  $H_1$ , порождаемому функцией  $f \in H_1$ , поставим в соответствие функцию  $\tilde{f}(\zeta) \stackrel{\text{def}}{=} (e_1(\bullet, \zeta), f)_{H_1}, \zeta \in \Omega$ . Совокупность функций  $\tilde{f}, f \in H_1$  образует гильбертово пространство  $\tilde{H}_1 = \{\tilde{f}, f \in H_1\}$  со скалярным произведением  $(\tilde{f}, \tilde{g})_{\tilde{H}_1} \stackrel{\text{def}}{=} (g, f)_{H_1}$  и нормой  $\|\tilde{f}\|_{\tilde{H}_1} \stackrel{\text{def}}{=} \|f\|_{H_1}$ . Заметим, что функция  $e_1(\tau, \eta), \eta \in \Omega$  от переменной  $\eta$  для любого значения параметра  $\tau \in M_1$  обладает свойством:

$$\int_{\Omega} |e_1(\tau, \eta)|^2 d\mu(\eta) < \infty, \forall \tau \in M_1.$$

Действительно, поскольку  $\{e_1(\bullet, \zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$  – ортоподобная система разложения с мерой  $\mu$  в пространстве  $H_1$ , то в силу аналога равенства Парсеваля для ортоподобных систем разложения (см. [2]):

$$\begin{aligned} \infty > \|K_{H_1}(\bullet, \tau)\|_{H_1}^2 &= \int_{\Omega} |(K_{H_1}(\bullet, \tau), e_1(\bullet, \eta))|^2 d\mu(\eta) = \\ &= \int_{\Omega} |e_1(\tau, \eta)|^2 d\mu(\eta), \forall \tau \in M_1. \end{aligned}$$

Обозначим через  $R_1(\Omega, \mu)$  замыкание линейной оболочки системы функций  $\{e_1(\tau, \bullet)\}_{\tau \in M_1}$  относительно нормы

$$\|\bullet\|_I^2 = \int_{\Omega} |\bullet|^2 d\mu.$$

Система функций  $\{e_1(\tau, \bullet)\}_{\tau \in M_1}$ , очевидно, принадлежит пространству  $\tilde{H}_1$ .

В работе [3] доказано (см. лемму 1 работы)

**Предложение 1.** *Пространство  $\tilde{H}_1$  совпадает с пространством  $R_1(\Omega, \mu)$ , т.е. пространства  $\tilde{H}_1$  и  $R_1(\Omega, \mu)$  состоят из одних и тех же функций, и скалярные произведения пространств  $\tilde{H}_1$  и  $R_1(\Omega, \mu)$  совпадают, т.е.  $(h, g)_{\tilde{H}_1} = (h, g)_{R_1(\Omega, \mu)}, h, g \in R_1(\Omega, \mu)$ .*

Далее, пусть  $H_2$  – гильбертово пространство с воспроизводящим ядром, состоящее из функций, заданных на множестве точек  $M_2$ .

Пусть  $\{e_2(\bullet, \zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$  – ортоподобная система разложения с мерой  $\mu$  в пространстве  $H_2$ , т.е. система  $\{e_2(\bullet, \zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$  принадлежит пространству  $H_2$ , и любая функция  $f \in H_2$  может быть представлена в виде:

$$f(t) = \int_{\Omega} (f, e_2(\bullet, \eta))_{H_2} e_2(t, \eta) d\mu(\eta), t \in M_2.$$

Система функций  $\{e_2(\bullet, \zeta)\}_{\zeta \in \Omega}$  полна в пространстве  $H_2$ . Каждому линейному непрерывному функционалу над  $H_2$ , порождаемому функцией  $f \in H_2$ , поставим в соответствие функцию  $\hat{f}(\zeta) \stackrel{\text{def}}{=} (e_2(\bullet, \zeta), f)_{H_2}, \zeta \in \Omega$ . Совокупность  $\hat{f}, f \in H_2$  образует гильбертово пространство  $\hat{H}_2 = \{\hat{f}, f \in H_2\}$  со скалярным произведением  $(\hat{f}, \hat{g})_{\hat{H}_2} \stackrel{\text{def}}{=} (g, f)_{H_2}, f, g \in H_2$  и нормой  $\|\hat{f}\|_{\hat{H}_2} \stackrel{\text{def}}{=} \|f\|_{H_2}, f \in H_2$ . Система функций  $\{e_2(\tau, \bullet)\}_{\tau \in M_2}$  принадлежит пространству  $\hat{H}_2$ , и функция  $e_2(\tau, \eta), \eta \in \Omega$  обладает свойством

$$\int_{\Omega} |e_2(\tau, \eta)|^2 d\mu(\eta) < \infty, \forall \tau \in M_2.$$

Обозначим через  $R_2(\Omega, \mu)$  замыкание линейной оболочки системы функций  $\{e_2(\tau, \bullet)\}_{\tau \in M_2}$  относительно нормы  $\|\bullet\|_I^2 = \int_{\Omega} |\bullet|^2 d\mu$ . Также справедливо следующее

**Предложение 2.** *Пространство  $\hat{H}_2$  совпадает с пространством  $R_2(\Omega, \mu)$ , т.е. пространства  $\hat{H}_2$  и  $R_2(\Omega, \mu)$  состоят из одних и тех же функций, и скалярные произведения пространств  $\hat{H}_2$ ,  $R_2(\Omega, \mu)$  совпадают.*

**Основной результат.** Для введенных пространств  $H_1$  и  $H_2$  мы докажем

**Теорема 1.** *Предположим, что пространства  $H_1$  и  $H_2$  таковы, что пространство  $R_1(\Omega, \mu)$  совпадает с пространством  $R_2(\Omega, \mu)$ . Тогда существует линейный непрерывный взаимнооднозначный унитарный оператор  $A$ , действующий из пространства  $H_1$  на пространство  $H_2$  такой, что*



$$A: e_1(\bullet, \zeta) \rightarrow e_2(\bullet, \zeta), \forall \zeta \in \Omega. \quad (1)$$

**Доказательство.** По условию теоремы пространство  $R_1(\Omega, \mu)$  совпадает с пространством  $R_2(\Omega, \mu)$ . Поэтому (см. Предложение 1, Предложение 2) пространства  $\tilde{H}_1$  и  $\hat{H}_2$  также совпадают. Очевидно, что эти пространства есть пространства с воспроизводящим ядром. Поэтому воспроизводящие ядра пространств  $\tilde{H}_1$  и  $\hat{H}_2$  совпадают:

$$K_{\tilde{H}_1}(\tau, \eta) \equiv K_{\hat{H}_2}(\tau, \eta), \tau, \eta \in \Omega. \quad (2)$$

Пусть  $L_1$  и  $L_2$  – гильбертовы пространства. Отображение  $S: L_1 \rightarrow L_2$  называется антилинейным непрерывным оператором, если выполнены следующие условия:

1. *Антилинейность.* Для любых элементов  $x_1, x_2 \in L_1$  и любых комплексных чисел  $\alpha, \beta$  выполнено равенство

$$S(\alpha \cdot x_1 + \beta \cdot x_2) = \bar{\alpha} \cdot S(x_1) + \bar{\beta} \cdot S(x_2).$$

2. *Непрерывность.* Справедливо неравенство  $\|Sx\|_{L_2} \leq D\|x\|_{L_1}, \forall x \in L_1$ , где константа  $D$  не зависит от  $x$ .

О свойствах антилинейных операторов можно прочитать, например, в [4, с. 41]. Важным свойством таких операторов является следующий факт. Если имеются два антилинейных непрерывных оператора  $S_1$  и  $S_2: S_1: L_1 \rightarrow L_2, S_2: L_2 \rightarrow L_3$ , то их композиция  $S_2 \circ S_1$  является линейным непрерывным оператором, действующим из  $L_1$  в  $L_3$ . Легко видеть, что отображение  $Q_1: f \rightarrow \tilde{f}, f \in H_1$  есть антилинейный непрерывный оператор, действующий из пространства  $H_1$  на пространство  $\tilde{H}_1$ . Более того, оператор  $Q_1$  обладает свойством:

$$\|Q_1 f\|_{\tilde{H}_1} = \|f\|_{H_1}, \forall f \in H_1. \quad (3)$$

Эти свойства нетрудно получить из явного вида оператора  $Q_1$ :

$$Q_1 f(\zeta) = \tilde{f}(\zeta) = (e_1(\bullet, \zeta), f)_{H_1}, f \in H_1, \zeta \in \Omega.$$

Также выполнено равенство, (см., например, [3])

$$\begin{aligned} K_{\tilde{H}_1}(\zeta, \eta) &= Q_1 e_1(\bullet, \eta)(\zeta) = \\ &= (e_1(\bullet, \zeta), e_1(\bullet, \eta))_{H_1}, \zeta, \eta \in \Omega. \end{aligned} \quad (4)$$

Отображение  $Q_2: \hat{f} \rightarrow f, \hat{f} \in \hat{H}_2$  является антилинейным непрерывным оператором, дей-

ствующим из пространства  $\hat{H}_2$  на пространство  $H_2$ , и при этом выполнено равенство

$$\|Q_2 \hat{f}\|_{H_2} = \|\hat{f}\|_{\hat{H}_2}, \hat{f} \in \hat{H}_2. \quad (5)$$

Здесь  $Q_2 \hat{f}(\zeta) = f(\zeta) = (e_2(\zeta, \bullet), \hat{f})_{\hat{H}_2}, \zeta \in M_2$ . При этом справедливо соотношение

$$\begin{aligned} Q_2 K_{\hat{H}_2}(\bullet, \eta)(\zeta) &= (e_2(\zeta, \bullet), K_{\hat{H}_2}(\bullet, \eta))_{\hat{H}_2} = \\ &= e_2(\zeta, \eta), \zeta \in M_2, \eta \in \Omega. \end{aligned} \quad (6)$$

Оператор  $Q_1$  действует из пространства  $H_1$  на пространство  $\tilde{H}_1$ . Оператор  $Q_2$  действует из пространства  $\hat{H}_2$  на пространство  $H_2$ . По условию теоремы пространства  $R_1(\Omega, \mu)$  и  $R_2(\Omega, \mu)$  совпадают, т.е. пространство  $\tilde{H}_1$  совпадает с пространством  $\hat{H}_2$  (см. Предложение 1, Предложение 2). Отображения  $Q_1, Q_2$  суть антилинейные операторы. Поэтому оператор  $A \stackrel{def}{=} Q_2 \circ Q_1$  является линейным непрерывным оператором, и, если  $f \in H_1$ , то

$$\begin{aligned} \|Af\|_{H_2} &= \|Q_2 \circ Q_1 f\|_{H_2} = \\ &= \|Q_1 f\|_{\hat{H}_2} = \|Q_1 f\|_{\tilde{H}_1} = \|f\|_{H_1}. \end{aligned}$$

В последнем равенстве использованы соотношения (3), (5).

При этом

$$\begin{aligned} Ae_1(\bullet, \zeta) &= Q_2 \circ Q_1 e_1(\bullet, \zeta) = \\ &= Q_2 K_{\hat{H}_2}(\bullet, \zeta) = e_2(\bullet, \zeta), \forall \zeta \in \Omega. \end{aligned}$$

Здесь мы воспользовались соотношениями (4), (2), (6).

Таким образом, мы построили линейный непрерывный унитарный оператор, действующий из пространства  $H_1$  на пространство  $H_2$ , который обладает свойством (1):

$A: e_1(\bullet, \zeta) \rightarrow e_2(\bullet, \zeta), \forall \zeta \in \Omega$ . Теорема 1 доказана.

**Пример.** Пусть

$$F_n = \left\{ f \in \text{Hol}(C^n) : \|f\|_{F_n}^2 = \frac{1}{\pi^n} \int_{C^n} |f(z)|^2 e^{-|z|^2} dv_n(z) < \infty \right\}$$

пространство целых функций Баргмана–Фока. Это пространство можно интерпретировать как пространство состояний квантовомеханической системы (см., например, [5, с. 85–86]. В про-

пространстве Баргмана–Фока система функций  $\{K_{F_n}(\bullet, w)\}_{w \in C^n}$  и система функций  $\{e^{<\bullet, w>}\}_{w \in C^n}$  являются ортоподобными системами разложения с мерой  $e^{-|w|^2} dv_n(w)$  (см. [6]). Эти системы соответствуют когерентным (чистым) состояниям (см. [5, с. 31–38]). В силу теоремы 1 существует линейный непрерывный взаимнооднозначный унитарный оператор, действующий из  $F_n$  на  $F_n$ , такой, что выполнено соотношение  $Ae^{<\bullet, w>} \rightarrow K_{F_n}(\bullet, w), w \in C^n$ .

### Литература

1. Aronszajn N. Theory of reproducing kernels // Transactions of the AMS. 1950. Vol. 68, no. 3. P. 337–404.
2. Лукашенко Т.П. О свойствах систем разложения подобных ортогональным // Известия РАН. Сер. матем. 1998. Т. 62, № 5. С. 187–206.
3. Напалков В.В. (мл.) Ортоподобные системы разложения в пространствах с воспроизводящим ядром // Уфимский математический журнал. 2013. Т. 5, № 4. С. 91–104.
4. Боголюбов Н.Н., Логунов А.А., Оксак А.И., Тодоров И.Т. Общие принципы квантовой теории поля. М.: Наука. 1977. 616 с.

5. Фаддеев Л.Д., Якубовский О.А. Лекции по квантовой механике для студентов-математиков. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1980. 200 с.

6. Napalkov V.V. (Jr.) Analogue of the Fock space // J. Integral Transforms and Special functions. 2007. Vol. 18, no. 2. P. 133–138.

### References

1. Aronszajn N. Theory of reproducing kernels. Transactions of the AMS, 1950, vol. 68, no. 3, pp. 337–404.
2. Lukashenko T.P. Properties of expansion systems similar to orthogonal ones. Izvestiya RAN, Ser. Matematika, 1998, vol. 62, no. 5, pp. 1035–1054.
3. Napalkov V.V. (Jr.). Orthosimilar expansion systems in space with reproducing kernel. Ufa Math. Journal, 2013, vol. 5, no. 4, pp. 88–100
4. Bogolyubov N.N., Logunov A.A, Oksak A.I., Todorov I.T. General principles of quantum field theory. Moscow, Nauka, 1977. 616 p.
5. Faddeev L.D., Yakubovskiy O.A. Lectures on quantum mechanics for mathematical students. Leningrad, Izdatelstvo Leningradskogo universiteta, 1980. 200 p.
6. Napalkov V.V. (Jr.). Analogue of the Fock space. J. Integral Transforms and Special Functions, 2007, vol. 18, no. 2, pp. 133–138.

## ISOMORPHISM OF REPRODUCING KERNEL HILBERT SPACES AND STATE SPACE IN QUANTUM-MECHANICAL SYSTEM

© V.V. Napalkov (Jr.)

Institute of Mathematics with Computing Centre, Ufa Scientific Centre, RAS,  
112, ulitsa Chernyshevskogo, 450077, Ufa, Russian Federation

This paper investigates the problem of constructing an isomorphism between two reproducing kernel Hilbert spaces with the following special feature: the image of the system of functions in one space should be the preassigned system of functions in the other space. It should be noted that the image of the reproducing kernel space, under the action of a continuous linear operator is not, generally speaking, the reproducing kernel space. The paper proposes a new approach to solving this problem, which avoids the difficulties encountered. This approach is based on the application of orthosimilar expansion systems and antilinear operators associated with such systems. Hilbert spaces are defined by orthosimilar expansion systems. An orthosimilar expansion system is the generalization of the concept of an orthonormal basis in the Hilbert space. Examples of orthosimilar systems are, for instance, wavelets used widely in digital signal processing. We use the fact that the orthosimilar expansion system generates some antilinear operator from the source to the space of continuous linear functionals. The required isomorphism is constructed as a composite of two antilinear operators. The conditions are found under which there is a continuous linear unitary operator with the following property: an orthosimilar expansion system in one space becomes an orthosimilar expansion system in the other space. The results obtained in this paper are illustrated by the Bargmann-Fock space being the state space of the quantum-mechanical system. In this case the orthosimilar expansion system will be the exhibitor system and the system of reproducing kernel Bargmann–Fock spaces. These functions correspond to coherent (pure) states of a quantum mechanical system. The result of the paper implies the existence of a continuous linear unitary operator being the isometric Bargmann–Fock space and transfers the exhibitor system to the reproducing kernel one.

Key words: reproducing kernel Hilbert spaces, coherent states, Bargmann–Fock space.



УДК 622.692.4

**РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗВРАЩЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА  
В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕГО ПРОЧНОСТИ  
ИЗМЕНЕНИЕМ ЕГО КОНСТРУКЦИИ**

© Р.Н. Бахтизин, Р.М. Зарипов, Г.Е. Коробков, Р.Б. Масалимов

Представлена математическая модель напряженно-деформированного состояния (НДС) трубопровода, состоящего из криволинейных и прямолинейных участков, проложенного в сложных геологических условиях. В ней трубопровод моделируется стержневой системой, состоящей из криволинейных и прямолинейных стержней трубчатого сечения. Нелинейные кинематические зависимости, нелинейные уравнения равновесия и физические соотношения для стержней, а также уравнения равновесия в узлах их сопряжения интегрируются методом конечных элементов.

Из пятиниточного коридора газопроводов выбран подземный участок длиной 300 метров, подверженный развитию карста. Рассчитываемый участок условно делится на 50 элементарных частей, каждая длиной 6 м. При составлении исходных данных согласно продольному профилю трассы, для каждой элементарной части условного разбиения устанавливаются: абсолютные отметки; типы грунтов с указанием их несущей способности; глубина заложения и высота засыпки грунта; радиусы и углы поворота гнутых отводов; длины участков с постоянным уклоном; характеристика труб с указанием диаметра и толщины стенки; категория участка трубопровода. Исходные данные расчета могут быть дополнены данными исследований на трассе газопровода по физико-механическим характеристикам грунтов, замерами напряжений в стенке трубы и профиля трубопровода.

Приведены результаты расчета основных характеристик НДС трубопровода для двух расчетных вариантов с нарушением проектного положения: 1) трубопровод составлен из прямых труб и выпуклых вставок; 2) трубопровод составлен из прямых труб, выпуклых и вогнутых вставок. В третьем расчетном варианте рассмотрен трубопровод, составленный из прямых труб и выпуклой вставки после его возвращения в проектное положение. В каждом из вариантов были осуществлены расчеты с учетом изменения грунтовых условий, исследовано влияние параметров эксплуатации (внутреннего рабочего давления и перепада температуры) на НДС. Каждый вариант расчета завершается анализом НДС трубопровода и оценкой прочности трубопровода в соответствии с требованиями положений нормативных документов, регламентирующих эксплуатацию магистральных трубопроводов.

Предложенная в данной статье математическая модель НДС подземного трубопровода, составленного из кривых вставок и прямых труб, может быть использована при проектировании и эксплуатации трубопроводов в сложных геологических условиях.

Ключевые слова: грунт, труба, напряжение, деформация, моделирование, кривая вставка, газопровод.

В работах, посвященных обеспечению прочности и устойчивости трубопроводов, решения задач о напряженно-деформированном состоянии (НДС) и устойчивости решения получены в замкнутом виде для простейших расчетных схем, в которых считается, что участок трубопровода составлен из прямолинейных

труб, реакция грунта на вертикальное смещение (прогиб) трубы задается по линейной модели без учета возможного нарушения свода естественного равновесия в грунте-засыпке, потери несущей способности грунта-основания, уменьшения сопротивления продольным перемещениям трубы, а значение эквивалентного

БАХТИЗИН Рамиль Назифович – д.ф.-м.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: [gamil\\_bahtizin@mail.ru](mailto:gamil_bahtizin@mail.ru)

ЗАРИПОВ Раиль Муталлапович – д.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: [rail.zaripov@gmail.com](mailto:rail.zaripov@gmail.com)

КОРОБКОВ Геннадий Евгеньевич – д.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: [thng@mail.ru](mailto:thng@mail.ru)

МАСАЛИМОВ Радик Биктимерович – к.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: [masalimovrb@mail.ru](mailto:masalimovrb@mail.ru)

продольного усилия, зависящего от внутреннего рабочего давления и температурных напряжений, воздействие которых вызывает значительный изгиб трубопровода, принимается постоянной величиной. Задание формы выпучивания трубы при решении задач устойчивости трубопровода позволяет описать качественную картину его напряженно-деформированного состояния и найти значения критических нагрузок, но с помощью этого подхода нельзя достоверно описать НДС трубопровода, эксплуатируемого в сложных инженерно-геологических условиях с учетом особенностей его конструкции и совместных деформаций с различными типами грунтов и произвести оценку его прочности и устойчивости согласно требованиям положений нормативных документов, регламентирующих эксплуатацию магистральных трубопроводов [1–4].

**1. Постановка задачи.** Анализируя профиль трассы, рассчитываемый участок трубопровода условно разбивается на части, в которых геометрические и жесткостные характеристики трубы постоянны, условия нагружения и грунтовые условия идентичны. Трубопровод моделируется одномерной стержневой системой, которая состоит из криволинейных и прямолинейных стержней трубчатого сечения. Продольная ось этой стержневой системы условно разбивается на стержневые и узловы элементы, проводится последовательная нумерация слева направо этих элементов. Номер стержневого элемента обозначается через  $i$ , а их общее количество – через  $N_s$  ( $1 \leq i \leq N_s$ ). Аналогичные обозначения вводятся для узловых элементов, т.е.  $j$  – номер узла и  $N_r$  – их общее количество ( $1 \leq j \leq N_r$ ).

Геометрические нелинейные дифференциальные соотношения между деформацией сжатия-растяжения стержня  $\varepsilon_x$ , углом поворота его нормали  $\omega_x$ , деформацией изгиба  $\chi$  и продольным перемещением  $u$  и прогибом  $w$  имеют следующий вид [5–8]:

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx} - \frac{w}{\rho_0} + \frac{\omega_x^2}{2}, \quad \omega_x = -\frac{dw}{dx} + \frac{u}{\rho_0},$$

$$\chi = \frac{d\omega_x}{dx}, \quad (1)$$

где  $\rho_0$  – радиус кривизны элемента стержня до его деформации;  $x$  – продольная осевая координата стержня.

Далее представим уравнения равновесия стержня [7]:

$$\frac{d(N_x + \omega_x Q_y)}{dx} - \frac{Q_y}{\rho_0} = r_x + q_x - q_n \omega_x,$$

$$\frac{dQ_y}{dx} + \left( \frac{1}{\rho_0} + \frac{d\omega_x}{dx} \right) (N_x - p_o \cdot F_{св}) = r_y + q_y, \quad (2)$$

$$\frac{dM_z}{dx} - Q_y = 0,$$

где  $N_x$  – продольное осевое усилие, которое направлено по касательной к деформированной оси стержневого элемента;  $Q_y$  – перерезывающая сила, направлена по нормали к этой оси;  $M_z$  – осевой изгибающий момент, под действием которого продольная ось стержня закручивается вокруг бинормали в плоскости чертежа;  $r_x, r_y$  – соответственно касательная и нормальная составляющие реакции грунта на продольное перемещение и прогиб трубы;  $q_x, q_y$  – соответственно продольная и вертикальная составляющие внешней распределенной нагрузки, состоящие из веса трубопровода с жидкостью или с газом, а также давления грунта засыпки на трубу;  $p_o$  – внутреннее рабочее давление;  $F_{св}$  – площадь поперечного сечения стенки трубы «в свету».

Геометрические соотношения (1) и дифференциальные уравнения (2) необходимо дополнить следующими физическими соотношениями:

$$N_x = (E \varepsilon_x + \mu \sigma_{кн} - \alpha \Delta t E) \cdot F_o;$$

$$M_z = E J \chi, \quad (3)$$

где  $E, \mu, \alpha$  – соответственно модуль упругости, коэффициент Пуассона и коэффициент линейного расширения металла трубы;  $\sigma_{кн}$  – кольцевые напряжения от внутреннего рабочего давления;  $\Delta t$  – температурный перепад, который равен разности температур эксплуатации и замыкания трубопровода при строительстве;  $F_o$  – площадь поперечного сечения стенки трубы;  $J$  – момент инерции поперечного сечения трубы.

Восемь алгебраических и дифференциальных уравнений (1)–(3) относительно восьми неизвестных  $u, w, \omega_1, \varepsilon_{11}, \chi, N_x, Q_y, M_z$  представим в виде нормальной системы из шести обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\frac{\partial \bar{Y}}{\partial x} = \bar{f}(x, \bar{Y}) \quad \bar{b}(x), \quad (4)$$

где вектора  $\bar{Y}, \bar{f}, \bar{b}$  имеют следующие составляющие:

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= y_2/\rho_0 - \pi D_n c_{xo} y_4 - \frac{y_3}{EJ} y_2; \\ f_2 &= y_1/\rho_0 - D_n c_{yo} y_5 + \frac{y_3}{EJ} (y_1 - p_o \cdot F_{cs}); \\ f_3 &= -y_2; \quad f_4 = \varepsilon_{11} + y_3/\rho_0 - 0,5y_6^2; \\ f_5 &= ky_5 - y_6; \quad f_6 = \chi; \end{aligned} \right\} (5)$$

$$b_1 = -y_6 q_n, \quad b_2 = q_n, \quad b_3 = b_4 = b_5 = b_6 = 0. \quad (6)$$

$$y_1 = N_x, \quad y_2 = Q_y, \quad y_3 = M_z, \quad (7)$$

$$y_4 = u, \quad y_5 = w, \quad y_6 = \omega_x.$$

Осуществляя замену переменных в физических соотношениях (3) по формуле (7), имеем:

$$y_1 = (E \varepsilon_{11} + \mu \sigma_{ки} - \alpha \Delta t E) \cdot F_o; \quad y_3 = EJ \chi. \quad (8)$$

В каждом узле сопряжения составляем систему из 3-х алгебраических уравнений равновесия с учетом граничных условий в начале и конце рассчитываемого участка, действия сосредоточенных сил и моментов, приложенных в этих узлах, а также ограничений продольного перемещения, угла поворота нормали и прогиба. В этой системе уравнений равновесия неизвестными являются координаты вектора крайних обобщенных усилий  $\bar{Q}_o^{ij}$ . Замена в системе уравнений равновесия в узлах вектора усилий  $\bar{Q}_o^{ij}$  на вектор обобщенных перемещений  $\bar{\Delta}_i$  осуществляется численным решением системы дифференциальных уравнений (4), (5) методом ортогональной прогонки Годунова.

Далее из решения систем алгебраических уравнений равновесия находим координаты вектора перемещения  $\bar{\Delta}_i$  для каждого узла. Эти найденные координаты используются в качестве граничных условий при численном решении системы дифференциальных уравнений (4). Найденные решения функции (7)  $y_1 = N_x,$

$y_2 = Q_y, \quad y_3 = M_z, \quad y_4 = u, \quad y_5 = w, \quad y_6 = \omega_x$  позволяют описать НДС каждого стержневого элемента и всей стержневой системы, моделирующей НДС трубопровода.

Математические модели совместных деформаций трубопровода с грунтом подробно описаны в [1, 7–10]. Давление грунта засыпки на трубу задается с учетом возможного нарушения свода естественного равновесия в грунте-засыпке, исчерпания несущей способности

грунта основания и уменьшения сопротивления грунта продольным перемещениям трубы за счет развития карста в рассчитываемом участке трубопровода.

## 2. Анализ результатов расчета НДС трубопровода и оценка его прочности.

Анализируя профили газопроводов пятилетнего коридора, выбран подземный участок длиной 300 м, подверженный развитию карста [8]. На рис. 1 представлена картина зарождения новой карстовой воронки, образующейся в процессе эксплуатации газопровода.



Рис. 1. Зарождение новой карстовой воронки, образующейся в процессе эксплуатации газопровода

Концы рассчитываемого участка заземлены грунтом. В средней части рассчитываемого участка длиной 60 м грунт ослаблен развитием карста. Рассчитываемый участок условно делится на 50 элементарных частей, каждая длиной 6 м. При составлении исходных данных согласно продольному профилю трассы, для каждой элементарной части устанавливаются: абсолютные отметки; типы грунтов с указанием их несущей способности; глубина заложения и высота засыпки грунта; радиусы и углы поворота гнутых отводов; длины участков с постоянным уклоном; характеристика труб с указанием диаметра и толщины стенки; категория участка трубопровода. Исходные данные расчета могут быть дополнены данными исследований на трассе газопровода по физико-механическим характеристикам грунтов, замерами напряжений в стенке трубы и профилям трубопровода. В расчетах были использованы данные по физико-механическим свойствам пяти типов грунтов (глина туго пластичная, глина полутвердая, глина мягко пластичная, суглинок полутвердый иловатый, суглинок туго пластичный иловатый), полученные в ходе спе-

специальных лабораторных исследований [8]. Согласно исполнительской документации, трубопровод на рассматриваемом участке составлен из труб с наружным диаметром  $D_n$  и толщиной стенки трубы  $\delta - 1420 \times 18,7$  мм, X-70, изготовленных в Японии, ТУ 2028404856-79, участок газопровода отнесен ко 2-й категории.

Анализ данных продольного профиля трассы рассматриваемого участка газопровода, лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов, замеров напряжений в стенке трубы показали [8], что в средней части длиной 60 м, которая соответствует частям условного разбиения с номерами с 21 по 30, за счет развития карста возможно ослабление грунта основания, его обрушение, а в грунте-засыпке – нарушение свода естественного равновесия. Трубопровод, согласно продольному профилю трассы, в частях с номерами 21, 22 и 28, 29, где имеются углы поворота в вертикальной плоскости, собран из выпуклых вставок с радиусом кривизны  $\rho_0 = 60$  м [2]. Поэтому

необходимо выполнить исследования НДС рассматриваемого участка газопровода с учетом вышеперечисленных изменений состояния грунта, отклонений от проекта при сооружении трубопровода и возможных изменений конструкции газопровода при выполнении ремонтных работ по возвращению газопровода в проектное положение, а также при проектировании этого участка с учетом развития карста.

В начале и конце рассматриваемого участка труба заземлена грунтом, поэтому здесь приняты условия жесткой заделки, составленные с учетом давления грунта на трубу, ее веса с продуктом и отпора грунта-основания [1, 7–10]. Практический интерес представляет и случай, когда ослабевает сопротивление грунта при перемещении трубопровода в продольном направлении, что имеет место при эксплуатации магистральных газопроводов в сложных инженерно-геологических условиях [8]. В случае, когда трубопровод может свободно перемещаться в осевом направлении при  $x = 0$  и  $x = l_n$ ,

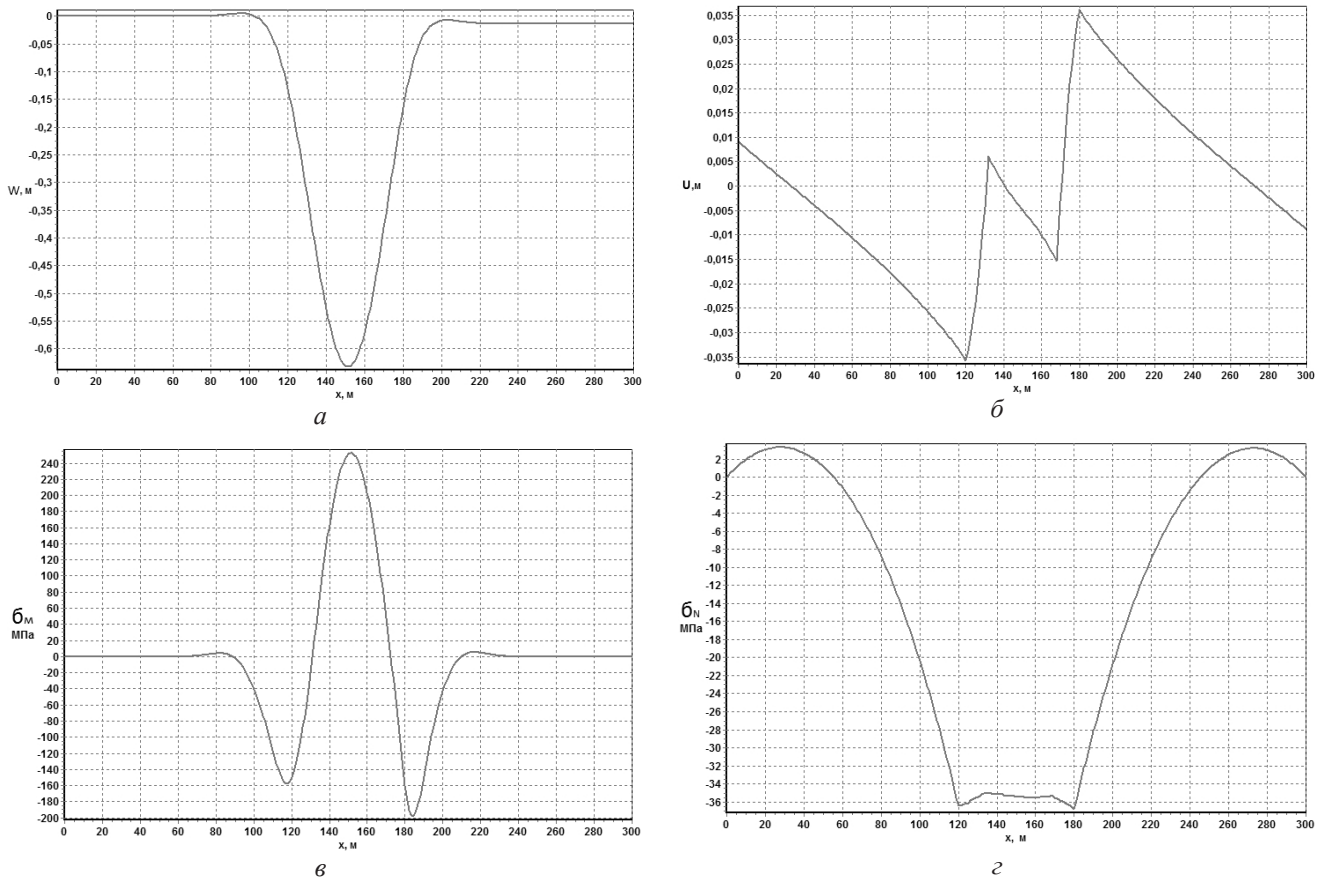


Рис. 2. Расчет основных параметров НДС трубопровода, собранного из прямых труб и выпуклых вставок при нарушении его проектного положения: а – эпюра прогиба; б – эпюра продольного перемещения; в – эпюра изгибных напряжений; г – эпюра напряжений от продольной силы



продольное усилие  $N_x$  на концах рассчитываемого участка трубопровода равно нулю, т.е.

$$N_x(0) = 0; N_x(l_n) = 0. \quad (9)$$

Расчеты НДС выбранного участка трубопровода были осуществлены для двух расчетных вариантов с нарушением проектного положения: 1) трубопровод составлен из прямых труб и выпуклых вставок; 2) в частях условного разбиения с номерами 24, 25, 26 и 27 прямые трубы заменены вогнутой вставкой, т.е. предлагается проект новой конструкции трубопровода. В третьем расчетном варианте рассмотрен трубопровод, составленный из прямых труб и выпуклой вставки после его возвращения в проектное положение, т.е. без нарушения проектного положения.

Далее на рис. 2 и 3 представлены эпюры следующих основных характеристик НДС трубопровода: прогиб  $w$ ; продольное перемещение  $u$ ; напряжения от продольных усилий  $\sigma_N$ , изгибные напряжения  $\sigma_M$ , найденные из решения задачи для случая, когда грунт не может препятствовать продольным перемещениям концов рассчитываемого участка ( $N_x(0) = 0$ ;

$N_x(l_n) = 0$ ). В табл. 1 приведены экстремальные значения следующих основных характеристик НДС трубопровода: прогиб  $w$ ; напряжения от продольных усилий  $\sigma_N$ ; изгибные напряжения  $\sigma_M$ ; суммарные продольные напряжения  $|\sigma_{np}^H|$  и их предельно допустимые значения  $[\sigma_{np}^H]$  от нормативных воздействий и нагрузок [1, 3, 4].

Эти характеристики найдены из решений задач для двух состояний грунта: а) концы рассчитываемого участка защемлены грунтом, поэтому они не могут перемещаться в продольном направлении ( $u(0) = 0$ ;  $u(l_n) = 0$ ); б) на концах рассчитываемого участка грунт ослаблен, поэтому он не препятствует продольным перемещениям трубы ( $N_x(0) = 0$ ;  $N_x(l_n) = 0$ ). Расчеты были проведены при следующих значениях параметров эксплуатации:  $p_0 = 6,2$  МПа,  $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ .

Анализ эпюр рис. 2, 3 и данных табл. показывает следующее. Значения напряжений от продольной силы  $\sigma_N$  на концах рассчитываемого

Т а б л и ц а 1

Результаты расчета максимальных характеристик НДС трубопровода

Расчетные варианты		Характеристики НДС				
		$w, \text{ м}$	$\sigma_N, \text{ МПа}$	$\sigma_M, \text{ МПа}$	$ \sigma_{np}^H , \text{ МПа}$	$[\sigma_{np}^H], \text{ МПа}$
1-й вариант расчета	$u(0) = 0; u(l_n) = 0$	-0.42	-18/-72	219/-168	295.28	172.87
	$N_x(0) = 0; N_x(l_n) = 0$	-0.63	0/-37	248/-202	289.46	172.87
2-й вариант расчета	$u(0) = 0; u(l_n) = 0$	-0.37	3/43	181/-149	226.85	349.24
	$N_x(0) = 0; N_x(l_n) = 0$	-0.31	0/53	202/-129	258.30	349.54
3-й вариант расчета	$u(0) = 0; u(l_n) = 0$	-0.13	-11/-36	72/-58	97.38	172.87
	$N_x(0) = 0; N_x(l_n) = 0$	-0.12	0/8	50/-45	149.75	349.74

Примечания. 1) в числителе дроби для напряжений от продольного усилия  $\sigma_N$  приведены напряжения на концах рассчитываемого участка, а в знаменателе – в его средней части; 2) в числителе дроби для изгибных напряжений  $\sigma_M$  приведены напряжения от пролетного изгибающего момента, а в знаменателе – от опорного.

мого участка на эпюрах этой характеристики равным нулю, что подтверждает выполнение граничных условий (9) для рассматриваемых в данной статье расчетных вариантов 1–3. Довольно сложной является эпюра напряжений для первого расчетного варианта. В средней части труба остается в сжатой зоне, как и в случае, когда концы рассчитываемого участка были защемлены грунтом. При этом выпуклые вставки смещаются к концам рассчитываемого участка на 3.5 см, а его концы перемещаются в противоположном направлении на 0.9 см. Значение эквивалентного продольного усилия в средней части увеличивается на 30% по сравнению с его значением на концах участка. Максимальные значения прогиба увеличиваются более чем в 1.5 раза по сравнению с этой характеристикой трубопровода, концы которого были защемлены грунтом. Анализ данных компьютерного анализа прочности трубопровода, согласно требованиям положений нормативных документов, регламентирующих эксплуатацию магистральных трубопроводов [1–4], показывает, что максимальные (фибровые) суммарные

продольные напряжения  $|\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}}| = 289.46$  МПа от нормативных нагрузок и воздействий превышают их предельно допустимые значения  $[\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}}] = 172.87$  МПа, т.е.  $|\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}}| > [\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}}]$ . Следовательно, не выполняется условие (12) положения 12.4 нормативного документа [3] по предотвращению недопустимых пластических деформаций. Это свидетельствует о том, что трубопровод имеет потенциально опасные участки.

Во втором расчетном варианте труба растягивается по всей длине рассчитываемого участка, прямые трубы, находящиеся между кривыми вставками, смещаются в направлении середины рассчитываемого участка на 5.5 см, а концы участка отходят в этом же направлении на 3 см. Значение эквивалентного продольного усилия в середине участка уменьшается почти в два раза по сравнению с его значением на концах этого участка. Уменьшается также экстремальное значение прогиба по сравнению с этой характеристикой трубопровода, концы которого были защемлены грунтом. Анализ данных

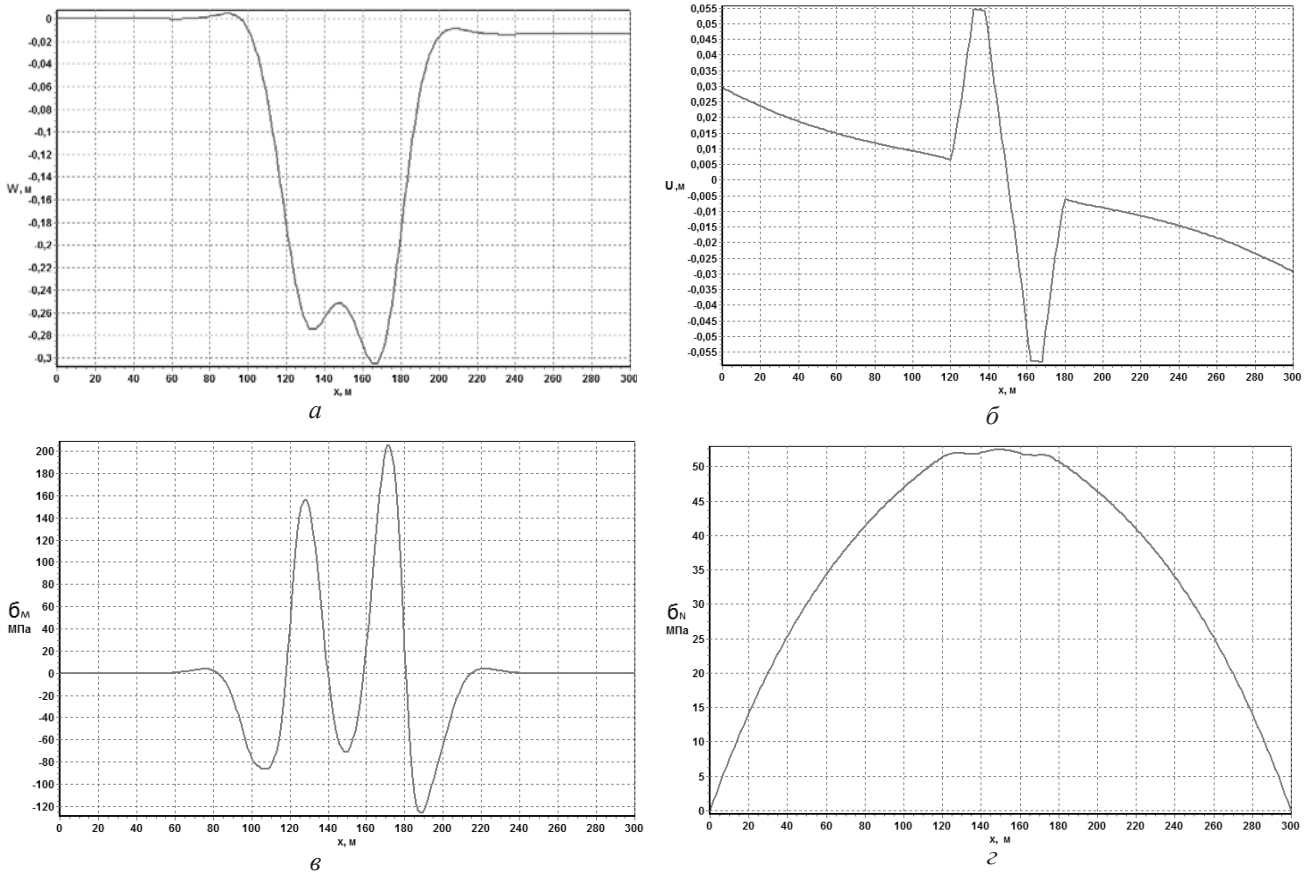


Рис. 3. Расчет основных параметров НДС трубопровода, собранного из прямых труб, выпуклых и вогнутых вставок, при нарушении проектного положения: а – эпюра прогиба; б – эпюра продольного перемещения; в – эпюра изгибных напряжений; г – эпюра напряжений от продольной силы



компьютерного анализа прочности трубопровода показывает, что максимальные (фибровые) суммарные продольные напряжения  $|\sigma_{пр}^H| = 258.30$  МПа от воздействия нормативных воздействий и нагрузок не превышают их предельно допустимых значений  $[\sigma_{пр}^H] = 349.54$  МПа, т.е.  $|\sigma_{пр}^H| < [\sigma_{пр}^H]$ .

В третьем расчетном варианте значение эквивалентного продольного усилия в средней части уменьшается почти на 30% по сравнению с его значением на концах участка. Характеристики изгиба за счет ослабления заземления грунтом трубы практически не изменились, но при этом более чем в 2 раза увеличилась величина предельно допустимого значения суммарного продольного напряжения  $[\sigma_{пр}^H]$  от нормативных воздействий и нагрузок, что объясняется ослаблением заземления грунтом трубы, она переходит из зоны сжатия в зону растяжения, для которой коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб  $\psi_1 = 1$  [3]. Поэтому и значение  $[\sigma_{пр}^H]$  будет больше этой характеристики для трубопровода с заземленными концами с коэффициентом  $\psi_1 < 1$ . Анализ данных компьютерного анализа прочности трубопровода показывает, что максимальные (фибровые) суммарные продольные напряжения  $|\sigma_{пр}^H| = 149.75$  МПа не превышают их предельно допустимых значений  $[\sigma_{пр}^H] = 349.74$  МПа, т.е.  $|\sigma_{пр}^H| < [\sigma_{пр}^H]$ .

### **Выводы**

1. При нарушении проектного положения трубопровода и ослабления сопротивления грунта продольным перемещениям трубы наибольшие изгибные напряжения возникают в трубопроводе, в котором углы поворота в вертикальной плоскости составлены из кривых выпуклых вставок, а средняя часть – прямыми трубами, что может означать наличие потенциально опасных участков. Для уменьшения изгибных деформаций в вышеуказанных условиях эксплуатации трубопровода необходимо в его конструкции ввести следующее изменение: заменить прямые трубы в средней части вогнутыми вставками.

2. Если при изменении параметров эксплуатации трубопровода, например, при опорожнении газопровода в ходе выполнения технологических работ, прогиб трубопровода изменяется существенно, например, уменьшение его значения в пустой трубе не пропорционально весу газа в трубе, то это означает, что нарушено проектное положение газопровода, и он может находиться в потенциально опасном участке.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Быков Л.И., Мустафин Ф.М., Рафиков С.К. и др. Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов. СПб.: Недра, 2006. 824 с.
- 2 ГОСТ 24950-81. Отводы гнутые и вставки кривые на поворотах линейной части стальных магистральных трубопроводов. Технические условия. Государственный комитет СССР по строительству. М., 1982.
- 3 СП 36.13330.2012. Свод правил. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*. М.: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013. 100 с.
- 4 СТО Газпром 2-3.5-454-2010. Правила эксплуатации магистральных газопроводов. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2010. 241 с.
- 5 Зарипов Р.М., Коробков Г.Е., Чичелов В.А. Универсальный метод расчета на прочность магистральных газопроводов // Газовая промышленность. 1998. № 4. С. 44–45.
- 6 Ильгамов М.А. Статические задачи гидроупругости. Казань: Институт механики и машиностроения РАН, 1994. 208 с.
- 7 Шаммазов А.М., Зарипов Р.М., Чичелов В.А., Коробков Г.Е. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях. Т.1. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и устойчивости трубопроводов. М.: Изд-во «Интер», 2005. 706 с.
- 8 Шаммазов А.М., Зарипов Р.М., Чичелов В.А., Коробков Г.Е. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях. Т. 2. Оценка и обеспечение прочности трубопроводов. М.: Изд-во «Интер», 2006. 564 с.
- 9 Айнбиндер А.Б., Камерштейн А.Г. Расчет магистральных трубопроводов на прочность и устойчивость. М.: Недра, 1982. 340 с.
- 10 Коробков Г.Е., Зарипов Р.М., Шаммазов И.А. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и устойчивости трубопроводов и резервуаров в осложненных условиях эксплуатации. СПб.: Недра, 2009. 409 с.

## References

1. Bykov L.I., Mustafin F.M., Rafikov S.K., Nechval A.M., Lavrentyev A.E. Routine calculations in oil and gas pipeline construction and repair. Uchebnoe posobie. St. Petersburg, Nedra, 2006. 824 p., ill.
2. GOST 24950-81. Bent branches and curve inserts at turnings of linear segments in steel major pipelines. Tekhnicheskie usloviya. Gosudarstvennyy komitet SSSR po stroitelstvu. Moscow, 1982.
3. SP 36.13330.2012. Code of rules. Major pipelines. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.05.06-85\*. Moscow, Gosstroy, FTsS, 2013. 100 p.
4. STO Gazprom 2-3.5-454-2010. Pipeline operating regulations. Moscow, IRTs Gazprom, 2010. 241 p.
5. Zaripov R.M., Korobkov G.E., Chichev V.A. Universal method for calculating the strength of major pipelines. Gazovaya promyshlennost, 1998, no. 4, pp. 44–45.
6. Ilgamov M.A. Static problems of hydroelasticity. Kazan, Institut mekhaniki i mashinostroeniya RAN, 1994. 208 p.
7. Shammazov A.M., Zaripov R.M., Chichev V.A., Korobkov G.E. Calculating and ensuring the strength of pipelines under difficult geologic engineering conditions. Vol. 1. Numerical modelling of pipeline stress-strain state and stability. Moscow, Inter, 2005. 706 p.
8. Shammazov A.M., Zaripov R.M., Chichev V.A., Korobkov G.E. Calculating and ensuring the strength of pipelines under difficult geologic engineering conditions. Vol. 2. Assessing and ensuring the strength of pipelines. Moscow, Inter, 2006. 564 p.
9. Aynbinder A.B., Kamershteyn A.G. Calculations of major pipeline strength and stability. Moscow, Nedra, 1982. 340 p.
10. Korobkov G.E., Zaripov R.M., Shammazov I.A. Numerical modelling of stress-strain state and stability of pipelines and reservoirs under difficult operating conditions. St. Petersburg, Nedra, 2009. 409 p.

---

## JUSTIFIED CALCULATION OF PIPELINE RETURN INTO THE DESIGN POSITION AND ENSURING THE STRENGTH BY CHANGING ITS DESIGN

© R.N. Bakhtizin, R.M. Zaripov, G.E. Korobkov, R.B. Masalimov

Ufa State Petroleum Technological University,  
2, ulitsa Kosmonavtov, 450062, Ufa, Russian Federation

This article presents a mathematical model of stress-strain state (SSS) of a pipeline that consists of curved and straight segments laid under difficult geologic conditions. The pipeline is modelled by a rod system of curved and straight tubular rods. The method of final elements is used to integrate nonlinear kinematic dependences, nonlinear balance equations and physical relations for the rods and also the balance equations in knots of their interface.

In the five-thread pipeline corridor we selected a buried segment 300 m long subjected to karst phenomena. The segment under consideration is conditionally divided into 50 basic elements, each 6 m long. When creating the initial data pool according to the longitudinal profile, absolute marks, soil types with their load-bearing capacity, laying depth and filling height, radii and angles of bent branches, lengths of inclined segments, characteristics of pipes with the indication of their diameter and wall thickness, and the category of pipeline segments are established for each basic element of the conditional division. The initial data can be complemented by the research data collected along the gas pipeline regarding soil physical and mechanical properties and also by stress measurements in the pipe wall and its profile.

The calculation results on the pipeline stress-strain state are given for two calculated variants with the design violation. These are: 1) the pipeline consists of straight pipes and convex inserts; 2) the pipeline consists of straight pipes, concave and convex inserts. The third calculation variant deals with the pipeline consisting of straight pipes and convex inserts after its return into the design position. Each calculation was performed taking into account the changes in soil characteristics, and the effect of operating parameters (internal operating pressure and temperature gradient) on the SSS was studied. The calculations are followed by the analysis of the pipeline SSS and strength assessment in accordance with pipeline operating regulations.

The mathematical model proposed in this article to calculate the SSS of a buried pipeline consisting of curve inserts and straight pipes can be used in the pipeline design and operation under difficult geologic conditions.

Key words: soil, pipe, stress, strain, modelling, curve insert, gas pipeline.

УДК 519.217.2

**АКТУАРНЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ МЕДИЦИНСКОМ СТРАХОВАНИИ ПРОЦЕССА  
ЗАБОЛЕВАНИЯ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ**

© С.И. Спивак, Г.К. Райманова, Д.И. Валитов

Описаны активно развивающиеся актуарные исследования по анализу рисков в страховании. Целью работы является построение методологии решения обратных задач медицинского страхования на основе математических моделей марковских процессов. На основе теории марковских процессов разработана математическая модель медицинского страхования, выписана соответствующая модели система дифференциальных уравнений Колмогорова и соответствующая ей графическая интерпретация. Доказана математическая корректность – неотрицательность, ограниченность и существование решения. Сформулированы прямая и обратная задача для математических моделей медицинского страхования. В результате решения обратной задачи находятся интенсивности переходов между различными состояниями процесса, сохраняющие неизменными страховые тарифы. Решение двойственных задач позволяет оценить чувствительность границ интервалов к вариации исходных статистических данных. Проведен актуарный анализ математической модели медицинского страхования профилактики и лечения сахарного диабета.

Разработанные математическая модель и компьютерная программа использованы при анализе реальных данных по заболеванию сахарным диабетом. Исследования проводились над реальными данными, предоставленными Медицинским информационно-аналитическим центром при Министерстве здравоохранения Республики Башкортостан. Проведенные исследования дают специалистам по медицинскому страхованию реальные механизмы расчета страховых тарифов.

Ключевые слова: марковский процесс, вероятность, уравнение Колмогорова, граф состояний, страховании.

Случайный процесс, протекающий в какой-либо системе, именуется марковским, если он обладает следующим свойством: для любого момента времени вероятность любого состояния системы в будущем зависит только от ее состояния в настоящем и не зависит от того, когда и каким образом система пришла в это состояние. С учетом непрерывности времени, протекающего в географических системах, наиболее подходящими из всех типов марковских процессов будут являться марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Марковское моделирование дает возможность исследователям видеть изменения заболевания в определенный период времени.

В марковской модели исходные параметры – это интенсивности, или силы перехода из состояния в состояние. Когда речь идет о задачах массового обслуживания или о страховых моделях, то эти интенсивности могут быть найдены на основе статистической информации. Исходными данными являются состояния людей сначала в одном временном интервале, а затем в другом временном интервале (например, первый год, а затем второй год). Человек, обладающий некоторыми свойствами, является основным элементом анализируемой системы. В простейшем случае он может находиться лишь в двух состояниях: 1 – здоров, 2 – умер.

Переход возможен только в одном направлении. Для простого пожизненного

---

СПИВАК Семен Израилевич – д.ф.-м.н., Институт нефтехимии и катализа РАН,  
e-mail: semen.spivak@mail.ru

РАЙМАНОВА Гульназ Курбангалеевна – к.ф.-м.н., Башкирский государственный университет,  
e-mail: gulli\_rgk@mail.ru

ВАЛИТОВ Дамир Ильдарович, Башкирский государственный университет,  
e-mail: damirvalitov@yandex.ru

аннуитета страховые пособия выплачиваются, пока индивид находится в состоянии 1, и прекращаются после перехода в состояние 2. В случае полного полиса страхования жизни премии выплачиваются, пока страхователь находится в состоянии 1, а выплата по смерти осуществляется при переходе в состояние 2. Подходы к вычислению актуарных величин в этих случаях просты и хорошо известны [1].

Более сложная ситуация возникает для процессов с дополнительными состояниями. На рис. 1 представлена схема, содержащая три возможных состояния: 1 – «здоров», 2 – «болен» и 3 – «умер», которые обычно используются для описания состояния индивида, застрахованного по полису наступления нетрудоспособности. В этом случае премии (взносы) выплачиваются, пока страхователь находится в состоянии 1, а выплаты осуществляются до тех пор, пока он находится в состоянии 2.

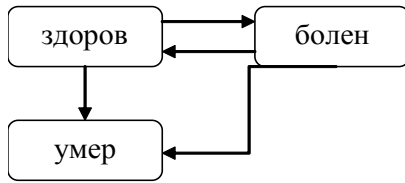


Рис. 1. Модель трех состояний

В отличие от первого случая, когда в модели всего 2 состояния, здесь индивид может переходить из состояния «здоров» в состояние «болен» и наоборот по несколько раз, что в значительной степени усложняет актуарные расчеты. Поэтому часто при расчетах полагают, что переход из состояния «болен» в состояние «здоров» невозможен.

Рассмотрим общий вид марковского процесса и его свойства.

Обозначим через  $X(t)$  состояние индивида в возрасте  $t$  ( $t \geq 0$ ). Определим стохастический процесс как  $\{X(t), t \geq 0\}$ . Предположим, что имеется конечное число состояний, пронумерованных  $1, 2, \dots, n$ , т.е. процесс имеет пространство состояний  $\{1, 2, \dots, n\}$ . Тогда  $\{X(t), t \geq 0\}$  – марковский

процесс, если для любых  $s, t \geq 0$  и  $i, j, x(u) \in \{1, 2, \dots, n\}$ ,

$$\Pr\{X(s+t) = j | X(s) = i, X(u) = x(u),$$

$$0 \leq u < s\} = \Pr\{X(s+t) = j | X(s) = i\}.$$

То есть будущее процесса (после момента времени  $s$ ) зависит только от состояния в момент времени  $s$  и не зависит от истории процесса до момента  $s$ .

Определим функцию вероятности перехода

$$p_{ij}(s, s+t) \equiv \Pr\{X(s+t) = j | X(s) = i\}, i, j \in \{1, 2, \dots, n\},$$

и положим, что

$$\sum_{j=1}^n p_{ij}(s, s+t) = 1 \text{ для любого } t \geq 0.$$

Предположим также существование пределов

$$\mu_{ij}(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{p_{ij}(t, t+h) - p_{ij}(t, t)}{h},$$

$$i, j \in \{1, 2, \dots, n\}, i \neq j.$$

При  $i \neq j$   $\mu_{ij}$  – это интенсивность перехода их состояния  $i$  в состояние  $j$ . Легко видеть, что при  $s, t, u \geq 0$  уравнение Колмогорова–Чепмэна:

$$\begin{aligned} p_{ij}(s, s+t+u) &= \\ &= \sum_{l=1}^n p_{il}(s, s+t) p_{lj}(s+t, s+t+u), \end{aligned} \quad (1)$$

$$i, j \in \{1, 2, \dots, n\}.$$

При вычислении актуарных значений нам понадобятся функции вероятности перехода. Интенсивности переходов и функции вероятности перехода связаны с прямыми и обратными уравнениями Колмогорова

$$\frac{\partial}{\partial t} p_{ij}(s, s+t) = \sum_{l=1}^n p_{il}(s, s+t) \mu_{lj}(s+t), \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} p_{ij}(s, s+t) = - \sum_{l=1}^n \mu_{li}(s) p_{lj}(s, s+t) \quad (3)$$

соответственно, с граничными условиями

$$p_{ij}(s, s) = \delta_{ij}, \text{ где } \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i = j, \\ 0 & \text{иначе.} \end{cases}$$

В общем случае эти системы дифференциальных уравнений должны быть разрешены численно для получения функций вероятности переходов [2].

Точные выражения для функций вероятности переходов можно получить, когда  $\mu_{ij}(t) = \mu_{ij}$  для всех  $t$ . Такой марковский процесс является однородным по времени. Предположение, что интенсивности переходов постоянны, подразумевает, что время, проведенное в каждом состоянии, имеет экспоненциальное распределение. А также, что функции  $p_{ij}(s, s+t)$  одинаковы для всех  $s$ , и их можно обозначить просто  $p_{ij}$ .

Когда интенсивности переходов известны, случай сводится к прямой задаче – решению уравнений Колмогорова–Чепмэна. Для моделей с постоянными интенсивностями это не очень сложно, независимо от числа возможных состояний системы. Но если интенсивности переходов неизвестны, возникает обратная задача, то есть задача оценивания интенсивностей переходов по статистическим данным.

Решение обратной задачи сводится к анализу информативности измерений.

При математическом моделировании на основе схемы марковских процессов естественно ввести понятие качества, воспринимаемого как числовая характеристика какого-то показателя, находящаяся внутри определенного интервала. Применительно к нашей задаче это означает, что интенсивность перехода из одного состояния в другое принадлежит некоторому интервалу, границы которого определяются требованиями к процессу [3].

Решением обратной задачи становится построение системы контроля качества. Под контролем качества мы будем понимать некоторый критерий и алгоритм его проверки, позволяющий ответить на вопрос, находится или нет система внутри требуемого уровня качества. Опираясь на наше понимание качества, это означает, попадает или нет величина интенсивности внутрь заданного интервала.

Отсюда сразу возникает очень важная задача регулирования качества – построение процедуры по организации процесса таким образом, чтобы качество находилось внутри некоторого заданного интервала. Вопрос о том, находится или нет какая-либо характеристика внутри некоторого интервала, характеризующего заданный уровень качества, решается путем анализа соответствующих экспериментальных данных. Именно этот факт приводит нас к необходимости построения соответствующих математических моделей и их использования как способа переработки больших информационных массивов.

Существование таких моделей позволит нам в качестве критерия контроля качества использовать возможность или невозможность описания экспериментальных данных в рамках модели. Регулирование качества в этом случае – организация соответствующего эксперимента.

Предположим, что из статистической информации известны  $p_{ij}(t)$ . Модель описывает измерения в пределах их точности, если выполняется следующая система неравенств:

$$|p_i^{cm} - p_i^p| \leq \varepsilon_i, \quad (4)$$

где  $p_i^{cm}$  – табличные данные по вероятности;  $p_i^p$  – вероятности, рассчитанные по системе (1).

Определим по каждой из констант  $m_{ij}$  интервал неопределенности как некоторый отрезок

$$Dij = [ \min m_{ij}, \max m_{ij} ], \quad (5)$$

вариация  $Dij$  внутри которого сохраняет совместность системы (4).

Постановка задач определения интервалов (5) при условии удовлетворения системы ограничений (4) принадлежит создателю линейного программирования Л.В. Канторовичу и изложена в его докладе Сибирскому математическому обществу в 1962 г. [2].

В качестве примера рассмотрим процесс заболевания сахарным диабетом как

модель многих состояний, которая используется для описания состояния застрахованного лица.

Для процесса заболевания сахарным диабетом рассмотрим четыре состояния системы:  $A_1$  – «здоров»,  $A_2$  – «болен сахарным диабетом, инсулин-независим»,  $A_3$  – «болен сахарным диабетом, инсулин зависим»,  $A_4$  – «умер», где  $\lambda_{ij}$  – интенсивности переходов из одного состояния в другое.

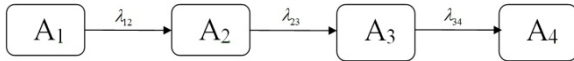


Рис. 2. Модель заболевания сахарным диабетом

Для схемы, представленной на рис. 2, система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dp_1(t)}{dt} = -\lambda_{12}p_1(t) \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_{12}p_1(t) - \lambda_{23}p_2(t) \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda_{23}p_2(t) - \lambda_{34}p_3(t) \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = \lambda_{34}p_3(t) \end{cases} \quad (6)$$

Здесь  $p_i(t)$  ( $i = \overline{1,4}$ ) – вероятность состояния  $A_i$ .

При задании начальных условий предполагается, что первоначально система находится в состоянии «здоров». Таким образом, эти условия имеют следующий вид

$$\begin{aligned} p_1(0) = 1, \quad p_2(0) = 0, \\ p_3(0) = 0, \quad p_4(0) = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Кроме того, для любого момента времени  $t$  выполняется нормировочное условие

$$p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) + p_4(t) = 1 \quad (8)$$

Когда интенсивности переходов известны, ситуация сводится к прямой задаче – решению уравнений Колмогорова. Но если интенсивности переходов неизвестны, возникает обратная задача, то есть задача оценивания интенсивностей переходов по статистическим данным. Для прямой и обратной задачи разработана программа на языке программирования C++. Методом

Кутта–Мерсона рассчитываются вероятности нахождения системы в том или ином состоянии при средних значениях интенсивностей, которые были найдены на основе статистической информации [4].

Найдем интенсивности переходов для математической модели. Для вероятности  $p_1$  выражаем интенсивность перехода

$$\lambda_{12} = -\frac{\ln\left(\frac{p_1}{0.998458}\right)}{t}.$$

Значение других интенсивностей выражаем аналогично.

$t$	$\lambda_{12}$	$\lambda_{23}$	$\lambda_{34}$
Среднее значение	0.001395776	0.000121424	0.000020951

На основании средних значений показателей интенсивностей получаем расчетные значения вероятностей нахождения системы в состояниях  $A_1$  – «здоров»,  $A_2$  – «болен сахарным диабетом, инсулин-независим»,  $A_3$  – «болен сахарным диабетом, инсулин-зависим»,  $A_4$  – «умер». Графическое сравнение экспериментальных и расчетных данных приведено на рис. 3. Видно, что расчет достаточно хорошо сопоставим с экспериментом.

Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными дает основание утверждать, что модель, описываемая системой (6), адекватна реальным данным и может быть использована при практических расчетах определения интервалов необходимых средств для лечения сахарного диабета. Определим область неопределенности по интенсивностям  $\lambda_{ij}$  как решение системы неравенств (4), где  $p_i^{cm}$  – табличные данные по вероятностям заболеваний сахарным диабетом;  $p_i^p$  – вероятности, рассчитанные по системе (6).

В результате вычислений получили интервалы изменения интенсивностей.

$\lambda_{12}$	$\lambda_{23}$	$\lambda_{34}$
[0.001; 0.0031]	[0.00001; 0.2108]	[0.000001; 0.0281]



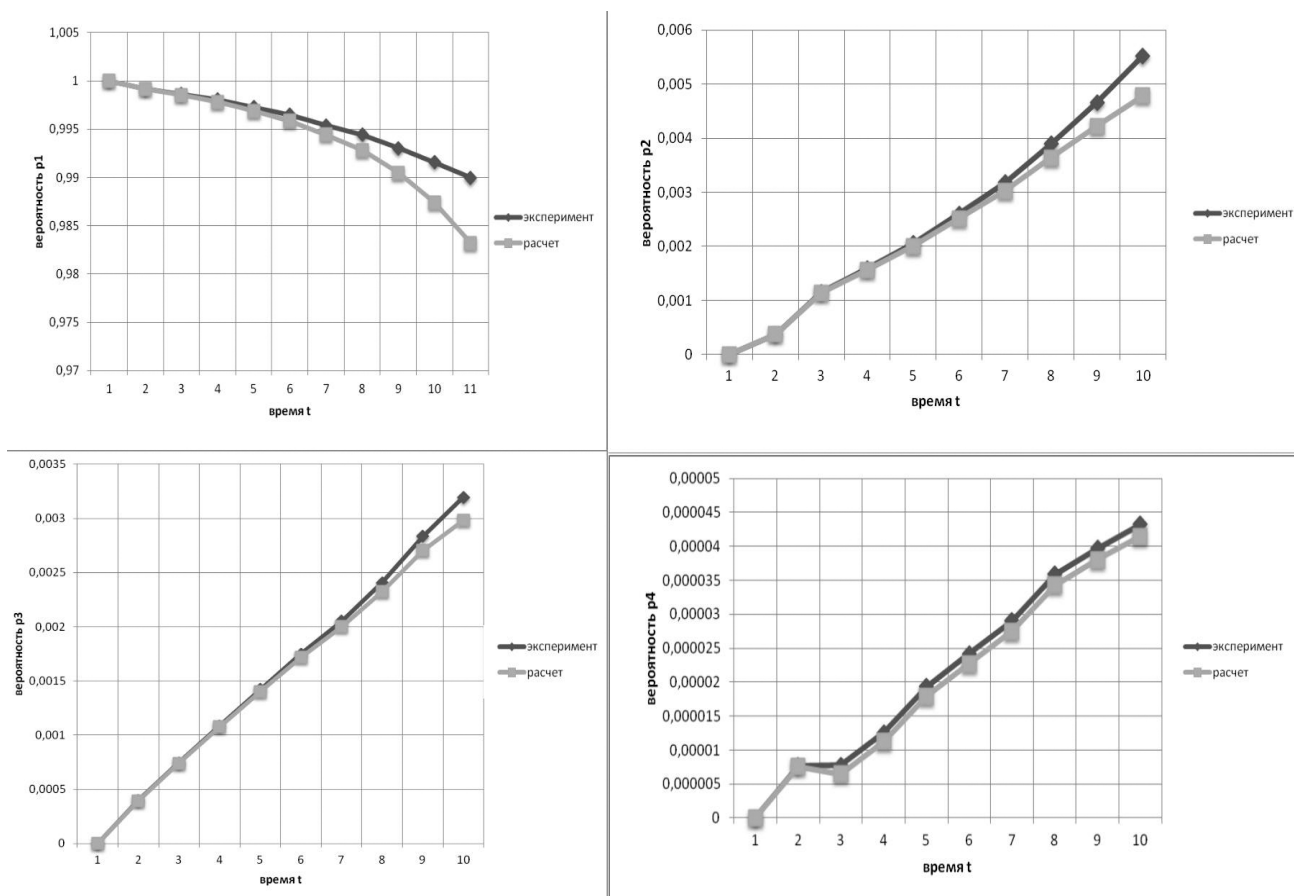


Рис. 3. Графическое сравнение экспериментальных и расчетных данных  $p_1$ – $p_4$ . Графики показывают несколько значений вероятностей для каждого из 4-х состояний отличаются. Темная линия – экспериментальные данные, светлая линия – расчетные данные. Период  $T=10$  (лет)

В настоящее время лечение сахарного диабета в подавляющем большинстве случаев является симптоматическим и направлено на устранение имеющихся симптомов без устранения причины заболевания, так как эффективного лечения диабета еще не разработано. От сахарного диабета как такового никто еще не умирал, больные умирают от осложнений, которые вызывает сахарный диабет. Стоимость лечения сахарного диабета может варьироваться в достаточно большом интервале в зависимости от осложнений. Распространенность сахарного диабета в Российской Федерации по данным ГосРегистра, 3 779 423 человек на 2013 г. По данным IDF, на лечение одного больного тратится 22750 рублей в год. Интервал изменения этой величины [22 000 руб.; 156 000 руб.]

На основе математических ожиданий численности количества больных определены величины расходов на медицинскую помощь больным сахарным диабетом [ $8.3 \cdot 10^9$ ;  $5.89 \cdot 10^{11}$ ]. Из интервала изменения интенсивности перехода был построен интервал изменения средств, необходимых для лечения больных сахарным диабетом [ $5.3 \cdot 10^{10}$ ;  $8.2 \cdot 10^{10}$ ]. Найденный интервал входит в интервал изменения средств, выделяемых для борьбы с сахарным диабетом. Рассчитанный по модели интервал требуемых средств на медицинское страхование по лечению сахарного диабета сопоставим с реальным. Таким образом, данный метод определения интервала изменения требуемых средств на медицинское страхование позволяет эффективно решать задачи, возникающие в страховании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Райманова Г.К. Математическое моделирование в задачах медицинского страхования, профилактики и лечения туберкулеза. Уфа, 2009. 100 с.
2. Канторович Л.В. // Сибирский математический журнал. 1962. Т. 3, № 5. С. 701–709.
3. Спивак С.И., Райманова Г.К., Абдюшева С.Р. Обратные задачи для марковских моделей медицинского страхования // Страхование дело. 2008. № 9 (188). С. 36–42.
4. Спивак С.И., Райманова Г.К. Математическая модель процесса заболевания туберкулезом // Системы управления и информационные технологии. 2009. № 2.2 (36). С. 293–297.

## References

1. Raymanova G.K. Mathematical modelling in health insurance, prevention and treatment of tuberculosis. Ufa, 2009. 100 p.
2. Kantorovich L.V. On some approaches to computational methods and observation processing. Sibirskiy matematicheskiy zhurnal, 1962, vol. 3, no. 5, pp. 701–709.
3. Spivak S.I., Raymanova G.K., Abdusheva S.R. Inverse problems for Markov models in health insurance. Strakhovoe delo, 2008, no. 9 (188), pp. 36–42.
4. Spivak S.I., Raymanova G.K. Mathematical model for tuberculosis process. Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii, 2009, no. 2.2 (36), pp. 293–297.

---

## ACTUARIAL CALCULATIONS FOR HEALTH INSURANCE OF DIABETES PROCESS

© S.I. Spivak<sup>1</sup>, G.K. Raymanova<sup>2</sup>, D.I. Valitov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Petrochemistry and Catalysis, RAS,  
141, prospekt Oktyabrya, 450075, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup> Bashkir State University,  
32, ulitsa Zaki Validi, 450076, Ufa, Russian Federation

The article is devoted to actuarial studies performed actively in insurance risk analysis. The aim of this work is to develop a methodology for solving inverse problems in health insurance based on mathematical models for Markov processes. Applying the theory of Markov processes, the authors developed a mathematical model for health insurance and described the corresponding system of Kolmogorov differential equations and its graphical interpretation. The mathematical correctness was proved, i.e. non-negativity, boundedness and the existence of a solution. Both primal and inverse problems were formulated for mathematical models in health insurance. The result of solving the inverse problem made it possible to find the transition intensities of different states of the process maintaining insurance rates constant. The solution to the dual problems allowed assessing the sensitivity of the boundaries between intervals to variations in the initial statistical data. The actuarial analysis of the mathematical model was carried out for health insurance, prevention and treatment of diabetes.

The mathematical model and computer program were used in real data analysis of diabetes morbidity. The study was conducted using real data given by the Medical Information and Analytical Centre under the Ministry of Health Care of the Republic of Bashkortostan. The research results provide specialists in health insurance services with reliable mechanisms for calculating insurance rates.

Key words: Markov process, probability, Kolmogorov equation, state graph, insurance.

УДК 537.611.44 + 534.242

## ДИНАМИКА 180-ГРАДУСНОЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ В РОМБИЧЕСКОМ АНТИФЕРРОМАГНЕТИКЕ В РЕЖИМЕ АВТОРЕЗОНАНСА

© И.Р. Каюмов, Е.С. Шиховцева

Исследована авторезонансная динамика двух сильно взаимодействующих 90-градусных межфазных стенок, образующих одну 180-градусную доменную стенку в магнитном поле  $\mathbf{H} \parallel \mathbf{b}$ -оси кристалла редкоземельного ортоферрита.

Ключевые слова: доменная граница, солитоны, авторезонанс.

В ромбическом антиферромагнетике могут иметь место спонтанные фазовые переходы первого рода между слабоферромагнитной  $G_x F_z$  и антиферромагнитной  $G_y$  фазами [1]. Температура  $T_p$  равновесного фазового перехода, когда переход происходит скачком и однородно по образцу, определяется условием равенства термодинамических потенциалов фаз:  $K_1(T_p) + K_2 = 0$ , где  $K_1$ ,  $K_2 < 0$  – первая и вторая константы магнитной анизотропии в  $(ab)$ -плоскости кристалла. Области существования фаз по температуре перекрываются. При этом температуры  $T_1$  и  $T_2$ , определяющие границы существования метастабильных фаз, задаются уравнениями:  $K_1(T_2) = 0$ ,  $K_1(T_1) + 2K_2 = 0$ . Спонтанный фазовый переход первого рода между фазами  $G_y$  и  $G_x F_z$  имеет место в  $\text{DyFeO}_3$  при температуре Морины, то есть при  $T_p = T_M$  [1]. В магнитном поле  $\mathbf{H} \parallel \mathbf{b}$ -оси кристалла температура перехода смещается, и переход происходит при  $T_p > T_M$ . В области сосуществования фаз вектор антиферромагнетизма  $\mathbf{l}$  в доменных границах поворачивается в  $(ab)$ -плоскости кристалла.

Рассмотрим 180-градусную доменную границу, разделяющую антиферромагнитные домены в фазе  $G_y$  в области температур  $T_1 < T < T_2$ . В этом случае 180-градусная

доменная стенка представляет собой зародыши метастабильной фазы. Такую 180-градусную доменную стенку можно рассматривать как двухсолитонное образование, состоящее из двух сильно взаимодействующих 90-градусных межфазных стенок разной полярности [2]. При этом она обладает внутренними степенями свободы, связанными с возможностью движения образующих ее 90-градусных межфазных стенок относительно центра системы [2]. Такая мода колебаний соответствует пульсации толщины 180-градусной доменной стенки, и ее можно назвать пульсационной модой колебаний 180-градусной доменной стенки с частотой [2]

$$\omega_{180} = \gamma \left[ 4H_E H_g - (\alpha H_E / 2)^2 \right]^{1/2}, \quad (1)$$

где  $H_E$  – обменное поле;  $H_g = \chi_{\perp} (H_{cr}^2 - H^2) / (4M_0 |K_2|)$ ,  $\chi_{\perp}$  – антиферромагнитная восприимчивость,  $M_0$  – намагниченность насыщения,  $H_{cr} = \{2(K_{ab} + |K_2|) / \chi_{\perp}\}^{1/2}$ ,  $K_{ab}$  – константа анизотропии в  $(ab)$ -плоскости,  $H$  – магнитное поле, параллельное  $\mathbf{b}$ -оси кристалла;  $\alpha$  – параметр затухания.

Настоящая работа посвящена исследованию условий управляемой резонансной генерации нелинейных пульсационных колебаний 180-градусной доменной стенки в магнитном поле  $\mathbf{H} \parallel \mathbf{b}$ -оси кристалла.

Генерация нелинейных колебаний возможна в авторезонансном режиме [2–4]. В авторе-

КАЮМОВ Ильдар Раилович – к.ф.-м.н., Институт физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра РАН, e-mail: kayumovir@mail.ru  
ШИХОВЦЕВА Елена Сергеевна – д.ф.-м.н., Институт физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра РАН, e-mail: elshik@anrb.ru

зонансном режиме можно не только генерировать, но и управлять нелинейной динамикой магнитных систем [2].

Под авторезонансом (или автофазировкой) понимается явление автоматической подстройки собственной частоты нелинейной динамической системы под частоту внешнего воздействия (накачки) [3, 5]. Возникающий таким образом резонанс, удерживаемый в течение долгого времени, может приводить к значительному изменению амплитуды колебаний и энергии системы даже при малой вынуждающей силе.

Рассмотрим массивную пластину редкоземельного ортоферрита со свободной поверхностью, перпендикулярной  $c$ -оси кристалла. Оси декартовой системы координат  $(x, y, z)$  считаем совпадающими с направлениями кристаллографических осей  $(a, b, c)$  соответственно. Динамику локализованных магнитных неоднородностей в ромбических антиферромагнетиках можно описать исходя из возмущенного уравнения синус-Гордона

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{1}{4} \sin(4\theta) = -\frac{1}{2} g \sin(2\theta) - \beta \frac{\partial \theta}{\partial t}. \quad (2)$$

Здесь  $\theta$  – угол между вектором  $\mathbf{l}$  и  $\mathbf{b}$ -осью кристалла в  $(ab)$ -плоскости;  $x, y$  – безразмерные (нормированные на толщину 180-градусной доменной стенки) координаты;  $t$  – безразмерное время;  $\beta$  – параметр затухания;

$$g = \frac{\chi_{\perp}}{2|K_2|} (H_{cr}^2 - H^2). \quad (3)$$

Уравнение (2) имеет решение в виде солитон-солитонной пары:

$$\operatorname{ctg} \theta = \sqrt{\frac{\Omega + B^2}{\Omega - 1}} \cdot \operatorname{sh}(x\sqrt{1 - \Omega}), \quad (4)$$

$$(-\infty < \Omega < -B^2).$$

Зависимость параметров  $\Omega$  и  $B$  от времени  $t$  определяется из системы [5]:

$$\begin{cases} \Omega_t = \frac{2B(\beta B - g)(J(a) - a)}{a - 1}, \\ B_t = \Omega + B^2 + g - \beta B, \end{cases} \quad (5)$$

где

$$J(a) = \sqrt{\frac{a}{a-1}} \operatorname{Arth} \sqrt{\frac{a}{a-1}}, \quad a = \frac{\Omega - 1}{\Omega + B^2}.$$

При  $g \neq 0$  и  $H = \text{const}$  уравнения (4) и (5) описывают затухающие колебания двух 90-градусных межфазных стенок относительно центра образованной ими 180-градусной доменной стенки [2].

Рассмотрим вынужденные колебания в магнитном поле

$$H = H_0 - H_1 \sin \Phi, \quad (6)$$

где  $H_1 \ll H_0 < H_{cr}$ ;  $\Phi = \Phi(t)$  – фаза,  $d\Phi/dt$  – частота переменного поля. В этом случае параметр  $g$  можно представить в виде

$$g = g_0 + g_1 \sin \Phi(t). \quad (7)$$

В (7):

$$g_0 = \frac{\chi_{\perp}}{2|K_2|} (H_{cr}^2 - H_0^2), \quad g_1 = \frac{\chi_{\perp} H_0}{|K_2|} H_1, \quad (8)$$

где  $g_1 \ll g_0$ . Частоту переменного поля считаем медленно меняющейся функцией времени

$$\Phi_t = 1 + \frac{1}{2} g_0 - f(t). \quad (9)$$

В дальнейшем рассмотрим случай, когда

$$|\Omega + B^2| \ll 1, \quad (B^2 \ll 1, \quad |\Omega| \ll 1). \quad (10)$$

Полагая в (5)

$$\Omega = -g_1^{1/3} \rho \sin \Psi - g_0, \quad B = \frac{g_1^{1/3} \rho}{\sqrt{2} g_0} \cos \Psi \quad (11)$$

и применяя классическую процедуру усреднения [6], получаем уравнения главного резонанса:

$$\begin{cases} \frac{d\rho}{d\tau} = -\frac{1}{2} \sin \Psi - \frac{\lambda}{2} g_1^{-2/3} \rho, \\ \rho \left( \frac{d\Psi}{d\tau} - g_1^{-2/3} f(g_1^{-2/3} \cdot \tau) + \frac{3\rho^2}{16g_0} \right) = -\frac{1}{2} \cos \Psi. \end{cases} \quad (12)$$

В (12) сделаны замены:  $\tau = t \cdot g_1^{2/3}$ ;

$\lambda = \beta / \sqrt{2} g_0$ ;  $\Psi = \psi - \Phi$  – разность фаз колебаний параметров  $\Omega$  и  $B$  и поля  $H$ . Условия резонансного захвата, исходя из (12), при линейной зависимости  $f(t) = \mu t$  хорошо исследованы [2, 4]. В этом случае для двухпараметрического семейства решений при  $\tau \rightarrow \infty$  и нулевой диссипации имеем

$$\rho(\tau) \approx \sqrt{2\mu\tau / g_1^{4/3}}. \quad (13)$$

При наличии малого затухания ( $\lambda / g_1^{2/3} \ll 1$ ) амплитуда колебаний довольно долго растет, а затем на далеких временах  $\tau_c \gg 1$  происходит срыв. Применительно к исходной задаче, определяемой уравнениями (4) и (5), решения модельной задачи (12) позволяют установить факт подстройки частоты пульсационных нелинейных колебаний 180-градусной доменной стенки под медленно

меняющуюся частоту переменного поля. Определение условий захвата в резонанс, исходя из анализа модельных уравнений авторезонанса (12), позволяет провести численный анализ полных уравнений (4) и (5) и описать авторезонансную генерацию нелинейных пульсационных колебаний 180-градусной стенки.

Генерацию таких колебаний удобно рассмотреть, наблюдая за изменением расстояния  $T$  между двумя сильновзаимодействующими 90-градусными межфазными стенками в 180-градусной доменной стенке, определяемого как расстояние между наиболее удаленными точками перегиба на кривой  $\theta(x)$ :

$$T = \frac{2}{\sqrt{1-\Omega}} \operatorname{Arch} \sqrt{-\frac{1+B^2}{\Omega+B^2}}. \quad (14)$$

Далее рассмотрим три различных случая:

- 1)  $f(t) = \mu t$ ;      2)  $f(t) = v \operatorname{th}(\mu t)$ ;  
 3)  $f(t) = v \sin(\mu t)$ . Здесь  $v, \mu = \operatorname{const}$ .

В случае линейного закона изменения частоты накачки  $\Phi_i$  ( $f(t) = \mu t$ ) решения уравнений главного резонанса показаны на рис. 1. Как показывают численные расчеты, ширина 180-градусной доменной стенки осциллирует со временем, причем амплитуда пульсационных колебаний нарастает и в какой-то момент времени срывается на первоначальное значение.

На рис. 2 показан вид решения  $\theta = \theta(x)$ , согласно (4), для трех случаев: 1 – для начальных значений параметров  $\Omega(t=0) = -0.2$  и  $B(t=0) = 0$ ; 2 и 3 – для параметров  $\Omega$  и  $B$ , соответствующих значению  $T$ , близкому к максимальному и минимальному значениям соот-

ветственно ширины 180-градусной доменной стенки.

Рассмотрим теперь модуляцию частоты резонансного переменного поля по закону гиперболического тангенса:  $f(t) = v \operatorname{th}(\mu t)$ . Решения уравнений главного резонанса (12) для данного случая показаны на рис. 3, 4. Анализ показывает, что в этом случае при данном значении остальных параметров системы (5) для параметра  $v$  существует некоторое критическое значение  $(v)_{cr}$ , выше и ниже которого картина колебаний ширины 180-градусной доменной стенки различна.

Если  $v < (v)_{cr}$ , то система переходит в стационарный режим пульсационных колебаний с амплитудой  $T$ , большей первоначального значения  $T(t=0)$ . Если же  $v > (v)_{cr}$ , то амплитуда колебаний величины  $T$  нарастает со временем вплоть до того момента, когда происходит ее срыв.

В случае гармонического изменения частоты поля накачки ( $f(t) = v \sin(\mu t)$ ) результаты численного решения уравнений главного резонанса представлены на рис. 5, 6.

Здесь также существует критическое значение  $(v)_{cr}$  параметра  $v$ . При  $v < (v)_{cr}$  происходит периодическое плавное нарастание и убывание амплитуды колебаний ширины 180-градусной доменной стенки  $T$ . При  $v > (v)_{cr}$  амплитуда колебаний величины  $T$  также периодически нарастает и убывает со временем, но при этом наблюдается периодически срыв амплитуды  $T$ .

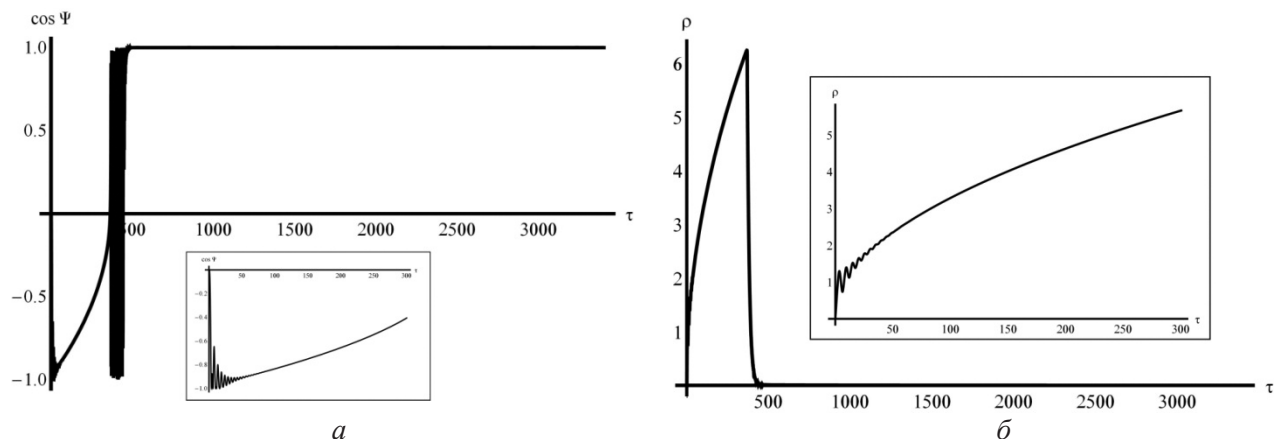


Рис. 1. Решение уравнений главного резонанса (12) при  $g_0 = 0.2$ ,  $g_1 = 0.001$ ,  $\beta = 0.001$ ,  $\mu = 10^{-5}$ ,  $\rho(\tau=0) = 10^{-10}$ ,  $\Psi(\tau=0) = -\pi/2$  для линейного случая ( $f(t) = \mu t$ ) изменения частоты поля накачки

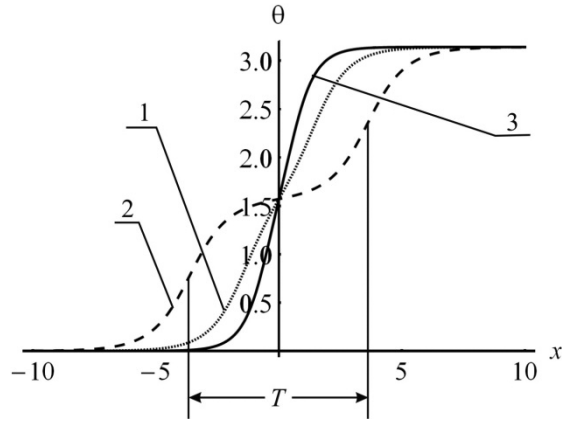


Рис. 2. Солитонные решения  $\theta = \theta(x)$ , согласно (4), в линейном случае ( $f(t) = \mu t$ ) для: 1 –  $T(t) = 2.6357$ ; 2 –  $T(t) = 7.2178$ ; 3 –  $T(t) = 0.0523$

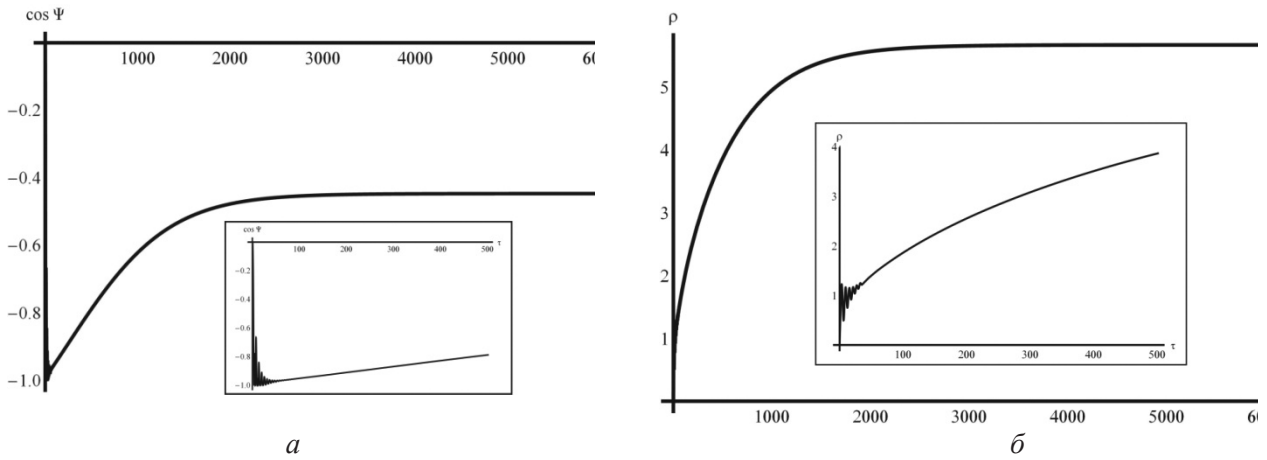


Рис. 3. Решение уравнений главного резонанса (12) при  $g_0 = 0.2$ ,  $g_1 = 0.001$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\beta = 0.001$ ,  $\mu = 10^{-5}$ ,  $\rho(\tau = 0) = 10^{-10}$ ,  $\Psi(\tau = 0) = -\pi/2$  для гиперболического случая ( $f(t) = \nu \text{th}(\mu t)$ ) изменения частоты поля накачки. Значение  $\nu_{\text{cr}}$  лежит в интервале:  $0.674 < \nu_{\text{cr}} < 0.676$

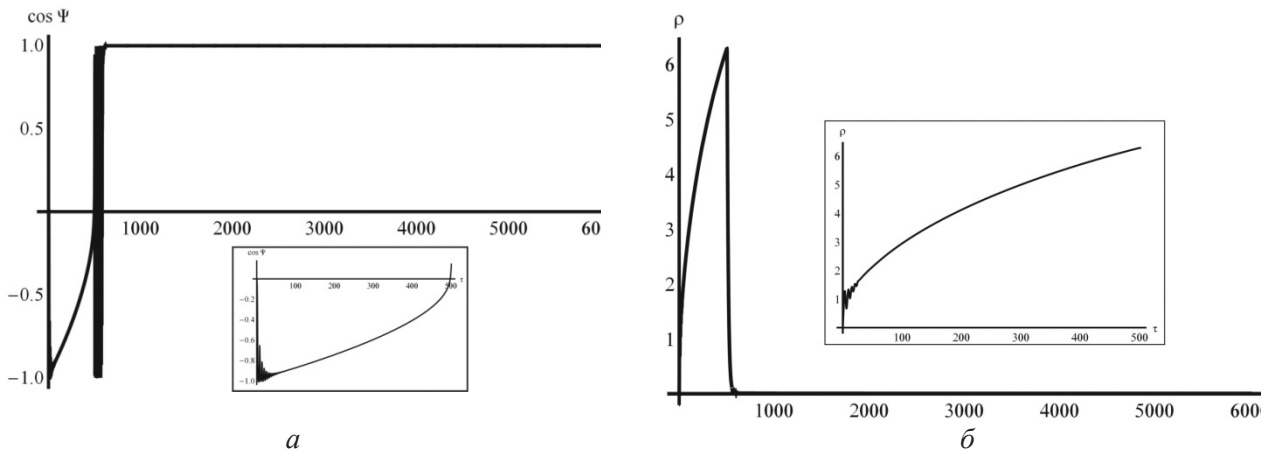


Рис. 4. Решение уравнений главного резонанса (12) при  $g_0 = 0.2$ ,  $g_1 = 0.001$ ,  $\nu = 0.8$ ,  $\beta = 0.001$ ,  $\mu = 10^{-5}$ ,  $\rho(\tau = 0) = 10^{-10}$ ,  $\Psi(\tau = 0) = -\pi/2$  для гиперболического случая ( $f(t) = \nu \text{th}(\mu t)$ ) изменения частоты поля накачки. Значение  $\nu_{\text{cr}}$  лежит в интервале:  $0.674 < \nu_{\text{cr}} < 0.676$



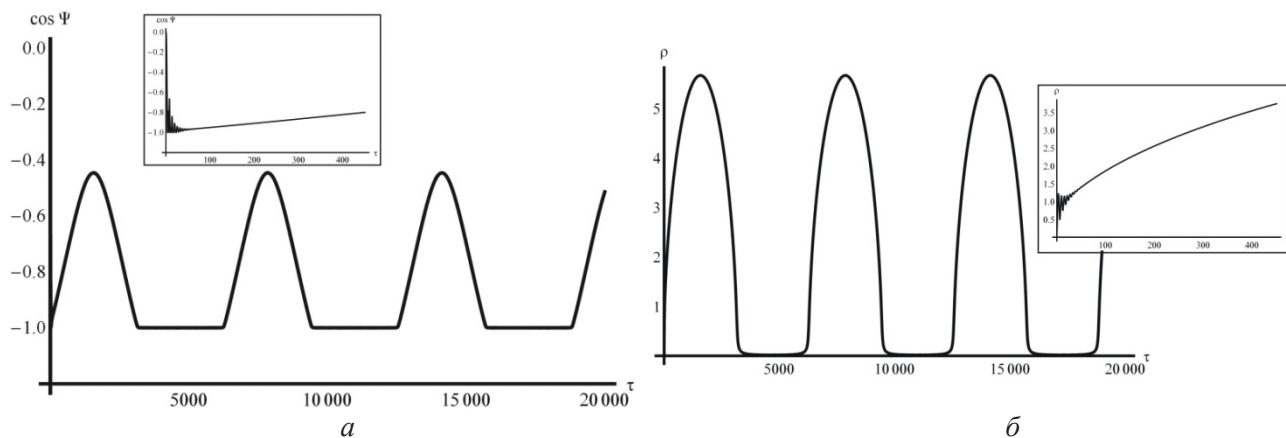


Рис. 5. Решение уравнений главного резонанса (12) при  $g_0 = 0.2$ ,  $g_1 = 0.001$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\beta = 0.001$ ,  $\mu = 10^{-5}$ ,  $\rho(\tau = 0) = 10^{-10}$ ,  $\Psi(\tau = 0) = -\pi/2$  для гармонического случая ( $f(t) = \nu \sin(\mu t)$ ) изменения частоты поля накачки. Значение  $\nu_{cr}$  лежит в интервале:  $0.674 < \nu_{cr} < 0.676$

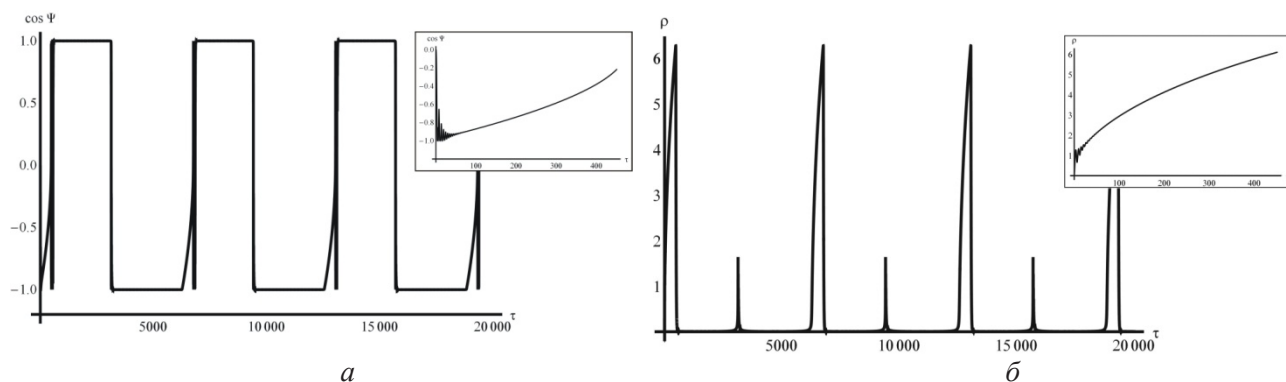


Рис. 6. Решение уравнений главного резонанса (12) при  $g_0 = 0.2$ ,  $g_1 = 0.001$ ,  $\nu = 0.8$ ,  $\beta = 0.001$ ,  $\mu = 10^{-5}$ ,  $\rho(\tau = 0) = 10^{-10}$ ,  $\Psi(\tau = 0) = -\pi/2$  для гармонического случая ( $f(t) = \nu \sin(\mu t)$ ) изменения частоты поля накачки. Значение  $\nu_{cr}$  лежит в интервале:  $0.674 < \nu_{cr} < 0.676$

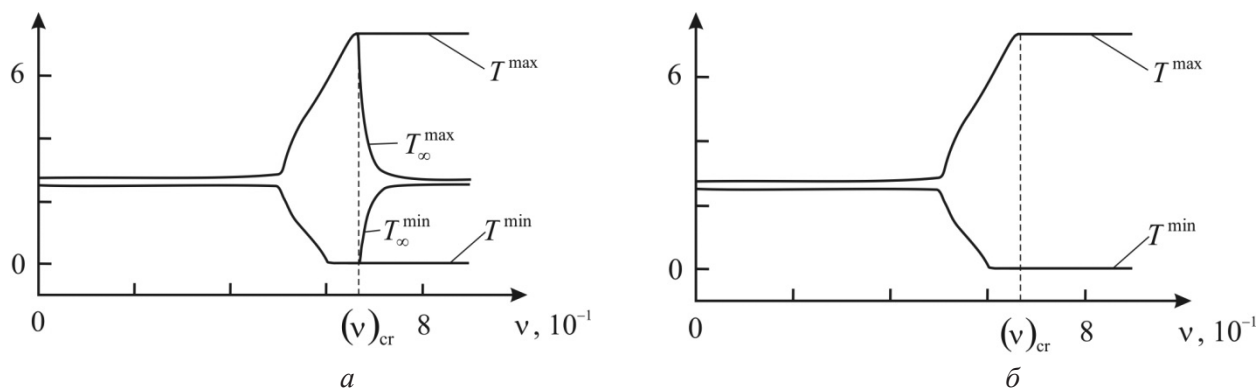


Рис. 7. Зависимости характерных расстояний 180-градусной доменной стенки от параметра  $\nu$  при  $g_0 = 0.2$ ,  $g_1 = 0.001$ ,  $\beta = 0.001$ ,  $\mu = 10^{-5}$ ,  $\Omega(t = 0) = -0.2$ ,  $B(t = 0) = 0$  для гиперболического (а); гармонического (б) случая изменения частоты поля накачки

Следует отметить, что как для гиперболического, так и для гармонического случая максимальное ( $T_{\infty}^{\max}$ ) и минимальное ( $T_{\infty}^{\min}$ ) значения величины  $T$ , принимаемые системой при  $t \rightarrow \infty$  (значение ширины 180-градусной доменной стенки  $T$  в установившемся режиме), а также максимальное ( $T^{\max}$ ) и минимальное ( $T^{\min}$ ) значения  $T$ , принимаемые системой за все время (при  $t \in (0, \infty)$ ), существенным образом зависят от параметра  $\nu$  (рис. 7). Из рис. 7 видно, что для гиперболического случая при  $\nu = (\nu)_{\text{cr}}$  величина  $T_{\infty}^{\max}$  принимает свое максимальное значение.

**Заключение.** Таким образом, найденные решения показывают возможность существования в ромбических антиферромагнетиках высокоамплитудных нелинейных пульсационных колебаний двух сильно взаимодействующих 90-градусных межфазных стенок относительно центра образованной ими 180-градусной доменной границы во внешнем магнитном поле в режиме авторезонанса.

При модуляции частоты поля накачки по линейному закону, как показано в данной работе, амплитуда пульсационных колебаний 180-градусной доменной стенки возрастает со временем вплоть до того момента, когда происходит ее срыв. При изменении частоты поля накачки по закону гиперболического тангенса колебания двух 90-градусных межфазных стенок относительно центра образованной ими 180-градусной доменной границы можно вывести на высокоамплитудный стационарный режим. В случае гармонической модуляции частоты поля накачки происходит периодическое нарастание и последующий срыв амплитуды колебаний ширины 180-градусной доменной границы.

Выбирая вид функции  $f(t)$ , задающей модуляцию частоты внешнего переменного магнитного поля малой амплитуды, а также значения параметров  $\mu$  и  $\nu$ , можно управлять

моментом включения и выключения авторезонансного режима нелинейных пульсационных колебаний 180-градусной доменной стенки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белов К.П., Звездин А.К., Кадомцева А.М., Левитин Р.З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979.
2. Шамсутдинов М.А., Ломакина И.Ю., Назаров В.Н., Харисов А.Т., Шамсутдинов Д.М. Ферро- и антиферромагнитодинамика. Нелинейные колебания, волны и солитоны. М.: Наука, 2009.
3. Meerson B., Friedland L. Strong autoresonance excitation of Rydberg atoms: the Rydberg accelerator // Phys. Rev. A. 1990. V. 41. P. 5233–5236.
4. Калякин Л.А., Шамсутдинов М.А. Авторезонансные асимптотики в осциллирующей системе со слабой диссипацией // ТМФ. 2009. Т. 160. С. 102–111.
5. Калякин Л.А. Асимптотический анализ моделей авторезонанса // УМН. 2009. Т. 63. С. 3–72.
6. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974.

#### References

1. Belov K.P., Zvezdin A.K., Kadomtseva A.M., Levitin R.Z. Orientation transitions in rare-earth magnets. Moscow, Nauka, 1979. 317 p.
2. Shamsutdinov M.A., Lomakina I.Yu., Nazarov V.N., Kharisov A.T., Shamsutdinov D.M. Ferro- and antiferromagnetic dynamics. Nonlinear oscillations, waves and solitons. Moscow, Nauka, 2009. 456 p.
3. Meerson B., Friedland L. Strong autoresonance excitation of Rydberg atoms: The Rydberg accelerator. Phys. Rev. A., 1990, vol. 41, pp. 5233–5236.
4. Kalyakin L.A., Shamsutdinov M.A. Autoresonance asymptotics in an oscillating system with weak dissipation. Teoreticheskaya i matematicheskaya fizika, 2009, vol. 160, pp. 102–111.
5. Kalyakin L.A. Asymptotic analysis of autoresonance models. Uspekhi matematicheskikh nauk, 2009, vol. 63, pp. 3–72.
6. Bogolyubov N.N., Mitropolskiy Yu.A. Asymptotic methods in the theory of nonlinear oscillations. Moscow, Nauka, 1974. 503 p.

### DYNAMICS OF 180-DEGREE DOMAIN WALLS IN ANTIFERROMAGNETS IN THE RHOMBIC AUTORESONANT MODE

© I.R. Kayumov, E.S. Shikhovtseva

Institute of Molecule and Crystal Physics, Ufa Scientific Centre, RAS,  
151, prospekt Oktyabrya, 450075, Ufa, Russian Federation

Consideration is given to autoresonance dynamics of two strongly interacting 90-degree interphase walls forming a 180-degree domain wall in the magnetic field  $\mathbf{H} \parallel \mathbf{b}$  -axis of the rare-earth orthoferrite crystal.

Key words: domain boundary, solitons, autoresonance.

УДК 581.55

## К СИНТАКСОНОМИИ ВОДНОЙ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА БИРСКА (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

© Т.Г. Рябова, Я.М. Голованов, Н.Н. Минина, И.В. Черных

Приводятся результаты синтаксономического анализа прибрежно-водной растительности классов *Lemnetea* (космополитные сообщества свободноплавающих на поверхности или в толще воды неукореняющихся растений (плейстофитов)), *Potametea* (сообщества гидрофитов – прикрепленных ко дну водных растений с плавающими на поверхности и в толще воды листьями, встречающихся как в стоячих, так и проточных водоемах), *Phragmito–Magno-Caricetea* (водные и околоводные сообщества прикрепленных ко дну и возвышающихся над водой растений (гелофитов), способных длительное время переносить периоды затопления водой) города Бирска (Республика Башкортостан). Город Бирск расположен в 98 км к северу от г. Уфы на правом берегу реки Белая, около 10 км выше впадения в нее р. Бирь. В физико-географическом отношении Бирск занимает центральное положение Предуральского равнинно-возвышенного района восточной части Русской платформы. В геологическом плане территория города и его района приурочена к Бирской седловине. Климат формируется под влиянием атлантических воздушных масс. Его характерными особенностями являются влажное теплое лето и умеренно суровая снежная зима. Зональные типы почв: серые лесные, оподзоленные черноземы, лугово-болотные и пойменные почвы. Гидрографическая сеть в пределах города сильно развита и представлена как реками, озерами и болотами, так и другими увлажненными техногенными местообитаниями – канавами, придорожными кюветами и пр. В основу работы положено 94 геоботанических описания водных и прибрежно-водных сообществ, выполненных в течение 1996–2015 гг. в пределах административных границ г. Бирска. Эколого-флористическая классификация исследуемых растительных сообществ приведена в соответствии с общими установками направления Браун-Бланке. На настоящий момент синтаксономическое разнообразие водной и прибрежно-водной растительности г. Бирска представлено 21 ассоциацией из 3 классов, 7 порядков и 9 союзов. В целом отмеченные синтаксоны широко распространены на территории города и занимают различные по экологии прибрежно-водные местообитания. Исключение составляют ассоциации *Lemno–Utricularietum* (класс *Lemnetea*), *Potamo natantis–Polygonetum natantis* (класс *Potametea*), *Sparganietum erecti*, *Oenanthe aquaticae–Rorippetum amphibiae* (класс *Phragmito–Magno-Caricetea*), встречающиеся локально.

Ключевые слова: водная, прибрежно-водная растительность, синтаксономия, классы *Lemnetea*, *Potametea*, *Phragmito–Magno-Caricetea*.

Водные и прибрежно-водные сообщества являются одними из наиболее гетерогенных компонентов аборигенного растительного покрова городских территорий. Настоящая работа, в частности, представляет собой обзор вышеназванных типов растительности в пределах административной границы города Бирска.

Город Бирск расположен в 98 км к северу от г. Уфа на правом берегу реки Белая, около 10 км выше впадения в нее р. Бирь. В физико-

географическом отношении Бирск занимает центральное положение Предуральского равнинно-возвышенного района восточной части Русской платформы.

В геологическом плане территория города и его района приурочена к Бирской седловине. Глубина кристаллического фундамента седловины достигает 2000–2500 м. Коренными породами являются в основном многоярусные отложения мергеля, песчаника, известняка, гипса. Данная мест-

РЯБОВА Татьяна Геннадьевна – к.б.н., Бирский филиал ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет, e-mail: tgr22@rambler.ru

ГОЛОВАНОВ Ярослав Михайлович – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: jaro1986@mail.ru

МИНИНА Наталья Николаевна – к.б.н., Бирский филиал ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет, e-mail: mnn27@mail.ru

ЧЕРНЫХ Ирина Владимировна – к.б.н., Бирский филиал ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет, e-mail: chernyh\_irina@rambler.ru

ность находится в пределах Прибельской равнины, являющейся частью обширных, сильно расчлененных текучими водами и оврагами равнин Высокого Заволжья. Город Бирск находится на правом берегу р. Белая, высота которой колеблется в пределах 150–300 метров над уровнем моря.

Климат формируется под влиянием атлантических воздушных масс. Его характерными особенностями является влажное теплое лето и умеренно суровая снежная зима. Отрицательные температуры воздуха устанавливаются с первой декады ноября и держатся до первой декады апреля. Самый холодный месяц – январь, самый теплый – июль. Зимняя температура спускается максимально до  $-35^{\circ}\text{C}$ , а летняя достигает  $+38^{\circ}\text{C}$ . Безморозный период в году составляет: наименьший – 92 дня, наибольший – 151 день, средний – 131 день. Продолжительность периода с температурой  $+10^{\circ}\text{C}$  составляет 130–135 дней. Среднегодовая сумма атмосферных осадков равна 450–500 мм, из которых 250–280 мм выпадает в теплый (май–сентябрь) период года. Зональные типы почв: серые лесные, оподзоленные черноземы, лугово-болотные и пойменные почвы.

Гидрографическая сеть в пределах города сильно развита и представлена поверхностными водами рек, озер, подземными водами, минеральными источниками. Исследованиями были охвачены правый берег реки Белая, р. Калмаза – малый приток р. Белая, оз. Балабановское, минеральный источник Солянка, Большой Ильинский ключ и небольшие болота в черте г. Бирск [1, 2].

**Материалы и методы.** В основу работы положено 94 геоботанических описания водных и прибрежно-водных сообществ, выполненных в течение 1996–2015 гг. в пределах административных границ г. Бирска. Выбор площадок проводился в соответствии с требованиями типического отбора. Участие видов в растительном покрове оценивалось по шкале Браун-Бланке [3]. Постоянство видов в сообществах оценивалось по пятибалльной шкале: I – 1–20%; II – 21–40%; III – 41–60%; IV – 61–80%; V – 81–100%.

Эколого-флористическая классификация исследуемых растительных сообществ приведена в соответствии с общими установками направления Браун-Бланке [4]. Номенклатура видов дана по сводке С.К. Черепанова [5].

**Результаты и их обсуждение.** На настоящий момент синтаксономическое разнообразие водной и прибрежно-водной растительности г. Бирска представлено 21 ассоциацией из 3 классов, 7 порядков и 9 союзов.

#### Продромус водной и прибрежно-водной растительности г. Бирска

- Класс *Lemnetea* de Bolòs et Masclans 1955  
 Порядок *Lemnetalia* de Bolòs et Masclans 1955  
 Союз *Lemnion minoris* R. Tx. ex de Bolòs et Masclans 1955  
 Ассоциация *Lemnetum minoris* Soó 1927  
 Ассоциация *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954  
 Ассоциация *Lemnetum trisulcae* den Hartog 1963  
 Порядок *Hydrocharitetalia* Rùbel 1933  
 Союз *Hydrocharition morsus-ranae* Rùbel 1933  
 Ассоциация *Hydrocharitetum morsus-ranae* van Langendonck 1935  
 Ассоциация *Ceratophylletum demersi* Corillion 1957  
 Порядок *Lemno-Utricularietalia* Passarge 1978  
 Союз *Utricularion vulgaris* Passarge 1964  
 Ассоциация *Lemno-Utricularietum* Soó 1947  
 Класс *Potametea* Klika in Klika et Novák 1941  
 Порядок *Potametalia* W. Koch 1926  
 Союз *Potamion pectinati* Miljan 1933  
 Ассоциация *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967  
 Союз *Nymphaeion albae* Oberdorfer 1957  
 Ассоциация *Potametum natantis* Hild 1959  
 Ассоциация *Potamo natantis-Polygonetum natantis* Knapp et Stoffers 1962  
 Класс *Phragmito-Magno-Caricetea* Klika in Klika et Novak 194  
 Порядок *Phragmitetalia australis* Koch 1926  
 Союз *Phragmition australis* Koch 1926  
 Ассоциация *Phragmitetum australis* Savič 1926  
 Ассоциация *Typhetum angustifoliae* Pignatti 1953  
 Ассоциация *Equisetetum fluviatilis* Nowiński 1930  
 Ассоциация *Typhetum latifoliae* Nowiński 1930  
 Ассоциация *Glycerietum maximae* Nowiński 1930  
 corr. Šumberova et al. in Chytry 2011  
 Ассоциация *Sparganietum erecti* Roll 1938  
 Союз *Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae* Passarge 1964  
 Ассоциация *Eleocharitetum palustris* Ubrizsy 1948  
 Ассоциация *Oenantho aquaticae-Rorippetum amphibiae* Lohmeyer 1950



Ассоциация *Bolboschoenetum maritimi* Egger 1933

Порядок *Magno-Caricetalia* Pignatti 1953 Союз *Magno-Caricion elatae* Koch 1926

Ассоциация *Caricetum gracilis* Savich 1926

Ассоциация *Phalaroidetum arundinaceae* Libbert 1931

Порядок *Nasturtio-Glycerietalia* Pignatti 1953

Союз *Glycerio-Sparganion* Br.-Bl. et Sissingh in Boer 1942

Ассоциация *Glyceretum plicatae* Oberd. 1957

Ниже представлена краткая характеристика синтаксонов водной и прибрежно-водной растительности.

### Класс *Lemnetea*

Класс объединяет космополитные сообщества свободноплавающих на поверхности или в толще воды неукореняющихся растений (плейстофитов), приуроченных к водоемам со стоячей или медленнотекущей водой. Сообщества данного класса опознаются по четко выраженному плавающему ярусу плейстофитов [6]. Сообщества данного класса широко распространены в различных

водоемах на территории г. Бирска, за исключением сообществ ассоциации *Lemno-Utricularietum* единично описанных в акватории Балабановского озера. Синоптическая таблица класса *Lemnetea* представлена в табл. 1.

Описанные сообщества характеризуются бедным видовым составом от 3 до 7 видов и сложены, как правило, видами-доминантами (*Lemna minor*; *Spirodela polyrhisa*, *Hydrocharis morsus-ranae* и др.) являющимися и диагностическими видами тех или иных ассоциаций, а также небольшим числом прикрепленных ко дну макрофитов (*Elodea canadensis*, *Potamogeton pectinatus*) и прибрежно-водных видов растений (*Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Typha latifolia* и др.).

### Класс *Potametea*

Класс *Potametea* объединяет сообщества гидрофитов – прикрепленных ко дну водных растений с плавающими на поверхности и в толще воды листьями, встречающихся как в стоячих, так и проточных водоемах [7]. Синоптическая таблица класса *Potametea* представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 1

Синоптическая таблица ассоциаций класса *Lemnetea*

Синтаксоны*	1	2	3	4	5	6
Число описаний	5	2	2	3	3	1
Среднее число видов	3	5	3	7	3	5
Диагностические виды ассоциации <i>Lemnetum minoris</i>						
<i>Lemna minor</i>	V <sup>5</sup>	2 <sup>1-5</sup>	2	3 <sup>+2</sup>	3	1 <sup>2</sup>
Диагностические виды ассоциации <i>Lemno-Spirodeletum polyrhizae</i>						
<i>Spirodela polyrhisa</i>	II	2 <sup>2-5</sup>	2	1	3	1
Диагностические виды ассоциации <i>Lemnetum trisulcae</i>						
<i>Lemna trisulca</i>	.	1	2 <sup>4-5</sup>	3	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Hydrocharitetum morsus-ranae</i>						
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	II	1	.	3 <sup>3-4</sup>	.	1
Диагностические виды ассоциации <i>Ceratophylletum demersi</i>						
<i>Ceratophyllum demersum</i>	.	.	.	1	3 <sup>3-5</sup>	1
Диагностические виды ассоциации <i>Lemno-Utricularietum</i>						
<i>Utricularia vulgaris</i>	I	.	.	2	.	1
Диагностические виды класса <i>Potametea</i>						
<i>Potamogeton pectinatus</i>	.	1	2	.	.	.
Диагностические виды класса <i>Phragmito-Magno-Caricetea</i>						
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	II	.	.	1	.	.
<i>Typha latifolia</i>	I	1	.	.	.	.

Примечание. Кроме того, были встречены: *Agrostis stolonifera* 4 (1), *Bidens triparita* 1 (I), *Elodea canadensis* 4 (1), *Epilobium palustre* 2 (1), *Lycopus exaltatus* 2 (1), *Lythrum salicaria* 4 (1), *Oenanthe aquatica* 4 (1), *Ranunculus repens* 1 (I), *Ranunculus scelerantus* 1 (I), *Rorippa amphibia* 4 (1), *Sagittaria sagittifolia* 4 (1).

\* Синтаксоны (ассоциации): 1 – *Lemnetum minoris*; 2 – *Lemno-Spirodeletum polyrhizae*; 3 – *Lemnetum trisulcae*; 4 – *Hydrocharitetum morsus-ranae*; 5 – *Ceratophylletum demersi*; 6 – *Lemno-Utricularietum*

Синоптическая таблица ассоциаций класса *Potametea*

Синтаксоны*	1	2	3
Число описаний	3	2	5
Среднее число видов	5	6	5
Диагностические виды ассоциации <i>Potametum natantis</i>			
<i>Potamogeton natans</i>	3 <sup>2-3</sup>		II
Диагностические виды ассоциации <i>Potamo natantis–Polygonetum natantis</i>			
<i>Polygonum amphibium</i>	.	2 <sup>3</sup>	.
Диагностические виды ассоциации <i>Elodeetum canadensis</i>			
<i>Elodea canadensis</i>	2	1	V <sup>4-5</sup>
Диагностические виды класса <i>Potametea</i>			
<i>Potamogeton pectinatus</i>	.	1	II
Диагностические виды класса <i>Lemnetea</i>			
<i>Lemna trisulca</i>	3	2	III
<i>Lemna minor</i>	3	2	V
<i>Spirodela polyrhiza</i>	2	.	I
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2	1	.
Диагностические виды класса <i>Phragmito–Magno-Caricetea</i>			
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	1	1	II
<i>Typha angustifolia</i>	1	.	II
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	.	1	II
Диагностические виды класса <i>Molinio–Arrhenatheretea</i>			
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	1	I

Примечание. Кроме того, были встречены: *Bolboschoenus maritimus* 3 (I), *Carex pseudocyperus* 2 (1), *Stachys palustris* 3 (I).

\* Синтаксоны (ассоциации): 1 – *Potametum natantis*; 2 – *Potamo natantis–Polygonetum natantis*; 3 – *Elodeetum canadensis*.

По сравнению с сообществами класса *Lemnetea*, большую фитоценологическую роль начинают играть виды класса *Phragmito–Magno-Caricetea*, которые зачастую с небольшим постоянством представлены в сообществах. Также характерной чертой ценозов класса *Potametea* является присутствие в тиховодных условиях свободно плавающих как на поверхности, так и в толще воды плейстофитов класса *Lemnetea*. Наиболее широко распространенной в водоемах города (болота в районе детсада № 3, БГСПА, дендрария и р. Калмаза) является ассоциация *Elodeetum canadensis*. Сообщества ассоциации *Potametum natantis* умеренно распространены в водоемах города и описаны в районе нефтебазы. Ассоциация *Potamo natantis–Polygonetum natantis* встречается локально и отмечена только на болоте по ул. Чеверева.

#### Класс *Phragmito–Magno-Caricetea*

Класс объединяет большую группу водных и околоводных сообществ прикрепленных ко дну и возвышающихся над водой растений (гелофитов), способных длительное время переносить периоды затопления водой [8–10]. Сообщества широко распростране-

ны в Бирске и приурочены к водоемам со стоячей, так и медленно текучей водой. Синоптические таблицы порядков *Phragmitetalia australis*, *Magno-Caricetalia* и *Nasturtio–Glycerietalia* представлены в табл. 3, 4.

Союз *Phragmition australis* включает сообщества растений, нижние части побегов которых большую часть вегетационного периода находятся в воде, а верхние над водой [8–10]. В нижнем ярусе, в воде обычны виды класса *Lemnetea* (*Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Spirodela polyrhiza*). Представлены также виды класса *Potametea*. Флористическое богатство ассоциаций союза *Phragmition australis* и, в целом класса *Phragmito–Magno-Caricetea*, немало больше, чем в сообществах союзов, относящихся к классам *Lemnetea* и *Potametea*. Среднее число видов в ассоциациях этого союза обычно колеблется от 7–10 видов. Сообщества ассоциаций *Phragmitetum australis*, *Typhetum angustifolia*, *Equisetetum fluviatilis*, *Glycerietum maximae* широко встречаются по берегам естественных водоемов, ручьев, в оврагах на территории г. Бирска. Ценозы ассоциации *Sparganietum erecti* отмечены локально по берегу ручья в районе «Дубки».



Синоптическая таблица ассоциаций класса *Phragmito-Magno-Caricetea* и порядка *Phragmitetalia australis*

Синтаксоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число описаний	6	5	6	5	3	5	3	5	6
Среднее число видов	7	7	8	10	7	7	7	8	7
Диагностические виды ассоциации <i>Typhetum angustifoliae</i>									
<i>Typha angustifolia</i>	V <sup>3-5</sup>	.	.	.	1	I	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Typhetum latifoliae</i>									
<i>Typha latifolia</i>	.	V <sup>4-5</sup>	III	I	.	I	1	I	II
Диагностические виды ассоциации <i>Phragmitetum australis</i>									
<i>Phragmites australis</i>	.	.	V <sup>4-5</sup>	II	1	.	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Glycerietum maximae</i>									
<i>Glyceria maxima</i>	.	.	I	V <sup>4-5</sup>	.	I	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Sparganietum erecti</i>									
<i>Sparganium erectum</i>	.	.	.	.	3 <sup>3-5</sup>	.	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Equisetum fluviatilis</i>									
<i>Equisetum fluviatile</i>	.	.	I	II	.	V <sup>3-5</sup>	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Oenanthe aquatica-Rorippetum amphibiae</i>									
<i>Rorippa amphibia</i>	II	I	I	II	1	I	3 <sup>2-4</sup>	I	.
<i>Oenanthe aquatica</i>	I	I	.	II	.	.	3 <sup>+</sup>	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Eleocharitetum palustris</i>									
<i>Eleocharis palustris</i>	II	II	.	I	.	I	1	V <sup>2-5</sup>	I
Диагностические виды ассоциации <i>Bolboschoenetum maritimi</i>									
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	V <sup>3-5</sup>
Диагностические виды союза <i>Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae</i>									
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	V	II	.	I	.	I	1	IV	II
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	III	I	I	.	2	.	.	III	.
Диагностические виды класса <i>Phragmito-Magno-Caricetea</i>									
<i>Lythrum salicaria</i>	IV	.	I	IV	1	II	2	.	II
<i>Lycopus europeus</i>	I	.	I	II	.	.	.	.	.
<i>Galium palustre</i>	.	.	II	II	.	II	.	.	.
<i>Lycopus exaltatus</i>	.	.	II	I	.	II	.	.	.
<i>Rumex aquaticus</i>	.	.	.	.	.	.	1	II	I
<i>Juncus compressus</i>	.	.	.	I	.	.	.	I	I
<i>Stachys palustris</i>	I	.	.	.	.	.	.	I	.
Диагностические виды класса <i>Lemnetea</i>									
<i>Lemna minor</i>	V	V	V	III	3	I	1	III	I
<i>Lemna trisulca</i>	V	II	I	.	3	.	2	II	.
<i>Spirodela polyrhiza</i>	II	IV	III	II	1	I	.	.	.
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	II	II	I	I	2	1	.	.	I
<i>Urticularia vulgaris</i>	I	.	I	.	1	.	.	.	.
<i>Ceratophyllum demersum</i>	.	I	II	.	.	.	.	.	.
Диагностические виды класса <i>Potametea</i>									
<i>Polygonum amphibium</i>	II	.	.	II	.	I	.	.	.
<i>Elodea canadensis</i>	II	.	.	.	1	.	.	.	.
Диагностические виды класса <i>Bidentetea</i>									
<i>Bidens triparita</i>	.	II	II	II	.	I	2	IV	IV
<i>Bidens cernua</i>	.	.	I	I	.	.	1	.	II
<i>Echinochloa crusgalli</i>	.	.	.	.	.	.	.	II	I
<i>Polygonum lapathifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	II	I
<i>Rorippa palustris</i>	.	I	.	.	.	.	.	I	.

Синтаксоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Диагностические виды класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i></b>									
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	I	I	.	.	.	1	III	I
<i>Epilobium palustre</i>	.	I	.	II	1	II	.	.	.
<i>Scirpus sylvestris</i>	.	I	.	I	.	II	.	.	.
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	I	.	.	.	.	I

*Примечание.* Кроме того, были встречены: *Artemisia abrotanum* 9 (I), *Carduus crispus* 3 (I), *Carex muricata* 9 (I), *Carum carvi* 9 (I), *Cirsium vulgare* 9 (I), *Deschampsia cespitosa* 9 (I), *Eupatorium cannabinum* 4 (I), *Filipendula ulmaria* 4 (I), *Galeopsis bifida* 4 (I), *Glaux maritima* 9 (II), *Glechoma hederacea* 4 (I), *Elytrigia repens* 9 (I), *Limosella aquatica* 8 (II), *Lysimachia nummularia* 4 (II), *Mentha arvensis* 4 (I), *Plantago major* 3 (I), *Poa palustris* 3 (I), *Poa pratensis* 2 (I), *Polygonum hydropiper* 4 (II), *Potentilla anserina* 9 (II), *Rumex crispus* 3 (I), *Rumex obtusifolius* 4 (I), *Salix cinerea* 3 (I), *Scrophularia nodosa* 4 (I), *Sisymbrium altissimum* 9 (I), *Urtica dioica* 3 (I), *Veronica anagallis-aquatica* 9 (I).

\* Синтаксоны: 1 – *Typhetum angustifolia*; 2 – *Typhetum latifoliae*; 3 – *Phragmitetum australis*; 4 – *Glycerietum maximae*; 5 – *Sparganietum erecti*; 6 – *Equisetetum fluviatilis*; 7 – *Oenanthe aquaticae-Rorippetum amphibiae*; 8 – *Eleocharitetum palustris*; 9 – *Bolboschoenetum maritimi*

Т а б л и ц а 4

Синоптическая таблица ассоциаций класса *Phragmito-Magno-Caricetea* и порядков *Nasturtio-Glycerietalia* и *Magno-Caricetalia*

Синтаксоны	1	2	3
Число описаний	6	1	5
Среднее число видов	8	13	11
<b>Диагностические виды ассоциации <i>Glyceretum plicatae</i></b>			
<i>Glyceria plicata</i>	V <sup>4-5</sup>	1	.
<b>Диагностические виды ассоциации <i>Caricetum gracilis</i></b>			
<i>Carex acuta</i>	.	1 <sup>4</sup>	II
<b>Диагностические виды ассоциации <i>Phalaroidetum arundinaceae</i></b>			
<i>Phalaroides arundinacea</i>	.	.	V <sup>4-5</sup>
<b>Диагностические виды класса <i>Phragmito-Magno-Caricetea</i></b>			
<i>Lythrum salicaria</i>	I	1	III
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	II	1	II
<i>Rumex aquaticus</i>	III	.	I
<i>Typha latifolia</i>	II	1	.
<b>Диагностические виды класса <i>Potametea</i></b>			
<i>Polygonum amphibium</i>	.	1	I
<b>Диагностические виды класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i></b>			
<i>Ranunculus repens</i>	III	1	I
<i>Agrostis stolonifera</i>	I	.	IV
<i>Rumex crispus</i>	.	1	II
<b>Диагностические виды класса <i>Galio-Urticetea</i></b>			
<i>Urtica dioica</i>	I	.	I
<b>Прочие виды</b>			
<i>Galeopsis bifida</i>	I	1	.

*Примечание.* Кроме того, были встречены: *Arctium tomentosum* 3 (I), *Artemisia abrotanum* 3 (I), *Bidens tripartita* 1 (V), *Butomus umbellatus* 3 (I), *Calysteria sepium* 3 (IV), *Cirsium setosum* 3 (III), *Lepidotheca suaveolens* 1 (I), *Echinochloa crusgalli* 1 (I), *Eleocharis palustris* 2 (1), *Elytrigia repens* 1 (I), *Equisetum arvense* 3 (I), *Equisetum fluviatile* 2 (1), *Galium palustre* 3 (III), *Inula britannica* 1 (I), *Juncus compressus* 1 (I), *Lemna minor* 2 (I), *Lycopus exaltatus* 3 (II), *Lysimachia nummularia* 3 (IV), *Medicago lupulina* 1 (I), *Plantago major* 1 (III), *Poa annua* 1 (I), *Poa pratensis* 3 (I), *Polygonum lapathifolium* 1 (II), *Potentilla anserina* 1 (I), *Rumex confertus* 3 (I), *Rumex obtusifolius* 1 (I), *Symphytum officinale* 3 (II), *Stachys palustris* 3 (III), *Stellaria media* 1 (I), *Tripleurospermum perforatum* 1 (I), *Veronica anagallis-aquatica* 2 (1), *Vicia cracca* 3 (II), *Xanthium albinum* 1 (I).

\* Синтаксоны: 1 – *Glyceretum plicatae*, 2 – *Caricetum gracilis*, 3 – *Phalaroidetum arundinaceae*

Сообщества союза *Eleocharito palustris–Sagittarion sagittifoliae* порядка *Phragmitetalia australis* нередко встречаются по илистым берегам водоемов и другим сырým местообитаниям (болота, реки, сырые канавы, кюветы), зачастую встречаясь на мелководьях. Ценозы ассоциации *Bolboschoetum maritimus* часто встречаются и на несколько засоленных местообитаниях около источника «Солянка». Данные сообщества близки к синтаксонам союза *Meliloto dentati–Bolboschoenion maritimi* Hroudová et al. 2009 и при накоплении материала их настоящее синтаксономическое положение может быть откорректировано. Сообщества ассоциации *Oenanthe aquaticaе–Rorippetum amphibiae* в г. Бирске очень редки и описаны по берегам небольшого ручья в районе нефтебазы. Среднее число видов в ассоциациях колеблется от 7 до 8 видов на площадке.

Порядок *Nasturtio–Glycerietalia* и союз *Glycerio–Sparganion* объединяют, в основном, низкорослые прибрежно-водные растительные сообщества, часто формирующие ценозы, плавающие на поверхности воды. На территории г. Бирска в рамках порядка отмечена единственная ассоциация *Glyceretum plicatae*, которая часто встречается по берегам водоемов и на небольших болотах.

Сообщества порядка *Magno-Caricetalia* и союза *Magno-Caricion elatae* объединяют ценозы крупноосоковых болот и береговой зоны водоемов, произрастающих на местообитаниях со значительными колебаниями уровня воды в течение вегетации. Значительную часть вегетационного периода ценозы могут находиться на суше [8–10]. Общей диагностической особенностью этого союза является наличие в его составе сообществ видов порядка *Molinietalia* Koch 1926. Флористическое богатство сообществ порядка *Magno-Caricetalia* выше, чем в порядке *Phragmitetalia australis*. Среднее число видов колеблется от 8–13. Наиболее широко на территории г. Бирска по берегам болот, заводей рек, днищам оврагов встречаются ценозы ассоциации *Phalaroidetum arundinaceae*. Сообщества ассоциации *Caricetum gracilis* отмечены единично по берегу р. Белая.

Таким образом, следует отметить достаточно высокое синтаксономическое разнообразие и широкое распространение сообществ трех классов

(*Lemnetea*, *Potametea* и *Phragmito–Magnocaricetea*) водной и прибрежно-водной растительности в пределах административной границы г. Бирска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рябова Т.Г. Флора и растительность г. Бирска: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 1996. 16 с.
2. Рябова Т.Г., Голованов Я.М. Предварительный анализ флоры г. Бирск (Республика Башкортостан) // Экология и география растений и сообществ Среднего Поволжья. Тольятти: Кассандра, 2014. С. 334–341.
3. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2000. 264 с.
4. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3 Aufl. Wien; New York: Springer – Verlag, 1964. 865 S.
5. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
6. Ямалов С.М., Голованов Я.М., Бактыбаева З.Б., Петров С.С. Водная растительность Южного Урала (Республика Башкортостан). I. Классы *Lemnetea* и *Charetea* // Растительность России. 2014. № 24. С. 124–141.
7. Голованов Я.М., Ямалов С.М., Бактыбаева З.Б., Петров С.С. Водная растительность Южного Урала (Республика Башкортостан). II. Класс *Potametea* // Растительность России. 2015. № 27. С. 40–77.
8. Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан / Ямалов С.М., Мартыненко В.Б., Абрамова Л.М., Голуб В.Б., Баишева Э.З., Баянов А.В. Уфа, 2012. 100 с.
9. Григорьев И.Н., Соломещ А.И. Синтаксономия водной растительности Башкирии. II. Класс *Phragmiti–Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941. М., 1987. 60 с. Деп. в ВИНТИ. № 8138–В87.
10. Петров С.С., Григорьев И.Н. Синтаксономия водной растительности Башкирии. IV. Класс *Phragmiti–Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941. М. 1991. 60 с. Деп. в ВИНТИ. № 3888–В91.

#### References

1. Ryabova T.G. Flora and vegetation of the town of Birska. PhD Thesis in Biology. Ufa, 1996. 16 p.
2. Ryabova T.G., Golovanov Ya.M. Preliminary analysis of flora in the town of Birska (Republic of Bashkortostan). Ekologiya i geografiya rasteniy i

soobshchestv Srednego Povolzhya. Tolyatti, Kassandra, 2014, pp. 334–341.

3. Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomeshch A.I. The modern science of vegetation. Moscow, Logos, 2000. 264 p.

4. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Grundzuge der Vegetationskunde. 3 Aufl. Wien, New York, Springer – Verlag, 1964. 865 S.

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

6. Yamalov S.M., Golovanov Ya.M., Baktybaeva Z.B., Petrov S.S. Aquatic vegetation of the South Urals (Republic of Bashkortostan). I. Classes *Lemnetea* and *Charetea*. Rastitelnost Rossii. 2014, no. 24, pp. 124–141.

7. Golovanov Ya.M., Yamalov S.M., Baktybaeva Z.B., Petrov S.S. Aquatic vegetation of the South Urals (Republic of Bashkortostan). II. Class *Potametea*. Rastitelnost Rossii, 2015, no. 27, pp. 40–77.

8. Prodrome of vegetation communities of the Republic of Bashkortostan / Yamalov S.M., Martynenko V.B., Abramova L.M., Golub V.B., Baisheva E.Z., Bayanov A.V. Ufa, 2012. 100 p.

9. Grigoryev I.N., Solomeshch A.I. Syntaxonomy of aquatic vegetation of Bashkiria. II. Class *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941. Moscow, 1987. 60 p. Dep. VINITI. No. 8138–B87.

10. Petrov S.S., Grigoryev I.N. Syntaxonomy of aquatic vegetation of Bashkiria. II. Class *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941. Moscow, 1991. 60 p. Dep. VINITI. No. 3888–B91.

—●—

## ON SYNTAXONOMY OF COASTAL AQUATIC VEGETATION IN THE TOWN OF BIRSK (REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

© T.G. Ryabova<sup>1</sup>, Ya.M. Golovanov<sup>2</sup>, N.N. Minina<sup>1</sup>, I.V. Chernykh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Birsk Branch, Bashkir State University,  
10, ulitsa Internatsionalnaya, 452450, Birsk, Russian Federation

<sup>2</sup>Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS,  
195/3, ulitsa Mendeleeva, 450080, Ufa, Russian Federation

The paper reports the results of syntaxonomic analysis of coastal and aquatic vegetation in the town of Birsk (Republic of Bashkortostan) which belongs to the classes *Lemnetea* (cosmopolitan communities of unrooted plants (pleustophytes) floating freely at the surface or in the water column), *Potametea* (communities of aquatic plants (hydrophytes) attached to the bottom with their leaves floating at the surface and in the water column and found both in standing and circulating water bodies), *Phragmito-Magno-Caricetea* (communities of aquatic and coastal plants (helophytes) attached to the bottom and rising above the water and able to undergo waterfloods for a long time). The town of Birsk is located 98 km northwards from Ufa on the right bank of the Belaya River, about 10 km upstream of the confluence of the Bir River. Physiographically, Birsk occupies a central position in the Cis-Ural flat upland area of the eastern Russian Platform. Geologically, the territory of the town and its neighbourhood is confined to the Birsk Anticline. The climate is dictated by the influence of the Atlantic air masses. Its peculiar features include warm and humid summer and moderately cold snowy winter. The zonal soil types are gray forest soils, podzolic chernozems, marsh meadow soils and inundated soils. The hydrographic network within the town is well developed and contains rivers, lakes and marshes as well as other wet sites of technogenic origin, such as trenches, roadside ditches, etc. The research is based on 94 relevés of aquatic and coastal plant communities collected between 1996 and 2015 within the administrative area of Birsk. The ecological and floristic classification of the vegetation communities under investigation is given according to the general guidelines of the Braun-Blanquet method. At present the syntaxonomic diversity of aquatic and coastal vegetation found in Birsk is represented by 21 assemblages embracing 3 classes, 7 orders and 9 unions. By and large these syntaxa are widely distributed throughout the town and occupy environmentally different coastal and aquatic habitats. The exception is constituted by the *Lemno-Utricularietum* (class *Lemnetea*), *Potamonatantis-Polygonetumnatantis* (class *Potametea*), *Sparganietum erecti* and *Oenanthoaquaticae-Rorippetum amphibiae* (class *Phragmito-Magno-Caricetea*) assemblages found locally.

Key words: coastal and aquatic vegetation, syntaxonomy, classes *Lemnetea*, *Potametea*, *Phragmito-Magno-Caricetea*.



## РОДЖЕРСИЯ (*RODGERSIA* A. GRAY) – ПЕРСПЕКТИВНАЯ ДЕКОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ ТЕНЕВОГО САДА

© О.Ю. Жигунов, О.А. Каримова

Представлены результаты интродукционного изучения трех видов рода *Rodgersia* A. Gray (Роджерсия): *R. aesculifolia*, *R. pinnata*, *R. podophylla*. Это многолетние растения, пригодные для выращивания в тени. Были изучены особенности сезонного ритма развития и морфометрические параметры видов в условиях культуры. Они являются длительновегетирующими весенне-летне-осеннезелеными растениями с периодом зимнего покоя и весенним сроком пробуждения, долгоцветущими видами со средне- и позднелетним периодом цветения. Длительность цветения видов в среднем составляет три недели. Виды рода *Rodgersia* проходят все стадии жизненного цикла при интродукции в условиях Башкирского Предуралья. Наиболее мощным по габитусу является *R. aesculifolia*. Наименьшей изменчивостью обладают параметры: диаметр листовой пластинки прикорневых листьев и длина соцветия у *R. aesculifolia* и высота генеративного побега и длина соцветия – у *R. podophylla*. Большинство изученных нами признаков имеют нормальную степень варьирования. Культура этого рода является очень перспективной для выращивания в теневых садах не только для города Уфы и других городов Южного Урала, но и для средней полосы России в целом. Благодаря высокой декоративности листвы, цветочных и несложности выращивания, *Rodgersia* могут быть рекомендованы к широкому использованию в фитодизайне теневых местообитаний.

Ключевые слова: род *Rodgersia*, интродукция, вид, морфометрические параметры, сезонный ритм развития.

Ассортимент растений для теневого сада на Южном Урале и в Республике Башкортостан разработан недостаточно, что сдерживает развитие этой очень модной и перспективной формы фитодизайна. Этим вызвана актуальность работ по привлечению видов и сортов растений для произрастания в условиях теневых местообитаний и изучение их биологии и устойчивости в культуре на Южном Урале.

Разработки по ассортименту, биологии, приемам выращивания и агротехнике растений для теневого сада крайне редки. При этом биология теневых растений мало изучена и сводится в основном к сезонному ритму развития и срокам цветения видов растений. В Башкортостане на базе Уфимского ботанического сада-института УНЦ РАН создан коллекционный участок «теневого сад» с целью изучения и расширения ассортимента нетрадиционных декоративных культур, которые можно использовать для озеленения теневых участков садов и парков Башкортостана и регионов Южного Урала [1, 2]. Одной из таких культур является род *Rodgersia* (Роджерсия) из семейства *Saxifragaceae* Juss. (Камнеломковые).

Род насчитывает 8 видов, распространенных в горных лесах Китая, Японии и Кореи. Это много-

летние красивоцветущие и декоративно-лиственные корневищные растения. Корневище толстое, поверхностное, разрастается медленно, образует многолетние заросли. Растения очень крупные и высокорослые – до 150 см. Листья пальчато-рассеченные или пальчато-лопастные, крупные, до 50 см в диаметре. Цветки многочисленные, мелкие, белые, собраны в крупные метельчатые соцветия.

Роджерсии предпочитают затененные и ползатененные участки с лесными рыхлыми песчаными почвами с достатком влаги, богатые питательными элементами и гумусом. Открытые участки с высокой степенью инсоляции также не пригодны для культивирования растений данного рода. На одном месте роджерсии могут расти без деления и пересадки очень долго (до 30 лет).

В условиях Башкирского Предуралья под зиму стебли роджерсий обрезают, почву мульчируют. Зимуют растения с дополнительным укрытием еловым лапником, поскольку начало зимы в этих условиях характеризуется низкими отрицательными температурами и отсутствием снежного покрова. Весенние возвратные заморозки также губительно влияют на почки возобновления, что в дальнейшем ведет к отсутствию цветения.

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

КАРИМОВА Ольга Александровна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: karimova07@yandex.ru

Роджерсии отличаются высокой декоративностью. Они декоративны с ранней весны до поздней осени. В начале сезона их украшают листья, которые в цветнике образуют сероватое, зеленое или красное цветное пятно, а позже общий вид растения меняется, и показываются ажурные соцветия. Для них характерно продолжительное цветение, которое длится в течение месяца. Клопогоны могут с успехом применяться в зеленом строительстве как одиночные растения (солитеры) среди газонов, также они эффектны и в групповых посадках, на заднем плане в миксбордерах. Кроме того, клопогоны могут использоваться в фитодизайне как фоновые растения для многих других красивоцветущих и декоративно-лиственных растений. Идеальны для выращивания на заболоченных участках по краям прудов или в заболоченном саду на открытом солнце или в полутени [3, 4].

**Материал, условия и методы исследований.** Интродукционное изучение трех видов из рода *Rodgersia*: *R. aesculofolia* Batal., *R. pinnata* Franch., *R. podophylla* A. Gray ex Regel. проводили на коллекционном участке «Теневой сад» Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН [5]. Коллекция насчитывает более 200 видов и сортов тенелюбивых и теневыносливых растений. Посадочный материал роджерсий получен нами в виде живых растений из Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина (г. Москва) и Ботанического института им. В.Л. Комарова (г. Санкт-Петербург).

Основные климатические характеристики района, где проводились исследования: среднегодовая температура воздуха  $+2,6^{\circ}\text{C}$ , среднемесячная температура воздуха зимних месяцев колеблется в пределах от  $-12^{\circ}\text{C}$  до  $-16,6^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум был отмечен в  $-42^{\circ}\text{C}$ . Среднемесячная температура воздуха летних месяцев колеблется от  $+17,1^{\circ}\text{C}$  до  $+19,4^{\circ}\text{C}$ , абсолютный максимум достигает  $+37^{\circ}\text{C}$ , среднемесячное количество осадков в летние месяцы колеблется в пределах от 54 до 69 мм, среднегодовое количество осадков равно 580 мм, безморозный период продолжается в среднем 144 дня. Преобладающие типы почв г. Уфы – серые и темно-серые лесные [6].

Ниже представлена ботаническая характеристика включенных в исследования трех видов роджерсий.

*Rodgersia aesculofolia* (роджерсия конскокаштанелистная). В природе встречается в горных районах Китая на высоте до 2900 м. Высота растения во время цветения – 140 см. Прикорневые листья на длинных, до 50 см, черешках, по

форме напоминают листья каштана – пальчато-рассеченные, из 5–7 листочков, каждый длиной до 25 см, а диаметр самого листа – до 50 см. Листья при распускании имеют свекольно-бронзовую окраску, позже – свежеселеную и красивое, рельефное жилкование. Мелкие белые или чуть розоватые душистые цветки собраны в крупные разветвленные метелки до 30 см длиной, на прочных цветоносных стеблях, возвышающихся над листьями. Черешки листьев и стебель опушены коричневыми волосками. Цветение продолжается с конца июня до конца июля.

*Rodgersia pinnata* (роджерсия перистая). Происходит из китайской провинции Юньнань, где растет в горных сосновых лесах на высоте 3000–3900 м. Высота растений во время цветения 100–120 см. Листья перистораздельные, длиной 50 см, шириной 30 см на прочных крепких черешках длиной от 40 до 100 см. При распускании они пурпурные, позже – темно-зеленые, с рельефным жилкованием. Стебель сильно разветвленный. Соцветие – сложная метелка длиной 25–30 см с мелкими белыми или розовыми ароматными цветками. Цветет в течение 20–25 дней с первой декады июля.

*Rodgersia podophylla* (роджерсия подофилловая). В природе растет на севере Кореи, в Китае, Японии. Растения высотой 100 см, во время цветения 120 см. Корневище ползучее. Листья пальчато-рассеченные до 40 см в диаметре, со множеством рельефных жилок, при распускании бронзовые, позже средне-зеленые. Цветки душистые, кремовато-белые, собраны в рыхлые, разветвленные, многочисленные метелки. Цветет с середины июня в течение месяца [4].

Фенология включенных в интродукционные исследования трех видов рода *Rodgersia* изучалась в коллекции с 2012 по 2014 год. При изучении особенностей сезонного ритма развития проводили наблюдения за сроками наступления основных фаз растений по стандартным методикам [7]. Обработка результатов фенологических наблюдений проводилась с учетом рекомендаций Г.Н. Зайцева [8]. При анализе количественных показателей использовали стандартные процедуры: средние арифметические  $M$ , ошибки средней арифметической  $m$ , коэффициент вариации  $C_v$  (%) [9].

**Результаты и их обсуждение.** Фенологические наблюдения за включенными в интродукционные исследования некоторыми видами рода *Rodgersia* представлены в табл. 1.

Роджерсии в условиях Башкортостана проходят все стадии жизненного цикла и образуют полноценные семена. Они являются длительно-



вегетирующими весенне-летне-осеннезелеными растениями с периодом зимнего покоя и весенним сроком пробуждения, долгоцветущими видами со средне- и позднелетним периодом цветения. Длительность вегетационного периода – 6–6.5 месяца. Вегетация начинается в первой декаде мая (05.05) и длится до установления снежного покрова. Фаза бутонизации длится один ме-

сяц, начинается в первой декаде мая (10.05–11.05). Период начала цветения неодинаков: у *Rodgersia podophylla* он начинается с конца мая (31.05), в начале июня – у *R. aesculifolia* (03.06) и *R. pinnata* (08.06). Длительность цветения видов в среднем составляет три недели.

В табл. 2 приведены результаты морфометрических измерений трех видов рода *Rodgersia*.

Т а б л и ц а 1

Среднегодовалые данные фенологии представителей рода *Rodgersia*

Таксон	Весеннее отращивание	Начало бутонизации	Начало цветения	Конец цветения
<i>R. aesculifolia</i>	05.05	11.05	03.06	25.06
<i>R. pinnata</i>	05.05	10.05	08.06	30.06
<i>R. podophylla</i>	05.05	11.05	31.05	20.06

Т а б л и ц а 2

Морфометрические параметры изученных представителей рода *Rodgersia*

Параметры	<i>R. aesculifolia</i>		<i>R. podophylla</i>		<i>R. pinnata</i>	
	$M \pm m$	$C_v, \%$	$M \pm m$	$C_v, \%$	$M \pm m$	$C_v, \%$
Количество генеративных побегов, шт.	2.4±0.20	22.0	2.6±0.20	20.8	2.4±0.20	22.0
Высота генеративного побега, см	102.5±3.12	8.0	69.2±1.04	4.0	66.6±2.68	10.7
Толщина побега, см	0.5±0.02	9.9	0.4±0.02	13.1	0.4±0.02	12.1
Количество прикорневых листьев, шт.	7.6±0.37	12.9	12.3±0.92	19.8	10.3±0.52	13.4
Длина черешка прикорневых листьев, см	34.5±0.84	6.4	25.7±0.49	5.0	25.2±0.68	7.1
Диаметр листовой пластинки прикорневых листьев, см	39.4±0.59	4.0	44.1±1.07	6.4	47.7±1.30	7.2
Длина листочка прикорневых листьев, см	22.7±1.21	14.1	24.8±0.50	5.3	24.8±0.74	8.0
Ширина листочка прикорневых листьев, см	7.7±0.58	19.9	12.6±0.81	16.9	13.0±0.62	12.7
Количество стеблевых листьев, шт.	2.7±0.18	18.0	4.6±0.20	11.7	2.3±0.18	21.3
Длина черешка стеблевых листьев, см	12.1±1.90	41.7	12.7±0.71	14.7	9.4±0.21	5.8
Диаметр листовой пластинки стеблевых листьев, см	30.7±0.84	7.2	14.8±0.31	5.6	22.7±0.50	5.8
Длина листочка стеблевых листьев, см	18.5±1.20	17.2	8.1±0.17	5.6	14.0±0.48	9.1
Ширина листочка стеблевых листьев, см	6.0±0.24	10.4	2.9±0.15	13.5	5.0±0.16	8.5
Длина соцветия, см	40.0±0.59	3.9	39.4±0.57	3.8	27.5±0.78	7.5
Ширина соцветия, см	8.6±0.29	8.9	8.3±0.28	9.0	8.4±0.20	6.4
Количество цветов в соцветии, шт.	887.9±19.59	5.8	873.7±18.25	5.5	619.7±9.68	4.1
Диаметр цветка, см	0.5±0.03	13.4	1.1±0.04	8.4	0.5±0.03	14.3

Примечание:  $M$  – среднее значение показателя;  $C_v$  – коэффициент вариации.

Из табл. видно, что наиболее мощным по габитусу является *R. aesculofolia*: высота генеративного побега (102.5 см), также у нее высокий показатель длины черешка прикорневых листьев (39.4 см), диаметр листовой пластинки стеблевых листьев (30.7 см) и длина листочка стеблевых листьев (18.5 см). Наименьший показатель количества цветков в одном соцветии отмечен у *R. pinnata* (619.7 шт.). Наименьшей изменчивостью обладают параметры: диаметр листовой пластинки прикорневых листьев и длина соцветия у *R. aesculofolia* и высота генеративного побега и длина соцветия – у *R. podophylla*. Большинство изученных нами признаков имеют нормальную степень варьирования.

Размножают роджерсии вегетативно – делением корневищ весной и осенью, а также семенным способом – посевом свежесобранных семян в грунт. Семена (сеянцы) в течение нескольких месяцев развиваются очень медленно. Цветение наступает на 4–5 год. Растения роджерсий практически не подвержены заболеваниям и вредителям.

Таким образом, все изученные 3 вида роджерсии успешно прошли интродукционные испытания в условиях Башкирского Предуралья. Они проходят все стадии жизненного цикла, ежегодно цветут и плодоносят. Культура этого рода является очень перспективной для выращивания в тенистых садах не только для города Уфы и других городов Южного Урала, но и для средней полосы России в целом. Благодаря высокой декоративности листвы, цветочных соцветий и несложности выращивания роджерсии могут быть рекомендованы к широкому использованию в фитодизайне тенистых местообитаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каримова О.А., Жигунов О.Ю. Астильба – новая перспективная декоративная культура // Аграрная Россия. 2010. № 5. С. 20–22.
2. Жигунов О.Ю., Каримова О.А. Некоторые представители рода *Heuchera* L. при интродукции в Башкирском Предуралье // Аграрная Россия. 2014. № 3. С. 2–5.
3. Карпионовна Р.А. Сад в тени. М.: Культура и традиции, 1999. С. 99–100.
4. Карпионовна Р.А. Цветоводство. М.: Кладезь-Букс, 2007. 256 с.
5. Каталог растений Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: АН РБ, 2012. 224 с.
6. Кадильников Е.В. Записки Башкирского филиала Географического общества СССР. Уфа, 1960. С. 61–71.
7. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 154 с.
8. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. М.: Наука, 1991. 184 с.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.

## References

1. Karimova O.A., Zhigunov O.Yu. Astilba as a promising new ornamental culture. Agrarnaya Rossiya, 2010, no. 5, pp. 20–22.
2. Zhigunov O.Yu., Karimova O.A. Some members of the genus *Heuchera* L. when introduced in the Bashkir Urals. Agrarnaya Rossiya, 2014, no. 3, pp. 2–5.
3. Karpisonova R.A. Garden in the shade. Moscow, Kultura i traditsii, 1999, pp. 99–100.
4. Karpisonova R.A. Floriculture. Nauchno-populyarnoe izdanie. Moscow, Kladez-Buks, 2007. 256 p.
5. Plant catalogue of the Botanical Garden-Institute of the Ufa Scientific Centre, RAS. Ufa, ANRB, 2012. 224 p.
6. Kadilnikova E.I. Climate of the city of Ufa. Zapiski Bashkirskogo otdeleniya Geograficheskogo obshchestva SSSR. Ufa, 1960, pp. 61–71.
7. Beydeman I.N. Methods for studying the phenology of plants and plant communities. Novosibirsk, Nauka, 1974. 154 p.
8. Zaytsev G.N. Mathematical analysis of biological data. Moscow, Nauka, 1991. 184 p.
9. Lakin G.F. Biometrics. Moscow, Vysshaya shkola, 1980. 293 p.

## RODGERSIA A. GRAY PROMISING AS AN ORNAMENTAL CULTURE FOR SHADE GARDENS

© O.Yu. Zhigunov, O.A. Karimova

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

This work presents the research results on introducing three species of the genus *Rodgersia* A. Gray: *R. aesculifolia*, *R. pinnata*, *R. podophylla*. These are the perennial plants suitable for cultivation in shade. The aim was to study features of their seasonal rhythm of development and morphometric parameters under cultivation conditions. They are long-vegetative spring-summer-autumn green long-blooming species with the period of winter rest and spring awakening. The duration of flowering lasts in average for three weeks from mid to late summer. These species of the genus *Rodgersia* pass all life cycle stages under introduction in the Bashkir Cis-Urals. *Rodgersia aesculifolia* has the strongest habitus. The least variable parameters include: lamina diameter of basal leaves and inflorescence length in *R. aesculifolia* and the height of generative sprout and inflorescence length in *R. podophylla*. The majority of the traits in question have a normal degree of variation. The cultivars of this genus are very promising for creating shade gardens not only in the city of Ufa and other cities of the South Urals, but also for the entire middle zone of Russia. Thanks to highly ornamental foliage and inflorescences and the simplicity of cultivation, the *Rodgersia* species can be recommended for wide use in phytodesign of shade habitats.

Key words: genus *Rodgersia*, introduction, species, morphometric parameters, seasonal rhythm of development.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНА  
В ТРАНСФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ КРОВОПОТЕРИ У КРЫС**

© А.В. Дерюгина, Я.В. Галкина, И.С. Симутис, Г.А. Бояринов, А.А. Мартусевич

Рассмотрено изучение действия озона на электрофоретическую подвижность и про- и антиоксидантные свойства эритроцитов крови крыс после кровопотери. Исследование было проведено на 20 белых крысах, разделенных на 2 равные группы. Кровопотерю крысам создавали путем забора 3 мл крови из хвостовой артерии. Через час кровопотерю восполняли путем введения эритроцитарной массы (отмытые эритроциты той же крысы, забранные за 3 дня до моделирования кровопотери) с физиологическим раствором. Крысам 1 группы вводили 0.5 мл отмытых эритроцитов и 2 мл озонированного физиологического раствора. Крысам 2 группы вводили 0.5 мл отмытых эритроцитов и 2 мл физиологического раствора. При озонировании физиологический раствор содержал 2 мг/л озона. Озонирование физиологического раствора производили на установке УОТА-60-01-«Медозон» (Россия). Получение крови для анализа электрофоретической подвижности эритроцитов, концентрации малонового диальдегида и активности каталазы эритроцитов проводили через 1 час, 1 и 5 суток после моделирования кровопотери. Эритроциты трижды отмывали 0.85% раствором хлористого натрия, центрифугируя 10 мин при 3000 об/мин. Измерение электрофоретической подвижности эритроцитов проводили методом микроэлектрофореза. Интенсивность перекисного окисления липидов определяли по содержанию малонового диальдегида в эритроцитах, активность каталазы – по способности фермента разлагать перекись водорода с образованием воды и кислорода. Полученные данные были обработаны с помощью программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel. На основании проведенных экспериментов выявлено, что использование озонированной эритроцитарной массы при ее трансфузии крысам стимулирует антиоксидантные процессы в клетках в ответ на усиление перекисного окисления липидов, что, в свою очередь, сопровождается увеличением электрофоретической подвижности. Последняя тенденция, отражая повышение электроотрицательности эритроцитов, указывает на улучшение реологического состояния крови и микроциркуляции при трансфузионном применении озона. Это позволяет оптимизировать кислородтранспортную функцию крови, что обосновывает эффективность применения озонированной эритроцитарной массы в коррекции острой кровопотери.

Ключевые слова: электрокинетическая подвижность эритроцитов, малоновой диальдегид, озон, кровопотеря.

Основным звеном патогенеза кровопотери является уменьшение объема циркулирующей крови, что требует адекватного восполнения дефицита эритроцитов, т.е. применения эритроцитарной массы [1]. Однако переливание обычной эритроцитарной массы не всегда эффективно, поскольку длительное хранение консервированной

крови сопровождается деструктивными изменениями эритроцитов. Применение эритроцитарной массы с продолжительным сроком хранения может способствовать сладжированию и тромбированию микроциркуляторного русла, ухудшая тем самым газотранспортную функцию крови. Указанные недостатки могут быть устранены при

ДЕРЮГИНА Анна Вячеславовна – д.б.н., Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, e-mail: Derugina69@yandex.ru

ГАЛКИНА Яна Валентиновна, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, e-mail: kfg@bio.unn.ru

СИМУТИС Ионас Стасио – к.м.н., Городская клиническая больница № 40, e-mail: simutis@mail.ru

БОЯРИНОВ Геннадий Андреевич – д.м.н., Нижегородская государственная медицинская академия, e-mail: boyarin46@mail.ru

МАРТУСЕВИЧ Анастасия Анатольевна, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр, e-mail: a\_martusevich@mail.ru

применении препаратов, восстанавливающих мембранные свойства эритроцитов. Известно, что озонотерапия приводит к улучшению реологических свойств крови, повышению отдачи оксигемоглобина кислорода ткани и увеличению скорости микроциркуляции. Кроме того, взаимодействуя с двойными связями ненасыщенных жирных кислот эритроцитарной мембраны, озон повышает ее эластичность [2]. В результате озонотерапии наблюдается снижение концентрации продуктов перекисного окисления липидов в крови с одновременной активацией ферментативного звена антиоксидантной защиты [3]. Между тем эффективность использования озона в реабилитации консервированных эритроцитов с последующей их трансфузией при кровопотере не изучалась. В связи с этим проведено исследование действия озона на электрофоретическую подвижность и про- и антиоксидантные свойства эритроцитов крови крыс после кровопотери.

**Материалы и методы.** Исследование было проведено на 20 белых крысах массой 180–220 г. Животные были разделены на 2 группы по 10 особей в каждой группе.

Кровопотерю крысам создавали путем забора 3 мл крови из хвостовой артерии. Через час кровопотерю восполняли путем введения эритроцитарной массы (отмытые эритроциты той же крысы, забранные за 3 дня до моделирования кровопотери) с физиологическим раствором.

Крысам 1 группы вводили 0.5 мл отмытых эритроцитов и 2 мл озонированного физиологического раствора. Крысам 2 группы вводили 0.5 мл отмытых эритроцитов и 2 мл физиологического раствора.

При озонировании физиологический раствор содержал 2 мг/л озона. Озонирование физиологического раствора производили на установке озонаторной терапевтической автоматической УОТА-60-01-«Медозон» (Россия). Установка изготовлена в соответствии с ТУ 9444-001-11441871-97 и может быть использована в медицинских учреждениях. Озонирование физиологического раствора производили непосредственно перед смешиванием его с эритроцитарной массой.

Забор крови для анализа ЭФПЭ, МДА и активности каталазы эритроцитов проводили через

1 час, 1 и 5 суток после моделирования кровопотери.

Эритроциты трижды отмывали 0.85% раствором хлористого натрия, центрифугируя 10 мин при 3000 об/мин.

Измерение ЭФПЭ проводили методом микроэлектрофореза, регистрируя время прохождения эритроцитами расстояния 10 мкм в трис-НСI буфере с рН 7.4 при силе тока 8 мА [4].

Интенсивность перекисного окисления липидов определяли по содержанию малонового диальдегида в эритроцитах [5], активность каталазы – по способности фермента разлагать перекись водорода с образованием воды и кислорода [6].

Полученные данные были обработаны с помощью пакетов прикладных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel с использованием методов одномерной статистики. Достоверность различий средних данных определяли по *t*-критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости  $p < 0.05$ .

**Результаты и обсуждение.** В качестве показателей, позволяющих интегрально описать функциональное состояние мембраны эритроцита, нами выбрано исследование концентрации МДА, активности каталазы и ЭФПЭ.

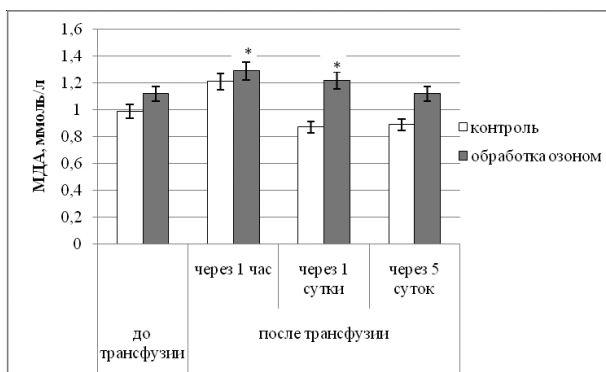


Рис. 1. Концентрация малонового диальдегида (МДА) в эритроцитах при моделировании кровопотери и в ходе проведения терапии у крыс («\*») – статистически значимые различия концентрации МДА относительно значений до трансфузии,  $p < 0.05$

Установлено, что спустя 1 час после трансфузии эритроцитарной массы у животных контрольной группы содержание МДА увеличилось на 22% (рис. 1), тогда как в группе с введением озона было зарегистрировано увеличение значе-



ния параметра на 15% от уровня до кровопотери ( $p < 0.05$ ). К первым суткам от начала эксперимента при воздействии озона происходило статистически значимое снижение концентрации МДА на 6% ( $p < 0.05$ ) относительно 1 часа регистрации, и уже к пятым суткам наблюдалось восстановление данного показателя до уровня МДА исходной крови крыс.

Исследование ЭФПЭ выявило, что к первым суткам у животных контрольной группы происходило статистически значимое снижение ЭФПЭ на 18% ( $p < 0.05$ ) относительно уровня показателя исходной крови крыс (рис. 2). При воздействии озона наблюдалось статистически значимое снижение ЭФПЭ спустя час от начала эксперимента на 7%, тогда как в дальнейшем данный показатель возрастал, и к пятым суткам эксперимента достиг 137% ( $p < 0.05$ ).

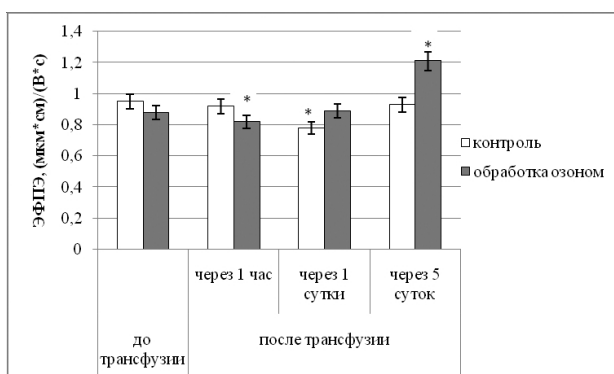


Рис. 2. Изменения электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ) в эритроцитах при моделировании кровопотери и в ходе проведения терапии у крыс («\*» – статистически значимые различия ЭФПЭ относительно значений до трансфузии,  $p < 0.05$ )

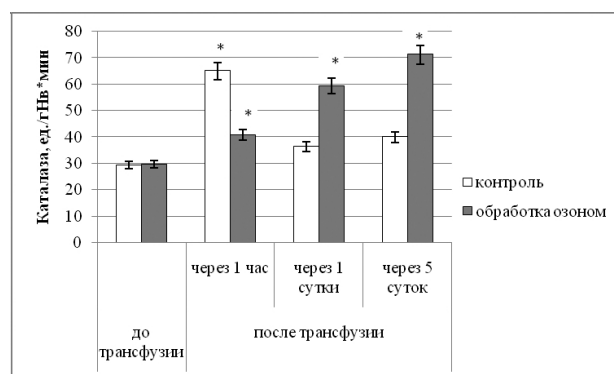


Рис. 3. Активность каталазы (ед./г Нв\*мин) в эритроцитах при моделировании кровопотери и в ходе проведения терапии у крыс («\*» – статистически значимые различия активности каталазы относительно значений до трансфузии,  $p < 0.05$ )

В результате исследований было установлено, что к первому часу эксперимента активность каталазы возросла у крыс контрольной группы и при трансфузии озонированной эритроцитарной массы на 122% ( $p < 0.05$ ) и на 38% ( $p < 0.05$ ) соответственно (рис. 3). Действие озона в большей степени повлияло на активацию антиоксидантной системы к пятым суткам эксперимента. Об этом свидетельствует возрастание показателя до 240% ( $p < 0.05$ ).

**Обсуждение результатов.** Изменения как мембраны эритроцитов, так и плазматических мембран других клеточных систем при различных процессах заставляют затронуть некоторые общепатологические проблемы, одной из которых является процесс липопероксидации (ПОЛ), инициация которого сопровождается неспецифическими изменениями структуры и функции клеточных мембран [7].

В нормальных условиях функционирования во всех клетках и мембранных структурах протекают свободнорадикальные реакции, которые сдерживаются на низком уровне многокомпонентной системой антиоксидантов.

Нарушение баланса между скоростью процессов образования активных форм кислорода и мощностью антиоксидантной защиты способствует самоускоряющемуся процессу перекисного окисления липидов.

Усиление ПОЛ клеточных мембран приводит к уплотнению либо деструкции липидного бислоя, повышению его вязкости, сокращению площади белок-липидных контактов, нарушению функциональной активности ферментов, изменению мембранной проницаемости и поверхностного заряда, нарушению функционального состояния мембрано-рецепторного комплекса. Таким образом, отмечается уменьшение уровня макроэргов, накопление в клетках ионов  $Ca^{2+}$ , так как снижение уровня АТФ приводит к выключению ионных насосов и поступлению ионов кальция из межклеточной среды, а также активации мембраносвязанных фосфолипаз, гидролизу части фосфолипидов, увеличению проницаемости мембран [8].

Оптимизация про- и антиоксидантных систем организма является одним из основных биологических эффектов системного воздействия

озонотерапии, реализуемым через влияние на клеточные мембраны и заключающимся в нормализации баланса уровней продуктов перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы защиты. В ответ на введение озона в тканях и органах происходит повышение прежде всего активности антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы, широко представленных в сердечной мышце, печени, эритроцитах и других тканях. В ответ на введение первых доз озона наблюдается незначительное повышение свободнорадикальных процессов, приводящее к образованию продуктов перекисного окисления липидов – первичных (диеновые и триеновые конъюгаты), вторичных (МДА) и конечных (основания Шиффа) [9]. Запуск кислород-зависимых реакций в эритроцитах осуществляется образованием в липидном бислое мембран клеток озонидов. Полиненасыщенные жирные кислоты в мембране разрывают липидный бислой и тем самым обуславливают определенную эластичность мембраны, перегиб молекулы по месту двойной связи служит активным центром для взаимодействия с молекулой озона. Несмотря на высокие реакционные способности озона, полярная структура молекулы не позволяет ему проникнуть через клеточную мембрану. Поэтому внутриклеточные реакции озона исключены. Озонолиз клеточной мембраны эритроцитов ведет через расщепление цепей ненасыщенных жирных кислот к образованию гидрокси-гидропероксидов. Пероксиды проникают во внутриклеточное пространство (по крайней мере, частично) и тем самым влияют на метаболизм эритроцитов. Но последующая активация ферментных и неферментных антиоксидантных систем организма восстанавливает активность перекисного окисления, и в итоге наблюдается нормализация всех изучаемых компонентов [10].

Таким образом, на основании проведенных экспериментов выявлено, что использование озонированной эритроцитарной массы при ее трансфузии крысам стимулирует антиоксидантные процессы в клетках в ответ на усиление перекисного окисления липидов, что, в свою очередь, сопровождается увеличением ЭФПЭ. Последняя тенденция, отражая повышение электроотрицатель-

ности эритроцитов, указывает на улучшение реологического состояния крови и микроциркуляции при трансфузионном применении озона. Это позволяет оптимизировать кислородтранспортную функцию крови, что обосновывает эффективность применения озонированной эритроцитарной массы в коррекции острой кровопотери.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Моргунов С.С. Коррекция тканевой гипоксии процессов свободнорадикального окисления при гастродуоденальных кровотечениях // Хирургия. Журнал им. Н.П. Пирогова. 2011. № 9. С. 71–75.
2. Исхакова Р.Р., Сайфуллина Ф.Р. Озонотерапия в офтальмологии // Казанский медицинский журнал. 2013. Т. 94, № 4. С. 510–516.
3. Rokitanscy O. Clinical considerations and biochemistry of ozone therapy // Hospitalis. 1982. № 52. P. 643–647.
4. Крылов В.Н., Захарова О.А., Антипенко Е.А. Неспецифические адаптационные реакции крови при хронической ишемии головного мозга // Клиническая лабораторная диагностика. 2010. № 12. С. 28–30.
5. Крылов В.Н., Дерюгина А.В., Гришина А.А. Изменение электрофоретической подвижности эритроцитов и липидного спектра их мембран при различных стрессовых воздействиях // Гематология и трансфузиология. 2010. № 3. С. 40–44.
6. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах // Лабораторное дело. 1985. №11. С. 678–681.
7. Sushil J.K. Evidence for membrane lipid peroxidation during the in vivo aging of human erythrocytes // Biochim. Biophys. Acta: Biomembranes. 1988. Vol. 937, № 2. P. 205–210.
8. Кагава Я. Биомембраны. М.: Высшая школа, 1985. 63 с.
9. Cardendale M.T., Griffiths J. Is there a role for medical ozone in the treatment of HIV and associated infections? // Ozone in Medicine. Proceedings of the 11th Ozone World Congress. San Francisco, 1993. P. 32–37.
10. Густов А.В., Котов С.А., Конторщикова К.Н., Потехина Ю.П. Озонотерапия в неврологии. Нижний Новгород, 1999. 243 с.



## References

1. Morgunov S.S. Correction of tissue hypoxia and free radical oxidation processes in gastroduodenal hemorrhages. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.P. Pirogova*, 2011, no. 9, pp. 71–75.

2. Iskhakova R.R., Sayfullina F.R. Ozone therapy in ophthalmology. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*, 2013, vol. 94, no. 4, pp. 510–516.

3. Rokitansky O. Clinical considerations and biochemistry of ozone therapy. *Hospitalis*, 1982, no. 52, pp. 643–647.

4. Krylov V.N., Deryugina A.V., Zakharova O.A., Antipenko E.A. Nonspecific adaptive reactions of blood in chronic brain ischemia. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2010, no. 12, pp. 28–30.

5. Krylov V.N., Deryugina A.V., Grishina A.A. Changes in electrophoretic mobility of erythrocytes and lipid spectra of their membranes in exposure to stress

factors of different kind. *Gematologiya i transfuziologiya*, 2010, no. 3, pp. 40–44.

6. Chevari S., Chaba I., Szykely J.. Role of superoxide dismutase in cellular oxidative processes and method of its determination in biological materials. *Laboratornoe delo*, 1985, no. 11, pp. 678–681.

7. Sushil J.K. Evidence for membrane lipid peroxidation during the *in vivo* aging of human erythrocytes. *Biochim. Biophys. Acta: Biomembranes*, 1988, vol. 937, no. 2, pp. 205–210.

8. Kagawa Y. *Biomembranes*. Russian edition. Moscow, Vysshaya shkola, 1985. 63 p.

9. Cardendale M.T., Griffiths J. Is there a role for medical ozone in the treatment of HIV and associated infections? *Ozone in Medicine. Proceedings of the 11th Ozone World Congress*. San Francisco, 1993, pp. 32–37.

10. Gustov A.V., Kotov S.A., Kontorshchikova K.N., Potekhina Yu.P. *Ozone therapy in neurology*. Nizhny Novgorod, 1999. 243 p.

## EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE USE OF OZONE IN TRANSFUSION THERAPY OF BLOOD LOSS IN RATS

© A.V. Deryugina<sup>1</sup>, Ya.V. Galkina<sup>1</sup>, I.S. Simutis<sup>2</sup>, G.A. Boyarinov<sup>3</sup>, A.A. Martusevich<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,  
23, prospekt Gagarina, 603950, Nizhny Novgorod, Russian Federation

<sup>2</sup>Municipal Clinical Hospital No. 40,  
71, ulitsa Geroya Yuriya Smirnova, 603083, Nizhny Novgorod, Russian Federation

<sup>3</sup>Nizhny Novgorod State Medical Academy, Ministry of Health of the Russian Federation,  
10/1, ploshchad Minina i Pozharskogo, 603005, Nizhny Novgorod, Russian Federation

<sup>4</sup>Volga Federal Medical Research Centre, Ministry of Health of the Russian Federation,  
18, Verkhne-Volzhsкая naberezhnaya, 603155, Nizhny Novgorod, Russian Federation

The aim of this work is to scrutinize the ozone effect on electrophoretic mobility and pro- and antioxidant properties of rats' erythrocytes after blood loss. Experiments were performed on 21 white rats divided into two groups. The blood loss in rats was produced by taking 3 ml of blood from the tail artery. In an hour the blood loss was compensated by introducing erythrocyte mass (washed erythrocytes of the same animal taken at least 72 hours before the blood loss simulation) with saline solution. The rats of the first group were administered 0.5 ml of washed erythrocytes and 2 ml of ozonated physiological solution. The rats of the second group were injected with 0.5 ml of washed red blood cells and 2 ml of saline. Ozonated physiological solution contained 2 mg/l of ozone. Ozonation of the saline was done using the UOTA-60-01-“Medozon” (Russia). Blood for analyzing electrophoretic mobility of erythrocytes, concentration of malonic dialdehyde and catalase activity in erythrocytes was taken in 1, 24 and 120 hours after the blood loss simulation. The erythrocytes were washed thrice with 0.85% solution of sodium chloride (centrifugation during 10 min at 3000 rpm). Electrophoretic mobility of erythrocytes was measured using microelectrophoresis. The intensity of lipid peroxidation was determined from the content of malonic dialdehyde in erythrocytes, and the activity of catalase was assessed from its ability to decompose hydrogen peroxide forming water and oxygen. The resultant data were processed using the Statistica 6.0 and Microsoft Excel software. The experiments enabled us to reveal that the use of ozonated erythrocyte mass transfusion stimulates antioxidant processes in rats' cells in response to a higher lipid peroxidation rate and this, in turn, is accompanied by an increase in electrophoretic mobility of erythrocytes. This phenomenon reflects an increase in electronegativity of red blood cells and is indicative of better blood rheology and microcirculation under ozone treatment. This allows optimizing the oxygen transport in blood and proves the efficacy of ozonated erythrocyte mass in the correction of acute hemorrhage.

Key words: electrophoretic mobility of erythrocytes, malonic dialdehyde, ozone, blood loss.

УДК 630.181.8:582.717.4(470.57-25)

## ФЕНОЛОГИЧЕСКАЯ АТИПИЧНОСТЬ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ И СОРТОВ ДЕЙЦИЙ (*DEUTZIA THUNB.*)

© Ф.К. Мурзабулатова, Н.А. Рязанова

Приведены данные по фенологической атипичности 24 интродуцированных таксонов (18 видов и 6 сортов) дейций по 10 фенологическим фенофазам за период наблюдений с 2005 по 2015 год. Установлено, что сезонный ритм развития дейций в целом укладывается в вегетационный период района проведения исследований. Наиболее устойчивые виды (*D. parviflora*, *D. parviflora* var. *amurensis*, *D. glabrata*) в систематическом плане относятся к секции *Mesodeutzia* и произрастают в северной части общего ареала распространения дейций. Двадцать таксонов находятся в оптимуме для реализации своих фенофаз, из них 5 таксонов находятся в верхней половине области нормы (супернорма), 15 таксонов – в нижней половине области нормы (субнорма). Межвидовой гибрид *D. × carnea* не совсем укладывается по фенологии в вегетационный период.

Ключевые слова: *Deutzia*, интродукция, фенология, Башкирское Предуралье.

**Введение.** Фенологические наблюдения имеют большое значение в интродукционных исследованиях. Данные о сезонных изменениях растений позволяют оценить ритм их жизнедеятельности и выявить любые его отклонения от нормального ритма, и в целом сделать выводы о интродукционной устойчивости вида в условиях района исследований [1–3].

**Объекты и методы.** Объектами исследования являлись 24 таксона (18 видов и 6 сортов, табл.) рода *Deutzia* Thunb. коллекции Ботанического сада-института г. Уфы (Башкирское Предуралье) [4]. Фенологические наблюдения проводили в течение 10 лет в соответствии с «Методикой фенологических наблюдений в ботанических садах СССР» [5]. Степень соответствия фенологии местным условиям среды определяли на основе шкалы фенологической атипичности по методике Г.Н. Зайцева [6]. Для расчета были использованы данные по 10 фенологическим фазам: разverzание почек, начало роста вегетативных побегов, начало цветения, окончание цветения, окончание роста вегетативных побегов, начало одревеснения побегов, полное одревеснение побегов, начало созревания плодов, осенняя окраска листьев, начало листопада.

Значения показателя атипичности вычисляли по формуле:

$$\Phi_1 = 1/n \sum (a_i - M) / \sigma,$$

где  $\Phi_1$  – показатель атипичности с учетом знаков отклонения,  $a$  – отдельные значения фенодат,  $M$  – средняя арифметическая массива видов по определенной фенофазе,  $\sigma$  – средние квадратические отклонения массива видов по определенной фенофазе,  $i$  – порядковый номер фенофазы,  $n$  – число фенофаз.

**Результаты и обсуждения.** Шкала фенологической атипичности интродуцированных видов и сортов дейций, а также балльная оценка показателей приведены в табл. Минимальный балл атипичности означает большее соответствие фенологии вида условиям среды, максимальный – наименьшее. Знак показателя атипичности указывает на опережение (отрицательный показатель) или запаздывание (положительный показатель) фенофаз относительно нормы.

Показатель фенологической атипичности отражает в первую очередь географическое положение первичного ареала интродуцентов. Минимальный балл атипичности (балл 3) имеют три таксона секции *Mesodeutzia* C.K.Schn. [7]: ряд *Parviflorae* – *D. parviflora* var. *amurensis*, *D. parviflora*, ряд *Glabratae* – *D. glabrata*, произрастающие в естественных условиях севернее остальных таксонов [7–10]. Фенологический цикл развития данных интродуцентов «укладывается в данный вегетационный период с некоторым из-

МУРЗАБУЛАТОВА Фануза Кавиевна, Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: murzabulatova@yandex.ru

РЯЗАНОВА Надежда Александровна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: nad-ryazanova@ya.ru

лишком, они могут расти в несколько более холодном климате» [6]. Два естественных вида из секции *Deutzia* (западно-китайская *D. longifolia*, японская *D. maximowicziana*), а также три межвидовых гибрида (*D. × kalmiaeflora*, *D. × magnifica*, *D. × rosea* ‘Campanulata’) имеют балл 4 и находятся в верхней половине области нормы для реализации своих фенофаз, т.е. «цикл их развития полностью соответствует вегетационному периоду места интродукции» [5, 6]. Большинство таксонов (9 видов, 1 вариация и 4 сорта) в коллекции имеют балл 5, находятся в нижней половине в области нормы – это нижняя зона оптимума. И сорт дейции шероховатой *D. scabra* ‘Plena’ имеет показатель атипичности очень близкий к 1, в связи с чем можно сказать, что по своему фенологическому развитию этот сорт также укладывается в вегетационный период района проведения исследований. Межвидовой гибридом *D. × carnea* имеет балл атипичности 6, следовательно, «не совсем укладывается по фенологии в данный вегетационный период, в суровые зимы вымерзает» [5, 6].

**Выводы.** Таким образом, сезонные ритмы жизнедеятельности трех таксонов секции *Mesodeutzia*, произрастающих в северной части естественного региона распространения дейций, укладывается в данный вегетационный период с излишком. Двадцать таксонов находятся в оптимуме для реализации своих фенофаз, из них 5 таксонов находятся в верхней половине области нормы или в супернорме, 15 таксонов – в нижней половине области нормы или в субнорме. Один таксон не укладывается по фенологии в вегетационный период района интродукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полякова Н.В. Фенологическая атипичность сирени в коллекции Ботанического сада-института в г. Уфе // Проблемы современной дендрологии: Мат-лы Междун. науч. конф. посвящ. 100-летию со дня рождения член-корр. АН СССР П.И. Лапина. М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2009. С. 281–284.
2. Абдуллина Р.Г., Вафин Р.В. Фенологическая атипичность интродуцированных видов рода *Sorbus* L. в Уфимском ботаническом саду // Научные ведомости

Т а б л и ц а

Фенологическая атипичность интродуцированных видов и сортов дейций, по данным фенологических наблюдений за 2005–2015 гг.

№ п/п	Вид	Показатель атипичности	Балл атипичности
1	<i>D. parviflora</i> var. <i>amurensis</i>	-2.234	3
2	<i>D. parviflora</i>	-1.393	3
3	<i>D. glabrata</i>	-1.338	3
4	<i>D. longifolia</i>	-0.307	4
5	<i>D. × kalmiaeflora</i>	-0.243	4
6	<i>D. maximowicziana</i>	-0.121	4
7	<i>D. × magnifica</i>	-0.036	4
8	<i>D. × rosea</i> ‘Campanulata’	-0.018	4
9	<i>D. vilmorinae</i>	0.046	5
10	<i>D. schneideriana</i> var. <i>laxiflora</i>	0.115	5
11	<i>D. crenata</i>	0.161	5
12	<i>D. discolor</i>	0.221	5
13	<i>D. × hybrida</i>	0.251	5
14	<i>D. gracilis</i>	0.273	5
15	<i>D. ningpoensis</i>	0.305	5
16	<i>D. corymbosa</i>	0.307	5
17	<i>D. × hybrida</i> ‘Mont Rose’	0.355	5
18	<i>D. × hybrida</i> ‘Strawberry Fields’	0.359	5
19	<i>D. mollis</i>	0.384	5
20	<i>D. scabra</i> ‘Pride of Rochester’	0.677	5
21	<i>D. scabra</i>	0.768	5
22	<i>D. × hybrida</i> ‘Pink Pompon’	0.852	5
23	<i>D. scabra</i> ‘Plena’	1.004	6
24	<i>D. × carnea</i>	1.248	6

мости. Сер. Естественные науки. Белгород, 2011. № 9 (104). Вып. 15/1. С. 86–87.

3. Рязанова Н.А., Путенихин В.П. Клены в Башкирском Предуралье: биологические особенности в условиях интродукции. Уфа: Гилем, 2012. 224 с.

4. Каталог растений Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: Гилем, 2012. 224 с.

5. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М., 1975. 28 с.

6. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981. 120 с.

7. Заиконникова Т.И. Дейции – декоративные кустарники. Л.: Наука, 1966. 140 с.

8. Соколова О.В. Род 4. Дейция, Жилистек – *Deutzia* Thunb. // Деревья и кустарники СССР. Т. 3. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 152–162.

9. Славкина Т.И. Виды рода Дейция (*Deutzia* Thunb.), интродуцированные ботаническим садом АН УзССР. Родовые комплексы крыжовника, смородины, дейции, катальпы // Дендрология Узбекистана. Ташкент: Фан, 1978. Т. 9. С. 74–125.

10. Мурзабулатова Ф.К., Вафин Р.В., Путенихин В.П. Сезонный ритм развития представителей рода *Deutzia* Thunb. в Башкирском Предуралье // Вестник ИрГСХА: научно-практический журнал. 2011. Вып. 44, Ч. III. С. 137–143.

#### References

1. Polyakova N.V. Phenological atypicality of lilac in the collection of the Botanical Garden-Institute in Ufa. Problemy sovremennoy dendrologii. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya chlenakorrespondenta AN SSSR P.I. Lapina. Moscow,

Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2009, pp. 281–284.

2. Abdullina R.G., Vafin R.V. Phenological atypicality of introduced species of the genus *Sorbus* L. in the Ufa Botanical Garden. Nauchnye vedomosti. Ser. Estestvennye nauki. Belgorod, 2011, no. 9 (104), issue 15/1, pp. 86–87.

3. Ryazanova N.A., Putenikhin V.P. Maples in the Bashkir Cis-Urals: Biological features under introduction conditions. Ufa, Gilem, 2012. 224 p.

4. Plant catalogue of the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS. Ufa, Gilem, 2012. 224 p.

5. Methodology of phenological observations in botanical gardens. Moscow, GBS AN SSSR, 1972. 28 p.

6. Zaytsev G.N. Phenology of woody plants. Moscow, Nauka, 1981. 120 p.

7. Zaikonnikova T.I. *Deutzia* ornamental shrubs. Leningrad, Nauka, 1966. 140 p.

8. Sokolova O.V. Genus 4. *Deutzia* Thunb. Trees and shrubs of the USSR. Vol. 3. Moscow, Leningrad, Izdatelstvo AN SSSR, 1954, pp. 152–162.

9. Slavkina T.I. Species of the genus *Deutzia* Thunb. introduced into the Botanical Garden of the Academy of Sciences of Uzbekistan. Generic complexes of gooseberry, currant, deutzia and catalpa. Dendrologiya Uzbekistana. Tashkent, Fan, 1978, vol. 9, pp. 74–125.

10. Murzabulatova F.K., Vafin R.V., Putenikhin V.P. Seasonal rhythm of development of representatives of the genus *Deutzia* Thunb. in the Bashkir Cis-Urals. Vestnik Irkutskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. Nauchno-prakticheskiy zhurnal. 2011, issue 44, pt. 3, pp. 137–143.

## PHENOLOGICAL ATYPICITY OF INTRODUCED SPECIES AND VARIETIES OF *DEUTZIA* THUNB.

© F.K. Murzabulatova, N.A. Ryazanova

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

The article gives data on phenological atypicality of 24 introduced taxa of *Deutzia* (18 species and 6 varieties) according to 10 phenological phases over the observation period from 2005 to 2015. It was found that the seasonal rhythm of development of *Deutzia* corresponds in general to the vegetation period in the region under investigation. In the systematic aspect, the most resistant species (*D. parviflora*, *D. parviflora* var. *amurensis*, *D. glabrata*) belong to the section *Mesodeutzia* and grow in the northern part of the general distribution area of *Deutzia*. Twenty taxa are under the optimum conditions for the advancement of their phenophases, among them 5 taxa are in the top half of the norm (supernormal) and 15 taxa are in the lower half of the norm (subnormal). The interspecies hybrid *D. × carnea* does not quite fit within the vegetative period by its phenology.

Key words: *Deutzia*, introduction, phenology, Bashkir Cis-Urals.



УДК 579.22

**ВЛИЯНИЕ ЛЕКТИНОВ ЭНДОФИТНОГО И ЭПИФИТНОГО ШТАММОВ АЗОСПИРИЛЛ НА АКТИВНОСТЬ ПЕКТИНОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ**

© С.А. Аленькина, В.Е. Никитина

Изучали способность лектинов, выделенных с поверхности почвенных ассоциативных азотфиксирующих бактерий рода *Azospirillum* (альфа-субкласс протеобактерий), известных много лет как улучшающие рост растений ризобактерии (plant growth promoting rhizobacteria – PGPR), оказывающие регулирующее воздействие на активность пектинолитических ферментов в корнях проростков пшеницы. Результаты проведенных исследований показали, что лектины двух штаммов – *A. brasilense* Sp7 (эпифитный) и *A. brasilense* Sp245 (эндофитный) – в концентрациях от 5 до 20 мкг/мл после 1 ч воздействия на корни проростков пшеницы способны вызывать индукцию активности полигалактуроназы, пектинэстеразы, пектатлиазы – ферментов пектинолитического комплекса клеточной стенки растений. Самой эффективной по отношению к изучаемым ферментам оказалась концентрация обоих лектинов – 10 мкг/мл. Наибольший эффект наблюдался по отношению к полигалактуроназе. Результаты продемонстрировали наиболее высокую индуцирующую активность лектина эндофитного штамма Sp245 по отношению ко всем трем ферментам. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что лектины азоспирилл способны вызывать индукцию пектинразрушающих ферментов самих растений, являющихся одним из основных факторов, способствующих разрушению клеточных стенок и внедрению микроорганизмов в ткани растения, а в сочетании с предыдущими данными, свидетельствующими о том, что лектины азоспирилл, помимо адгезивной функции, способны влиять на метаболизм растительной клетки – стимулировать прорастание семян, проявлять по отношению к растительной клетке митогенную и ферментмодифицирующую активности, изменять содержание стрессовых метаболитов в растительной клетке, дают основания полагать, что лектины азоспирилл могут индуцировать развитие ответных реакций в растениях, что в сочетании с ростстимулирующим эффектом бактерий способствует формированию устойчивости и продуктивности растений. Полученные данные имеют и общеприкладное значение, так как лектины содержатся во всех живых организмах и большинство функций лектинов остаются не вполне выясненными.

Ключевые слова: *Azospirillum brasilense*, лектины, корни проростков пшеницы, полигалактуроназа, пектатлиаза, пектинэстераза.

**Введение.** Бактерии рода *Azospirillum* (альфа-субкласс протеобактерий) известны много лет как улучшающие рост растений ризобактерии (plant growth promoting rhizobacteria – PGPR). Бактерии обладают рядом очень важных свойств для эффективного ассоциативного взаимодействия с растениями – способностью к азотфиксации, продукции фитогормонов, солибилизации фосфатов, улучшению водного и минерального статуса продукции ряда соединений, увеличивающих мембранную активность и пролиферацию тканей корневой системы, уменьшать влияние стрессоров на растение и осуществлять контроль многочис-

ленных фитопатогенов. Они были изолированы из ризосферы многих трав и злаков, произрастающих как в тропическом, так и в умеренном климате. Азоспириллы в основном колонизируют поверхность корня, и лишь некоторые штаммы способны проникать во внутренние ткани корня [1]. Вопросы, связанные с проникновением бактерий в ткани корня растений, являются одними из невыясненных в исследовании азотфиксирующих бактериально-растительных ассоциаций.

Фитопатогенные и мутуалистические микроорганизмы, такие как *Rhizobium* и *Azospirillum*, являются известными продуцентами ферментов,

АЛЕНЬКИНА Светлана Александровна, Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, e-mail: alenkina@ibppm.sgu.ru

НИКИТИНА Валентина Евгеньевна, Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, e-mail: nikitina@ibppm.sgu.ru



деградирующих пектин клеточной стенки растений [2]. В то же время показана способность ризобий за счет Nod-фактора индуцировать активность этих ферментов в самой растительной клетке на начальных этапах взаимодействия [3].

С действием пектолитических ферментов связывают не только процессы разрушения пектиновых веществ при проникновении и продвижении по тканям растения, но и изменение проницаемости для воды и ионов. Повреждающее действие пектолитических ферментов вызывает сдвиг физиологических процессов и развитие в тканях растения ответных реакций, соотношение которых может определять исход взаимоотношений между организмами.

Как показано в большинстве случаев, пектинолитические ферменты растений являются гликопротеинами и, следовательно, несут детерминанты специфичности. Присутствие в молекулах пектолитических ферментов углеводов [4] может обуславливать специфическое взаимодействие с лектинами, в том числе бактериальными.

Никитина с соавт. [5] показала присутствие на поверхности клеток азоспирилл лектинов, вовлеченных в бактериальную адгезию к корням. С поверхности двух отличающихся по способу колонизации растений штаммов ассоциативных азотфиксирующих бактерий – *A. brasilense* Sp7 и *A. brasilense* Sp245 – были изолированы лектины, являющиеся гликопротеинами с различными молекулярными массами и углеводной специфичностью [5, 6]. Было показано, что лектины азоспирилл являются полифункциональными молекулами. Помимо адгезивной функции, они способны влиять на метаболизм растительной клетки – стимулировать прорастание семян, проявлять по отношению к растительной клетке митогенную и ферментомодифицирующую активности, изменять содержание стрессовых метаболитов в растительной клетке, что свидетельствует о способности лектинов выступать в качестве индукторов адаптационных процессов корней проростков пшеницы [7].

В связи с вышесказанным целью данной работы была сравнительная оценка способности лектинов *A. brasilense* Sp7 и *A. brasilense* Sp245 оказывать регулирующее воздействие на активность пектинолитических ферментов в корнях проростков пшеницы.

**Материалы и методы.** В работе были использованы лектины двух штаммов бактерий рода *Azospirillum* – *A. brasilense* Sp7 (эпифитный), полученный из Института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН (г. Москва), и *A. brasilense* Sp245 (эндофитный) из коллекции микроорганизмов ИБФРМ РАН. Выращивание культур, выделение и очистку лектинов проводили, как описано ранее [5, 6].

В работе использовали 3-суточные проростки пшеницы Саратовская 29. Корни после экспозиции с препаратами лектинов (концентрации лектинов 5–40 мкг/мл, максимальное время инкубации – 1 ч) гомогенизировали в 0.15 М фосфатном буфере (рН 7.8). Гомогенат центрифугировали при 7000g, надосадочную жидкость использовали для определения активности ферментов.

Активность полигалактуроназы, пектатлиазы и пектинэстеразы определяли по описанной методике [8]. Активность ферментов выражали числом единиц активности фермента в 1 г сырой массы корней.

Полученные результаты подвергали статистической обработке. Доверительные интервалы определяли для 95% уровня значимости.

**Результаты и обсуждение.** Результаты проведенных исследований показали, что изучаемые лектины в концентрациях от 5 до 20 мкг/мл после 1 ч воздействия на корни проростков пшеницы способны вызывать индукцию активности полигалактуроназы, пектинэстеразы, пектатлиазы – ферментов пектинолитического комплекса клеточной стенки растений. Самой эффективной оказалась концентрация обоих лектинов 10 мкг/мл. Наибольший эффект наблюдался по отношению к полигалактуроназе, увеличение активности для лектинов *A. brasilense* Sp7 и Sp245 составляло 80 и 150% соответственно. Несколько меньшим оказалось влияние лектинов на активность пектатлиазы. В данном случае увеличение активности составило 50% для лектина *A. brasilense* Sp7 и 100% для лектина *A. brasilense* Sp245. Самым незначительным было влияние лектинов на активность пектинэстеразы. Лектин эпифитного штамма вызывал увеличение активности фермента на 10%, эндофитного штамма – на 50%. Результаты продемонстрировали наиболее высокую индуцирующую актив-

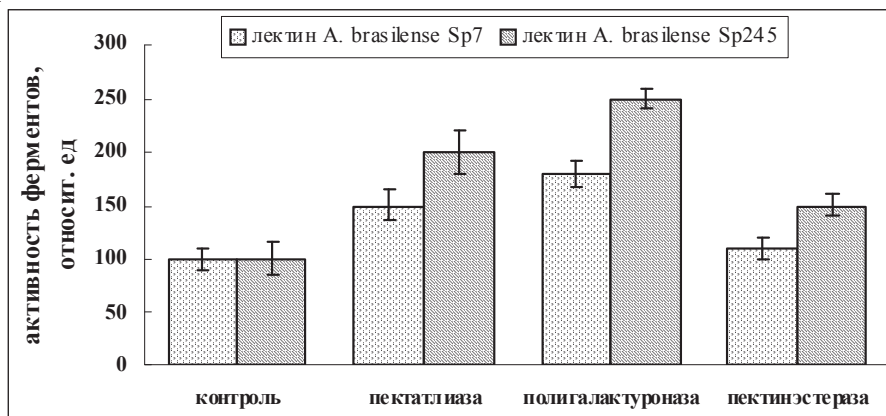


Рис. Влияние лектинов *A. brasilense* Sp7 и Sp245 на активность пектолитических ферментов корней проростков пшеницы. Контроль-корни: активность пектагилазы – 20 ед/г сырой массы, полигалактуроназы – 10 ед/г сырой массы, пектинэстеразы – 25 ед/г сырой массы. Концентрация лектинов – 10 мкг/мл. Время инкубации – 1 ч

ность лектина эндофитного штамма Sp245 по отношению ко всем изучаемым ферментам, что, по-видимому, связано со способностью данного штамма проникать внутрь корня (рис.).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что лектины азоспирилл способны вызывать индукцию пектинразрушающих ферментов самих растений, являющихся одним из основных факторов, способствующих разрушению клеточных стенок и внедрению микроорганизмов в ткани растения, и в этом прослеживается сходство с бобово-ризобияльным симбиозом [3].

Роль пектолитических ферментов не ограничена только процессами разрушения пектиновых веществ, происходящих при проникновении и продвижении микроорганизмов по тканям растения. Повреждающее действие пектолитических ферментов вызывает в клетке сдвиг физиологических процессов и развитие ответных реакций в тканях растения.

Соотношение этих реакций, скорость и интенсивность могут определять исход взаимоотношений между организмами. Клеточная стенка растений рассматривается как «депо» ферментов: в ней обнаружен целый ряд ферментов, в том числе и пероксидазы. Показано, что пероксидазы локализованы в свободном пространстве клеточной стенки, а также связаны ионными или ковалентными связями. Многие исследователи наблюдали активирование и освобождение пероксидаз, локализованных в клеточных стенках, при действии пектолитических ферментов [9]. С действием пероксидаз связывают образование этилена и

перекиси водорода, оказывающих токсическое действие на ткани растения, окисление индолилуксусной кислоты (ИУК), изменяющее гормональный баланс в клетках [10]. Полагают, что растворенные и активированные пероксидазы, связанные с клеточными стенками, вызывают в клетках хозяина развитие метаболических изменений, нарушающих скоординированные физиологические процессы в клетках.

Вероятно, вышесказанное объясняет тот факт, что лектин *A. brasilense* Sp7 (эпифитного штамма), не обладающий способностью проникать в ткани растения, также как и лектин *A. brasilense* Sp245 (эндофитного штамма), способен вызывать, хотя и в меньшей степени, индукцию пектолитических ферментов растительной клетки.

Полученные результаты и предыдущие данные, свидетельствующие о способности лектинов азоспирилл вызывать спектр ответных биохимических реакций, являющихся частью сигнальных систем [7], дают основания полагать, что лектины азоспирилл могут индуцировать развитие ответных реакций в растениях, что в сочетании с ростстимулирующим эффектом бактерий способствует формированию устойчивости и продуктивности растений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bashan Y., Holguin G., de-Bashan L.E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003) // Can. J. Microbiol. 2004. V. 50. P. 521–577.

2. Khammas K.M., Ageron., Grimond P.A., Kaiser P. *Azospirillum irakense* spp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with rice roots and rhizosphere soil // Res. Microbiol. 1989. V. 140. P. 679–693.
3. Xie F., Murray J.D., Kim J., Heckmann A.B., Edwards A., Oldroyd G.E.D., Downie J. A. Legume pectate lyase required for root infection by rhizobia // PNAS. 2012. V. 109. P. 633–638.
4. Cervone F., Anderbhan T., Corn R. H. A., Wood R. K. S. Effects of french bean tissue on *Colletotrichum lindemuthianum* polygalacturonase // Phytopathol. Z. 1981 V. 102. P. 238–246.
5. Никитина В.Е., Пономарева Е.Г., Аленькина С.А. Лектины клеточной поверхности азоспириллы и их роль в ассоциативных взаимоотношениях с растениями // Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями. М.: Наука, 2005. С. 70–97.
6. Шелудко А.В., Пономарева Е.Г., Варшаломидзе О.Э., Ветчинкина Е.И., Кацы Е.И., Никитина В.Е. Гемагглютинирующая активность и подвижность бактерий *Azospirillum brasilense* в присутствии разных источников азота // Микробиология. 2009. Т. 6. С. 749–756.
7. Alen'kina S.A., Bogatyrev V.A., Matora L. Yu., Sokolova M.K., Chernysheva M.P., Trutneva K.A., Nikitina V.E. Signal effects of the lectin from the associative nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* Sp7 in bacterial–plant root interactions // Plant and Soil. 2014. V. 381. P. 337–349.
8. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений Л.: Агрпромиздат. 1987. С. 430.
9. Sasaki S., Nonaka D., Wariishi H., Tsutsumi Y., Kondo R. Role of Tyr residues on the protein surface of cationic cell-wall-peroxidase (CWPO-C) from poplar: potential oxidation sites for oxidative polymerization of lignin // Phytochemistry. 2008. V. 69. P. 348–355.
10. Bhattacharjee S. Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plant // Current Science. 2005. V. 89. P. 1113–1121.
- molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). Can. J. Microbiol., 2004, vol. 50, pp. 521–577.
2. Khammas K.M., Ageron., Grimond P.A., Kaiser P. *Azospirillum irakense* spp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with rice roots and rhizosphere soil. Res. Microbiol., 1989, vol. 140, pp. 679–693.
3. Xie F., Murray J.D., Kim J., Heckmann A.B., Edwards A., Oldroyd G.E.D., Downie J.A. Legume pectate lyase required for root infection by rhizobia. PNAS, 2012, vol. 109, pp. 633–638.
4. Cervone F., Anderbhan T., Corn R. H. A., Wood R. K. S. Effects of French bean tissue on *Colletotrichum lindemuthianum* polygalacturonase. Phytopathol. Z., 1981, vol. 102, pp. 238–246.
5. Nikitina V.E., Ponomareva E.G., Alen'kina S.A. Lectins of *Azospirillum* cell surface and their role in associative interactions with plants. Molekulyarnye osnovy vsaimootnosheniy assotsiativnykh mikroorganizmov s rasteniyami. Moscow, Nauka, 2005, pp. 70–97.
6. Sheludko A.N., Ponomareva E.G., Varshalomidze O.E., Vetchinkina E.I., Katsy E.I., Nikitina V.E. Hemagglutinating activity and mobility of the bacterium *Azospirillum brasilense* in the presence of different nitrogen sources. Mikrobiologiya, 2009, vol. 6, pp. 749–756.
7. Alen'kina S.A., Bogatyrev V.A., Matora L. Yu., Sokolova M.K., Chernysheva M.P., Trutneva K.A., Nikitina V.E. Signal effects of the lectin from the associative nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* Sp7 in bacterial–plant root interactions. Plant and Soil, 2014, vol. 381, pp. 337–349.
8. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruanskiy Yu.V., Lukovnikova G.A., Ikonnikova M.I. Methods in plant biochemistry. Leningrad, Agropromizdat, 1987. 430 p.
9. Sasaki S., Nonaka D., Wariishi H., Tsutsumi Y., Kondo R. Role of Tyr residues on the protein surface of cationic cell-wall-peroxidase (CWPO-C) from poplar: Potential oxidation sites for oxidative polymerization of lignin. Phytochemistry, 2008, vol. 69, pp. 348–355.
10. Bhattacharjee S. Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plant. Current Science, 2005, vol. 89, pp. 1113–1121.

## References

1. Bashan Y., Holguin G., de-Bashan L.E. *Azospirillum*-plant relationships: Physiological,



**EFFECT OF LECTINS OF ENDOPHYTIC AND EPIPHYTIC *AZOSPIRILLUM* STRAINS  
ON THE ACTIVITY OF PECTINOLYTIC ENZYMES IN WHEAT SEEDLING ROOTS**

© S.A. Alen'kina, V.E. Nikitina

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, RAS,  
13, prospekt Entuziastov, 410049, Saratov, Russian Federation

We studied the ability of lectins isolated from the surface of soil associative nitrogen-fixing bacteria of the genus *Azospirillum* (alpha-proteobacteria subclass) known for many years as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to exert a regulatory effect on the activity of pectinolytic enzymes in wheat seedling roots. The research showed that lectins of two strains – *A. brasilense* Sp7 (epiphytic) and *A. brasilense* Sp245 (endophytic) in concentrations of 5 to 20 mg/mL<sup>-1</sup>, subsequent to their 1-hour impact on wheat seedling roots, can cause the induction of the *pectinolytic complex of plant cell wall enzymes* (polygalacturonase, pectinesterase, pectate lyase). The concentration of 10 mg/mL<sup>-1</sup> was found the most effective for both lectins with respect to the enzymes under investigation. The greatest effect was observed toward polygalacturonase. The results demonstrated the highest inducing lectin activity of the endophytic strain Sp245 toward all three enzymes. The findings suggest that *Azospirillum* lectins can cause the induction of pectin-degrading enzymes of plants themselves, which are among the principal factors contributing to the destruction of the cell wall and the penetration of microorganisms into the plant tissue. Combined with the previous data indicating that *Azospirillum* lectins, in addition to their adhesive function, can affect the plant cell metabolism by stimulating seed germination, show mitogenic and enzyme-modifying activity toward the plant cell and change the content of stress metabolites in the plant cell, these findings also suggest that *Azospirillum* lectins can induce the development of responses in plants. Together with the growth-stimulating effect of bacteria this contributes to the formation of stability and productivity in plants. Besides, these data have general biological significance, since lectins occur in all living organisms and most of their functions still remain unrevealed.

**Key words:** *Azospirillum brasilense*, lectins, wheat seedling roots, pectate lyase, polygalacturonase, pectinesterase.

УДК 581.55

**РАРИТЕТНЫЕ СООБЩЕСТВА С УЧАСТИЕМ КОПЕЕЧНИКА МЕЛОВОГО  
(*HEDYSARUM CRETACEUM* FISCH.) И КЛОПОВНИКА МЕЙЕРА  
(*LEPIDIUM MEYERI* CLAUS) В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

© О.Н. Демина, Л.Л. Рогаль

Дана синтаксономическая характеристика раритетных кальце-петрофитных сообществ с участием очень редких «краснокнижных» видов *Hedysarum cretaceum* Fisch. и *Lepidium meyeri* Claus на севере Ростовской области. Сообщества формируются локально на меловых обнажениях долины Среднего Дона, представляющих южные отроги Среднерусской возвышенности (Донская меловая гряда).

С позиций эколого-флористической классификации отражена геоботаническая специфика этих сообществ намеловой растительности, которые объединены в новой ассоциации *Lepidio meyeri–Scrophularietum cretacei*, отнесенной к союзу *Centaureo carbonatae–Koelerion talievii*, входящего в состав порядка *Thymo cretacei–Hissopetalia cretacei* и класса *Helianthemo–Thymetea*.

Сообщества ассоциации характеризуются разными по возрасту группами эндемиков: древними третичными реликтами – растениями древнего затухающего эндемизма и развитием явлений молодого эндемизма в Донском меловом районе «иссоповой флоры». Наряду с высоким числом эндемичных видов, эти ксеро-термные кальце-петрофитные полукустарничковые сообщества имеют своеобразную экобиоморфологическую структуру и называются тимьянниками, резко отличаясь от зональной растительности водоразделов.

Эколого-флористические особенности сообществ ассоциации позволили в ее пределах выделить две новые субассоциации: *L. m.–S. c. typicum* и *L. m.–S. c. hedysaretosum cretacei*. Типичная субассоциация представляет открытую группировку, где на плотном мелу поселяются в небольшом количестве облигатные меловики с очень низкой ценозообразующей ролью (ниже 20 единиц), в том числе *Lepidium meyeri*. Эффективные меловокопеечники (сообщества с красиво цветущим *Hedysarum cretaceum*), выделенные в субассоциацию *L. m.–S. c. hedysaretosum cretacei*, образуют своеобразные сочетания с очень разреженными мейероклоповниками. В растительном покрове иногда отмечается сомкнутость, показатели активности в ценофлоре субассоциации возрастают, и появляется группа видов с наибольшей активностью (выше 30 единиц).

Полученные данные имеют большое значение для установления созологической ценности этих раритетных кальце-петрофитных сообществ самобытной меловой растительности и организации Донского степного заповедника.

Ключевые слова: облигатный меловик, эндем, ассоциация *Lepidio meyeri–Scrophularietum cretacei*, субассоциация *L. m.–S. c. hedysaretosum cretacei*.

Современный основной ареал копеечника мелового (*Hedysarum cretaceum* Fisch.) лежит в Волгоградской области; клоповник Мейера (*Lepidium meyeri* Claus) распространен несколько шире как в России, так и за ее пределами, на прилегающих территориях Украины и Казахстана и эти редкие «краснокнижные» виды представлены растениями древнего затухающего эндемизма [1].

В Ростовской области совместное произрастание этих двух редких облигатных меловиков, ко-

торые приурочены исключительно к меловым обнажениям и являются пионерами их зарастания, отмечается нами локально в бассейне Среднего Дона, в Шолоховском районе, между хуторами Меркуловским и Затонским. Их местообитание расположено в одном из шести намеченных ранее районов (Верхнедонской) повышенной концентрации эндемичных облигатных меловиков, часто имеющих локальный ареал и относящихся к наиболее древней группе меловых растений, возможно, реликтам третичного возраста [2].

ДЕМИНА Ольга Николаевна – д.б.н., Карачаево-Черкесский государственный университет им. У.Д. Алиева, e-mail: ondemina@yandex.ru

РОГАЛЬ Людмила Леонидовна, Южный федеральный университет, e-mail: pdmitroff@gmail.com



Впервые местонахождение копеечника мелового в окрестностях х. Затонского было обнаружено С.В. Голицыным с соавт. Ими была дана детальная характеристика фитоценозов с *Hedysarum cretaceum*, в т.ч. и с *Lepidium meyeri* (иссопово-бедренцевая, бедренцево-перечниковая, белополынно-перичниково-иссоповая, овсянице-копеечниковая ассоциации и солянковидно-попынный бедреничник) и охарактеризованы в таблице его «пышные кусты... великолепного вида и роста» [3].

Вслед за Т.И. Абрамовой нами здесь были также выделены следующие формации с участием или ценозообразующей ролью этих видов: иссопники, солянковиднопопынники, меловокопеечники, известколюбивобедреничники, меловольнянковники и мейероклоповники на плотных, а иногда на рыхлых мелах – своеобразные растительные группировки меловых обнажений, «которые резко отличаются от зональной растительности» [2, с. 562]. Характеризуя петрофитную растительность степной зоны Европейской части СССР, Е.М. Лавренко [4] назвал такие сообщества тимьянниками. Они формируются на плотных верхнемеловых породах сеноманского яруса, иногда прикрытого туронскими мелами и «аналогичны, а частично и гомологичны томиллярам Средиземноморья» [4, с. 283], являясь интереснейшим раритетным их отражением в особых климатических условиях степной части бассейна Дона и сложным историческим прошлым исследуемой территории. По представленности видов (*Hedysarum cretaceum*, *Lepidium meyeri*, *Linaria cretacea*) меловокопеечники, мейероклоповники и меловольнянковники Среднего Дона очень близки к тимьянникам степного Заволжья [4], однако отражают ботанико-географическую специфику Донского мелового района «иссоповой флоры» [5, 2].

Б.М. Козо-Полянский отмечал, что «растительность, слагаемая иссоповой флорой, достаточно напоминает, с одной стороны, так называемые томилларесы или тимьянники Средиземноморской области, с другой – ксерофильную группировку продольных долин Северного Кавказа» [5, с. 155].

Эти петрофитные ксеротермные полукустарничковые сообщества меловых обнажений Среднего Дона с *Hedysarum cretaceum* и *Lepidium*

*meyeri*, тяготеющие к группе семиаридных типов, отнесены были к кальце-петрофитной растительности (Petrophyton). Я.П. Дидух называет тимьянники Среднерусской возвышенности «остепненными томиллярами» и относит их к группе типов нагорно-ксерофитной растительности [6, с. 16]. Они представляют эдафически обусловленные субклимаксовые сообщества, формирование которых связано со специфическими условиями Древнего Средиземья, особенно Крыма и Кавказа [6], и характеризуются разными по возрасту группами эндемиков – как древними третичными реликтами, так и развитием явлений молодого эндемизма в Донском меловом районе «иссоповой флоры» [1, 2]. Эти остепненные томилляры отображают не только реликтовую природу и своеобразную экобиоморфологическую структуру, но и геоботаническую специфику намеловой растительности [7].

С позиций эколого-флористической классификации они объединяются в синтаксоны в составе класса *Helianthemo-Thymetea* Romashchenko, Didukh et Solomakha 1996. Нами, вслед за украинскими фитоценологами [6, 7], сообщества «иссоповой флоры», или кальце-петрофитные тимьянники рассматриваются также в составе данного класса [8].

Основной целью данной работы является синтаксономическая характеристика кальце-петрофитных сообществ с *Hedysarum cretaceum* и *Lepidium meyeri* в пределах Ростовской области.

**Материалы и методы.** Всего за период полевых исследований с 2009 по 2015 год было выполнено 23 геоботанических описания кальцефитных сообществ с участием *Hedysarum cretaceum* и *Lepidium meyeri*, на площадках 100 кв.м. Описания выполнены на правом борту долины р. Дон, в Шолоховском районе, между хуторами Меркуловским и Затонским. В табл. использованы следующие баллы проективного покрытия: + < 1%, 1 – 1–4%, 2 – 5–9%, 3 – 10–24%, 4 – 25–49%, 5 – 50–74%, 6 – 75–100%. Номенклатура синтаксонов приведена в соответствии с «Международным кодексом фитосоциологической номенклатуры» [9]. Латинские названия растений даны по сводке С.К. Черепанова [10].



Рис. Сообщества ассоциации *Lepidio meyeri-Scrophularietum cretacei* на Среднем Дону

**Результаты.** Петрофитные сообщества южных отрогов Среднерусской возвышенности (Донской меловой гряды) с участием *Hedysarum cretaceum* и *Lepidium meyeri* объединены в ассоциации *Lepidio meyeri-Scrophularietum cretacei* (рис.).

Ранее они предварительно были описаны нами как две ассоциации *Lepidio meyeri-Scrophularietum cretacei* и *Hedysarum cretacei-Melicetum transsilvanicae* [8], однако эколого-флористические особенности сообществ и новые полученные материалы в последние годы позволили их рассматривать в пределах одной ассоциации, в ранге субассоциаций: одну из них как типичную *L. m.-S. c. typicum*; другую – *L. m.-S. c. hedysaretosum cretacei*.

Ассоциация *Lepidio meyeri-Scrophularietum cretacei* ass. nov. hoc loco (табл. 1, оп. 1–21; номенклатурный тип (holotypus) – оп. 1). Д. в. асс. и субасс. *typicum* (оп. 1–11): *Lepidium meyeri*, *Scrophularia cretacea*, *Artemisia salsoloides*. Разреженные ценозы формируются на меловых обнажениях останцов сеноманского яруса, на правом берегу долины Среднего Дона. В ценофлоре отмечается очень низкая ценообразующая роль для этих облигатных меловиков (ниже 20 единиц).

Субассоциация *L. m.-S. c. hedysaretosum cretacei* subass. nov. hoc loco (табл. 1, оп. 12–21; номенклатурный тип (holotypus) – оп. 1). Д. в.: *Hedysarum cretaceum*, *Gypsophila altissima*. Ценозы развиваются в верхней части склонов северной экспозиции и наверху размытых останцов меловой террасы сеноманского яруса, прикрытого отложениями турона. Группа видов с наибольшей активностью состоит из пяти таксонов, из которых только *Hedysarum cretaceum* и *Artemisia salsoloides* обладают наиболее высокими показателями активности (выше 30 единиц).

В пределах субассоциаций в дальнейшем также можно рассмотреть фации или варианты (значительно отличаются от других оп. 6 и 16), однако для этого необходимо проведение дополнительных исследований.

На данном уровне синтаксономического анализа ассоциация *Lepidio meyeri-Scrophularietum cretacei* была отнесена к союзу *Centaureo carbonatae-Koelerion talievii*, входящего в состав порядка *Thymo cretacei-Hissopetalia cretacei* Didukh 1989 и класса *Helianthemo-Thymetea* Romashchenko, Didukh et Solomakha 1996.

**Заключение.** С позиций эколого-флористической классификации охарактеризованы сообщества с участием копеечника мелового и клоповника Мейера на севере Ростовской области, которые приурочены к меловым обнажениям бассейна Среднего Дона (Донская меловая гряда).

Сообщества, которые рассматриваются в пределах новой ассоциации *Lepidio meyeri-Scrophularietum cretacei*, в двух субассоциациях: *L. m.-S. c. typicum* и *L. m.-S. c. hedysaretosum cretacei* характеризуются разными по возрасту группами эндемиков: как древними третичными реликтами – растениями древнего затухающего эндемизма, так и развитием явлений молодого эндемизма в Донском меловом районе «иссоповой флоры».

Типичная субассоциация представляет открытую группировку, где на плотном мелу поселяются в небольшом количестве облигатные меловики, в том числе *Lepidium meyeri*. С этими группировками образуют своеобразные сочетания меловокопеечники (*Hedysarum cretaceum*), выделенные в субассоциацию *L. m.-S. c. hedysaretosum cretacei*.

Таблица

Ассоциация *Lepidio meyeri*-*Scrophularietum cretacei*

ОПШ, %	Д. в. асс. <i>Lepidio meyeri</i> - <i>Scrophularietum cretacei</i>												I*			II*			III*		
	5	12	10	15	10	10	8	10	7	15	15	30	25	20	20	60	70	70	70	70	
Число видов	8	10	13	11	10	28	11	10	6	11	11	12	10	15	10	30	19	15	15	14	
Угол наклона, °	5	5	3	5	3	8	5	4	6	12	7	-	15	15	10	30	2	4	2	3	
Экспозиция, °	200	204	289	253	280	325	180	190	160	115	250	-	174	174	3	5	345	345	355	3	
Номер ИВБС	10-8	10-9	10-7	10-12	10-10	10-9-355	10-9-351	10-9-352	10-9-353	10-9-354	10-11	10-3	10-2	10-1	10-4	10-5	10-6	10-9-347	10-9-349	10-9-348	10-9-350
Табличный номер	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Д. в. асс. <i>Lepidio meyeri</i> - <i>Scrophularietum cretacei</i>																					
<i>Artemisia salsoloides</i>	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	1	1	1	3	4
<i>Scrophularia cretacea</i>	1	1	1	1	1	+	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1
<i>Lepidium meyeri</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Д. в. субасс. <i>L. m.-S. c. hedyaretosum cretacei</i>																					
<i>Hedysarum cretaceum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	1	1	1	3	3	3	3	3	4
<i>Gypsophila altissima</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	3
Д. в. варианта																					
<i>Vupleurum falcatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.
<i>Seseli libanotis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.
<i>Origanum vulgare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.
Д. в. варианта																					
<i>Artemisia absinthium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1
<i>Poa angustifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+
<i>Melica transsylvanica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+

Окончание табл.

Табличный номер	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Д.в. союза <b>Centaurgeo carbonatae–Koelerion talievii</b> , порядка <b>Thymo cretaceae–Hissopetalia cretacei</b> и класса <b>Helianthemo-Thymetea</b>																						
<i>Hyssopus cretaceus</i>	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	+	+	V
<i>Pimpinella tragium</i>	1	3	1	1	1	1	1	+	1	+	1	1	1	1	1	1	1	2	1	+	+	V
<i>Sephalalaria uralensis</i>	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+	V
<i>Linaria cretacea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Matthiola fragrans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Koeleria talievii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	II
<i>Galium octomarium</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
<i>Astragalus albicaulis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	II
<i>Poa compressa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	II
<i>Helichrysum arenarium</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Festuca cretacea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	III
<i>Echinops ruthenicus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	II
<i>Euphorbia petrophila</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	II
<i>Centaurgea carbonata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Thesium arvense</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	III

**Прочие виды**

<i>Poa bulbosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Euphorbia seguieriana</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Taraxacum serotinum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Artemisia lerchiana</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Spira capillata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Agropyron pesi natum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Festuca valesiaca</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	II
<i>Krascheninikovia ceratoides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Campanula sibirica</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I
<i>Hieracium virosium</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I

**Примечание.** Кроме того, однажды встречены: *Medicago romanica* (6+), *Taraxacum erythrosperum* (6+), *Kochia prostrata* (6+), *Galium humifusum* (6+), *Brotus squarrosus* (6+), *Picris hieracioides* (6+), *Linum austriacum* (6+), *Bromopsis riparia* (6+), *Erysimum canescens* (16 1), *Ephedra distachya* (16 1), *Inula aspera* (16 1), *Agrimonia eupatorioides* (16 1), *Vincetoxicum scandens* (16 1), *Achillea nobilis* (18+).

Локализация описаний (все приведенные описания выполнены в Ростовской области): **6–10, 18–21** – 06.07.2009; **1–5, 11–17** – 24.08.2014, Полоховский район, восточные окр. х. Затонский. Авторы описаний: О.Н. Демина (1–5, 7–9, 11, 16, 17, 19, 20), Л.Л. Роголь (6, 10, 12–15, 18, 21).

Номенклатурные типы (\*): асс. **Lepidio meyeri–Scrophularietum cretacei**: оп. № 1 (то-8), Полоховский р-н, восточные окр. х. Затонский, правобережье долины Среднего Дона, верхняя часть склона северной экспозиции, на обнажениях размытого останца меловой террасы сеноманского яруса, иногда прикрытых отложениями туона, географические координаты: N 49.59946; E 41.45927, дата: 24.08.2014, О.Н. Демина; субасс. **L. m.–S. c. helysaretosum cretacei**: оп. № 12 (то-3), Полоховский р-н, восточные окр. х. Затонский, правобережье долины Среднего Дона, верхняя часть склона северной экспозиции, на обнажениях размытого останца меловой террасы сеноманского яруса, иногда прикрытых отложениями туона, географические координаты: N 49.60007; E 41.45927, дата: 24.08.2014, Л.Л. Роголь; постоянство видов: I\* – в ассоциации; II\*– **L. m.–S. c. typicum**; III\*– **L. m.–S. c. helysaretosum cretacei**.

Полученные данные имеют большое значение для установления зоологической ценности этих раритетных кальце-петрофитных сообществ самобытной меловой растительности. Для их сохранения необходима организация здесь одного из участков Донского степного заповедника кластерного типа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Т.И., Голицин С.В., Григорьевская А.Я. К вопросу о размещении меловой растительности Ростовской области // Вопросы ландшафтной географии. Воронеж, Изд-во ВГУ. 1969. С. 42–47.
2. Абрамова Т.И. Растительность меловых обнажений степной части бассейна Дона в Ростовской и Волгоградской областях // Бот. журн. 1973. Т. 58, № 4. С. 562–570.
3. Голицин С.В., Доронин Ю.А., Матюшенко В.В. *Hedysarum cretaceum* Fisch. В западной части его ареала // Известия Воронеж. отд. ВБО. 1963. С. 29–34.
4. Лавренко Е. М. Петрофитная растительность в лесостепи и степи (вне горных систем) // Растительность европейской части СССР. Л., 1980. С. 281–284.
5. Козо-Полянский Б.М. В стране живых ископаемых. Очерк из истории горных боров на степной равнине ЦЧО. М.: Гос. учебно-педагог. изд-во, 1931. 184 с.
6. Дідух Я. П. Флористична класифікація угруповань «гісопової флори» // Укр. ботан. журн., 1989. Т. 46, вип. 6. С. 16–21.
7. Ромашенко К.Ю., Дідух Я.П., Соломаха В.А. Синтаксономі класу *Helianthemo-Thymetea* cl. nov. рослинності крейдяних відслонень південно-східної України // Укр. фітоцен. зб. Київ, 1996. Серія А. № 1. С. 49–62.
8. Demina O.N. «The Don steppe preserve» and the Don Basin's east pontic steppes. Rostov-on-Don, Southern Federal University, 2014. 63 p.
9. Weber H.E., Moravec J., Theurillat J.-P. 2000. International code of phytosociological nomenclature. 3<sup>rd</sup> ed. // J. Veg. Sci. Vol. 11. P. 739–768.
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Изд-во: «Мир и семья», 1995. 992 с.

#### References

1. Abramova T.I., Golitsin S.V., Grigoryevskaya A.Ya. On distribution of chalk vegetation in the Rostov Region. Voprosy landshaftnoy geografii. Voronezh, izdatelstvo VGU, 1969, pp. 42–47.
2. Abramova T.I. Vegetation on chalk outcrops of the steppe area of the Don River Basin in the Rostov and Volgograd Regions. Botanicheskiy zhurnal, 1973, vol. 58, no. 4, pp. 562–570.
3. Golitsin S.V., Doronin Yu.A., Matyushenko V.V. *Hedysarum cretaceum* Fisch. in the western part of its habitat. Izvestiya Voronezhskogo otdeleniya VBO. Voronezh, Izdatelstvo Voronezhskogo universiteta, 1963, pp. 29–34.
4. Lavrenko E.M. Petrophytic vegetation of the forest steppes and steppes (outside mountain systems). Rastitelnost evropeyskoy chasti SSSR. Leningrad, 1980, pp. 281–284.
5. Kozo-Polyanskiy B.M. In the land of living fossils. Essay on the history of mountain pine forests on the grasslands of the Central Chernozem Region. Moscow, Gosudarstvennoe uchebno-pedagogicheskoe izdatelstvo, 1931. 184 p.
6. Didukh Ya.P. Floristic classification of «hyssop flora» groups. Ukrainskiy botanichnyy zhurnal, 1989, vol. 46, no. 6, pp. 16–21.
7. Romashchenko K.Yu., Didukh Ya.P., Solomakha V.A. Syntaxonomy of the *Helianthemo-Thymetea* cl. nov. vegetation on chalk deposits of south-eastern Ukraine. Ukrainskiy fitotsenologichnyy zbornik. Kiev, 1996, series A, no. 1, pp. 49–62.
8. Demina O.N. «The Don Steppe Reserve» and the Don Basin's East Pontic steppes. Rostov-on-Don, Southern Federal University, 2014. 63 p.
9. Weber H.E., Moravec J., Theurillat J.-P. International code of phytosociological nomenclature. Third edition. J. Veg. Sci., 2000, vol. 11, pp. 739–768.
10. Cherepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent countries. St. Petersburg, Mir i semya, 1995. 992 p.



UNIQUE PLANT COMMUNITIES FORMED BY *HEDYSARUM CRETACEUM* FISCH.  
AND *LEPIDIUM MEYERI* CLAUS IN THE ROSTOV REGION

© O.N. Demina<sup>1</sup>, L.L. Rogal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aliev Karachay-Circassian State University,  
29, ulitsa Lenina, 369200, Karachaevsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Southern Federal University,  
7, Botanichakiy spusk, 344041, Rostov-on-Don, Russian Federation

The paper gives syntaxonomic characterization of rare calcium-petrophytic communities with the very rare «Red Data Book» species *Hedysarum cretaceum* Fisch. and *Lepidium meyeri* Claus in the north of the Rostov Region. The communities are formed locally on chalk outcrops of the Middle Don Valley that represent the southern spurs of the Central Russian Upland (Don Chalk Ridge).

From the standpoint of eco-floristic classification, it reflects the geobotanical specificity of these chalk-loving plant communities combined in the new association *Lepidiomeyeri-Scrophularietumcretacei* and attributed to the alliance *Centaureocarbonatae-Koeleriontalievii*, a member of the order *Thymocretacei-Hissopetaliacretacei* and class *Helianthemo-Thymetea*.

The communities of this association are characterized by different age groups of endemics: Tertiary plant relics of the decaying ancient endemism and development of the young endemism in the “hyssop flora” of the Don Chalk Region. Along with a high number of endemic species, these xerothermic calcium-petrophytic semishrub communities have a unique ecological and bio-morphological structure and are called the “timyanniks”. They differ much from the zonal vegetation found in the watersheds.

Ecological and floristic characteristics of the communities made it possible to recognize two new subassociations within the association: *L. m.–S. c. typicum* and *L. m.–S. c. hedysaretosumcretacei*. The typical subassociation is an open group with obligate chalk-loving species, including *Lepidium meyeri*, that grow in a small number on dense chalk outcrops. Their coenotic role is fairly insignificant (below 20 units). Impressive *Lepidium meyeri* communities with nicely blooming *Hedysarum cretaceum* form the subassociation *L. m.–S. c. typicum* and give peculiar combinations with rather sparse *Lepidium meyeri* plants. The vegetation cover is sometimes dense. The activity indicators tend to increase in the coenotic flora of the subassociation, and a group of species occurs with the highest activity (over 30 units).

The findings are of great importance for establishing the zoological value of these unique calcium-petrophytic communities with peculiar chalk-growing plants and organizing the Don Steppe Reserve in this area.

Key words: obligate chalk-loving species, endemic, association *Lepidiomeyeri-Scrophularietumcretacei*, subassociation *L. m.–S. c. hedysaretosumcretacei*.

**ДЕКОРАТИВНЫЕ ЛУКИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА УНЦ РАН,  
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН**

© Л.А. Тухватуллина

Род лук (*Allium* L.), семейства луковые (*Alliaceae* J.C. Agardh) по современным данным объединяет 750–800 видов, распространенных в Северном полушарии. Многие дикорастущие виды лука, наряду с ценными пищевыми, витаминными и лекарственными свойствами, обладают высокими эстетическими достоинствами. Большинство из них очень красиво цветут и эффектно внешне.

В коллекционном фонде Ботанического сада-института Уфимского НЦ РАН интродуцировано свыше 100 таксонов луков (14 видов флоры Башкортостана), в том числе 7 редких видов в республике, а 25 видов относятся к редким растениям различных регионов. В коллекции более половины луков обладают декоративными свойствами, среди них есть и редкие виды.

В данной работе приведены в виде таблицы основные характеристики 52 видов декоративных луков, которые рекомендуются для выращивания в Республике Башкортостан. Даны биометрические параметры, декоративные показатели, периоды цветения и особенности размножения этих видов. По срокам цветения выделены: весенние луки (май – начало июня) – 10 видов, раннелетние (июнь – начало июля) – 15 видов, среднелетние (с середины июля до середины августа) – 19 видов, позднелетние (с середины августа) – 8 видов; по высоте цветоносов выделены: высокие луки (более 80 см) – 7 видов, среднерослые (40–80 см) – 36 видов, низкорослые (менее 40 см) – 9 видов; по величине соцветия разделены: на крупные (диаметром более 7 см) – 10 видов, средние (диаметром 4–6 см) – 33, мелкие (диаметром 2.5–3.5 см) – 9 видов.

Рекомендуемые виды луков являются хорошо приспособленными к местным условиям, многие из них обладают длительным периодом цветения. Предлагаемые виды рода луков дополняют и расширяют ассортимент культивируемых декоративных растений, а введение редких видов в культуру позволит сохранить их биоразнообразие.

Ключевые слова: род лук, соцветие, таксон, редкий вид, декоративные показатели.

Род лук (*Allium* L.), семейства луковые (*Alliaceae* J.C. Agardh) – один из крупнейших и широко распространенных среди сосудистых растений земного шара, по современным данным объединяет 750–800 видов, распространенных в Северном полушарии [1, 2]. Многие дикорастущие виды лука, наряду с ценными пищевыми, витаминными и лекарственными свойствами, обладают высокими эстетическими достоинствами. Большинство из них очень красиво цветут и эффектно внешне [3, 4].

В коллекционном фонде Ботанического сада-института Уфимского НЦ РАН интродуцировано свыше 100 таксонов луков (14 видов флоры Башкортостана), в том числе 7 редких видов республики, а 25 видов относятся к редким растениям различных регионов. В коллекции более полови-

ны луков обладают декоративными свойствами, среди них есть и редкие виды [5–7].

Целью исследований, проводимых в Ботаническом саду-институте Уфимского научного центра РАН по интродукции видов этого рода, было привлечение как можно большего генетического разнообразия луков и выявление устойчивых к условиям Республики Башкортостан видов луков, обладающих хозяйственно полезными свойствами: высокими декоративными и пищевыми качествами [8–10].

В данной статье приведены в виде таблицы основные характеристики 52 видов декоративных луков, которые рекомендуются для выращивания в Республике Башкортостан. Даны биометрические параметры, декоративные показатели, периоды цветения и особенности размножения этих видов.

Цветки луков в основном мелкие, собраны в зонтиковидные соцветия разнообразной формы: шаровидные, полушаровидные, пучковатые. Форма венчиков варьирует от звездчатой до узкоколокольчатой или яйцевидной.

Листья луков очень разнообразны: цилиндрические, линейные, плоские, желобчатые, различаются они по длине (от 10 до 50 см) и ширине (от 0.2 до 5–7 см).

Разведение красивоцветущих луков в садах имеет свою историю. Еще в 1753 г. в первом издании *Species plantarum* Карл Линней описал 31 вид лука. Среди них было несколько декоративных видов, которые в то время выращивали в садах и парках Европы. Самым известным из них был лук моли (*moly*), или золотистый лук. В период тюльпаномании, охватившей страны Западной Европы в XVII столетии, в обширный регион между Средиземным морем и Индией устремились экспедиции за луковичками. Коллекции ботанических садов быстро пополнялись, самые красивые растения вводились в культуру. Так стали разводить луки голубой (*A. caeruleum*), л. каратавский (*A. karataviense*), л. Островского (*A. ostrowskianum*), л. Христофа (*A. cristophii*), л. Шуберта (*A. schubertii*) и др.

Сегодня массивы из луков – неременный атрибут европейских ландшафтных парков. Их обычно размещают на дальнем плане, по краю газона или на лужайках вблизи деревьев, нередко в полутени, хотя большинство луков светолюбивы. Лук скорода (*A. schoenoprasum*), л. угловатый (*A. angulosum*), л. Ледебура (*A. ledebourianum*) и некоторые другие луки используют для бордюров, при оформлении дорожек, площадок. Их высевают как почвопокровные культуры. Эти виды луков крайне неприхотливы, зимостойки и холодостойки, интенсивно ветвятся, быстро разрастаются, образуя густую дернину, и практически не страдают от сорняков. В альпинариях и рокариях луки просто незаменимы. Подавляющее большинство видов декоративных луков – выходцы из горных районов. В альпинариях и рокариях они оказываются в своей стихии, полностью проявляя индивидуальность на фоне камней. Декоративный эффект от них всегда неожидан, оригинален и привлекает внимание. Более высокие луки живописно смотрятся на берегу садового водо-

ема – достаточно один раз посадить луковички, чтобы вопрос с изысканным оформлением береговой линии решился на несколько лет.

При оформлении цветников луки обычно высаживают среди многолетников, летников, невысоких кустарников, используя их в основном как дополнительные цветочные и структурные компоненты.

Большинство декоративных луков эффектны только в групповых посадках. Чем меньше соцветия, тем больше растений должно быть в группе.

Лук косой (*A. obliquum*), л. слизун (*A. nutans*), л. пскемский (*A. pskemense*), л. голубой (*A. caeruleum*), л. душистый (*A. ramosum*), л. метельчатый (*A. paniculatum*), л. желтый (*A. flavum*) и другие виды лука подходят для ландшафтного оформления. Они красивы в группах, при условии правильного подбора по цветовым оттенкам, и прекрасно сочетаются с другими цветочными культурами. Многие виды лука можно использовать также в одиночных посадках на фоне темной зелени. Вблизи плотных живых изгородей хорошо смотрятся, например, лук слизун (*A. nutans*) и победный (*A. victorialis*).

Учитывая разновременность цветения разных видов лука, можно создать сад непрерывного цветения с весны до поздней осени (табл.).

Декоративные виды лука условно подразделяются на следующие группы: по срокам цветения, по высоте цветоноса, по величине соцветия.

По срокам цветения их можно разделить на 4 группы:

1. Весенние (май – начало июня) – луки афлатунский (*A. aflatanense*), высочайший (*A. altissimum*), стебельчатый (*A. stipitatum*), Розенбаха (*A. rosenbachianum*), гигантский (*A. giganteum*), каратавский (*A. karataviense*), Суворова (*A. suworowii*), тюльпанолистный (*A. tulipifolium*), увеличенный (*A. auctum*), победный (*A. victorialis*).

2. Раннелетние (июнь – начало июля) – луки угловатый (*A. angulosum*), алтынкольский (*A. altyncolicum*), косой (*A. obliquum*), моли (*A. moly*), голубой (*A. caeruleum*), скорода (*A. schoenoprasum*), яйлинский (*A. jajlae*), Маака (*A. maackii*), Ледебура (*A. ledebourianum*), каролинский (*A. carolinianum*), круглый (*A. rotundum*), бокальценосный (*A. cyathophorum*), плевкорневищный (*A. hymenorhizum*), Шуберта (*A. schubertii*), Островского (*A. ostrowskianum*).

Т а б л и ц а

## Основные характеристики декоративных луков

Название вида	Высота цветоноса, см	Диаметр соцветия, см	Цветение (время)	Длительность цветения, дней		Окраска цветков	Размножение
				соцветия	особи		
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A. albidum</i>	50–80	5–7.5	Начало июля	25–30	45–65	Белая	Деленки, семена
<i>A. afflatense</i>	90–120	8–9.5	Конец мая–начало июня	9–11	12–20	Светло-фиолетовая	Луковицы, семена
<i>A. altissimum</i>	90–130	10–13	«	10–12	15–22	Сиреневая	«
<i>A. altynolicum</i>	40–50	4–5	Начало июня	9–11	20–22	Бледно-розовая	Деленки, семена
<i>A. angulosum</i>	50–80	4–5.5	Июнь–июль	20–25	30–40	Розово-фиолетовая	«
<i>A. atroviolaceum</i>	75–100	4.5–6	Июль	9–12	14–22	Темно-фиолетовая	Луковицы, семена
<i>A. austum</i>	40–45	7–7.5	Конец мая–начало июня	8–10	14–20	Розово-сиреневая	«
<i>A. beesianum</i>	30–40	2.5–3	Июль	15–20	35–45	Голубая	Деленки
<i>A. caeruleum</i>	80–95	5.5–6.5	Июнь–июль	15–18	25–30	Голубая	Луковицы
<i>A. carolinianum</i>	30–40	3.5–4.5	«	12–17	30–40	Розово-сиреневая	Деленки, семена
<i>A. cernuum</i>	40–50	4–5	Конец июня–начало июля	13–15	20–24	«	«
<i>A. cyathophorum</i>	25–35	4–4.5	Июнь–июль	10–12	18–25	Пурпурная	Деленки
<i>A. flavescens</i>	25–40	3–4	Конец июня–начало июля	15–17	25–30	Желтоватая	Деленки, семена
<i>A. flavum</i>	18–30	4–6	Июль	13–15	15–22	Желтая	Луковицы, семена
<i>A. fuscoviolaceum</i>	70–85	4–4.5	«	9–10	15–20	Темно-фиолетовая	«
<i>A. giganteum</i>	90–150	9–10	Конец мая–начало июня	9–12	12–15	Светло-фиолетовая	Луковицы
<i>A. globosum</i>	45–60	4–5	Июль	20–22	25–33	Розово-пурпурная	Деленки, семена
<i>A. hypenorrhizum</i>	70–90	3–4	Июнь	10–11	12–18	Розово-лиловая	«
<i>A. jajlae</i>	40–55	2.5–4	Июнь	10–12	12–15	Розово-фиолетовая	Луковицы, семена
<i>A. karataviense</i>	10–15	5–6	Конец мая–начало июня	13–16	15–20	Серовато-розовая	«
<i>A. komarovianum</i>	50–70	4.5–5.5	Август	20–25	24–34	Темно-розовая	Деленки
<i>A. ledebourianum</i>	40–60	4–5	Июнь	10–12	20–25	Розово-фиолетовая	Деленки, семена

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A. libanii</i>	50-70	4.5-5.5	Июль	16-20	28-35	Сиренево-фиолетовая	«
<i>A. maackii</i>	50-55	3-4	Июнь	8-9	11-13	Розово-сиреневая	«
<i>A. moly</i>	15-25	5-7	Июнь	8-11	14-20	Желтая	Луковицы
<i>A. montanum</i>	15-27	2.5-3.5	Конец августа-начало октября	15-25	35-50	Темно-розовая	Деленки
<i>A. narcissifolium</i>	60-80	4-5	Август	15-20	25-30	Розово-сиреневая	«
<i>A. nutans</i>	50-70	5-5.5	Конец июля-август	22-25	35-45	Розово-фиолетовая	Деленки, семена
<i>A. obliquum</i>	80-100	4-5.5	Июнь	15-17	23-26	Зеленоваго-желтая	«
<i>A. oleraceum</i>	50-70	6-9	Июль	15-18	18-25	Беловато-розовая	Луковицы, бульбочки
<i>A. ostrovs kianum</i>	10-15	4-5	Июнь	12-15	15-20	Розово-пурпурная	Луловицы, семена
<i>A. paczoskianum</i>	30-45	6-7	Июль	20-22	25-30	Сиренево-фиолетовая	«
<i>A. paniculatum</i>	20-25	5-6	Конец июня-начало июля	22-24	26-30	Бело-розовая	«
<i>A. porrum</i>	90-130	8-9	Июль	12-14	15-17	Беловатая или розоватая	«
<i>A. pskemense</i>	80-100	6-7	Июль	22-28	30-35	Белая	«
<i>A. ramosum</i>	50-65	4.5-6	Конец июля-середина октября	25-35	70-85	Белая	Деленки, семена
<i>A. rosembachianum</i>	50-80	10-12	Конец мая	10-12	12-22	Фиолетовая	Луковицы, семена
<i>A. rotundum</i>	40-60	3-4	Июнь	16-20	25-30	Пурпурная	«
<i>A. rubens</i>	20-30	3-4	Июль	16-20	30-40	Розово-пурпурная	Деленки
<i>A. saxatile</i>	20-30	2.5-3	Август	14-20	30-40	Бледно-розовая	Деленки
<i>A. setifolium</i>	25-35	3-4	Июль	14-16	24-29	«	Деленки, семена
<i>A. schoenoprasum</i>	20-40	2.5-3	Конец мая-начало июня	10-15	20-27	Бледно-розовая, розово-фиолетовая	«
<i>A. schubertii</i>	18-22	27-35	Июнь	10-12	15-18	Розовая	Луковицы, семена



Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A. sphaerocephalon</i>	65–85	3–4	Июль	14–16	18–24	Пурпурная	«
<i>A. stellerianum</i>	20–30	3.5–4	Конец июля–август	13–16	17–23	Желтоватая	Деленки, семена
<i>A. stipitatum</i>	80–120	10–13	Конец мая–начало июня	10–13	15–20	Сиреневая	Луковицы, семена
<i>A. suworowii</i>	100–110	9–10	«	9–12	15–20	Розово-фиолетовая	«
<i>A. tuberosum</i>	40–55	4–5	Август	30–40	60 и более	Белая	Деленки
<i>A. tulipifolium</i>	40–45	6–7	Май	10–12	15–17	Белая	Луковицы, семена
<i>A. vavilovii</i>	105–110	5–6	Начало июля–август	25–30	30–35	Белая	Луковицы, семена
<i>A. victoralis</i>	30–45	3–4	Конец мая–июнь	10–11	15–17	Зеленовато-белая	Деленки, семена

3. Среднелетние (с 15 июля по 15 августа) – луки Вавилова (*A. vavilovii*), Биса (*A. beesianum*), щетинолистный (*A. setifolium*), беловатый (*A. albidum*), черно-фиолетовый (*A. atrovioleaceum*), желтый (*A. flavum*), темно-фиолетовый (*A. fuscovioleaceum*), желтеющий (*A. flavescens*), огородный (*A. oleraceum*), метельчатый (*A. paniculatum*), красноватый (*A. rubens*), круглоголовый (*A. sphaerocephalon*), ливанский (*A. libanii*), торчащий (*A. strictum*), шаровидный (*A. globosum*), Пасчоского (*A. paczoskianum*), порей (*A. porrum*), пскемский (*A. pskemense*), склоненный (*A. cernuum*).

4. Позднелетние (с 15 августа) – луки ветвистый (*A. ramosum*), скальный (*A. saxatile*), нарциссолистный (*A. narkissifolium*), клубеньковый (*A. tuberosum*), Комаровский (*A. komarovianum*), Стеллера (*A. stellerianum*), слизун (*A. nutans*), горный (*A. montanum*).

По высоте цветоносов: высокие – более 80 см (*A. atrovioleaceum*, *A. aflatunense*, *A. altissimum*, *A. stipitatum*, *A. caeruleum*, *A. vavilovii*, *A. suworowii*); среднерослые – 40–80 см (*A. albidum*, *A. angulosum*, *A. auctum*, *A. rosenbachianum*, *A. rotundum*, *A. strictum*, *A. libanii*, *A. nutans*, *A. oleraceum*, *A. fuscovioleaceum*, *A. hymenorhizum*, *A. ledebourianum*, *A. komarovianum*); низкорослые – менее 40 см (*A. flavum*, *A. flavescens*, *A. karataviense*, *A. moly*, *A. montanum*, *A. paniculatum*, *A. tuberosum*, *A. schoenoprasum*, *A. schubertii*).

По величине соцветия: крупные – диаметром более 7 см (*A. aflatunense*, *A. stipitatum*, *A. schubertii*, *A. rosenbachianum*, *A. altissimum* и др.); средние – диаметром 4–6 см (*A. ledebourianum*, *A. nutans*, *A. obliquum*, *A. libanii*, *A. altynolicum*, *A. tulipifolium*); мелкие – диаметром 2.5–3.5 см (*A. flavescens*, *A. montanum*, *A. schoenoprasum*, *A. victoralis*).

Рекомендуемые виды луков являются хорошо приспособленными к местным условиям, многие из них обладают длительным периодом цветения. Декоративные виды луков можно использовать практически для любых способов озеленения. Их можно включать в различные виды посадок – клумбы, рабатки, бордюры, солитерные, групповые и партерные посадки, миксбор-

деры, рокарии, газоны. Большинство включенных видов луков неприхотливы в культуре, агротехника их выращивания проста и доступна. Предлагаемые виды рода луков дополняют и расширяют ассортимент культивируемых декоративных растений, а введение редких видов в культуру позволит сохранить их биоразнообразие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жизнь растений. М.: Просвещение, 1982. Т. 6. С. 94–102.
2. Hanelt P., Fritsch R. Notes on some infragenetic taxa in *Allium* L. // Kew. Bulletin. 1994. Vol. 49, № 3. P. 559–564.
3. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Биохимический состав листьев у дикорастущих луков в Республике Башкортостан // Сельскохозяйственная биология, 2012. № 3. С. 109–113.
4. Тухватуллина Л.А. Декоративные луки Уфимского ботанического сада. Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2015. С. 3–10.
5. Красная книга Республики Башкортостан. Уфа: Медиа Принт, 2011. С. 39–45.
6. Каталог растений Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: АН РБ, 2012. С. 11–15.
7. Тухватуллина Л.А. Интродукция, биология и размножение представителей рода *Allium* L. в лесостепной зоне Башкирского Предуралья: дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2004. С. 73–100.
8. Тухватуллина Л.А., Маслова Н.В., Абрамова Л.М. Опыт выращивания *Allium nutans* (Alliaceae) в Ботаническом саду-институте Республики Башкортостан // Раст. Ресурсы. 2007. № 2. С. 30–38.
9. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Интродукция дикорастущих луков в Башкортостане: биология, размножение, агротехника, использование. Уфа: Гилем, 2012. С. 76–77.

10. Тухватуллина Л. А. Использование декоративных луков в озеленении // Агро XXI. 2015. № 7–9. С. 43–46.

#### References

1. The life of plants. Moscow, Prosveshchenie, 1982, vol. 6, pp. 94–102.
2. Hanelt P., Fritsch R. Notes on some infragenetic taxa in *Allium* L. Kew. Bulletin, 1994, vol. 49, no. 3, pp. 559–564.
3. Tukhvatullina L.A., Abramova L.M. Biochemical composition of wild growing onion leaves in the Republic of Bashkortostan. Selskokhozyastvennaya biologiya, 2012, no. 3, pp. 109–113.
4. Tukhvatullina L.A. Ornamental onions in the Ufa Botanical Garden. Ufa, Gilem, Bashkirskaya entsiklopediya, 2015, pp. 3–10.
5. Red Data Book of the Republic of Bashkortostan. Ufa, Media Print, 2011, pp. 39–45.
6. Plant catalogue of the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS. Ufa, Gilem, 2012, pp. 11–15.
7. Tukhvatullina L.A. Introduction, biology and reproduction of representatives of the genus *Allium* L. in the forest-steppe zone of the Bashkir Cis-Urals. PhD Thesis in Biology. Ufa, 2004, pp. 73–100.
8. Tukhvatullina L.A., Maslova N.V., Abramova L.M. Experience with growing *Allium nutans* (Alliaceae) in the Botanical Garden-Institute of the Republic of Bashkortostan. Rastitelnye resursy, 2007, no. 2, pp. 30–38.
9. Tukhvatullina L.A., Abramova L.M. Introduction of wild growing onions in Bashkortostan: Biology, reproduction, agritechnology, use. Ufa, Gilem, 2012, pp. 76–77.
10. Tukhvatullina L.A. Use of ornamental onions in urban greening. Agro XXI, 2015, no. 7–9, pp. 43–46.



**ORNAMENTAL ONIONS OF THE BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE OF THE UFA  
SCIENTIFIC CENTRE, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, RECOMMENDED FOR  
CULTIVATION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN**

© L.A. Tukhvatullina

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

The genus *Allium* L. belongs to the family *Alliaceae* J.C. Agardh. According to present-day data, there are 750 to 800 species widespread throughout the Northern Hemisphere. Many wild-growing species are of a high aesthetic value, alongside their beneficial nutritional, vitamin and medicinal properties. Most of them blossom very beautifully and have an impressive visual appearance.

The collection fund of the Botanical Garden-Institute of the Ufa Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, includes 100 taxa of onions (14 species of the Bashkortostan flora), among them 7 species are rare in the republic and 25 species belong to rare plants in different regions. More than half onions in the collection possess ornamental properties, with rare species among them.

In the form of a table the paper presents main characteristics of 52 species of ornamental onions recommended for cultivation in the Republic of Bashkortostan and gives their biometric parameters, ornamental traits, periods of blossoming and reproduction features. According to blossom-time, there are 10 spring species (May – early June), 15 early-summer species (June – early July), 19 mid-summer species (mid-July to mid-August) and 8 late-summer species (from mid-August). According to the height of peduncles, there are 7 high species (over 80 cm), 36 medium-sized species (40 to 80 cm) and 9 undersized species (less than 40 cm). According to the inflorescence measurements, there are 10 large-sized species (with the diameter exceeding 7 cm), 33 medium-sized species (4 to 6 cm) and 9 small-sized species (2.5 to 3.5 cm).

The recommended species are well adapted to local conditions, and many of them have long periods of blossoming. They supplement and expand the assortment of cultivated ornamental plants, and the introduction of these rare species into culture will allow preserving their biodiversity.

Key words: genus *Allium*, inflorescence, taxon, rare species, ornamental traits.

УДК 635.918:581

**ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА ЛАВРОВЫХ (*LAURACEAE* JUSS.) В УСЛОВИЯХ ОРАНЖЕРЕИ**

© З.Н. Сулейманова

В настоящее время научный подход к интерьерному озеленению в помещениях подразумевает сочетание эстетического восприятия красоты, формы, окраски цветов и листьев растений с полезной функцией растений, о которой давно известно: живые растения улучшают состав воздуха и очищают атмосферу. В последнее время содержание в комнатных условиях лекарственных, хозяйственно-ценных видов тропических и субтропических растений становится популярным. В связи с этим возникла необходимость отбора ассортимента полезных видов и разработки методики ускоренного размножения. Важным условием является выбор методов содержания и ухода в зависимости от видовой принадлежности, происхождения, отбор перспективных тропических и субтропических растений для условий комнатного содержания. В статье показано вегетативное размножение некоторых видов семейства лавровых (*Lauraceae* Juss.) с использованием физиологически активных веществ. Выявлен наилучший срок укоренения для лавра камфорного (июнь–июль), лавра благородного (март–июль), авокадо американского (январь, март–май). Укореняемость составляет не выше 10–40%, возможно без использования ФАВ. Полученные результаты позволяют рекомендовать для использования при разработке массового размножения трудно укореняемых видов.

Ключевые слова: тропические и субтропические растения, вегетативное размножение (черенкование), оптимальные сроки, физиологически активные вещества.

В настоящее время научный подход к интерьерному озеленению в помещениях подразумевает сочетание эстетического восприятия красоты, формы, окраски цветов и листьев растений с полезной функцией растений, улучшения состава воздуха и очищения атмосферы.

Ведутся также исследования по изучению возможностей использования растений для улучшения воздушной среды в помещениях. В последние годы потребность содержания в комнатных условиях лекарственных, хозяйственно-ценных видов тропических и субтропических растений становится актуальным. В связи с этим необходимо разработать методику отбора ассортимента и методику размножения. Задачей исследований явилась разработка методов и оптимальных сроков размножения трудно укореняемых вегетативно (черенкованием) растений с целью увеличения числа таких дефицитных видов, как лавр благородный, лавр камфорный, авокадо американское для получения большого количества растений. Необходимо учитывать видовую принадлежность интроду-

центов, их происхождение, отбирать перспективные тропические и субтропические растения для условий комнатного содержания.

Правильный подбор условий, необходимых для оптимального проявления растениями генеративных функций, может рассматриваться как основа решения такой важной задачи интродукции, каковой является размножение. Немаловажным условием решения той же задачи является выбор методов размножения, который зачастую находится в зависимости от видовой принадлежности интродуцентов и их происхождения. Вегетативные способы размножения просты и надежны.

В оранжерее Ботанического сада-института УНЦ РАН выращивается 1300 видов тропических и субтропических растений. Известно, что некоторые очень ценные лекарственные растения мало используются в комнатной культуре, хотя вполне могли бы найти свое место в оформлении комнатных и производственных интерьеров, зимних садов и одновременно приносить большую пользу.

СУЛЕЙМАНОВА Зугура Нурияхметовна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: zugura-ufabotsad@mail.ru

**Материал и методы исследования.** Одни из наиболее ценных, обладающих полезными свойствами, в коллекции оранжереи представлены: лавр камфорный (*Cinnamomum camphora* (L.) J.Presl.), лавр благородный (*Laurus nobilis* L.), авокадо американское (*Persea americana* Mill.) из семейства лавровых (*Lauraceae* Juss.) [1]. Эти культуры давно известны в комнатном цветоводстве, но из-за недостатка посадочного материала используются редко.

В условиях оранжереи опыты по вегетативному размножению (черенкование) отобранных видов проводили по методике [2–4] в конце каждого месяца в течение двух лет. В опытах использовали физиологически активные вещества (ФАВ) – Гетероауксин, ИМК, ФЕД-3, ФЕД-6 (норма 0.1 мг/10 л воды). Были взяты по 10 шт. полуодревесневших черенков. Субстратом для черенкования являлся промытый речной песок, предварительно обработанный раствором перманганата калия (0.5%). Черенки размером 10–12.8 см, диаметром 0.3–0.6 см на 3/4 части нижним концом опускались в раствор ФАВ на 24 часа. В качестве контроля использовалась вода. Были взяты по 10 полуодревесневших черенков. Срезка черенков проводилась в конце каждого месяца.

Коричник камфорный, или лавр камфорный (*Laurus camphora* L. – *Cinnamomum camphora* Nees et Eberm.). Растет на высоте 300–1800 м над уровнем моря в Южном и Юго-Западном Китае, на острове Тайвань, на п-ове Корея, в Японии, Вьетнаме. В природе это деревья 20–40 м высотой и до 3–5 м в диаметре; кора на стволе серая. Листья яйцевидно-ланцетные, до 10 см длиной и 4–5 см шириной, заостренные, кожистые, цельнокрайние, светло-зеленые, глянцевитые, с запахом камфоры (при трении). Цветки мелкие, собранные в метелки, бело-желтоватые. Высокодекоративное растение, является источником получения (из листьев) натуральной камфоры; высоко ценится древесина. Все части дерева содержат эфирное масло во внутренних вместилищах, в которых оно постепенно окисляется и превращается в камфору, отлагающуюся в древесине в виде кристаллов. В Японии камфору добывают из древесины и корней дерева, нарезанных стружками, в России – из листовых веток; последний способ хотя и дает меньшее количество

камфоры, но при этом не уничтожаются плантации. Получают ее в виде хрупких бесцветных комочков с характерным запахом. В настоящее время помимо природной (левоповорачивающей) камфоры используется полусинтетическая (правоповорачивающая) камфора, получаемая из эфирных масел пихты сибирской и сосны обыкновенной.

Интродукция лавра камфорного в условиях оранжереи БСИ УНЦ РАН начата с 1962 г., лавр получен семенами из ботанического сада г. Сухум. В настоящее время растения имеют высоту 3.0–4.5 м, диаметр у основания 78–95 см. От основания отходят по 4–5 шт. ветвлений. На уровне 2–2.5 м от одной из ветвей отходят по 6–7 мутовчатых ветвлений.

Лавр благородный (*Laurus nobilis* L.). Произрастает на различных почвах в лесах в прибрежной полосе, на высоте до 300 м над уровнем моря, в Средиземноморской области, в Западном Закавказье. В естественных условиях это кустарники или деревья 4–8 м высотой; ветви голые. Листья простые, продолговато-ланцетные, кожистые, 7–12 см длиной и 2.5–4.5 см шириной, заостренные, голые, глянцевитые, на коротких черешках. Цветки мелкие, желтые, собранные в зонтиковидные соцветия, расположенные в пазухах листьев по 1–3.

Ценное пищевое (пряное), эфиромасличное, а также декоративное растение. В Древней Греции и Риме лавровым венком награждали поэтов и победителей-вождей. Этот обычай сохранился в спорте и до настоящего времени. Как пряная приправа к пище листья лавра использовались с древнейших времен, но в лекарственном отношении лавр относится к забытым растениям, хотя в русской официальной медицине его плоды были включены во все шесть изданий дореволюционной фармакопеи и в первую государственную фармакопею СССР. Все части растения содержат до 2–3% эфирного масла, в составе которого содержится эвгенол, гераниол и другие терпеноиды, цинеол. В медицине используют листья, плоды, вытяжки и настойки из всех частей растения.

Интродукция лавра благородного в условиях оранжереи БСИ УНЦ РАН начата с 1946 г., получен семенами из ботанического сада г. Сухум. В настоящее время имеется 5 взрослых растений высотой от 3 до 5 м, диаметр у основания 14–33 см. На уровне 1–1.5 м имеет 3–5 шт. основных ветвле-



ний. Бутонизация и цветение отмечались с 10 января по февраль, плодоношение не отмечалось.

Авокадо американское (*Persea americana* Mill.) распространено в Северной и Южной Америке и на Канарских островах, но его родиной признана Мексика. Авокадо возделывали еще древние майя и ацтеки. Слово «авокадо» – древнеацтекского происхождения, правда, слегка искаженное (ахуакатль). Его мясистые, ароматные, по размерам варьирующие от крупной сливы до небольшой дыни, с маслянистой мякотью плоды съедобны. В Европе авокадо появилось еще в XVII в. и за ним закрепилась имя «аллигаторова груша». Плод авокадо содержит 8 самых необходимых человеку витаминов, снижает кровяное давление, также полезен при сердечных заболеваниях и сахарном диабете. Жиры, содержащиеся в мякоти плода, близки к сливочному маслу. Особенно ценны плоды авокадо для питания диабетиков (высокая калорийность и низкое содержание углеводов).

В природных условиях персея американская (авокадо) – вечнозеленое дерево высотой до 10 м. Листья эллиптические, яйцевидные или удлинённые, до 20 см длиной, голые. Цветы зеленые, до 1.5 см в диаметре. Плоды грушевидные, коричневатые, мякоть желтая, съедобная. Цветет в мае–июне.

В оранжерею сеянец авокадо был привезен из Сухумского ботанического сада в 1999 г. В настоящее время имеет высоту 1.9–2 м, число побегов от основного ствола насчитывается 8 шт. – размерами 20–37 см; листья эллиптически-ланцетные, овальные, размерами 3.7–16×1.8–6.5 см. Черешок до 10 см длиной. Цветение не отмечалось.

В настоящее время многие теоретические и практические вопросы экспериментального ризогенеза решены или находятся в стадии интенсивного изучения. Один из важнейших вопросов – выяснение отличий, существующих между легко и трудно укореняемыми формами растений. Эту проблему изучали М.Х. Чайлахян и М.М. Саркисова (1980). Авторы предположили, что одна из причин различной укореняемости черенков – различное содержание эндогенных ауксинов и ингибиторов роста в побегах легко и трудно укореняемых растений, а также различный характер их взаимодействия с регуляторами роста, поступающими при обработке извне.

**Результаты и обсуждение.** В опытах при размножении лавра камфорного в различные сроки процесс укоренения наиболее эффективно протекал в июле с использованием ИМК, ФЕД-6, в контроле – в июне. Укореняемость 10% отмечалась во всех вариантах опыта и в контроле. По результатам обмеров прижившихся черенков наблюдалось образование побегов 1–2 шт., длиной 0.5–12 см, с числом листьев 1–12 шт., длиной 7.1–14.0×1.5–3.2 см, количество корней 1–2 шт., длиной 12–25 см. В настоящее время 30% прижившихся растений по морфологическим параметрам характеризуются в среднем: 90–125 см высоты, 2–4 шт. побегов длиной 16.0–113.0 см, листья в количестве 53–197 шт. с размерами 4.5×2.0– 9.5×4.5 см.

При размножении лавра благородного в различные сроки в целом укореняемость была невысокой. Наиболее эффективно действующими стимуляторами корнеобразования оказался ФЕД-3, Гетероауксин, ИМК. Хорошие результаты также отмечались и в контроле. Наиболее высокий процент корнеобразования получен в контроле 40%, 30%. При обработке ФЕД-6 укоренение составляло 20% (март, июль). При обработке черенков с ИМК, Крезацином, Гетероауксином укоренились 10% (март, июль). Следует отметить, что черенки могут укореняться и без использования ФАВ. Через год у прижившихся черенков наблюдалось количество почек 1–13 шт., количество листьев 1–24 шт., размеры листа 5×2.5 – 4×2 см, побеги 1–24 шт., длиной 0.5–10 см. В настоящее время 30% прижившихся растений по морфологическим параметрам характеризуются в среднем: 100–155 см высоты, 3–5 шт. побегов длиной 22.0–125.0 см, листья в количестве 50–197 шт. размерами 4.0×2.5–8.5×3.7 см.

В комнатных условиях посадочный материал лавра можно выращивать как из семян, так и из черенков. Для посева семян почва состоит из 2 частей песка, одной части листовой земли. Лучшим временем для черенкования лавра является март–апрель. Лучшей средой для образования корней является крупнозернистый песок. Почва для комнатных растений лавра должна быть питательной, легкой. В земляной смеси должны быть 2 части дерновой земли, 2 части перегноя, 1 часть песка. Растения необходимо подкармливать полными минеральными удобрениями один раз в 15–20 дней.

При размножении авокадо американского в различные сроки в целом укореняемость была невысокой. Наиболее эффективно действующими стимуляторами корнеобразования оказался ФЕД-3, Гетероауксин, ИМК. Хорошие результаты также отмечались и в контроле. Наиболее высокий процент корнеобразования получен в контроле 40%, 30%. При обработке ФЕД-6 – 20% (март, июль), Гетероауксином – укоренились в апреле (20%), в мае (30%), в январе (20%). Приживаемость черенков отмечена в опытах, проведенных в январе, побегов насчитывается 1 шт., длиной 1.25 см, количество листьев – 3 шт., размерами 5–7.25 × 1.25–1,50 см, количество корней – 3 шт., длиной 1.50–3.75 см.

По данным С.Г. Саакова (1983), авокадо вегетативно (черенками) не размножают. Персеи относятся также, как и лавры, к трудно укореняемым растениям. При черенковании в январе, апреле, мае с использованием Гетероауксина возможно добиться укоренения [4].

**Заключение.** Выявлен наилучший срок укоренения для лавра камфорного июнь–июль, лавра благородного март–июль, авокадо американского январь, март–май. Укореняемость составляет не выше 10–40%, возможно без использования ФАВ. Полученные результаты позволяют рекомендовать для использования при разработке массового размножения трудно укореняемых видов.

Интродукционные изучения биологических особенностей, размножение трудно укореняемых видов тропических и субтропических рас-

тений позволяет сохранить биологическое разнообразие, пополнить ассортимент растений для озеленения, рекомендовать к массовому размножению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог растений Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: АН РБ, 2012. С. 143.
2. Мак-Миллан Броуз Ф. Размножение растений. М.: Мир, 1987. 192 с.
3. Чайлахан М. Х., Саркисова М.М. Регуляторы роста у виноградной лозы и плодовых культур. Ереван. Изд-во АН Арм. ССР, 1980. 187 с.
4. Сааков С. Г. Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними. Л.: Наука, 1983. 621 с.
5. Сулейманова З.Н. Биологические особенности и размножение тропических и субтропических растений в условиях оранжереи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. 18 с.

#### References

1. Plant catalogue of the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS. Ufa, 2012. 143 p.
2. McMillan Brouse F. The reproduction of plants. Russian edition. Moscow, Mir, 1987. 192 p.
3. Chaylakhan M.Kh., Sarkisova M.M. Growth regulators for grapevine and fruit cultures. Erevan, AN ArmSSR, 1980. 187 p.
4. Saakov S.G. Greenhouse and indoor plants and plant care. Leningrad, Nauka, 1983. 621 p.
5. Suleymanova Z.N.. Biological features and reproduction of tropical and subtropical plants under greenhouse conditions. PhD Thesis in Biology. Ufa, 2000. 18 p.

### VEGETATIVE REPRODUCTION OF SOME SPECIES OF THE FAMILY *LAURACEAE* JUSS. UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

© Z.N. Suleymanova

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

Nowadays scientific approach to indoor gardening implies a combination of aesthetic perception of plant beauty, form and flower and leaf colours with another long-known useful function to improve air quality. In recent years it has become a popular trend to grow medicinal economically-important species of tropical and subtropical plants indoors. In this connection the necessity for a wider assortment of such beneficial plants has stimulated efforts in developing the selection criteria and rapid reproduction technique. An important prerequisite for mass reproduction is the choice of its methods depending on the species affinity, origin and selection of promising tropical and subtropical plants for growing under indoor conditions. This paper describes the vegetative reproduction of some species of the family *Lauraceae* Juss. using physiologically active agents. The optimum time periods of rooting were identified for *Laurus camphora* (June-July), *Laurus nobilis* (March-July) and *Persea americana* (January, March-May). The rooting ability is in the range of 10 to 40% without using PAA. The results obtained in this study can be recommended for mass reproduction of these difficult-to-root species.

Key words: tropical and subtropical plants, vegetative reproduction (propagation by cutting), optimum time periods, physiologically active agents.

Удк 581.543+581.146:582.86(471.52)

**ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И РАЗМНОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЯДОВИТЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА КУТРОВЫХ (*ACORYNACEAE* JUSS.) В УСЛОВИЯХ ОРАНЖЕРЕИ**

© З.Н. Сулейманова, Г.Г. Кашаева

Представлены результаты изучения особенности биологии, размножения некоторых представителей тропических и субтропических видов семейства кутровых (*Acorynaceae* Juss) в условиях оранжереи. Описанные виды (10), обладающие ядовитыми лекарственными свойствами, успешно проходят интродукцию в условиях оранжереи. При массовом размножении рекомендуется использовать как декоративные культуры в фитодизайне в зимних садах, при создании фитокомпозиций, а также можно предложить для дальнейшего изучения фармакологических свойств.

Ключевые слова: морфологические параметры, фенология, тропические и субтропические растения, интродукция, семена.

Интродукционные изучения биологических особенностей некоторых субтропических видов позволяет сохранить биологическое разнообразие, пополнить и расширить ассортимент коллекции оранжереи, рекомендовать использовать для оздоровления помещений.

Как известно, многие растения улучшают микроклимат в доме, поглощают из воздуха токсины, кислоты, щелочи. Известно еще с XV в., что две трети обычных комнатных растений являются ядовитыми, но в тоже время имеют лекарственное значение.

Лидирующую позицию в списке смертельно опасных ядовитых растений занимают представители семейства кутровых. Опыт изучения растений показал, что они бывают вредоносны в одном случае и полезны в другом (лекарством). Поэтому четкую границу провести между группами ядовитых и лекарственных растений невозможно [1]. Изучение ядовитых и лекарственных растений имеет эволюционную, систематическую и экологическую значимость.

В оранжерее Ботанического сада-института УНЦ РАН собрана коллекция тропических и субтропических растений, которая насчитывает более 1200 таксонов.

Целью исследований явилось выявление возможности культивирования, изучения биологических особенностей и размножения при интродук-

ции некоторых видов семейства кутровых (*Acorynaceae* Juss.) в условиях оранжереи.

По общепринятой методике проводились фенологические наблюдения и описание некоторых особенностей роста и развития объектов исследования [2]. Оценка успешности интродукции проводилась по результатам исследований [3, 4].

Объектами исследований явились 10 видов семейства кутровых: акокантера жилчатая (*Acocanthera venenanta* G.Don), алламанда слабительная (*Allamanda cathartica* L.), карисса крупноплодная (*Carissa macrocarpa* A.DC.), катарантус розовый (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), олеандр обыкновенный (*Nerium oleander* L.), раувольфия четырехлистная (*Rauvolfia teraphylla* L.), теветия перуанская (*Tevetia peruvianiana* (Pers.) K.Schum), трахелоспермум азиатский (*Trachelospermum asiaticum* Nakai.), трахелоспермум жасминовидный (*Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lem), плумерия белая (*Plumeria alba* L.) [5].

Среди оранжерейных культур особый интерес как для озеленения, так и для оздоровления помещений служебного и бытового назначения представляют некоторые виды семейства кутровых (*Acorynaceae* Juss).

Кутровые – семейство двудольных цветковых растений, насчитывается 400 родов. В семействе –

СУЛЕЙМАНОВА Зугура Нурияхметовна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: zugura-ufabotsad@mail.ru

КАШАЕВА Гульнара Гадиловна, Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: zugura-ufabotsad@mail.ru

высокие деревья, кустарники, лианы и травы. Многие представители выделяют млечный сок (латекс), который в некоторых случаях является ядовитым. Все кутровые – насекомоопыляемые растения, широко применяются в фармакологии.

**Акокантера жилчатая.** Распространена в Африке и Аравии. Небольшие деревья или кустарники. В условиях оранжереи акокантера выращивается с 2009 г., получена черенком из ботанического сада г. Йошкар-Ола. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 30.4–39.0 см, количество побегов 1–2 шт, 3.0–39.0 см длиной, облиственность хорошая. Листья супротивные, обычно сидячие, удлинённо-ланцетные, размеры листьев (длина/ширина) 6.0×2.0–10.0×3.5 см. Бутонизация отмечалась 24 ноября, цветение с 1 февраля. Венчик кремового цвета. Цветки издают сладкий запах. В культуре используется как красиво цветущее растение.

Растение содержит сердечные гликозиды. В фармакологии из корней и древесины выделены гликозиды убаин (G – строфантин), акокантрин и абиссинин. Все гликозиды токсичны.

**Алламанда слабительная.** Родина – Южная Америка, вьющееся растение до 2 м высотой. В условиях оранжереи алламанды выращиваются с 2013 г., получена семенами из ботанического сада г. Сыктывкар, и с 2014 г. привезена сеянцем из ботанического сада г. Пермь. Семени сплюснутые, оранжево-коричневые, поверхность гладкая, размерами 1.0×1.2 см. Посев проводили 24 июля, всходы появились на 30-й день после посева. Длительность прорастания составляла 35 дней, всхожесть семян 14.3%. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 54.0–57.0 см, количество побегов 2–3 шт, длиной 13.0–39.0 см, облиственность хорошая. Листья супротивные, продолговатые, гладкие, ярко-зеленые с заостренным концом, размеры листьев (длина/ширина) имеют 5.0×1.0–11.0×3.0 см. Соцветие щитковидное, довольно рыхлое, цветки ароматные. Венчик ярко-желтого цвета. Алламанды часто выращиваются в качестве декоративного растения в комнатных условиях.

Все части растения являются ядовитыми, содержат слабительное вещество. Млечный сок может вызвать раздражение кожи и глаз.

**Карисса крупноплодная.** Распространена в Южной Африке. Вечнозеленый плодовой кус-

тарник высотой 4.5–5.5 м. В условиях оранжереи карисса выращивается с 2005 г., семена получены из Италии. Семена продолговатые, овальные, коричневые, поверхность гладкая, размерами 0.5×0.4 см. Посев проводили 25 января, всходы появились на 22-й день после посева. Длительность прорастания составляла 45 дней, всхожесть семян 41%. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 53.0–90.0 см, количество побегов 2–3 шт, длиной 13.0–39.0 см, облиственность хорошая. Листья овальные, темно-зеленые, размеры листьев (длина/ширина) имеют 5.0×1.0–11.0×3.0 см. Цветы трубчатые, белые, ароматные. Плод круглый. Внутри плода содержится ароматная сочная мякоть.

Растение содержит обильный белый клейкий млечный сок – латекс. За исключением ягод, все части растения ядовиты.

**Катарантус розовый.** Распространен в тропических и субтропических лесах Африки, Индии, Кубы. Полукустарник. В условиях оранжереи катарантус выращивается с 2013 г., привезена черенком из ботанического сада г. Пермь. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 13.0–15.0 см, количество побегов 2–3 шт, длиной 12.0–13.0 см. Листья супротивные, ланцетные, блестящие 2.5–8 см длиной, до 3.5 см шириной, размеры листьев (длина/ширина) 0.5×0.6–1.0×0.8 см. Начало бутонизации наблюдалось с 6 апреля, цветение с 9 апреля по 30 сентября. Цветки розово-красные, до 3 см в диаметре.

В комнатных условиях катарантус – декоративное растение, обильно цветущее все лето и до поздней осени. Имеются сорта с белой окраской цветков и красным или желтым зевом.

Катарантус – ядовитое растение, в составе содержится 80 алкалоидов – производных индола. Препараты используют при лечении лейкоза, геморроя, язвы желудка. Отвар листьев эффективен при лечении кожного зуда, псориаза.

**Олеандр обыкновенный.** Распространен в субтропических регионах планеты. Кустарник с ветвящимися стеблями буроватого цвета. В условиях оранжереи олеандр выращивается с 2000 г., привезен черенком из ботанического сада г. Сочи. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 100.0–120.0 см, количество побегов 2–3 шт, длиной 54.0–69.0 см. Листья узкие, линейно-ланцетные, на коротких черешках,



расположенных супротивно, размеры листьев (длина/ширина) 6.0×1.0–14.0×3.0 см. Бутонизация наблюдалась с 20 апреля, цветение с 8 по 29 мая. Цветки яркие, крупные, пятичленные, в щитковидных соцветиях на концах побегов. Венчик белого цвета. Растение хорошо формируется.

В комнатном цветоводстве используется как декоративное растение. Выведено много сортов олеандра, отличающихся габитусом, окраской листвы, венчика, махровостью лепестков.

Все части растения ядовиты, что связано с содержанием в них олеандрина, кортенерина, сердечных гликозидов. Цветущий олеандр настолько ароматен, что, находясь в комнате, вызывает сильную головную боль и даже головокружение. Олеандр – один из наиболее древних декоративных растений. Его разводили в садах Греции и Рима. Олеандр изображен в букетах и гирляндах на фресках древней Помпеи.

**Раувольфия четырехлистная.** Распространена в тропиках Южного и Северного полушарий. Кустарник. В условиях оранжереи выращивается с 2006 г., семена получены из Германии. Семена полусферические, коричневые, поверхность шероховатая, размеры 0.6×0.4 см. Посев проводили 15 июня, всходы появились на 60-й день после посева. Длительность прорастания составляла 71 дней, всхожесть семян 70%. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 22.0–29.0 см, количество побегов 2–4 шт, длиной 3.0–13.0 см. Листья, собранные в мутовки зеленого цвета, глянцевые, размеры листьев (длина/ширина) 2.0×0.7–7.0×3.0 см.

Бутонизация отмечалась с 16 июня, цветение – с 29 июня по 15 октября. Цветки белого цвета. Растение хорошо формируется.

Все части растения содержит биологически активные вещества – аймалин, серпентин, йохимбин, резерпин. Резерпин используется как средство лечения высокого артериального давления; как снотворное.

**Тевеция перуанская.** Родина – Южная и Центральная Америка, вьющееся растение до 2 м высотой.

Вечнозеленый кустарник. В условиях оранжереи выращивается с 2006 г., семена получены из Германии. Семена сплюснутые, коричневые, поверхность гладкая, размеры 2.0×2.5 см. Посев проводили 1 мая, всходы появились на 21-й день после по-

сева. Длительность прорастания составляла 35 дней, всхожесть семян 70%. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 85.0–175.0 см, количество побегов 2–4 шт, длиной 58.0–85.0 см. Листья узкие, очередные, глянцевидные, до 10 см. Цветы расположены на концах стеблей, чащеобразные, длиной 5–7 см, желтые. После цветения появляются плоды до 5 см в диаметре, зелено-го цвета. Внутри плода располагаются семена.

Выращивается в качестве декоративного растения в комнатных условиях. Все части растения, семена являются ядовитыми, содержат гликозиды, влияющие на работу сердечной мышцы.

**Трахелоспермум азиатский.** Родина – Азия. Кустарник с восходящими или вьющимися ветвями. В условиях оранжереи выращивается с 2013 г., семена получены из Италии. Семена прямоугольные, оранжево-коричневые, поверхность шероховатая, размерами 1.5×0.1 см. Посев проводили 26 августа, всходы появились на 8-й день после посева. Длительность прорастания составляла 65 дней, всхожесть семян 66.7%. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 215.0–220.0 см. Листья овальные, заостренные, темно-зеленые, глянцевидные, размеры 2.0×0.4–5.0×0.9 см. Зонтиковидные соцветия несут трубчатые белые с желтым центром цветки, сходные с цветами олеандра, но намного мельче. Выращивается в качестве декоративного растения в комнатных условиях. Все части растения являются ядовитыми.

**Трахелоспермум жасминовидный.** Родина – Южный Китай. Кустарник, лазающий с помощью придаточных корней. В условиях оранжереи выращивается с 2013 г., семена получены из Италии. Семена прямоугольные, оранжево-коричневые, поверхность шероховатая, размеры 1.5×0.1 см. Посев проводили 26 августа, всходы появились на 54-й день после посева. Длительность прорастания составляла 57 дней, всхожесть семян 90%. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 100.0–110.0 см. Количество побегов 20–30 шт., длиной 18.0–100.0 см. Листья супротивные, эллиптические, кожистые, размеры 3.0×2.5–4.5×4.0 см. Цветки белые, душистые, звездчатой формы, располагаются в зонтиковидных кистях в пазухах верхних листьев, 2 см в диаметре. Растение светолюбивое. Молодые растения растут очень медленно.



Все части растения ядовиты, содержит алкалоид воакангин. Цветки используются для получения ароматического масла. Стебли используются в китайской медицине для лечения ревматизма и травм.

**Плумерия белая.** Родина – Южная Америка. Листопадные деревья до 10 м высоты.

В условиях оранжереи выращивается с 2014 г., привезена черенком из Ботанического сада г. Перми. В настоящее время высота основного побега составляет в среднем 41.0–50.0 см. Листья темно-зеленые, эллиптической формы, до 30 см. Цветки яркие, крупные, пятичленные, в щитковидных соцветиях на концах побегов. Венчик белого цвета. В условиях оранжереи проходит период покоя с ноября по февраль. Формирование, обрезка деревьев производится только с окончанием цветения.

Цветки используются для получения ароматического масла. Аромат обладает седативным эффектом.

В условиях оранжереи проводили вегетативное размножение олеандра обыкновенного и алламанды слабительной. Вегетативное размножение (черенкование) проводили по методике [2] в конце каждого месяца. В опытах использовали следующие физиологически активные вещества – Гетероауксин, Крезацин, Эпин, ИМК(0.1 мг/на 1 л Н<sub>2</sub>O).

Для укоренения брали полуодревесневшие черенки – по 10 шт. каждого вида, которые дезинфицировали в растворе перманганата калия (0.5%) и на 3/4 части нижним концом опускали в раствор ауксинов на 24 часа. В качестве контроля использовалась вода. Субстратом для черенкования являлся промытый речной песок, предварительно обработанный раствором перманганата калия (0.5%). Для отобранных видов лучшие результаты укоренения (30–40%) получены при обработке Гетероауксином, оптимальным сроком для черенкования оказался апрель.

Таким образом, изучение видов семейства кутровых показало успешное прохождение интродукции в условиях оранжереи. Диапазон изучения тропических и субтропических видов достаточно широк как для сохранения, обогащения коллекций ботанических садов, так и для рекомендации для озеленения в лечебно-оздоровительных учреждениях. При массовом размножении – предлагать для исследования фармакологических свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Верзилин Н.М. Путешествие с домашними растениями. М.: Издательский Дом Мещерякова. 2008. 416 с.
2. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах. М.: ГБС АН СССР, 1972. С. 22–25.
3. Сааков С. Г. Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними. Л.: Наука, 1983. С. 575–578.
4. Сулейманова З.Н. Биологические особенности и размножение тропических и субтропических растений в условиях оранжереи: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. С. 18.
5. Каталог растений Ботанического сада–института Уфимского научного центра РАН. Уфа: АН РБ, 2012. С. 143.

#### References

1. Verzilin N.M. Journey with domesticated plants. Moscow, Izdatrelskiy dom Meshcheryakova. 2008. 416 p.
2. Methodology of phenological observations in botanical gardens. Moscow, GBS AN SSSR, 1972, pp. 22–25.
3. Saakov S.G. Greenhouse and indoor plants and plant care. Leningrad, Nauka, 1983, pp. 575–578.
4. Suleymanova Z.N. Biological features and reproduction of tropical and subtropical plants under greenhouse conditions. PhD Thesis in Biology. Ufa, 2000. 18 p.
5. Plant catalogue of the Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Centre, RAS. Ufa, 2012. 143 p.

---

## FEATURES OF BIOLOGY AND REPRODUCTION OF SOME POISONOUS MEDICINAL SPECIES FROM THE DOGBANE FAMILY (*APOCYNACEAE* JUSS.) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

© Z.N. Suleymanova, G.G. Kashaeva

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

The article presents the results of our research on biology and reproduction of some tropical and subtropical species from the dogbane family (*Apocynaceae* Juss.) under greenhouse conditions. The species described here (10) with poisonous medicinal properties are successfully being introduced into the greenhouse. In case of mass reproduction it is recommended to use them as ornamental plants in phytodesign of winter gardens and floral compositions and can be also suggested for further research on their pharmacological properties.

Key words: morphological parameters, phenology, tropical and subtropical plants, introduction. seeds.

УДК 581.55

## СООБЩЕСТВА С ДОМИНИРОВАНИЕМ *LONICERA TATARICA* НА ЮЖНОМ УРАЛЕ: ВОПРОСЫ СИНТАКСОНОМИИ

© Я.М. Голованов, С.М. Ямалов, М.В. Лебедева

Представлены результаты синтаксономического анализа сообществ с доминированием *Lonicera tatarica* в среднем течении реки Белой (Предуралье Республики Башкортостан). Из всех типов кустарниковых зарослей региона эти сообщества наименее изучены. Синтаксономический анализ геоботанических описаний позволил выделить одну новую ассоциацию *Rhamno catharticae–Loniceretum tataricae* ass. nov. prov. с двумя вариантами (*typica* и *Galium aparine*) в рамках класса *Rhamno–Prunetea*, объединяющего преимущественно вторичные кустарниковые сообщества, формирующиеся на месте широколиственных лесов класса *Quercus–Fagetea*. Сообщества ассоциации, как правило, занимают небольшие площади вблизи уречий в поймах рек. Во флористическом составе, кроме *Lonicera tatarica*, встречаются и другие виды кустарников: *Rhamnus cathartica*, *Amygdalus nana*, *Caragana frutex*, *Cerasus fruticosa*, *Rosa majalis*, *Spiraea crenata*. Результаты непрямой ординации хорошо иллюстрируют специфику зарослей с доминированием *Lonicera tatarica* на Южном Урале. На главной оси ординации, интерпретированной как фактор увлажнения, они заняли крайнее левое положение и представили самые мезофитные сообщества кустарников в регионе, в отличие от более ксерофитных кустарниковых сообществ, которые в системе высших единиц растительности Южного Урала рассматриваются в рамках союза *Amygdalion nanae* степного класса *Festuco–Brometea*. Поэтому новая ассоциация отнесена к европейскому классу *Rhamno–Prunetea* в составе порядка *Prunetalia spinosae*, центрального союза *Berberidion vulgaris*, объединяющего вторичные древесно-кустарниковые сообщества на теплых, сухих, часто карбонатных почвах. По территории Южного Урала будет проходить восточная граница ареала сообществ класса *Rhamno–Prunetea*, как и лесных сообществ класса *Quercus–Fagetea*, с которыми они связаны пространственно и сукцессионно. Возможно, в дальнейшем, при накоплении геоботанического материала по сообществам мезофитных кустарников, специфика южноуральских сообществ в системе класса *Rhamno–Prunetea* будет отражена на уровне нового порядка – варианта европейского порядка *Prunetalia spinosae*.

Ключевые слова: Южный Урал, синтаксономия, кустарниковая растительность, класс *Rhamno–Prunetea*, ординационный анализ.

Кустарники на Южном Урале в пределах всех природных зон могут выступать доминантами сообществ и образовывать т.н. заросли. Особенно часто они встречаются на повышенных формах рельефа, реже – на равнинных участках. Заросли образуют такие виды, как *Cerasus fruticosa*, *Spiraea crenata*, *S. hypericifolia*, *Caragana frutex*, *Juniperus sabina*, *Amygdalus nana*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Lonicera tatarica* и др. Кустарниковые сообщества в регионе в последнее время расширяют свой ареал и встречаемость. Фиторазнообразие кустарниковых

сообществ на Южном Урале остается слабоизученным вопросом. Кустарниковые сообщества рассматривались только как составляющая часть анализа растительности конкретных территорий – Национального парка «Башкирия» [1], северной части Башкирского Зауралья [2] и др.

Из всех типов кустарниковых сообществ наименее изученными являются мезофитные сообщества и, в частности, ценозы с доминированием *Lonicera tatarica*. Их разнообразие в регионе, синтаксономия, особенности флористического состава, факторы организации до настоящего

ГОЛОВАНОВ Ярослав Михайлович, Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: jaro1986@mail.ru

ЯМАЛОВ Сергей Маратович – д.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: yamalovsm@mail.ru

ЛЕБЕДЕВА Мария Владимировна – к.б.н., Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, e-mail: lebedevamv@mail.ru

момента не были предметом специального исследования.

Авторами статьи поставлена цель выполнить синтаксономический анализ сообществ с доминированием *Lonicera tatarica* и определить их положение в современной системе единиц эколого-флористической классификации растительности Евразии.

#### Материалы и методы исследований.

В основу работы положено 11 геоботанических описаний, выполненных Я.М. Головановым в период полевого сезона 2014 г. в среднем течении реки Белой (Предуралье Республики Башкортостан). Геоботанические описания выполнялись на площадках размером 8×8 м. Участие видов в растительном покрове оценивалось по шкале Браун-Бланке.

Для обработки описаний применен программный пакет JUICE [3]. Классификация выполнена методом Браун-Бланке [4]. Для экологического анализа закономерностей распределения сообществ использовалась непрямая ординация методом Detrended correspondence analysis (DCA – ординация), реализованным в пакете программ CANOCO 4.5 [5]. Для сравнительного анализа были привлечены 47 геоботанических описаний кустарниковых сообществ из фитоценотеки травяной растительности Южного Урала.

**Результаты и их обсуждение.** *Lonicera tatarica* встречается в степной зоне и смежной части лесной, по степям, лесным опушкам, открытым и поросшим кустарниками склонам, по оврагам, речным долинам, на заливных лугах и в ивняках. Часто разводится в садах и парках, и дичает. Ареал вида охватывает Европейскую часть России. На Южном Урале вид распространен в горно-лесной и лесостепной зонах. Нередко образует крупные заросли, особенно в поймах рек.

Синтаксономический анализ геоботанических описаний позволил выделить одну новую ассоциацию *Rhamno catharticae–Loniceretum tataricae* ass. nov. prov. с двумя вариантами (табл. 1). Сообщества ассоциации, как правило, занимают небольшие площади вблизи или на месте умеренных лесов класса *Quercus–Fagetum* Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937, союза *Alnion incanae*

Pawlowski in Pawlowski, Sokolowski et Walisch 1928.

Общее проективное покрытие (ОПП) кустарникового яруса варьирует в достаточно широких пределах от 60 до 90%, при средней высоте 160–210 см. Данный ярус, кроме *Lonicera tatarica*, представлен видами степных кустарников: *Amygdalus nana*, *Caragana frutex*, *Cerasus fruticosa*, *Rosa majalis*, *Spiraea crenata*. В состав яруса также входит лесной и опушечный вид *Rhamnus cathartica*. В зависимости от плотности кустарникового яруса варьирует ОПП травяного яруса от 15 до 75%. Он сложен луговыми видами класса *Molinio–Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 (*Bromopsis inermis*, *Carex praecox*, *Calamagrostis epigeios* и др.) и степными класса *Festuco–Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soy 1947 (*Fragaria viridis*, *Phlomis tuberosa*, *Thalictrum minus* и др.), проникающими под полог кустарников из смежных сообществ. Характерной чертой изученных сообществ является присутствие опушечных видов класса *Trifolio–Geranietea* Th. Müller 1962 (*Lathyrus pisiformis*, *Veronica chamaedrys*, *V. spuria* и др.) и видов нитрофильных сообществ затененных местообитаний класса *Galio–Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969 (*Anthriscus sylvestris*, *Chelidonium majus*, *Glechoma hederacea* и др.). Число видов на площадке варьирует от 19 до 34, в среднем составляет 27 видов.

В пределах ассоциации выделено два варианта, отражающих различные стадии вторичной сукцессии. Первый вариант *typica* (табл. 1, оп. 1–6) представляет собой наиболее типичные кустарниковые сообщества с доминированием *Lonicera tatarica*. ОПП кустарникового яруса 65–90%, травяного – 15–55%. Второй вариант *Galium aparine* (табл. 1, оп. 7–11) объединил сообщества начальных стадий зарастания нарушенных пожарами, рубками и ветровалами окраин умеренных лесов. Особенности флористического состава сообществ варианта состоят в высоком постоянстве и обилии синантропных видов класса *Galio–Urticetea* (*Anthriscus sylvestris*, *Chelidonium majus*, *Galium aparine* и др.). Значение ОПП кустарникового яруса ниже, чем у сообществ варианта *typica* и составляет 65–90%, а травяного, наоборот, выше – 55–75%.

Ассоциация *Rhamno catharticae–Loniceretum tataricae* ass. nov. prov.

Площадь описания, м <sup>2</sup>		64	64	64	64	64	64		64	64	64	64	64		
ОПШ кустарникового яруса, %		85	80	90	65	90	80		75	50	65	60	60		
ОПШ травяного яруса, %		30	35	15	55	20	30		55	70	70	75	70		
Ср. высота кустарникового яруса, см	Ярус*	180	190	210	180	190	190	Постоянство	180	190	180	160	170	Постоянство	
Ср. высота травостоя, см		45	30	20	35	15	30		60	60	55	55	50		
Число видов		34	32	20	33	19	25		24	25	26	32	29		
Порядковый номер описания		1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11		12
1															
Диагностические виды ассоциации <i>Rhamno catharticae–Loniceretum tataricae</i>															
<i>Lonicera tatarica</i>	-s1	4	3	4	2	4	3	V <sup>2-4</sup>	2	2	3	3	3	V <sup>2-3</sup>	
<i>Bromopsis inermis</i>	-hl	1	2	2	3	1	2	V <sup>1-3</sup>	3	3	3	3	2	V <sup>2-3</sup>	
<i>Carex praecox</i>	-hl	+	1	+	1	1	+	V	+	1	+	1	1	V	
<i>Galium boreale</i>	-hl	+	+	+	.	+	+	V	+	+	+	+	2	V	
Диагностические виды варианта <i>typica</i>															
<i>Lithospermum officinale</i>	-hl	.	r	r	r	r	.	IV	.	.	.	.	.	.	
<i>Calamagrostis epigeios</i>	-hl	.	.	+	+	.	1	III	.	.	.	.	.	.	
<i>Euphorbia semivillosa</i>	-hl	r	.	+	r	.	.	III	.	.	.	.	.	.	
<i>Sanguisorba officinalis</i>	-hl	+	.	r	.	.	r	III	.	.	.	.	.	.	
Диагностические виды варианта <i>Galium aparine</i>															
<i>Galium aparine</i>	-hl	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	2	1	V <sup>1-2</sup>	
<i>Chelidonium majus</i>	-hl	.	.	.	.	r	.	I	1	2	2	1	.	IV	
Д.в. порядка <i>Prunetalia spinosae</i> и класса <i>Rhamno–Prunetea</i>															
<i>Rhamnus cathartica</i>	-s1	+	1	+	1	+	1	V	.	+	+	+	+	IV	
Д.в. порядка <i>Festucetalia valesiacaе</i> и класса <i>Festuco–Brometea</i>															
<i>Thalictrum minus</i>	-hl	r	r	r	r	r	r	V	+	+	r	r	1	V	
<i>Fragaria viridis</i>	-hl	+	+	.	1	+	+	V	+	+	+	+	2	V	
<i>Phlomis tuberosa</i>	-hl	+	r	.	r	r	r	V	+	+	+	+	+	V	
<i>Poa angustifolia</i>	-hl	.	+	.	1	.	r	III	+	+	+	+	1	V	
<i>Filipendula vulgaris</i>	-hl	.	+	.	1	.	+	III	+	.	.	+	+	III	
<i>Campanula wolgensis</i>	-hl	.	r	.	r	.	.	II	r	.	.	r	r	III	
<i>Amoria montana</i>	-hl	r	.	.	r	.	.	II	r	.	.	.	.	I	
<i>Galium tinctorium</i>	-hl	.	r	.	+	.	.	II	.	.	.	.	.	.	
<i>Festuca pseudovina</i>	-hl	.	r	.	.	.	r	II	.	.	.	.	.	.	
<i>Tulipa biebersteiniana</i>	-hl	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	II	
Д.в. союза <i>Amygdalion nanae</i>															
<i>Caragana frutex</i>	-s1	+	+	+	+	+	.	V	1	1	1	.	r	IV	
<i>Spiraea crenata</i>	-s1	.	+	+	2	+	+	V	2	2	1	+	1	V	
<i>Rosa majalis</i>	-s1	+	+	+	+	+	+	V	.	r	.	.	.	I	
<i>Cerasus fruticosa</i>	-s1	.	.	+	.	+	+	III	.	+	1	r	1	IV	
<i>Amygdalus nana</i>	-s1	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	1	III	
Д.в. класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>															
<i>Galium album</i>	-hl	+	+	r	+	r	+	V	+	+	+	.	+	IV	
<i>Potentilla goldbachii</i>	-hl	+	+	.	r	r	.	IV	r	r	.	.	.	II	
<i>Carum carvi</i>	-hl	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	r	II	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Д.в. класса <i>Trifolio-Geranietea</i>														
<i>Lathyrus pisiformis</i>	-hl	.	.	.	.	r	+	II	.	.	+	+	.	II
<i>Veronica chamaedrys</i>	-hl	+	.	.	r	.	.	II	.	.	.	+	.	I
<i>Lavatera thuringiaca</i>	-hl	.	.	.	r	.	.	I	.	.	.	r	+	II
<i>Veronica spuria</i>	-hl	+	r	.	.	.	r	III	.	.	.	.	.	.
Д.в. класса <i>Quercu-Fagetea</i>														
<i>Padus avium</i>	-t3	.	r	+	r	.	.	III	.	.	.	+	.	I
<i>Rubus idaeus</i>	-s1	.	.	r	.	.	+	II	.	.	.	.	.	.
Д.в. класса <i>Galio-Urticetea</i>														
<i>Anthriscus sylvestris</i>	-hl	r	r	.	.	.	.	II	+	+	+	r	.	IV
<i>Glechoma hederacea</i>	-hl	.	+	r	.	.	.	II	.	.	.	+	+	II
<i>Geum urbanum</i>	-hl	.	r	.	+	.	.	II	.	.	.	r	.	I
Д.в. класса <i>Artemisietea vulgaris</i>														
<i>Leonurus quinquelobatus</i>	-hl	.	+	+	r	+	+	V	+	.	+	.	r	III
<i>Draccephalum thymiflorum</i>	-hl	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	+	III
<i>Carduus acanthoides</i>	-hl	.	.	.	r	.	r	II	r	r	.	.	r	III
<i>Arctium tomentosum</i>	-hl	+	.	.	.	.	.	I	.	.	r	r	.	II
<i>Echinops sphaerocephalus</i>	-hl	.	r	.	.	.	.	I	.	.	r	r	.	II
<i>Melandrium album</i>	-hl	.	.	r	.	r	.	II	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia absinthium</i>	-hl	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	II
Д.в. класса <i>Stellarietea mediae</i>														
<i>Fallopia convolvulus</i>	-hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	II
<i>Convolvulus arvensis</i>	-hl	+	.	.	.	.	r	II	.	.	.	.	.	.

\*Примечание: -t3 – третий древесный ярус, -s1 – кустарниковый ярус, -hl – травяной ярус.

Единично встречены: *Achillea millefolium* -hl 10 (r); *Adonis vernalis* -hl 4 (r); *Alliaria petiolata* -hl 9 (r); *Artemisia armeniaca* -hl 2 (r), 10 (r); *A. sericea* -hl 2 (r), 11 (r); *A. vulgaris* -hl 1 (r), 11 (r); *Asparagus officinalis* -hl 8 (r); *Astragalus cicer* -hl 9 (r); *Bistorta major* -hl 1 (r); *Bunias orientalis* -hl 1 (r); *Cirsium setosum* -hl 9 (+); *Cynoglossum officinale* -hl 1 (r); *Dactylis glomerata* -hl 1 (1); *Eremogone longifolia* -hl 4 (r); *Eryngium planum* -hl 4 (r); *Euphorbia gmelinii* -hl 1 (r); *Heracleum sibiricum* -hl 1 (+); *Humulus lupulus* -hl 10 (1); *Hylotelephium triphyllum* -hl 10 (r); *Galium verum* -hl 4 (r), 7 (r); *Knautia arvensis* -hl 2 (r); *Lathyrus litvinovii* -hl 1 (r); *L. tuberosus* -hl 2 (r); *Phleum pratense* -hl 11 (+); *Pimpinella saxifraga* -hl 5 (r); *Potentilla argentea* -hl 10 (+); *Primula macracalyx* -hl 1 (r); *Ranunculus polyanthemus* -hl 7 (r), 10 (r); *Rumex confertus* -hl 11 (r); *Salvia stepposa* -hl 4 (r); *Serratula coronata* -hl 2 (r); *Seseli libanotis* -hl 1 (r); *Stachys officinalis* -hl 1 (+), 10 (r); *Stellaria graminea* -hl 4 (r); *Trifolium medium* -hl 1 (r); *Ulmus glabra* -t3 4 (r); *Urtica dioica* -hl 1 (3); *Vicia cracca* -hl 11 (+); *V. tenuifolia* -hl 1 (+); *Viola collina* -hl 2 (r), 9 (r); *Xanthoselinum alsaticum* -hl 5 (+).

Локализация описаний. Республика Башкортостан, Ишимбайский р-н: 3–11 – пойма р. Белая на отрезке от д. Алакаево до пос. Буранчино (3,4 – 53° 22.005'с.ш., 55° 59.731'в.д.; 5 – 53° 21.973' с.ш., 55° 59.659' в.д.; 6 – 53° 22.216' с.ш., 56° 0.202'в.д.; 7–11 – 53°22.822'с.ш., 56° 0.420'в.д.), 20.05.2014, 1–2 – опушки вторичных березняков 3 км западнее пос. Нефтяник г. Ишимбай (53° 22.237' с.ш., 56° 1.060'в.д.), 20.05.2014. Автор описаний: Я.М. Голованов.

Положение описанной ассоциации в системе высших единиц эколого-флористической классификации остается дискуссионным вопросом. На сегодняшний день все сообщества с доминированием кустарников классифицировались в составе союза кустарниковых степей *Amygdalion nanae* Golub 2011 евроазиатского класса степей *Festuco-Brometea*. В ценофлоре рассматриваемых сообществ диагностические виды этих выс-

ших единиц достаточно хорошо представлены (табл. 1).

Для сравнительного анализа сообществ с *Lonicera tatarica* с сообществами кустарниковых степей союза *Amygdalion nanae* авторы провели непрямой ординационный анализ методом DCA-ординации (рис.). Результаты анализа хорошо проиллюстрировали специфику зарослей с *Lonicera tatarica*. Так, на первой оси, которая интерпрети-



Сравнительная таблица диагностических видов порядка *Prunetalia spinosae* и класса *Rhamno-Prunetea*

Виды/Регион	Российская Федерация (продромус)	Брянская область	Украина (продромус)	Украина	Чехия	Южный Урал
<b>Диагностические виды для двух и более регионов</b>						
<i>Prunus spinosa</i>	+	+	+	+	+	.
<i>Rhamnus cathartica</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rosa sp.</i>	+	+	+	+	+	.
<i>Swida sanguinea</i>	+	+	+	+	+	.
<i>Crataegus sp.</i>	+	.	+	+	+	.
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	+	.	+	.	+	.
<i>Berberis vulgaris</i>	+	+	+	.	.	.
<i>Corylus avellana</i>	+	+	+	.	.	.
<i>Euonymus verrucosa</i>	+	+	.	+	.	.
<i>Ligustrum vulgare</i>	+	.	+	.	+	.
<i>Sambucus nigra</i>	+	.	+	.	+	.
<i>Juniperus communis</i>	+	.	+	.	.	.
<i>Lonicera xylosteum</i>	+	.	+	.	.	.
<i>Viburnum lantana</i>	+	.	+	.	.	.
<i>V. opulus</i>	+	+	.	.	.	.
<i>Euonymus europaea</i>	.	.	.	+	+	.
<i>Agrimonia eupatoria</i>	+	+	.	.	.	.
<i>Asparagus officinalis</i>	+	+	.	.	.	+
<i>Campanula rapunculoides</i>	+	+	.	.	.	.
<i>Securigera varia</i>	+	+	.	.	.	.
<i>Geranium robertianum</i>	+	+	.	.	.	.
<b>Диагностические виды для одного региона</b>						
<i>Ulmus laevis</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Cerasus avium</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Clematis vitalba</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Farngula alnus</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Pyrus communis</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Rubus caesius</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Cerasus vulgaris</i>	.	.	+	.	.	.
<i>Rubus nessensis</i>	.	.	+	.	.	.
<i>Spiraea hypericifolia</i>	.	.	+	.	.	.
<i>S. media</i>	.	.	+	.	.	.
<i>Prunus stepposa</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Ulmus suberosa</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Acer campestre</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Lonicera tatarica</i>	.	.	.	.	.	+

\* *Примечание* (регион/автор). 1 – Российская Федерация (продромус) [6]; 2 – Брянская область [7]; 3 – Украина (продромус) [8]; 4 – Украина [9]; 5 – Чехия [10]; 6 – Южный Урал (данные авторов).

рована как фактор увлажнения, сообщества с *Lonicera tatarica* заняли крайне левое положение и представили самые мезофитные сообщества кустарников в регионе. Поэтому рассматривать сообщества с *Lonicera tatarica* в системе класса степей *Festuco-Brometea* представляется не совсем корректным решением.

Из состава европейской растительности ближе всего к рассматриваемым сообществам по структуре и экологическим особенностям могут рассматриваться сообщества класса *Rhamno-Prunetea* Rivas Goday et Garb. 1961. В отличие от кустарниковых сообществ союза *Amygdalion nanae*, их флористический состав более мезофит-

ный за счет видов лугов, лесных опушек и собственно лесных видов растений [6, 7]. Это преимущественно вторичные кустарниковые сообщества, формирующиеся на месте широколиственных лесов класса *Quercus-Fagetea* с участием видов родов *Cornus* L., *Cotoneaster* Medik., *Crataegus* L., *Euonymus* L., *Lonicera* L., *Prunus* L., *Pyrus* L., *Rhamnus* L., *Ribes* L., *Rosa* L., *Rubus* L., *Sambucus* L., *Sorbus* L. и *Viburnum* L.

Из табл. 2 видно, что из состава диагностических видов класса на Южном Урале присутствуют *Asparagus officinalis*, *Lonicera tatarica*, *Rhamnus cathartica*, из них с высоким постоянством лишь два вида: *Lonicera tatarica* и *Rhamnus cathartica*. На Южном Урале присутствуют другие виды класса *Rhamno-Prunetea*, такие как *Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Crataegus sanguinea*, *Euonymus verrucosa*, *Lonicera xylostium*, *Rubus idaeus*, *Rosa* sp., *Sambucus racemosa*, *Swida alba*, однако сообщества с их участием пока не описаны.

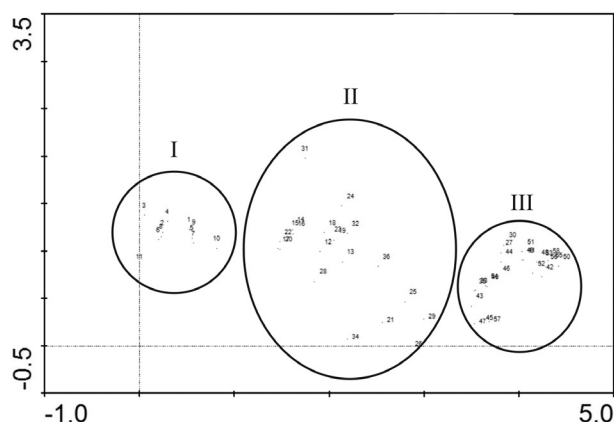


Рис. Распределение геоботанических описаний сообществ кустарников Южного Урала в первых двух осях DCA-ординации

Группы: I – сообщества с доминированием *Lonicera tatarica*, II – сообщества с доминированием *Cerasus fruticosa*, *Spiraea crenata*, *S. hypericifolia*; III – сообщества с доминированием *Juniperus sabina*, *Cotoneaster melanocarpus*

Отнесение южноуральской ассоциации *Rhamno catharticae-Loniceretum tataricae* к порядкам в составе класса *Rhamno-Prunetea* также затруднено. В рамках класса выделяется 2 порядка – *Prunetalia spinosae* Тх. 1952 и *Chelidonio-Robinietales* Jurco ex Hadač et Sofron 1980 [6, 7], которые объединяют соответственно

вторичные древесно-кустарниковые сообщества и спонтанно возобновляющиеся сообщества искусственных посадок деревьев и кустарников с доминированием древесных неофитов. В этой системе порядков южноуральские сообщества возможно отнести только в состав порядка *Prunetalia spinosae* Тх. 1952 и его центральному союзу *Berberidion vulgaris* Вг.-Вл. ex Tüxen 1952, объединяющему вторичные древесно-кустарниковые сообщества на теплых сухих и часто карбонатных почвах. При таком синтаксономическом решении по территории Южного Урала будет проходить восточная граница ареала сообществ класса *Rhamno-Prunetea*, как и лесных сообществ класса *Quercus-Fagetea*, с которыми они связаны пространственно и сукцессионно. Возможно, в дальнейшем, при накоплении дополнительного геоботанического материала, специфика южноуральских сообществ в системе класса *Rhamno-Prunetea* будет отражена на уровне нового порядка, варианта европейского порядка *Prunetalia spinosae*.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Флора и растительность национального парка «Башкирия» (синтаксономия, антропогенная динамика, экологическое зонирование). Уфа: Гилем, 2010. 512 с.
2. Ямалов С.М., Муллагулов Р.Т., Голованов Я.М., Лебедева М.В., Аминев А.Ф. Синтаксономия степной растительности северной части Башкирского Зауралья // Степи Северной Евразии: Мат-лы VII Международного симпозиума. 2015. С. 967–970.
3. Tichý L. JUICE, software for vegetation classification // J. Veg. Sci. 2002. Vol. 13. P. 451–453.
4. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2000. 264 с.
5. Ter Braak, C.J.F., Šmilauer P. Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power. Ithaca, 2002. 500 p.
6. Ермаков Н.Б. Продромус высших единиц растительности России // Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа, 2012. С. 377–483.
7. Семенищенков Ю.А. Фитоценогическое разнообразие Судость-Деснянского междуречья. Брянск: РИО БГО, 2009. 400 с.

8. Соломаха В.А. Синтаксономія рослинності України. Київ: Фітосоціоцентр, 2008. 296 с.
9. Фицайло Т.В. Кустарниковая растительность класса *Rhamno-Prunetea* Rivas Godayet Borja Carbbonllex Tx. 1961 Украины // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Мат-лы Всероссийской конференции. Ч. 5: Геоботаника. Петрозаводск, 2008. С.325–327.
10. Vegetace České republiky 4. Lesnía křovinná vegetace (Vegetation of the Czech Republic. 4. Forest and scrub vegetation). Praga: Academia, 2013. 551 s.

### References

1. Flora and vegetation of the National Park “Bashkiria” (syntaxonomy, anthropogenic dynamics, ecological zonation). Ufa, Gilem, 2010. 512 p.
2. Yamalov S.M., Mullagulov R.T., Golovanov Ya.M., Lebedeva M.V., Aminev A.F. Syntaxonomy of the steppe vegetation in the northern Bashkir Trans-Urals. Stepi Severnoy Evrazii. Materialy VII Mezhdunarodnogo simpoziuma. 2015, pp. 967–970.
3. Tichý L. JUICE, software for vegetation classification. J. Veg. Sci., 2002, vol. 13, pp. 451–453.
4. Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomeshch A.I. Modern science about vegetation. Moscow, Logos, 2000. 264 p.
5. Ter Braak, C.J.F., Šmilauer P. Reference manual and CanoDraw for Windows User’s guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power. Ithaca, 2002. 500 p.
6. Ermakov N.B. Prodrumus of the higher vegetation units in Russia. B.M. Mirkin, L.G. Naumova. Sovremennoe sostoyanie osnovnykh kontseptsiy nauki o rastitelnosti. Ufa, 2012, pp. 377–483.
7. Semenishchenkov Yu.A. Phytocoenotic diversity of the Sudost-Desna interfluve region. Bryansk, RIO BGO, 2009. 400 p.
8. Solomakha V.A. Syntaxonomy of vegetation in Ukraine. Kiev, Fitosotsiotsentr, 2008. 296 p.
9. Fitsaylo T.V. Shrub vegetation of the class *Rhamno-Prunetea* Rivas Godayet Borja Carbbonllex Tx. 1961 in Ukraine. Fundamentalnye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka: Materialy Vserossiyskoy konferentsii. Part 5. Geobotanika. Petrozavodsk, 2008, pp. 325–327.
10. Vegetace České republiky 4. Lesnía křovinná vegetace (Vegetation of the Czech Republic. 4. Forest and scrub vegetation). Praga, 2013. 551 s.

## COMMUNITIES WITH THE DOMINATION OF *LONICERA TATARICA* IN THE SOUTH URALS: ISSUES OF SYNTAXONOMY

© Ya.M. Golovanov, S.M. Yamalov, M.V. Lebedeva

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

This paper presents the results of syntaxonomical analysis of communities with dominant *Lonicera tatarica* in the middle course of the Belaya River (Cis-Urals of the Republic of Bashkortostan). These communities are the least studied among all types of shrub communities in the region. Syntaxonomical analysis of geobotanical releves made it possible to recognize one new association *Rhamno catharticae-Loniceretum* tataricae ass. nov. prov. with two variants (*typica* and *Galium aparine*) within the class *Rhamno-Prunetea*. It combines mainly secondary shrub communities replacing broad-leaved forests of the class *Quercu-Fagetea*. As a rule, the communities of this association occupy small areas near bottom-land forests on river-flood plains. Besides *Lonicera tatarica*, the floristic composition includes other shrub species, such as *Rhamnus cathartica*, *Amygdalus nana*, *Caragana frutex*, *Cerasus fruticosa*, *Rosa majalis* and *Spiraea crenata*. DCA-ordination results illustrate well the specificity of communities with the domination of *Lonicera tatarica* in the South Urals. At the main ordination axis interpreted as a factor of moistening, they are located in the leftmost position and present the most mesophytic shrub communities in the region as opposed to more xerophytic shrub communities of the alliance *Amygdalion nanae* (class *Festuco-Brometea*). So, the new association is assigned to the *Berberidion vulgaris* alliance (order *Prunetalia spinosae*, class *Rhamno-Prunetea*) that combines secondary forest and shrub communities grown on warm, dry and often carbonate soils. The eastern boundary of the *Rhamno-Prunetea* communities runs across the South Urals, like that of the *Quercu-Fagetea* communities associated with them both spatially and successionaly. Perhaps, with the accumulation of additional data on mesophytic shrub communities, the specificity of the South Ural communities in the system of the class *Rhamno-Prunetea* will be reflected at a level of a new order (vicariant of the European *Prunetalia spinosae* order).

Key words: South Urals, syntaxonomy, shrub vegetation, class *Rhamno-Prunetea*, DCA-ordination.

## ДИНАМИКА РОСТА И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЯНЦЕВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЯБИН (*SORBUS* L.)

© Р.Г. Абдуллина

Изучены особенности роста и развития сеянцев 10 видов рябин (*Sorbus* L.) в условиях интродукции в Ботаническом саду в г. Уфе (Башкирское Предуралье). В течение 4 лет сеянцы всех рябин проходят 3 стадии онтогенетического развития и достигают иматурного возрастного состояния. В первый год роста сеянцев наблюдается минимальный прирост осевого побега (в среднем 5 см). На второй год прирост побегов оказался выше: от 4 см у *S. amurensis* до 18.5 см у *S. mougeotii*. Наибольший средний прирост главного побега на третьем году роста сеянцев отмечен также у *S. mougeotii* – 29 см, минимальный у *S. sibirica* – 5.1 см. На четвертом году роста сеянцев прирост основного побега варьирует от 2 см (*S. sibirica*) до 21 см (*S. graeca*). Наибольшая средняя высота растения за период 2009–2012 гг. отмечена: у *S. mougeotii* из секции *Lobatae* (82 см), у *S. graeca* из секции *Aria* (60 см), у местной *S. aucuparia* из секции *Sorbus* (39 см). Минимальная высота растения отмечена у *S. sibirica* из секции *Sorbus* – 16 см. Местный вид *S. aucuparia* по величине показателей приростов занимает промежуточное положение среди исследуемых видов. Выявлено значимое влияние на рост побегов рябин (*Sorbus* L.) факторов видовых особенностей и климатических условий года.

Ключевые слова: рябина, интродукция, прирост, побеги.

**Введение.** Как и многие другие древесные растения, рябины обладают различными биологическими свойствами и по-разному реагируют на условия произрастания. Знание динамики роста и особенностей развития сеянцев в первые годы жизни дает возможность судить об адаптивном потенциале семенного потомства, перспективности и устойчивости видов в условиях интродукции. Изучение различных видов рябины на начальных этапах онтогенеза проводилось в ряде работ [1–5]. В частности в этих исследованиях приводятся данные и по видам, задействованным в нашей работе. Показано, что виды рябин различаются по интенсивности роста побегов в первые годы жизни. Указывается также, что особенности роста и развития сеянцев в значительной мере определяют характер формирования растений на следующих этапах онтогенеза, а также их устойчивость.

**Объекты и методы.** Осенью 2008 г. был произведен грунтовый посев семян 10 видов рябин коллекции Ботанического сада:

**секция *Sorbus*** C. Koch – *S. amurensis* Koehne, *S. aucuparia* L., *S. commixta* Hedl.,

*S. rufo-ferruginea* (Schneid.) Schneid., *S. sibirica* Hedl.;

**секция *Lobatae*** Gabr. – *S. × hybrida* L., *S. × thuringiaca* (Ilse) Fritsch., *S. mougeotii* Soy – Willem. et Godr., *S. armeniaca* Hedl.;

**секция *Aria*** Pers. – *S. graeca* (Shach.) Hedl.

Периоды возрастных состояний рябин устанавливались согласно методике Л.Б. Заугольной с соавторами [6]. Метрические параметры (высота растения, прирост побегов и диаметр основного побега) определяли по методике Ю.А. Злобина [7].

**Результаты и их обсуждение. Латентный период.** Семена рябин секции *Sorbus* мелкие, сплюснутой формы, трехгранные, с загнутым концом, длиной от 1–4 мм, шириной 0.8–1.8 мм, толщиной около 1 мм. Семена видов секций *Lobatae* и *Aria* крупнее, длиной 4–7 мм и шириной до 2–3 мм. Семенная кожура рябин блестящая, цвет варьирует от светло-коричневого до темно-коричневого. Тип прорастания семян надземный.

**Проростки.** Период от начала прорастания до опадения семядольных листьев продолжался с мая по август, и составил в среднем 80 дней. Основная масса семян взошла весной 2009 г.,



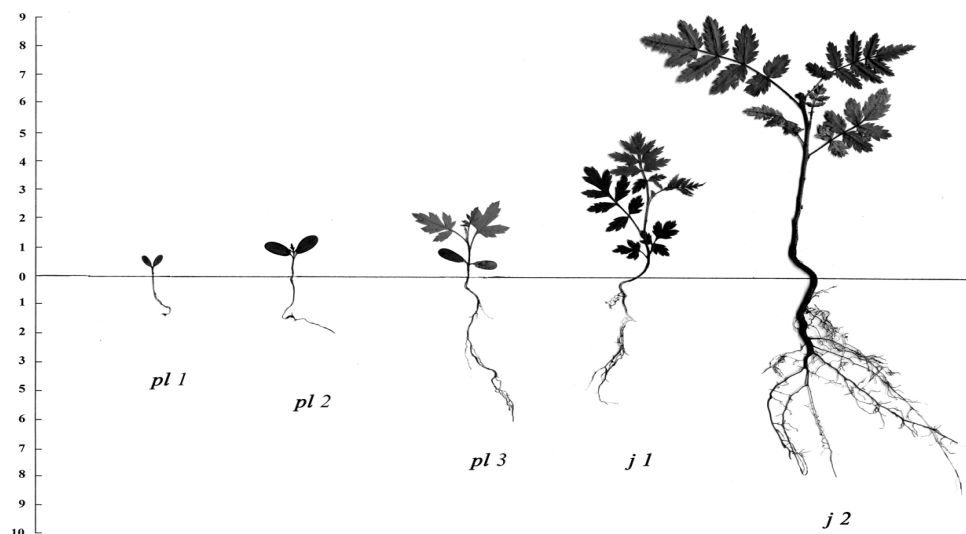


Рис. Онтогенетическое развитие *Sorbus aucuparia* L.  $pl_1$ – $pl_3$  – проросток;  $j_1$ – $j_2$  – ювенильные растения

исключение составляет *S. armeniaca*, семена которой взойшли весной 2010 г. Семядольные листья рябин имеют эллиптическую или обратной-цевидную формы, длиной от 6 до 15 мм, шириной от 3 до 8 мм на коротких черешках. Начало роста первого настоящего листа начинается на 7–8 день, второго на 30–45, третьего – на 35–45 день от начала прорастания семян (рис.). Рост эпикотилиа отмечен через 7–9 дней от начала прорастания семян. Начало одревеснения побега начинается в первой декаде июня.

Максимальный и минимальный средний прирост по высоте (табл.) в первый год роста наблюдался у видов, входящих в одну и ту же секцию *Sorbus*: максимальный – у местной *S. aucuparia* – 10.5 см, минимальный – у *S. commixta* – 3.5 см, *S. sibirica* и *S. amurensis* – 3.3 см. Остальные виды имели средний по значению прирост побега.

Осенью после опадения семядольных листьев сеянцы всех изучаемых видов рябин перешли в **ювенильное возрастное состояние**. Ювенильные сеянцы всех видов имеют неветвящийся побег, их корневая система состоит из главного и боковых корней. Листья непарноперистых видов (*S. amurensis*, *S. aucuparia*, *S. commixta*, *S. rufoferruginea*, *S. sibirica*) состоят из 5–9 листочков, к концу вегетации достигают 4 см длины и 3 см ширины. У целнолистных рябин (*S. × hybrida*, *S. × thuringiaca*, *S. mougeotii*, *S. armeniaca*, *S. graeca*) листья достигают длины 3 см и ширины 2 см.

Самое раннее начало роста побегов на второй год отмечено у *S. aucuparia* – 28 апреля, наиболее позднее у *S. graeca* – 3 мая. Период от распускания листьев до их опадения составил в среднем 160–170 дней. Средний прирост по высоте основного побега оказался выше, чем в первый год роста сеянцев. Максимальный прирост на второй год наблюдался у представителей секции *Lobatae* *S. mougeotii* – 18.5 см, *S. × hybrida* – 11.1 см, а также из секции *Aria* *S. graeca* – 11.6 см. Минимальный прирост в высоту наблюдался, также как и в первый год, у видов секции *Sorbus*: *S. amurensis* и *S. commixta* – 4.0 и 4.4 см соответственно. На второй год роста у единичных сеянцев рябин *S. commixta*, *S. aucuparia*, *S. × hybrida* было отмечено появление боковых побегов, что означает переход от ювенильного в **имматурное возрастное состояние**.

На третий год роста сеянцев в имматурное возрастное состояние перешли *S. mougeotii* и *S. graeca*. Здесь средний прирост основного побега оказался наибольшим у *S. mougeotii* – 29.1 см, у *S. aucuparia* – 16.5 см, у *S. × hybrida* – 11.5 см. Наименьший прирост, также как и в предыдущие годы, был отмечен у *S. commixta* – 2.9 см. При этом у *S. commixta*, также как и у *S. sibirica*, отмечалось снижение прироста. У *S. armeniaca* после зимы 2010–2011 гг. было отмечено подмерзание верхней части основного побега.



Приросты побегов рябин за первые четыре года роста сеянцев

Вид	Средний прирост по высоте, см				Высота сеянцев, см	Диаметр у корневой шейки, см
	2009 год	2010 год	2011 год	2012 год		
Секция <i>Sorbus</i>						
<i>S. aucuparia</i>	10.5±1.76	6.7±1.20	16.5±1.17	6.1±1.92	38.9±4.91	0.75±0.04
<i>S. amurensis</i>	3.3±0.16	4.0±1.75	5.2±1.76	10.0±4.81	22.2±5.13	0.49±0.06
<i>S. rufo-ferruginea</i>	3.9±0.73	6.8±2.38	8.6±2.75	9.0±2.22	27.1±6.91	0.51±0.03
<i>S. sibirica</i>	3.3±0.16	6.5±1.06	5.1±1.63	2.0±0.33	15.9±2.83	0.44±0.05
<i>S. commixta</i>	3.5±0.26	4.4±0.68	2.9±0.45	8.0±1.32	17.2±1.14	0.46±0.03
Секция <i>Lobatae</i>						
<i>S. armeniaca</i> *	–	17.2±2.47	11.1±1.85	18.0±2.71	49.5±5.82	0.91±0.08
<i>S. mougeotii</i>	7.5±0.65	18.5±2.16	29.1±2.18	26.7±2.34	81.6±3.63	0.94±0.06
<i>S. × thuringiaca</i>	5.1±0.39	5.8±0.45	7.7±0.93	11.8±1.62	29.6±2.01	0.58±0.03
<i>S. × hybrida</i>	5.4±0.43	11.1±1.21	11.5±1.81	20.0±3.32	49.1±5.51	0.80±0.04
Секция <i>Aria</i>						
<i>S. graeca</i>	5.1±0.40	11.6±1.38	11.3±1.44	21.1±1.02	59.7±2.01	0.75±0.04

Примечание: \* – семена взошли через год.

На четвертый год роста сеянцев у *S. sibirica*, *S. rufo-ferruginea*, *S. amurensis* и *S. × thuringiaca* и *S. armeniaca* было отмечено появление боковых побегов. Здесь прирост основного побега был максимальным у *S. mougeotii* – 26.7 см, а также у *S. graeca* – 21.1 см, *S. × hybrida* – 20.0 см, *S. armeniaca* – 18.0 см, *S. amurensis* – 10.0 см. Нужно отметить, что прирост *S. aucuparia*, *S. sibirica*, *S. mougeotii* на четвертый год роста сеянцев снизился по сравнению с предыдущим годом. Диаметр основного побега у корневой шейки варьировал от 0.44 см (*S. sibirica*) до 0.94 см (*S. mougeotii*). Наибольшая средняя высота основного побега за период 2009–2012 гг. оказалась у *S. mougeotii* (секция *Lobatae*) – 81.6 см, у *S. graeca* (секции *Aria*) – 59.7 см, у местной *S. aucuparia* (секция *Sorbus*) – 38.9 см, минимальная – у *S. sibirica* (секция *Sorbus*) – 15.9 см.

По величине показателей приростов местный вид *S. aucuparia* занимает промежуточное положение среди исследуемых видов. В динамике роста можно видеть, что величина прироста данного вида на второй год, несмотря на регулярный полив, значительно снизилась, что, возможно, связано с засухливыми условиями 2010 г. У интродуцированных видов резкого снижения приростов не наблюдалось. Это говорит о приспособленности *S. aucuparia* к условиям произрастания [8].

При проведении дисперсионного анализа установлено, что рост сеянцев рябин зависит как от биологических особенностей видов ( $F=19.095$ ;  $p<0.000$ ), так и от климатических условий года ( $F=15.795$ ;  $p<0.000$ ). Следовательно, выращивание сеянцев рябин из семян связано с некоторыми трудностями из-за неблагоприятных условий континентального климата Башкирского Предуралья, для которого характерна холодная зима, возвратные весенние заморозки [9].

По имеющимся литературным данным, интенсивность роста у сеянцев различных видов рябин неодинаковая в различных пунктах интродукции на разных этапах онтогенетического развития [2–4]. В условиях г. Петрозаводска, как и в нашем случае, наблюдается более длительный и интенсивный рост на первых этапах онтогенеза [4]. В условиях Ботанического сада АН Узбекистана наибольший прирост по высоте отмечен у *S. aucuparia* на 3-й год – 80 см, что выше наших показателей (33 см). Показатель прироста у *S. graeca* (28 см) совпал с нашими данными [1]. В Горном ботаническом саду ДНЦ РАН (Дагестан), интенсивность роста сеянцев в первый год роста была слабой и составила в среднем 1.8 см. На второй год жизненного цикла сеянцев прирост у большинства видов увеличился, наибольшим он был у *S. aucuparia* – 34.6 см [5].

Таким образом, в течение 4 лет сеянцы всех рябин прошли 3 периода онтогенетического развития (латентный, проростки, ювенильный) и достигли имматурного возрастного состояния. Установлено, что рост сеянцев рябин зависит от биологических особенностей видов и климатических условий года. Прирост в высоту в первый год роста сеянцев разных видов составил от 3.3 до 10.5 см, на четвертый год – от 2.0 до 26.7 см. Местный вид *S. aucuparia* по величине показателей приростов занимает промежуточное положение среди исследуемых видов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мурзова Р.М., Абдурахманов А.А., Максимова Г.В. Дендрология Узбекистана. Т. VIII. Родовые комплексы береза, ясень, рябина. Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР, 1977. 224 с.
2. Максимова Г.В. Биология и экология видов рода *Sorbus* L., интродуцированных Ботаническим садом АН УзССР: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 1980. 20 с.
3. Кольцова М.А., Кожевников В.И. Рябины на Ставрополье. Ставрополь, 1997. 119 с.
4. Лантратова А.С. Пути создания родового комплекса *Sorbus* L. в экстремальных условиях Севера // Адаптация растений при интродукции на Севере. Петрозаводск, 1987. С. 4–13.
5. Залибеков М.Д., Хасаева З.Б. Краткие итоги интродукции рода *Sorbus* L. в Горном ботаническом саду ДНЦ РАН // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Мат-лы Всерос. конф. Петрозаводск: 2008. С. 234–237.
6. Заугольнова Л.Б., Жукова А.А., Комарова А.С., Смирнова О.В. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 183 с.
7. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 146 с.
8. Абдуллина Р.Г. Рябины в (*Sorbus* L.) в Башкирском Предуралье // Естественные науки. 2009. № IV. С. 37–43.

9. Абдуллина Р.Г. Зимостойкость некоторых видов и сортов рябин (*Sorbus* L.) в условиях Ботанического сада г. Уфы // Известия Уфимского научного центра РАН. № 2. 2013. С. 83–86.

### References

1. Murzova R.M., Abdurakhmanov A.A., Maksimova G.V. Dendrology of Uzbekistan. Vol. 8. Generic complexes of *Betula*, *Dictamnus* and *Sorbus*. Tashkent, Fan, 1977. 224 p.
2. Maksimova G.V. Biology and ecology of species of the genus *Sorbus* L. introduced into the Botanical Garden of the Academy of Sciences of the Izbek Soviet Socialist Republic. PhD Thesis in Biology. Tashkent, 1980. 20 p.
3. Koltsova M.A., Kozhevnikov V.I. Mountain ashes in the Stavropol region. Stavropol, 1997. 119 p.
4. Lantratova A.S. Approaches to creating the generic complex of *Sorbus* L. under the extreme conditions of the North. Mezhevuzovskiy sbornik «Adaptatsiya rasteniy pri introduktsii na Severe». Petrozavodsk, 1987, pp. 4–13.
5. Zalibekov M.D., Khasaeva Z.B. Brief results on the introduction of the genus *Sorbus* L. into the *Mountain Botanical Garden* of the Dagestan *Scientific Centre*. Materialy Vserossiyskoy konferentsii «Fundamentalnye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka». Petrozavodsk, 2008, pp. 234–237.
6. Zaugolnova L.B., Zhukova A.A., Komarova A.S., Smirnova O.V. Plant coenotic populations (essays on population biology). Moscow, Nauka, 1988. 183 p.
7. Zlobin Yu.A. Principles and methods in studying plant coenotic populations. Kazan, Isdatelstvo Kazanskogo universiteta, 1989. 146 p.
8. Abdullina R.G. Mountain ashes (*Sorbus* L.) in the Bashkir Cis-Urals. Astrakhan, Estestvennye nauki, no. IV, 2009, pp. 37–43.
9. Abdullina R.G. Winter hardiness of some species and varieties of mountain ashes (*Sorbus* L.) under conditions of the Ufa Botanical Garden. Izvestiya Ufimskogo nauchnoho tsentra, no. 2. 2013, pp. 83–86.



**GROWTH DYNAMICS AND DEVELOPMENT CHARACTERISTICS  
OF SEEDLINGS OF SOME *SORBUS* SPECIES**

© R.G. Abdullina

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

The paper describes growth and development characteristics of seedlings of 10 mountain ash (*Sorbus* L.) species studied during their introduction into the Ufa Botanical Garden (Bashkir Cis-Urals). Within 4 years the seedlings of all *Sorbus* species passed 3 stages of ontogenetic development and reached the immature age state. In the first year of their growth the minimum increase of axial shoot was observed (on average 5 cm). In the second year the increase of sprouts was higher: from 4 cm in *S. amurensis* to 18.5 cm in *S. mougeotii*. In the third year of the seedling growth the greatest average increase of their main shoots was observed in *S. mougeotii* (29 cm), while the minimum growth was in *S. sibirica* (5.1 cm). In the fourth year the increase of the main shoots varied from 2 cm (*S. sibirica*) to 21 cm (*S. graeca*). The greatest average height over the period of 2009 to 2012 was observed in *S. mougeotii* from the section *Lobatae* (82 cm), *S. graeca* from the section *Aria* (60 cm) and local *S. aucuparia* from the section *Sorbus* (39 cm). The minimum height was observed in *S. sibirica* from the section *Sorbus* (16 cm). The local species *S. aucuparia*, judging by the values of its increase, occupied an intermediate position among the species in question. It was also revealed that the growth rate of the mountain ash shoots was greatly affected by species peculiar features and seasonal climatic factors.

Key words: mountain ash, introduction, increase, shoots.

## К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИИ ЮЖНОГО УРАЛА

© Л.А. Хайрулина

Первые сведения о шарьяжах на Урале появились в конце 1920-х гг. Однако в 1930-е гг. шарьяжисты оказались жертвами политических репрессий как сторонники враждебного буржуазного учения. В 1954 г., когда в отечественной науке безраздельно господствовала фиксистская парадигма, М.А. Камалетдинов закартировал каратауский надвиг с амплитудой горизонтального смещения 1600–2500 м, что стало первым фактическим доказательством надвигового строения Уральского орогена. В 1956 г. каратауский надвиг был зафиксирован на листе N-40-X государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000. Последующие исследования в восточной части Нуримановского района БАССР (1954), центральной части широтного течения рек Белой и Нугуша (1958), Зилаирского синклинория (1959) также подтвердили роль шарьяжей в тектонике данных структур. В 1960 г. геолого-съёмочные работы в пределах Уфимского амфитеатра позволили М.А. Камалетдинову впервые закартировать клиппы, которые ранее были известны только в пределах молодых горных сооружений – в Альпах, Пиренеях, Карпатах. Советская геология в тот период клиппы отрицала, как и шарьяжи. Комплексные геологические исследования показали, что изолированные выходы силурийских, девонских и визейских пород среди флишоидных осадков среднего карбона являются покровными структурами. Результаты детальной геологической съёмки, проведенной М.А. Камалетдиновым в 1950–1960-е гг., коренным образом изменили представления о тектонике Уральской складчатости. Важным практическим выводом этих научных результатов явилась перспективность Уральского орогена на нефть и газ, поскольку в платформенных отложениях Предуральского прогиба уже были открыты месторождения углеводородов. Установление покровного строения Урала сыграло важную роль в утверждении концепции мобилизма в советской геологии.

Ключевые слова: фиксизм, мобилизм, Урал, шарьяж, аллохтон, история геологии.

*«...Изыскание о строении мира – одна из самых великих и благородных проблем, какие только существуют в природе...».*

Галилео Галилей

В 1954 г. постановлением Совета Министров СССР была принята программа комплексного изучения территории Советского Союза с проведением государственного геологического картирования масштаба 1:200 000. Этот период принято называть «золотым веком» советской региональной геологии. В рамках этой программы на Южном Урале в Стерлитамакской геолого-поисковой конторе была организована экспедиция из 4-х партий, укомплектованная опытными техниками-геологами, снабженная передвижными буровыми станками и землеройной техникой.

В 1953 г. в Стерлитамакскую геолого-поисковую контору был направлен М.А. Камалетдинов – выпускник геологического факультета Ка-

занского университета. Здесь он трудился в течение шестнадцати лет: начальником геологической партии (1954–1956), начальником геологической экспедиции (1956–1964) и главным геологом (1964–1969). Обширные сведения о строении Уральских гор, полученные за время многолетнего напряженного труда, позволили Мурату Абдулхаковичу стать одним из ведущих специалистов на Урале.

Первым объектом исследований стал хребет Каратау – одна из ключевых тектонических структур Урала, расположенная в западной части Башкирского антиклинория. Именно здесь М.А. Камалетдинов в 1954 г. впервые закартировал крупный надвиг. Для того чтобы оценить зна-

чимость этого научного открытия, следует обратиться к истории изучения шарьяжей.

Первые надвиги были обнаружены в 1841 г. в Швейцарских Альпах. В 1884 г. М. Бертран ввел термин «шарьяж» для описания процесса надвигания горных пород. Сторонники надвигов и шарьяжей были названы мобилистами, а противники – фиксистами. Противостояние мобилистских и фиксистских идей явилось «красной нитью» истории геологии вплоть до конца XX в. Проблеме шарьяжей были полностью посвящены 6-я (Цюрих, 1894) и 9-я (Вена, 1903) сессии Международного геологического конгресса. В 1903 г., более чем через полвека после открытия надвигов, они были признаны официально на 9-м Международном геологическом конгрессе, однако допускались исключительно в молодой, подобно альпийской, кайнозойской складчатости [1–3].

В СССР первые сведения о шарьяжах появились в конце 1920-х гг. В 1927 г. российский геолог и палеонтолог Г.Н. Фредерикс впервые описал надвиг на Урале – древнем горном сооружении, и выдвинул гипотезу о его покровном строении. В статье «Вопросы тектоники Урала» он утверждал, что «*весь западный склон древнего (пермского) Урала был сложен очень сложным комплексом надвигов*» с величиной горизонтального смещения более 120–130 км [4]. В 1933 г. Г.Н. Фредерикс совместно с Н.А. Зенченко опубликовал «*Геологический очерк района Вашкурского водохранилища на реке Чусовой*», где представил схематический разрез выявленного им чешуйчато-надвигового строения привильвенских участков Такманахи, Белого Камня и Дальнего Востока. Покровы на Урале были выделены также Е.А. Кузнецовым и Е.Е. Захаровым (1926), О.Ф. Нейман-Пермяковой (1931), О.Л. Абакумовой (1931), А.Д. Архангельским (1932), А.А. Блохиным (1932) и др. Однако в те годы отсутствовали качественные геологические карты, а также достоверные данные по стратиграфии, и допущенные ошибки в мобилистских построениях фиксисты использовали как дополнительное доказательство их несостоятельности [5].

Дискуссии советских геологов по шарьяжам сначала носили острый научный характер. Но в 1930-е гг., когда в стране разразился массовый большевистский террор, шарьяжисты оказались

жертвами политических репрессий как сторонники враждебного буржуазного учения. В 1938 г. Г.Н. Фредерикс был расстрелян за якобы умышленно неверную трактовку геологического разреза при разведке на нефть в районе Чусовских Городков. В том же году расстрелян Н.А. Зенченко, обвиненный за «*...вредительство в геологических исследованиях недр*». Многие отправленные в лагеря и ссылки, а оставшиеся оказались морально сломлены. Труды мобилистов предавались забвению. Так, фамилия Г.Н. Фредерикса как автора рода неоспирифер была вычеркнута из книги А.П. и Е.А. Ивановых «*Фауна брахиопод среднего и верхнего карбона Подмосковского бассейна (Neospirifer, Choristites)*» [6]. Авторы «*Определителя палеозойских брахиопод*» Т.Г. Сарычева и А.Н. Сокольская [7] название рода, предложенное Г.Н. Фредериксом, были вынуждены заменить другим [8].

В 1940 г. в Свердловске состоялось совещание под руководством академика А.Н. Заварицкого с участием представителей уральских и центральных научно-исследовательских учреждений. На совещании фиксистские воззрения на геологию Уральских гор были признаны как единственно верные. В 1945 г. академик Н.С. Шатский писал, что стратиграфия рифейского комплекса «*заставляет окончательно отказаться от гипотезы крупных шарьяжных перекрытий на западном склоне Урала*» [9, 10].

Автохтонная структура хребта Каратау также считалась установленной. В 1930 г. вывод о его вертикально-блоковой структуре был сделан комиссией Института геологической карты, возглавляемой директором этого института академиком Д.В. Наливкиным. В 1938 г. профессор М.М. Тетяев в книге «*Геотектоника СССР*» называет Каратау куполообразной структурой и утверждает: «*...характер разрыва, ограничивающего с северо-запада структуру Каратау, совершенно не дает основания говорить о нем, как о надвиге*» [11]. Позднее академик Н.С. Шатский, отрицая надвиги, рассматривал хребет Каратау как приподнятый блок основания Русской платформы.

После смерти Сталина в 1953 г. запрет на шарьяжи был снят, однако в советской геологии фиксистская доктрина оказалась фактически канонизированной в течение нескольких десятиле-



тий. Лидером тектонической школы в Советском Союзе был чл.-корр. АН СССР В.В. Белоусов, по учебникам которого многие поколения геологов изучали тектонику во всех советских вузах. Учебник В.В. Белоусова «*Основные вопросы геотектоники*», вышедший в 1954 г., отрицает положения мобилизма. В 1955 г. профессор Б.П. Высоцкий в обзоре тектоники СССР констатирует, что шарьяжи являются лишь данью буржуазной моде, а их опровержение называет важным достижением советских геологов. По воспоминаниям академика А.В. Пейве, вице-президент АН СССР академик А.П. Виноградов, возглавлявший Отделение наук о Земле (1963–1967), Секцию наук о Земле Президиума АН СССР (1967–1975), не раз говорил, что «*по всякому, кто станет заниматься шарьяжами, плачет тюремная камера*» [5, 12].

М.А. Камалетдинов в книге «Ученые и время» пишет, что открытие каратауского надвига повлекло за собой донос в НКВД и его отстранили от должности начальника геологической партии, запретив пользоваться картами с грифом «секретно». Благодаря вмешательству вышестоящего начальства – главных геологов Ф.С. Куликова и Н.И. Мешалкина, через год его восстановили в должности.

Споры по каратаускому надвику усугублялись также тем, что в 1953 г. в каратауских отложениях, слагающих антиклиналь между хребтами Каратау и Аджигардак, была пробурена скважина № 33 глубиной 440 м. В заключении, подписанном главным геологом Стерлитамакской ГПК Н.И. Ключниковым, говорилось: «*Скважина вскрыла нормальный геологический разрез, что отрицает предположение о надвиге*». Однако Мурат Абдулхакович полагал, что отсутствие надвига на глубине 440 м не исключает его наличия на большей глубине.

Действительно, за год интенсивной работы им были собраны и обобщены все предшествующие сведения о строении хребта Каратау и проведены тщательные геолого-съёмочные работы на данной территории. Результатом выполненных исследований стал отчет «*Геологическое строение северного склона хребта Каратау*» 1955 г., в котором прослежена линия надвига, определена его ширина, установлена тектоническая

связь древних свит верхнего рифея и контактирующих с ними каратауских и пермских отложений. По мнению автора, образование основных дизъюнктивных нарушений произошло в послепермское время [13]. М.А. Камалетдиновым была замерена амплитуда горизонтального смещения, которая составила 1600–2500 м. Эти данные стали первым фактическим доказательством ранее высказываемых предположений о надвиговом строении хребта Каратау.

В 1956 г. новые воззрения молодого специалиста были зафиксированы в листе N-40-X государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000 под редакцией А.И. Олли со ссылкой на производственный отчет М.А. Камалетдинова. В том же году его назначили начальником Стерлитамакской геологической экспедиции.

М.А. Камалетдинов продолжил заниматься вопросами формирования Уральской горно-складчатой системы с мобилистских позиций. В эти годы осуществлено картирование восточной части Нуримановского района БАССР (1954), центральной части широтного течения рек Белой и Нугуша (1958), Зилаирского синклиория (1959). Повсеместно была подтверждена роль шарьяжей. Важным практическим выводом этих научных результатов явилась перспективность Уральского орогена на нефть и газ, поскольку в платформенных отложениях Предуралья прогиба уже были открыты месторождения углеводородов, и данные отложения предполагались под уральским аллохтоном.

В 1958 г. по приглашению Башнефти на Урал приехал чл.-корр. АН СССР В.В. Белоусов с группой ученых из Института физики Земли и МГУ для осуществления научного руководства Стерлитамакской экспедицией. Уральские горы входили в число тех немногих объектов, где раньше В.В. Белоусов не работал. Часть группы москвичей была направлена на хребет Каратау, другая – в Зилаирский синклиорий. В 1959 г. В.В. Белоусов и его сотрудники пришли к выводу об отсутствии покровных структур, а выявленные М.А. Камалетдиновым надвиги перевели в «ранг» вертикальных разломов (взбросов).

Однако главный геолог треста «Башвостокнефтегазразведка» Ф.С. Куликов поддержал результаты исследований М.А. Камалетдинова, поскольку приезжал в район полевых работ с про-

веркой, убеждаясь лично в достоверности фактов, полученных за 5 лет детальной геологической съемки. Выводы группы В.В. Белоусова, работа которой сводилась к дешифрированию аэрофотоснимков и маршрутам по долинам рек, что недостаточно в условиях крайне слабой обнаженности исследуемой территории, Ф.С. Куликов счел необоснованными и прервал договор с ними.

В январе 1960 г. на специальном совещании был поставлен вопрос об упразднении Стерлитамакской геолого-поисковой конторы из-за конфликта с группой В.В. Белоусова. Однако после доклада М.А. Камалетдинова выступили главные геологи трестов Ф.С. Куликов и Н.И. Мешалкин, профессора А.И. Олли, К.Р. Тимергазин, А.Я. Виссарионова и убедили в необходимости продолжить исследования на Урале [5].

Следующим крупным научным открытием М.А. Камалетдинова стали клиппы. Ранее клиппы были известны только в пределах молодых горных сооружений – в Альпах, Пиренеях, Карпатах,

и считались останцами гигантских покровов. В советской геологии наряду с шарьяжами отрицались и клиппы. В геологическом словаре 1955 г. под редакцией А.Н. Криштофовича термин клипп, характеризующий тектонические останцы, упоминается как «излишний». Подобные выходы древних пород на Урале считались приуроченными к сводам антиклинальных структур (рис. 1) или связанными с высоко поднятыми мелкими блоками [14].

В 1960-е гг. в пределах Уфимского амфитеатра М.А. Камалетдинов закартировал изолированные выходы силурийских, девонских и визейских пород среди флишеидных осадков среднего карбона и предположил их покровное залегание [15]. Пробуренные в долине реки Ураим четыре структурные скважины подтвердили налегание древних пород на ураимскую свиту карбона (рис. 2). Кроме того, собранная фауна показала, что большинство выходов известняков с визейской фауной имели брекчиевое строение, поскольку местами среди визейских известняков

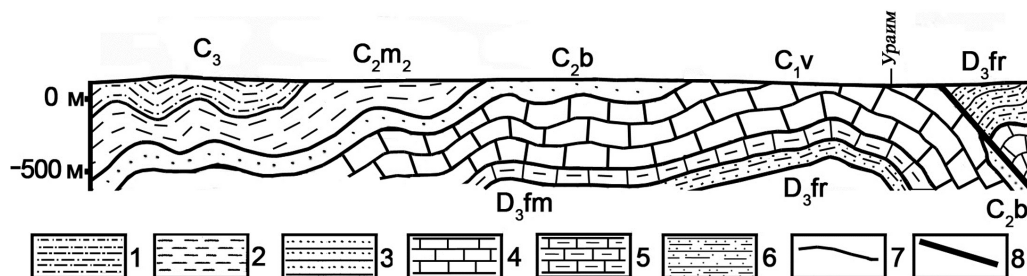


Рис. 1. Разрез к государственной геологической карте N-40-VI по Г.А. Смирнову и др. [1960] с небольшими изменениями: верх. карбон: 1 – песчаники, алевролиты, аргиллиты; ср. карбон: 2 – абдрезяковская свита: аргиллиты, алевролиты; 3 – ураимская свита: песчаники, аргиллиты, прослой конгломератов; ниж. карбон: 4 – визейский ярус: рифогенные известняки; верх. девон: 5 – фаменский ярус: аргиллиты, алевролиты, песчаники; 6 – франкий ярус: серые, слоистые известняки; 7 – стратиграфические границы; 8 – тектонические контакты

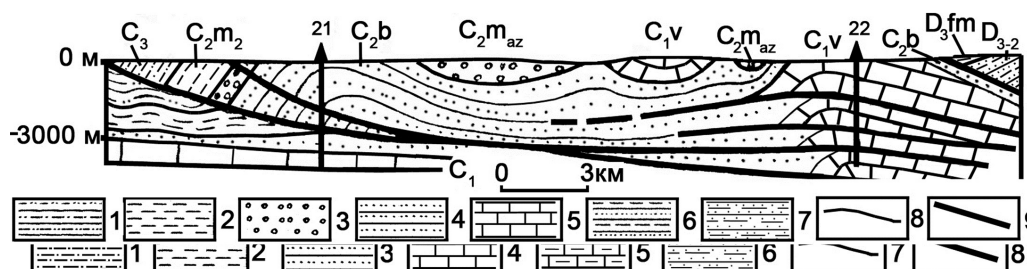


Рис. 2. Геологический разрез по М.А. Камалетдинову [1970] с небольшими изменениями: верх. карбон: 1 – песчаники, алевролиты, аргиллиты; ср. карбон: 2 – абдрезяковская свита: аргиллиты, алевролиты; 3 – аязмская свита: конгломераты, гравелиты, прослой песчаников; 4 – ураимская свита: песчаники, аргиллиты, прослой конгломератов; ниж. карбон: 5 – визейский ярус: рифогенные известняки; верх. девон: 6 – фаменский ярус: аргиллиты, алевролиты, песчаники; 7 – франкий ярус: серые, слоистые известняки; 8 – стратиграфические границы; 9 – тектонические контакты; цифрами 21–22 на разрезе обозначены скважины

встречались глыбы известняков с окаменелостями верхнего девона, а также среднего карбона. Позже М.А. Камалетдиновым были обнаружены клиппы на восточном склоне Уральских гор. Открытие клиппов указывало на то, что Урал в далеком прошлом был перекрыт гигантским аллохтоном, ныне частично сохранившимся в синклинальных прогибах [16].

В последующие годы М.А. Камалетдинов картирует район Мурадымовского ущелья на западном склоне Южного Урала. Здесь, в долине реки Большой Ик, выше деревни Мурадымово, обнажаются рифогенные девонские известняки. Ранее считалось, что эти породы образуют здесь вертикально поднятый горст. Однако тщательный анализ ископаемой фауны, изучение последовательности напластований и структурное картирование показали, что известняки слагают крупный аллохтон, надвинутый с востока на расстояние не менее 50 км, что в дальнейшем окончательно подтвердилось данными бурения.

По результатам проведения детальных геолого-съёмочных работ в районах Хребта Каратау, Мурадымовского ущелья, Уфимского амфитеатра и других геологических структур в период с 1954 по 1965 год М.А. Камалетдиновым было опубликовано более 20 научных статей с новыми данными о покровном строении Южного Урала [17–19]. Полученные сведения сыграли важную роль в утверждении концепции мобилизма в советской геологии и в создании глобальной шарьяжно-надвиговой теории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Камалетдинов М.А. Современная теория шарьяжей // Геол. сб. 2001. № 2. С. 29–37.
2. Караулов В.Б. Мобилизм, фиксизм и конкретная тектоника // Бюлл. МОИП. Отд. Геол. 1988. Т. 63, вып. 3. С. 3–13.
3. Хайрулина Л.А. К вопросу о глобальной эволюции земной коры // ESSJ. 2015. № 1. URL: <https://sjes.esrae.ru/ru/article/view?id=322> (дата обращения: 13.03.2017).
4. Фредерикс Г.Н. О возрасте современного Урала // Вести. Геол. Ком. 1927. Т. XLVI, № 10. С. 13.
5. Камалетдинов М.А. Ученые и время. Уфа: Гилем, 2007. 220 с.
6. Иванов А.П., Иванова Е.А. Фауна брахиопод среднего и верхнего карбона Подмосковского бас-

сейна (*Neospirifer*, *Choristites*). Т. 6, вып. 2. 1937. 215 с.

7. Сарычева Т.Г., Сокольская А.Н. Определитель палеозойских брахиопод Подмосковной котловины. М., 1952. 307 с.

8. Канев Г.П., Калашников Н.В. Корреляция разрезов пограничных отложений нижней и верхнем Перми Пай-Хоя // Минерально-сырьевые ресурсы европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар, 1990. С. 196–201.

9. Шатский Н.С. Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и смежной части западного склона Южного Урала. М., 1945. 132 с.

10. Камалетдинов М.А. Альберт Иванович Олли // Геол. сб. 2003. № 3. С. 216–223.

11. Тетяев М.М. Геотектоника СССР. Л.: ГОНТИ, 1938. С. 181–182.

12. Тимергазин К.К., Тимергазина А.К. Уфимская геотектоническая школа. Уфа, 1992. 52 с.

13. Камалетдинов М.А. Геологическое строение северного склона хребта Кара-Тау. Уфа, 1955. 123 с.

14. Смирнов Г.А., Смирнова Т.А. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Лист: N-40-VI. Госгеолтехиздат. М., 1960.

15. Камалетдинов М.А. О клиппах на Среднем Урале // Доклады АН СССР. 1962. Т. 146, № 5. С. 1160–1163.

16. Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М. Геология и перспективы нефтегазоносности южной части Юрюзано-Сылвенской депрессии // Вестник БашГУ. 2012. Т. 17, № 2. С. 946–949.

17. Камалетдинов М.А. Новые данные о геологическом строении Южного Урала // Доклады АН СССР. 1965. Т. 162, № 6. С. 1356–1359.

18. Камалетдинов М.А. Новая геология (теория шарьяжей) // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академии наук Республики Башкортостан. 1998. № 3. С. 10–23.

19. Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М., Фархутдинова Л.М. Шарьяжно-надвиговой теории – 50 лет // Природа. № 12. 2015. С. 50–59.

#### References

1. Kamaletdinov M.A. Modern theory of overthrust faulting, *Geologicheskii sbornik*, 2001, no. 2, pp. 29–37.
2. Karaulov V.B. Mobilism, fixism and concrete tectonics. *Byulleten MOIP. Otdelenie Geologiya*, 1988, vol. 63, issue 3, pp. 3–13.
3. Khayrulina L.A. On the global evolution of the Earth's crust. *ESSJ*, 2015, no. 1, pp. 3–7.
4. Frederiks G.N. On the age of the present-day Urals. *Vestnik Geologicheskogo Komiteta*, 1927, vol. 66, no. 10, p. 13.

5. Kamaletdinov M.A. Scientists and time. Ufa, Gilem, 2007. 220 p.
6. Ivanov A.P., Ivanova E.A. Middle and Upper Carboniferous brachiopod fauna of the Moscow Basin (Neospirifer, Choristites). Vol. 6, issue 2, 1937. 215 p.
7. Sarycheva T.G., Sokolskaya A.N. Identification workbook on Paleozoic brachiopods of the Moscow Depression. Moscow, 1952. 307 p.
8. Kanev G.P., Kalashnikov N.V. Correlation of the sections of Lower and Upper Permian boundary deposits at the Pay-Khoy Ridge. Mineralno-syryevye resursy evropeyskogo severo-vostoka SSSR. Syktyvkar, 1990, pp. 196–201.
9. Shatsky N.S. Essays on the tectonics of the Volga-Ural oil-bearing region and adjacent part of the western slope of the South Urals. Moscow, 1945. 132 p.
10. Kamaletdinov M.A. Albert Ivanovich Olli. Geologicheskii sbornik, 2003, no. 3, pp. 216–223.
11. Tetyaev M.M. Geotectonics of the USSR. Leningrad, GONTI, 1938, pp. 181–182.
12. Timergazin K.K., Timergazina A.K. Ufa geotectonic school. Ufa, 1992. 52 p.
13. Kamaletdinov M.A. Geological structure of the northern slope of the Kara-Tau Ridge. Ufa, 1955. 123 p.
14. Smirnov G.A., Smirnova T.A. State geologic map of the USSR. Scale: 1:200,000. Sheet: N-40-VI. Moscow, Gosgeoltekhizdat, 1960.
15. Kamaletdinov M.A. On the klippen in the Middle Urals. Doklady AN SSSR, 1962, vol. 146, no. 5, pp. 1160–1163.
16. Farkhutdinov I.M., Farkhutdinov A.M. Geology and prospects for the oil and gas potential of the southern Yuryuzan-Sylva Depression. Vestnik BashGU, 2012, vol. 17, no. 2, pp. 946–949.
17. Kamaletdinov M.A. New data on the geological structure of the South Urals. Doklady AN SSSR, 1965, vol. 162, no. 6, pp. 1356–1359.
18. Kamaletdinov M.A. Novaya geologiya (teoriya sharyazhey). Geologiya. Izvestiya Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnih resursov Akademii nauk Respubliki Bashkortostan, 1998, no. 3, pp. 10–23.
19. Ismagilov R.A., Farhutdinov I.M., Farhutdinov A.M., Farhutdinova L.M. Sharyazhno-nadvigovoy teorii – 50 let. Priroda, no. 12, 2015, pp. 50–59.

---

## ON THE HISTORY OF GEOLOGY OF THE SOUTH URALS

© L.A. Khayrulina

Bashkir State University,  
3/4, ulitsa K. Marksa, 450074, Ufa, Russian Federation

The first information about the overthrusts in the Urals appeared in the late 1920s. However, in the 1930s geologists who recognized the existence of overthrusts fell victims of political repressions as advocates of the hostile bourgeois doctrine. In 1954, when the fixist paradigm had complete domination in the Soviet science, M.A. Kamaletdinov mapped the Karatau thrust with a horizontal displacement amplitude of 1600–2500 m. This discovery was the first evidence of the actual thrust-type structure of the Ural Orogen. In 1956, the Karatau thrust was recorded on the sheet N-40-X of the state geological map of the USSR, scale 1:200,000. Subsequent research in the eastern part of the Nurimanovo District of Bashkortostan (1954), the central part of the east-west flow of the Belaya and Nugush rivers (1958) and the Zilair Synclinorium (1959) also confirmed the role of thrusts in the tectonics of these structures. In 1960, geological survey within the Ufa Amphitheatre allowed M.A. Kamaletdinov to map klippen in the Urals for the first time. Previously, they were known only in the young mountains (Alps, Pyrenees, Carpathians). At that time Soviet geology denied the existence of klippen, like that of thrusts. Integrated geological studies showed that isolated outcrops of Silurian, Devonian and Visian rocks occurred in Middle Carboniferous flyshoid deposits were nappe structures. The results of a detailed geological survey performed by M.A. Kamaletdinov in the 1950s and early 1960s changed radically the idea about the tectonics of the Ural folding system. The important practical outcome from these scientific results was the conclusion about the hydrocarbon potential of the Ural Orogen, since oil and gas fields had already been discovered in the platform deposits of the Cis-Ural Trough. The clarification of the nappe structure of the Urals has played a fundamental role in the adoption of the mobilist concept in geology.

Key words: fixism, mobilism, Urals, overthrusts, allochthon, history of geology.



УДК 502.8;004.67;902.26;

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ОХРАНЫ  
ОБЪЕКТОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(О ФОРМИРОВАНИИ РЕЕСТРОВОЙ ЧАСТИ)**

© И.И. Бахшиев

Обсуждаются принципы формирования общей электронной базы данных объектов археологического наследия Республики Башкортостан, основанные на блочной характеристике реестровой части геоинформационной системы. Такая структура описания обеспечивает полноту охвата массива информации по археологическим объектам региона. Предлагаемая технология формирования и ведения электронного архива позволит повысить скорость и точность поиска информации, сформирует эффективную систему делопроизводства и контроля исполнения предписаний республиканского органа охраны объектов культурного наследия. Имеющийся успешный опыт реализации проекта ведомственной ГИС показывает, что схемы интеграции данных об археологических объектах эффективны и весьма перспективны, в том числе и для проведения масштабных научных исследований.

Ключевые слова: охрана археологического наследия, геоинформационные системы, базы данных, памятники археологии, Республика Башкортостан.

В процессе изучения археологических памятников применение ГИС-технологий приобретает большую значимость и актуальность, в особенности в сфере государственной охраны объектов культурного наследия. Внедрение новых методов анализа пространственных данных предусматривает переход от точечного учета и картографирования археологических объектов к систематизации разрозненного массива данных по памятникам. Последнее приобретает особое значение при подготовке прогнозных оценок развития отдельных территорий и разработке градостроительного планирования. В связи с этим аналитические возможности ГИС выступают ключевым инструментом государственной охраны объектов культурного наследия, их учету и позиционированию [1, 2].

В настоящее время в Научно-производственном центре по охране объектов культурного наследия при Министерстве культуры Республики Башкортостан достаточно стабильно функционирует ГИС «Историко-культурное наследие Республики

Башкортостан» (ГИС ИКН РБ), представляющая собой электронную векторную топографическую карту масштаба 1:25 000 / 1:50 000 со слоями, характеризующими ландшафтно-топографическую ситуацию<sup>1</sup>. Система работает на платформе ГИС ИнГео, разработчиком которой является ЦСИ «Интегро» (г. Уфа), и основывается, как и другие ГИС, на послойной системе представления графической информации. Позволяет видеть на карте как по отдельности, так и в совокупности слои, определяющие рельеф, отметки высот, строения, адресный план, гидрографию и пр. Такого рода визуализация позволяет, в частности, видеть археологические памятники в пределах современной городской застройки (слои строения, адресный план и т.д.), оценивать топографическую ситуацию (слой рельеф и гидрография) либо наблюдать совмещенное положение слоев. Позиционирование и заполнение семантических таблиц позволяет совместить археологическую и географическую информацию в единую структуру (рис. 1).

<sup>1</sup> Считаю приятным долгом выразить слова благодарности Р.Р. Насретдинову за представленную возможность тестирования функционала системы и обсуждение некоторых аспектов работы.



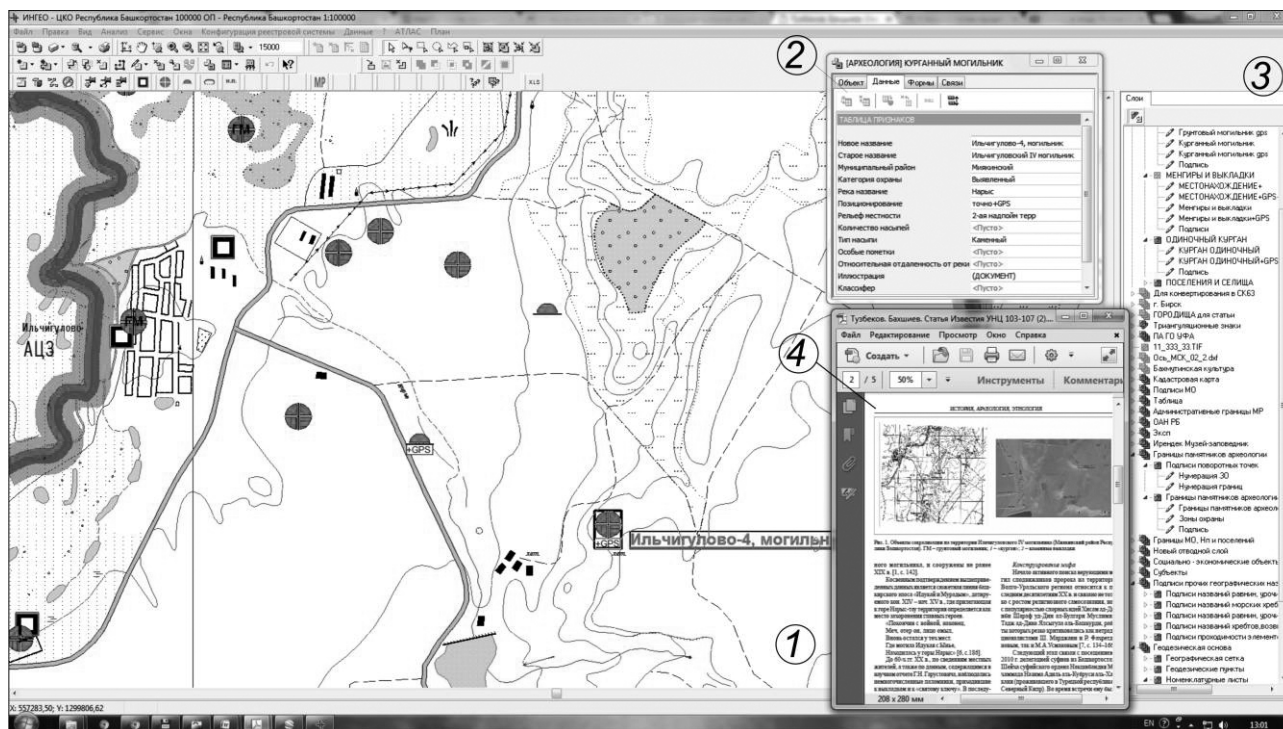


Рис. 1. Тестовый функционал ГИС «Историко-культурное наследие Республики Башкортостан» (ГИС ИКН РБ), на примере могильника Ильчигулово IV могильник (гора Нарыстау, Миякинский район РБ). 1 – электронная векторная топографическая карта; 2 – информационный блок (связь с реестровой частью); 3 – категории и признаки; 4 – дополнительная информация, в данном случае – источник/статья в формате \*pdf [3]

Между тем система и способы изложения сведений об объекте, как и прежде, сводятся к простейшему текстовому описанию памятника. Качественные характеристики объектов не формализованы, а статистическая обработка информации позволяет получать лишь общие количественные данные. Впрочем, даже имеющиеся электронные формы не дают возможность систематизировать массив информации, и получить гибкий для анализа единый реестр памятников археологии региона (рис. 2).

Исследователи не раз обращались к вопросу формирования структуры описания археологических объектов [см. напр.: 4–5], но существующие решения [6] не всегда отражают региональную специфику или индивидуальные запросы исследователя.

Наиболее приемлемая практичная и хорошо себя зарекомендовавшая (АИС Археограф, Памятник АС-2) форма изложения информации в реестре – блочная, раскрывающая дополнительные списки предложений по описанию памятника.

1. Административно-хозяйственный блок характеризует первичные учетные данные и адресную информацию по объекту.

Административно-территориальное деление. Округ, край, республика; Республика Башкортостан;

Муниципальный район/городской округ; Сельский сельсовет; Населенный пункт; Собственник земельного участка.

2. Физико-географический блок отражается ландшафтно-топографические особенности местности, которые не только помогут описать памятник, но и на практике (в «поле») позволят в точности передать описание местности.

Физико-географическое районирование (Бугульмино-Белебеевская возвышенность, Уфимское плато, хребет Уралтау и т.д.).

Принадлежности речной системы к бассейну реки.

Река. Левый/правый берег, принадлежность реки (название).

Терраса (первая, вторая, коренная, пойменная террасы).

Удаление и направление от ближайшего водотока.

Общий характер местности – равнина, возвышенность, водораздел и т.д.

Высота местности (важная характеристика памятника, позволяющая построить локальный профиль рельефа).

Номер топографического листа для масштаба 1:100000, 1:50000, 1:25000 (Генштаб), 1: 25000 (ГосГисцентр).

3. Учетный блок.

Вид памятника;

Тип памятника;

Датировка;

Культурная принадлежность;

Количество объектов (автоматически раскрывается для курганных могильников, грунтовых могильников, менгиров);

Количество элементов (раскрывается количество валов, рвов, жилищных впадин и пр.);

Мощность культурного слоя;

Степень изученности (исследованная площадь, количество раскопанных курганов);

Категория государственной охраны;

Документ о постановке памятника на государственную охрану (с указанием наименования памятника в документе);

Площадь памятника;

Координаты памятника/координаты поворотных точек границы территории памятника (WGS-84/МСК-02);

Точность позиционирования.

4. Учетный, научно-исследовательский блок.

Здесь будут отражены характерные сведения о степени изученности памятника.

Наименование памятника;

Учетное наименование памятника;

Варианты наименования памятника;

Автор открытия;

Год открытия;

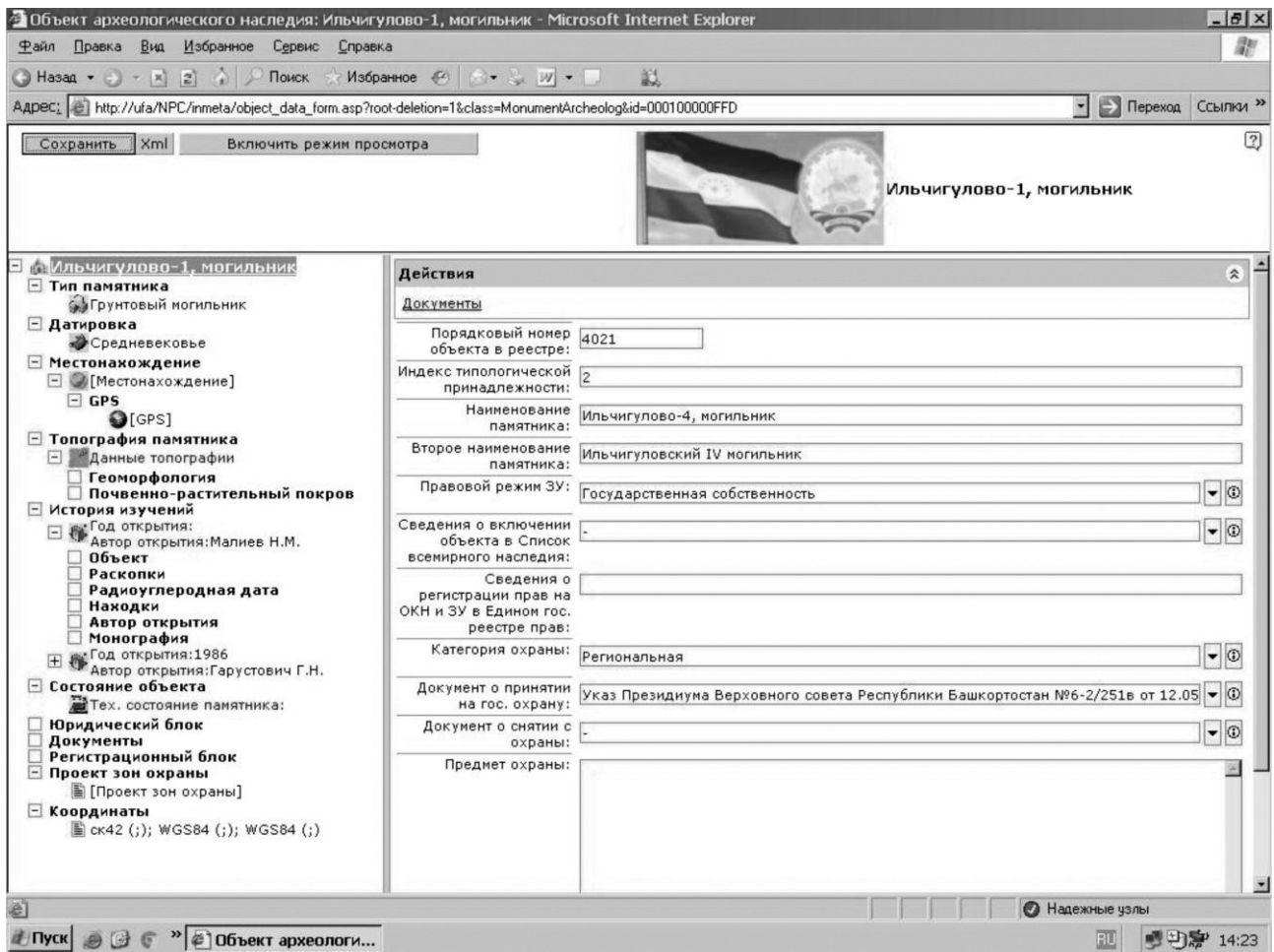


Рис. 2. ГИС «Историко-культурное наследия Республики Башкортостан» (ГИС ИКН РБ). Реестровая часть/паспорт ОАН «Ильчигулово-4, могильник»

Обстоятельства выявления (разведка, случайная находка);

Датировка, данная автором;

Описание, данное автором;

Состояние объекта археологического наследия;

Публикация автора;

Место хранения научного отчета;

Место хранения находок;

Другие исследователи, характер исследования (раскопки, шурфовка, визуальный осмотр и т.д.);

Автор исследования;

Год обследования;

Характер исследований (разведка, раскопки);

Датировка, данная исследователем;

Описание, данное исследователем;

Состояние объекта археологического наследия;

Публикация исследователя;

Год последнего обследования.

5. Статистический, паспортный блок. Здесь будет формироваться статистическая информация по памятнику, а также учетно-паспортная карточка объекта. Формируется карточка и статистика по мере заполнения полей блоков, путем «выдергивания» данных из отдельных пунктов блоков.

Совмещение географической и археологической информации позволяет проследить особенности и закономерности расположения памятников археологии, территориальное и природно-ландшафтное соотношение, культурное, хронологическое или интегрированное зонирование локальных участков, прогнозировать перспективные участки вероятного расположения археологических объектов.

Сформированные электронные базы данных несут в себе максимум сведений об объектах государственной охраны: текстовое описание, тематическую идентификацию, изображение (чертежи, фотографии, кадастровые планы, аэро- и космоснимки и пр.), ссылки на сопутствующие сведения (научные отчеты, публикации), картографическую информацию. Предлагаемая технология организации и ведения электронного архива позволит повысить скорость и точность поиска, сформирует эффективную систему делопроизводства и контроля исполнения предписаний республиканского органа охраны объектов куль-

турного наследия. Имеющийся успешный опыт реализации проекта ведомственной ГИС показывает, что схемы интеграции данных об археологических объектах эффективны и перспективны, в том числе и для проведения масштабных научных исследований.

*Работа выполнена в рамках проекта РГНФ «Геоинформационная система «Ислам на Южном Урале» №15-01-12014.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бахшиев И.И., Насретдинов Р.Р., Бахшиев Р.И. Анализ пространственных данных в современной археологии: некрополи эпохи раннего средневековья южной части Уфимского полуострова // Этносы и культуры Урало-Поволжья: история и современность: Мат-лы VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Уфа: ИЭИ УНЦ РАН, 2012. С. 18–22.

2. Бахшиев И.И., Бахшиев Р.И. Применение ГИС-технологий в изучении раннесредневековых памятников Уфимского полуострова // Интеграция археологических и этнографических исследований: сборник научных трудов. Барнаул; Омск: Наука, 2015. С. 162–165.

3. Тузбеков А.И., Бахшиев И.И. Археологические памятники как объекты сакрализации (на примере могильника Ильчигулово IV) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 4. С. 103–107.

4. Васильев Ст.А. Автоматизация вывода археологических объектов на карту. Проблема организации данных // Круглый стол «Геоинформационные технологии в археологических исследованиях»: сб. докл. М., 2003 CD-ROM.

5. АИС Археограф: система описания археологических памятников и вывода данных в ГИС // Археология и компьютерные технологии: представлением анализ археологических материалов: сб. ст. Ижевск, 2005. С. 13–21.

6. Макаров Н.А., Зеленцова О.В., Коробов Д.С., Корошилов А.Н., Черников А.П. Геоинформационная система «Археологические памятники России»: методические подходы и первые результаты наполнения // Краткие сообщения Института археологии. Вып. 237. 2015. С. 7–19.

## References

1. Bakhshiev I.I., Nasretdinov R.R., Bakhshiev R.I. Analysis of spatial data in modern archaeology: Burial grounds of the Early Medieval time in the southern Ufa Peninsula. *Etnosy i kultury Uralo-Povolzhya: Istoriya i sovremennost. Materialy VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh*. Ufa, IEI UNTs RAN, 2012, pp. 18–22.
2. Bakhshiev I.I., Bakhshiev R.I. Use of GIS technologies when studying Early Medieval sites of the Ufa Peninsula. *Integratsiya arkheologicheskikh i etnograficheskikh issledovaniy. Sbornik nauchnykh trudov*. Barnaul, Omsk, Nauka, 2015, pp. 162–165.
3. Tuzbekov A.I., Bakhshiev I.I. Archaeological sites as objects of sacralization (exemplified by Ilchigulovo IV burial ground). *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 4, pp. 103–107.
4. Vasilyev S.T. Automation mapping of archaeological sites. Data arrangement problem. *Kruglyy stol «Geoinformatsionnye tekhnologii v arkheologicheskikh issledovaniyakh»*. Sbornik dokladov. Moscow, 2003 CD-ROM.
5. AIS Archaeograph: System description of archaeological sites and data mapping in GIS. *Arkheologiya i kompyuternye tekhnologii: Representation and analysis of archeological materials. Sbornik statey*. Izhevsk, 2005, pp. 13–21.
6. Makarov N.A., Zelensova O.V., Korobov D.S., Koroshilov A.N., Chernikov A.P. Geoinformation system «Archaeological sites of Russia»: Methodological approaches and first arrangement results. *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii*, 2015, issue 237, pp. 7–19.



## GEOINFORMATION SYSTEMS IN THE SPHERE OF GOVERNMENT PROTECTION OF ARCHAEOLOGICAL HERITAGE SITES

© I.I. Bakhshiev

Kuzeev Institute for Ethnological Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,  
6, ulitsa K. Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

The paper discusses the principles of creating a common computer database on archaeological heritage sites of the Republic of Bashkortostan based on unitized characteristics of the geoinformation registry. Such a descriptive structure provides broad coverage of the archaeological sites within the region. The proposed technology of developing and maintaining the digital archive will make it possible to increase the speed and accuracy of information retrieval and create an effective system of records management and control over the execution of regulations of the Republican Agency for Cultural Heritage Protection. The accumulated successful experience in implementing the departmental GIS project shows that the data integration schemes on archaeological sites are effective and very promising, including their use for large-scale research.

Key words: archeological heritage protection, geographic information systems, databases, archaeological sites, Republic of Bashkortostan.



УДК 316.77+327.2:316.334.56

## РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН: ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ И РЕЛИГИОЗНЫЕ СИМВОЛЫ В ИМИДЖЕВОЙ СТРАТЕГИИ РЕСПУБЛИКИ

© А.Б. Юнусова, И.В. Фролова

Рассматривается имиджевая стратегия как ресурс конкурентной идентичности современного российского региона на примере Республики Башкортостан. Раскрываются концепты «имидж региона», «имиджевая политика», «имиджевая стратегия». Отмечается, что в последние годы в Республике Башкортостан идут поиски оригинального бренда, в формировании которого участвовали разные структуры – от Агентства по территориальному развитию республики до рекламных компаний и рядовых граждан. Анализируется Концепция продвижения Республики Башкортостан. Подчеркивается, что производственный образ российских регионов эпохи Советского Союза сегодня уступил место более узнаваемому культурному образу. В статье представлен анализ совокупных культурных ресурсов имиджевой политики в Башкортостане. Новизна исследования определяется использованием инновационного метода медиаметрического анализа (ММА). Благодаря его применению установлено, что в Башкортостане культурные ресурсы – исторические памятники/события/имена, этническое многообразие/межнациональное согласие, религиозный ландшафт/межрелигиозное согласие – распределяются с незначительным преобладанием исторических символов. К знаковым элементам образа региона относятся сюжеты древней и современной истории, имена и отдельные события, известные в виде брендов, товарных знаков, логотипов. Повсеместно используется фактор многоэтничности Республики Башкортостан: сегодня на территории республики проживают более 160 этносов. К числу православных духовных символов Башкортостана относится Табынская икона Божией Матери – чудотворная святыня Русской Православной Церкви, к символам тюрко-мусульманской цивилизации – Центральное духовное управление мусульман России.

Ключевые слова: имидж, имиджевая политика, имиджевая стратегия, имиджевые ресурсы, культурная идентичность, регион, этноконфессиональный ландшафт.

**Имиджевая стратегия Республики Башкортостан: в поисках бренда.** Задача развития регионов является сегодня одной из наиболее значимых проблем российского общества, поскольку только сильные регионы способны обеспечить в сложившейся геополитической обстановке экономическую и социальную устойчивость государства. Эта задача актуальна и для Республики Башкортостан. При этом реалии современности превратили регионы в субъекты рынка, борющиеся за потребителя и инвестора. Маркетологи начали рассматривать регион как своего рода «продукт», интересный для определенных «целевых групп» благодаря имеющимся у него ресурсам, к которым можно отнести географическое

положение, количество и качество населения, уровень жизни, развитость инфраструктуры, наличие сырья и высокотехнологичных производств, степень развития деловой активности и поддержки бизнеса, рекламного рынка и т.д. Следствием этих метаморфоз стало появление в российском общественно-политическом дискурсе второй половины 2000-х гг. концепта имиджевой политики. Президент Российской Федерации В.В. Путин в 2007 г. выступил с призывом к региональным властям, в котором подчеркнул важность формирования узнаваемого регионального имиджа.

В целом под имиджем региона понимают относительно устойчивую и воспроизводящуюся в массовом и/или индивидуальном сознании совокуп-

ЮНУСОВА Айслу Билаловна – д.и.н., Институт этнологических исследований им. Р.Г. Кузеева Уфимского научного центра РАН, e-mail: aby\_02@mail.ru

ФРОЛОВА Ирина Васильевна, Башкирская академия государственной службы и управления при Главе Республики Башкортостан, e-mail: frolovaiv2@mail.ru



ность эмоциональных, рациональных представлений, убеждений и ощущений людей, которые возникают по поводу особенностей региона и складываются на основе всей информации, полученной о регионе из различных источников, а также собственного опыта и впечатлений. Имиджевую политику региона можно определить как совокупность действий, направленных на формирование и продвижение положительного образа региона с целью создания как во внутренней, так и во внешней среде благоприятного отношения к региону, а также к продукции, выпускаемой на его территории и региональным условиям ведения бизнеса [1, с. 3–15].

Но выстроить адекватную запросам времени имиджевую политику невозможно, не думая о будущем. Поэтому особенно актуальной сегодня является задача долгосрочного стратегического имиджевого планирования. Имиджевая стратегия способна снизить вероятность неблагоприятного хода событий, минуя кризисные процессы, общественные катастрофы. По мнению И.А. Василенко, к разработке имиджевой стратегии необходимо привлекать, помимо специалистов по национальному брендингу, крупнейших ученых-обществоведов – носителей системного знания, объединяющего разные отрасли науки. Напомним, что под имиджевой стратегией государства/региона понимают рассчитанную на длительный исторический период (25–30 лет) долгосрочную программу системного воздействия на мировое общественное мнение через все каналы массовых коммуникаций и публичной дипломатии с целью формирования устойчивого положительного внутри- и внешнеполитического имиджа [2, с. 390–414].

В последние годы в Республике Башкортостан идут поиски своего оригинального бренда. В 2012–2014 гг. задачи продвижения имиджа региона на внутреннем (республиканском), российском и международном уровнях ставились перед Агентством по территориальному развитию Республики Башкортостан. По направлению «Повышение имиджа Республики Башкортостан» Агентство осуществляло разработку концепции формирования и укрепления имиджа, деловой и социальной конкурентоспособности Республики Башкортостан на внутреннем (республиканском), межрегиональном и международном уровнях, мониторинг исполнения ее реализации, разработку и оперативный кон-

троль за реализацией перспективного плана мероприятий, направленных на формирование и укрепление имиджа, деловой и социальной конкурентоспособности Республики Башкортостан.

Агентство по территориальному развитию республики разработало проект Концепции по продвижению Башкортостана до 2016 г. Согласно данному документу, вокруг Башкортостана необходимо создать информационное поле для формирования у общественности образа республики как динамично развивающегося, комфортного для проживания, бизнеса и отдыха региона. Регион в концепции был представлен с позиции четырех функций – территории как места жительства, места хозяйствования, места отдыха и места профессиональной реализации личности. Эти функции определили основные направления маркетинга территории. Целевыми группами в концепции были названы население Башкортостана, население Российской Федерации, представители бизнес- и управленческой элиты. В ноябре 2013 г. проект Концепции продвижения Республики Башкортостан был рассмотрен и принят на заседании Президиума Правительства республики.

По мнению экспертов, при подготовке концепции с помощью SWOT-анализа были выявлены стратегические возможности и перспективы продвижения республики. Проект ставил перед собой задачи решения очень важных для республики проблем, а именно: завоевать репутацию благоприятного для бизнеса, отдыха и места жительства региона; остановить отток профессиональных кадров; выстроить систему информационного и PR-обеспечения; содействовать в продвижении региональных брендов. Важно подчеркнуть, что было выделено семь групп брендов: бренды культуры и искусства, достопримечательности, рекреационные бренды, спортивные достижения, продуктовые бренды, производственные бренды и инвестиционные бренды. Часть из них уже сформированы и рекомендовали себя, например: бренды «Рудольф Нуреев», «Федор Шаляпин», «Сергей Аксаков», «Владимир Спиваков», «Михаил Нестеров» и другие. Это имена и фамилии людей, входящих в сокровищницу российской и мировой культуры, жизнь и деятельность которых была связана с республикой и Уфой.

Реализация Концепции продвижения республики была запланирована на 2013–2016 гг. и разделена на три этапа. Первый этап (2013–2014 гг.) был связан с систематизацией работы в области продвижения, выстраиванием системы; второй этап (2014–2015 гг.) предполагал реализацию основных мероприятий, продвижение выбранных брендов, запуск PR-проектов в рамках приоритетов продвижения; третий этап (2015–2016 гг.) был ориентирован на продвижение концепции на долгосрочную перспективу. В целях реализации концепции в формате столицы республики – города Уфы – была принята муниципальная подпрограмма «Формирование положительного имиджа города Уфы Республики Башкортостан» в рамках муниципальной программы «Развитие городского округа город Уфа Республики Башкортостан».

Помимо этого, в процесс поиска привлекательных для Уфы и республики брендов включены рекламные агентства (в частности, «Имидж-Консультант»), занимающиеся в том числе изучением продвижения на республиканском и российском рынке произведенной в Башкортостане продукции. Как реакция на необходимость позиционирования произведенных в республике продуктов, появляются серии «Свое наше», линейка продукции местного товаропроизводителя усилиями мерчендайзеров представлена в отделах «Товары Башкортостана». Кроме профессионалов, в разработке имиджа республики и города Уфы участвуют сами башкортостанцы. Еще в 2009 г. жителям республики предлагалось выбрать объекты, которые, по их мнению, можно считать башкирским чудом и проголосовать за них. В «золотой» список «Семи чудес Башкортостана» вошли: башкирский мед, музыкальный инструмент – курай, эпос «Урал-батыр», пещера Шульган-гаш, гора Янгантау, Красноуфимские минеральные источники и памятник Салавату Юлаеву, являющийся самым крупным конным памятником в России.

Культурные ресурсы региона обладают потенциалом, по значимости перевешивающим возможности индустриального или торгового сектора. К тому же в каждом регионе культурные ресурсы уникальны и неповторимы, и каждый из них может быть основой для становления не только конкурентоспособной региональной идентичности, но и бренда региона. К числу наиболее значимых социокуль-

турных детерминант, которые формируют региональную идентичность, относятся мифология территории и мифотворчество; историческая память региона, ключевые исторические даты и события; местный фольклор, сказания и предания; местные обычаи и духовно-религиозные праздники; традиционные ремесла; семейные традиции; традиции региональной кухни; местные спортивные традиции; традиции гражданской активности; региональные и городские праздники.

Во времена Советского Союза образ российских регионов носил ярко выраженный производственный характер: Кострома позиционировалась как «льняная столица», Кубань – «хлебная житница», Тула – «оружейная столица», Уфа – «столица нефтедобычи и нефтепереработки», Тольятти строился как «автомобильный центр». Вполне понятно, что подобные лозунги не вполне адекватно отражали региональную идентичность, ее сложность и многообразие. Более того, в постсоветский период, в связи с развалом советской системы хозяйствования, эти образы стали размываться, что привело к своеобразному кризису региональной идентичности [3, с. 56].

**Оценка роли историко-культурных и религиозных символов в формировании имиджа Республики Башкортостан: данные медиаметрического анализа.** Российские города и регионы обладают колоссальным неиспользованным символическим капиталом культуры. Вопросы создания имиджа (образа, бренда) территории, а также механизмы формирования и распространения бренда с использованием историко-культурных и религиозных символов подробно проанализированы в работах В. Мальковой и В. Тишкова [4, 5], статьях С.В. Паникаровой и Л.В. Анжигановой [6], А. Троицкого [7].

Основные элементы брендинга региональных имиджей на основе культурных ресурсов можно свести в три группы:

- 1) исторические памятники/события/имена,
- 2) этническое многообразие/межнациональное согласие,
- 3) религиозный ландшафт/межрелигиозное согласие.

В качестве объекта исследования были выбраны важнейшие политические, культурные и спортивные события последних лет, в том числе

и юбилеи исторических событий. К ним относятся 70-летие Великой Победы, 200-летие Отечественной войны 1812 г., 450-летие Добровольного вхождения Башкирии в состав Русского государства, Международные саммиты стран ШОС и БРИКС в Уфе летом 2015 г., XI зимняя (взрослая и детская) Спартакиада ПАО «Газпром» в феврале 2016 г. в Уфе. Наличие этих «знаковых» моментов говорит о том, что необходимо не только ценить свою историю, но и «делать» ее – то есть придавать историческим событиям должную значимость, способную позиционировать регион в качестве носителя уникальных сегментов исторической памяти [8, с. 358]. Каждое из вышеуказанных событий – это возможность закрепить имеющиеся эффективные бренды, но также и обновить их, выйти за рамки традиционных рекламных и маркетинговых способов продвижения региона, представить регион как активного и успешного актора экономических и политических процессов. Такое мероприятие – это целый комплекс носителей информации: анонсы и пострелизы в СМИ, информация внутри помещения, где проходит мероприятие (баннеры на стенах, стенды и т.п.), сведения на сайте мероприятия и т.п. Медиаметрический и сетевой анализы дают медиа-индекс и аффинити-индекс – показатели того, насколько сильно эта тематика интересует читателей того или иного СМИ или посетителей сайта по сравнению с аудиторией в целом для отдельных носителей информации в рамках мероприятия и для отдельных каналов коммуникации, которые задействуются для информационной и PR-поддержки мероприятия.

Основные элементы брендинга региональных имиджей на основе культурных ресурсов в Республике Башкортостан можно свести в три группы: 1) исторические памятники/события/имена, 2) этническое многообразие/международное согласие, 3) религиозный ландшафт/межрелигиозное согласие.

В первой группе наиболее знаковыми элементами культурных ресурсов являются событийные и именные бренды, мобилизующие и закрепляющие историческую память. К знаковым элементам образа региона, кроме вышеназванных исторических событий, юбилеи которых отмечались на государственном уровне, можно отнести и дру-

гие сюжеты древней и современной истории региона, имена и отдельные события. К ним относятся словоформы «Сарматы», «Рудольф Нурев», «Федор Шаляпин», «Сергей Аксаков», «Владимир Спиваков», «Михаил Нестеров», «Салават Юлаев» и др., имеющие повсеместное хождение в виде брендов, товарных знаков, логотипов или их фрагментов. Именные бренды чаще всего используются в названии массовых культурных мероприятий, фестивалей, конкурсов, таких как Международный фестиваль балетного искусства им. Рудольфа Нуреева в Уфе, I Международный конкурс вокалистов имени Федора Шаляпина в Уфе, Международного конкурса скрипачей Владимира Спивакова в Уфе и др. 19 ноября 2016 г. в Башкортостане стартовал масштабный проект «Сто имен Башкортостана», направленный на выбор значимых персоналий, чья жизнь и творчество связаны с историей становления и развития Башкортостана.

Повсеместно используется фактор многоэтничности Республики Башкортостан. Примыкающие к Уралу степи с древнейших времен служили трансквицизационным коридором, по которому осуществлялось «великое переселение народов», шли бесконечные миграционные процессы, происходило смешение культур. Сегодня на территории республики проживают восточнославянские, финно-угорские и тюркские народы, народы Кавказа, европейские, прибалтийские народы, представители стран Дальнего Востока, Центральной Азии – всего более 160 этносов. Народы региона накопили богатейший позитивный опыт совместного проживания. Это – основа развития межкультурного, межэтнического и межконфессионального диалогов, укрепления исторических связей народов Евразии, перспективного сотрудничества с целью изучения историко-культурного наследия народов, развития отношений между сообществами, институтами, учреждениями науки, культуры и образования.

Зримыми символами исторически сложившегося единого поликультурного пространства Башкортостана как части Евразии являются ставшие узнаваемыми сакральные объекты глубокой древности, средневековья и современности. Одним из таких символов, древнейшим памятником-святилищем эпохи каменного века является пе-

щера Шульган-Таш, где сохранились образцы пещерной живописи – свыше 200 рисунков первобытного человека, отражающие сложный духовный мир древнейшего населения Южного Урала. Пещера Шульган-Таш находится в государственном природном биосферном заповеднике «Шульган-Таш» (1958), является природоохранным, научно-исследовательским и эколого-просветительским учреждением. Вместе с заповедником Алтын-Солок входит в состав комплексного биосферного резервата Башкирский Урал, который является кандидатом на включение в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Символом культурного единства степных пространств Евразии от Алтая до Южного Урала стала всемирно известная коллекция золотых находок из Филипповских курганов IV в. до н.э., представляющих собой некрополь степных цивилизаций эпохи раннего железа. Материалы раскопок Филипповских курганов Оренбуржья экспонируются в Музее археологии и этнографии ИЭИ УНЦ РАН, они выставлялись в крупнейших музеях мира – Метрополитен-музее (США), в Милане, Гетеборге, Эрмитаже, ГИМ и др. Другим духовным символом Башкортостана является Табынская икона Божией Матери – чудотворная святыня Русской Православной Церкви, икона Богородицы, которую особенно почитают православные в Башкортостане, Оренбуржье, Поволжье, Сибири, Казахстане. В 70-х гг. XVI в. икона явилась на соленом ключе при Вознесенской пустыне (в настоящее время с. Курорт, Башкортостан). В 1579 г. помещена в собор г. Уфы и названа Казанской. В 1593 г. собор сгорел, а икона вновь явилась на соленом ключе. С 1597 по 1692 год икона находилась в Пречистенском монастыре, затем в Солеварном городке, а с 1741 г. в Табынской крепости (в настоящее время с. Табынское Гафурийского р-на РБ), отсюда и ее название – Табынская икона Божией Матери. Русская православная церковь является скрепой восточнославянских народов – русских, украинцев, белорусов, а также православных мордвы и чувашей. В настоящее время в Башкортостане действуют 305 приходов Уфимской, Нефтекамской и Салаватской епархий Башкортостанской митрополии РПЦ Московского патриархата.

Еще одним духовным символом Башкортостана, знаком тюрко-мусульманской цивилизации

является Центральное духовное управление мусульман России – правопреемник Оренбургского магометанского духовного собрания, учрежденного в Уфе императрицей Екатериной II. В 1789 г. Духовный центр в Уфе объединяет большую семью тюркских народов – этнических мусульман – башкир, татар, а также многочисленных выходцев из стран Центральной Азии и Закавказья. Башкиры и татары учитывались в XIX в. как мусульмане, составляли половину населения Уфимской губернии. В настоящее время этнические мусульмане составляют 56,2% населения республики. Сегодня в республике действует около 1000 мечетей, сохранились средневековые памятники мусульманской культуры XIV в. В Уфе на проспекте Салавата Юлаева строится самая высокая в Европе мечеть.

В последнее десятилетие в России и в Республике Башкортостан активно раскрываются образы религиозного ландшафта регионов – церкви, мечети, монастыри, малые культовые объекты, ставшие культурными кодами многих городов. Активнее всего они задействованы в туристической индустрии, в том числе – в ее транспортной составляющей. Образ Уфы сегодня украшают Кафедральный собор Рождества Богородицы, Евангелическо-Лютеранская кирха, мечеть «Ляля-Тюльпан», образ Бирска и Бирского района – собор Михаила Архангела и Святогеоргиевский мужской монастырь, с. Кантюково Стерлитамакского района – великолепная белокаменная мечеть, пос. Курорт Красноуфимского района – церковь Табынской Божией матери. Отдельные районы Башкортостана сегодня известны во многом благодаря имеющимся здесь памятникам духовной культуры – мавзолею Хусаин-бека в Чишминском районе, горе Нарыстау с захоронениями почитаемых мусульман в Миякинском районе, мегалитической стоянке в Учалинском районе и др.

Согласно анализу публикаций СМИ, в Башкортостане, Челябинской и Оренбургской областях вовлеченность культурных ресурсов в формирование и закрепление имиджа региона одинакова с незначительным преобладанием исторических символов в Оренбуржье, тогда как в Свердловской области исторические символы преобладают существенно [9]. Религиозный ландшафт во всех четырех регионах используется в качестве имиджа в меньшей степени (рис. 1, 2).





Рис. 1. Использование культурных ресурсов в продвижении позитивного образа регионов Урала по данным ММА с использованием ИАС «Медиалогия»

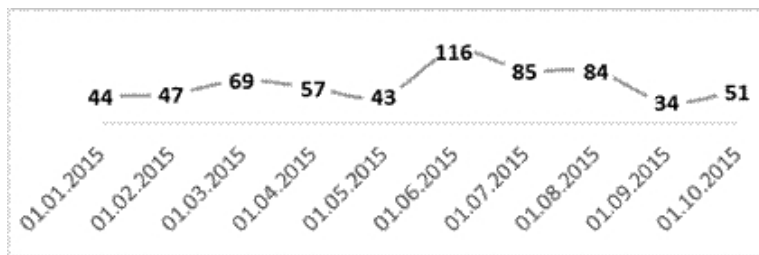


Рис. 2. Динамика упоминаний культурных ресурсов в СМИ период подготовки и проведения Международных саммитов стран ШОС и БРИКС в Уфе. 2015 г. по данным ММА с использованием ИАС «Медиалогия»

Религиозный ландшафт в качестве фактора формирования позитивного образа региона в социально-экономическом и политическом контексте используется в меньшей степени. Упоминание культурных ресурсов Республики Башкортостан в СМИ существенно увеличивается во время подготовки и проведения крупных международных мероприятий, однако количество публикаций в федеральных СМИ заметно меньше, чем в республиканских [9].

Этноконфессиональное многообразие в Республике Башкортостан сегодня – это ее визитная карточка, а слова В.В. Путина о том, что «...в Башкирии, как в капле воды, отражается вся наша Россия с ее многообразием культур, религий, языков, с дружбой народов» стали крылатыми. Зримым символом республики и ее столицы является Монумент Дружбы народов, установленный в 1957 г. в Уфе в связи с 425-летием добровольно-

го вхождения башкир в состав Русского государства. Монумент символизирует образы русской и башкирской женщин как хранительниц народной культуры и традиции, основ восточнославянской и тюркской цивилизаций.

Резюмируя, можно отметить, что многонациональность и поликонфессиональность Башкортостана – это доминанта этнокультурного состояния и отправная точка в определении стратегии общественно-политического развития региона и межнациональных отношений в нем. Необходима консолидация усилий политической элиты и обществоведов для понимания того, чем знаменит наш регион, и что из этого может стать его брендом. Не вызывает сомнения тот факт, что грамотная имиджевая политика на основе актуализации культурного ресурса способна существенно повысить конкурентную идентичность нашего региона.



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кузьмин А.В. Реализация имиджевой политики Республики Бурятия: промежуточные результаты // Имиджевая политика Российской Федерации: теория и практика регионов: Мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. 2–4 июля 2012 г. 2012. С. 3–15.
2. Василенко И.А. Имиджевая стратегия современной России // Россия и мир: анатомия современных процессов. М., 2014. С. 390–414.
3. Василенко И.А. Культурная политика региона как инструмент формирования его современного имиджа // Власть. 2016. № 8. С. 55–60.
4. Культура и пространство: историко-культурные бренды и образы территории, регионов и мест. Ростов н/Д: Издательство ЮНЦ РАН, 2012. 312 с.
5. Малькова В.К., Тишков В.А. Антропология историко-культурных брендов территории, регионов и мест // Культура и пространство. Кн. 2. Историко-культурные бренды территории, регионов и мест. М.: ИЭА РАН, 2010. 348 с.
6. Паникарова С.В., Анжиганова Л.В. Структурно-функциональная конфигурация этнокультурного потенциала региона // Проблемы современной экономики. 2010. № 3. С. 319–323.
7. Троицкий А. Формирование территориально-географического брендинга // Конкурентоспособность. Инновации. Финансы. 2012. № 2 (8). С. 37–38.
8. Фролова И.В., Елинсон М.А. Историческая наука в контексте смены парадигм социально-гуманитарного знания // Российский гуманитарный журнал. 2015. Т. 4, № 5. С. 385.
9. Религиозное и этническое многообразие как ресурс конкурентной идентичности регионов Южного Урала: сб. науч. ст. Уфа: Мир печати, 2016.

**References**

1. Kuzmin A.V. Implementation of image policy in the Republic of Buryatia: Intermediate results. Imidzhevaya politika Rossiyskoy Federatsii: teoriya i praktika regionov. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. July 2–4, 2012. A. V. Kuzmin (ed.). Ulan-Ude, Izdatelstvo VSGUTU, 2012, pp.3–15.
2. Vasilenko I.A. Image strategy of modern-day Russia. Rossiya i mir: anatomiya sovremennykh protsessov E.A. Narochnitskaya (ed.). Fond istoricheskoy perspektivy. Tsentr issledovaniy i analitiki. Moscow, 2014, pp. 390–414.
3. Vasilenko I.A. Cultural policy of a region as a tool to form its contemporary image. Vlast, 2016, no. 8, pp. 55–60.
4. Culture and space: Historical and cultural brands and images of territories, regions and places. I.A. Malkova, V.A. Tishkov (eds.). Rostov-na-Donu, Izdatelstvo YuNTs RAN, 2012.
5. Malkova V.K., Tishkov V.A. Anthropology of historical and cultural brands of territories, regions and places. Kultura i prostranstvo. Book 2. Istoriko-kulturnye brendy territoriy, regionov i mest. Moscow, IEA RAN, 2010.
6. Panikarova S.V., Anzhiganova L.V. Structural and functional configuration of the region's cultural potential. Problemy sovremennoy ekonomiki, 2010, no. 3, pp. 319–323.
7. Troitskiy A. Formation of territorial branding. Konkurentosposobnost. Innovatsii. Finansy, 2012, no. 2 (8), pp. 37–38.
8. Frolova I.V., Elinson M.A. Historical science in the context of a paradigm shift of social and humanities knowledge. Rossiyskiy gumanitarnyy zhurnal, 2015, vol. 4, no. 5, p. 385.
9. Religious and ethnic diversity as the resource of competitive identity of the South Ural regions. Sbornik nauchnykh statey. A.B. Yunusova (ed.). Ufa, Mir pechati, 2016.

**REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: HISTORICAL, CULTURAL AND RELIGIOUS SYMBOLS IN THE IMAGE STRATEGY OF THE REPUBLIC**

© **A.B. Yunusova<sup>1</sup>, I.V. Frolova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kuzeev Institute for Ethnological Studies, Ufa Scientific Centre, RAS,  
6, ulitsa K. Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup> Bashkir Academy of Government Service and Management,  
under President of the Republic of Bashkortostan,  
40, ulitsa Zaki Validi, 450008, Ufa, Russian Federation

The article considers the image strategy as the resource for competitive identity of a modern-day Russian region using an example of the Republic of Bashkortostan. It reveals such concepts as “the image of a region”, “image policy” and “image strategy”. As noted, in recent years the Republic of Bashkortostan has put much effort in searching for an individual brand with participation of a variety of organizations and groups – from the Agency for Territorial Development of the Republic to advertizing companies and ordinary people. The article analyzes the Concept on Image Promotion of the Republic of Bashkortostan and emphasizes that the industrial image of Russia's regions dating back to the Soviet era has given way to a more recognizable cultural image. The article also presents the analysis of the overall cultural resources of the image policy in Bashkortostan. The novelty of the research is determined by the use of innovative mediometric analysis (MMA). This method allowed us to reveal that in Bashkortostan the cultural resources (historical sites/events/names, ethnic diversity/interethnic consensus, religious landscape/interreligious consensus) are distributed with a slight prevalence of historical symbols. Essential components of the region's image include stories from ancient and recent history, names and isolated events known in the form of brands, trademarks and logos. The factor of multiethnicity of the Republic of Bashkortostan is very widely used, for there are more than 140 ethnic groups living now in the Republic. The wonderworking Tabynsk icon of the Mother of God is among Orthodox Christian spiritual symbols of Bashkortostan, and the Central Spiritual Administration of the Muslims of Russia symbolizes the Turkic-Muslim civilization.

Key words: image, image policy, image strategy, image resources, cultural identity, region, ethno-religious landscape.

## ГИС «ИСЛАМ И ХРИСТИАНСТВО НА ЮЖНОМ УРАЛЕ»

© А.Б. Юнусова, О.И. Христодуло, А.Р. Мустафин, Э.Б. Фахретдинова

На основе созданной базы геоданных, исторических материалов и статистики рассматривается конфессиональный состав населения Южного Урала, соотношение мусульманских и христианских приходов, начиная с середины XIX в. до настоящего времени. Всего в базу включены пространственные и атрибутивные данные о 1500 религиозных объектах Республики Башкортостан, Оренбургской и Челябинской областей, собранные в ходе разработки интерактивного электронного ресурса «Ислам на Южном Урале». Геоданные визуализированы и представлены в виде фрагментов многослойной электронной карты. Для визуализации расположения культовых объектов использовалась базовая публичная топографическая основа территории Российской Федерации, доступная в виде картографического веб-сервиса на сайте Росреестра (веб-адрес [maps.rosreestr.ru/arcgis/rest/services/BaseMaps](http://maps.rosreestr.ru/arcgis/rest/services/BaseMaps)). Использование указанной топографической основы обеспечивает отображение на карте мечетей вместе с другими общегеографическими объектами – населенными пунктами, автодорогами, водными объектами и пр. Материалы дополняют данные официальной статистики Министерства юстиции РФ, они также могут быть использованы при проведении государственного мониторинга и государственного контроля в сфере межнациональных и этноконфессиональных отношений Федерального агентства по делам национальностей (ФАДН). Представленные в статье материалы позволяют рассмотреть две стороны исследуемой проблемы: первая сторона связана с применением геоинформационных систем в современных исторических исследованиях, вторая – непосредственно с изучением современного состояния ислама и христианства на Южном Урале.

Ключевые слова: христианство, ислам, церковь, мечеть, Южный Урал, ГИС, база данных, картографирование.

Христианство и ислам в России насчитывают более тысячи лет. С середины XVI в. Урало-Поволжье стало частью поликультурной, поликонфессиональной страны, где две мировые религии составили особое – единое духовное пространство. «Южный Урал» в географическом смысле, а также в историческом и этнокультурном плане охватывает такие регионы, как Челябинская область, Республика Башкортостан, а также Оренбуржье и зауральские районы Курганской области. Все вместе они представляют собой Южноуральскую этноконтактную зону северной периферии Евразии. Здесь сформировался особый этнокультурный ландшафт, отличающийся длительным во времени и в географическом пространстве межцивилизацион-

ным взаимодействием. Контактность как специфика Южного Урала особенно ярко проявляется в его этническом и конфессиональном многообразии. Это один из самых сложных – мозаичных – в этноконфессиональном отношении регионов многонациональной России. Этнографы отмечают неоднородность и неравномерное распределение этнического состава населения южноуральского края, обусловленные тем, что примыкающие к южным отрогам Уральских гор степи с древнейших времен служили своего рода трансцивилизационным коридором. По нему осуществлялось «великое переселение народов», шли бесконечные миграционные процессы, осуществлялись контакты. Все это обусловило тесное сосуществование

ЮНУСОВА Айслу Билаловна – д.и.н., Уфимский научный центр РАН, e-mail: [aby\\_02@mail.ru](mailto:aby_02@mail.ru)

ХРИСТОДУЛО Ольга Игоревна – д.т.н., Уфимский государственный авиационный технический университет, e-mail: [o-hristodulo@mail.ru](mailto:o-hristodulo@mail.ru);

МУСТАФИН Азат Ризаевич, Уфимский государственный авиационный технический университет, e-mail: [mustafinazat@gmail.com](mailto:mustafinazat@gmail.com);

ФАХРЕТДИНОВА Эльвина Булатовна, Уфимский государственный авиационный технический университет, e-mail: [fbelvina1395@mail.ru](mailto:fbelvina1395@mail.ru)

культур, формирование на Южном Урале исламо-христианского духовного пространства. В настоящее время, как и в XIX в., в составе населения региона преобладают «этнические мусульмане» (башкиры и татары) и «этнические христиане» (русские, украинцы, белорусы). Финно-угорские народы республики, кроме традиционных этнических верований, также исповедуют православие, протестантизм, ислам.

Уже к середине XIX в. на Южном Урале (в Оренбургской губернии) сложилась устойчивая этноконфессиональная ситуация, которая практически без изменения сохранилась до настоящего времени. В середине XIX в. русское население Оренбургской губернии составляло большинство, и христианство имело очень сильные позиции в крае: «Господствующее население Оренбургской губернии составляют русские. В общей массе народонаселения их считается 1 098 737 обоюбого пола душ, а остальные 1 031 300 душ инородцы», пишет В.М. Черемшанский. Таким образом, при всей этноконфессиональной пестроте населения Южного Урала заметен паритет в соотношении русского и нерусских народов – русские (в основном православного исповедания) составляли 51,58%, а остальные вместе взятые народы – 48,42%. В Уфимской губернии, которая составит в последующем Башкирскую республику, в 80-е годы XIX в. соотношение православного и мусульманского населе-

ния изменилось в пользу последнего (42,8% православные : 52,3% мусульмане) [1].

С исламом и мусульманским образом жизни соотносили себя башкиры (28% от общего населения Уфимской губернии), тептяри (11%), татары (7%), а также мишари и обращенная в ислам часть черемис (мари) и чувашей. Все вместе они составляли более 52% от двухмиллионного населения Уфимской губернии, а христиане – 42,8%.

Значительный инородческий субстрат представлен как местными языческими народами, так и членами других конфессий – католиками, лютеранами, иудеями. Кроме того, уже в XVIII в. становится заметным размывание единого христианского социума, растет число сект и старообрядческих «согласий». К середине XIX в. на Южном Урале действовали общины скопцов, субботников, христоверов. Еще в XVIII в. стали появляться протестанты – лютеране, меннониты, евангельские христиане-баптисты. Первая специально построенная лютеранская кирха была открыта в г. Златоусте в 1810 г. В 1903 г. целая колония евангельских христиан-баптистов, переселенцев из Харьковской губернии, обосновалась в с. Шаровка Белебеевского уезда. В середине XVIII в. в связи со строительством в Оренбургской губернии первых заводов здесь появились иностранные специалисты – немцы, французы,

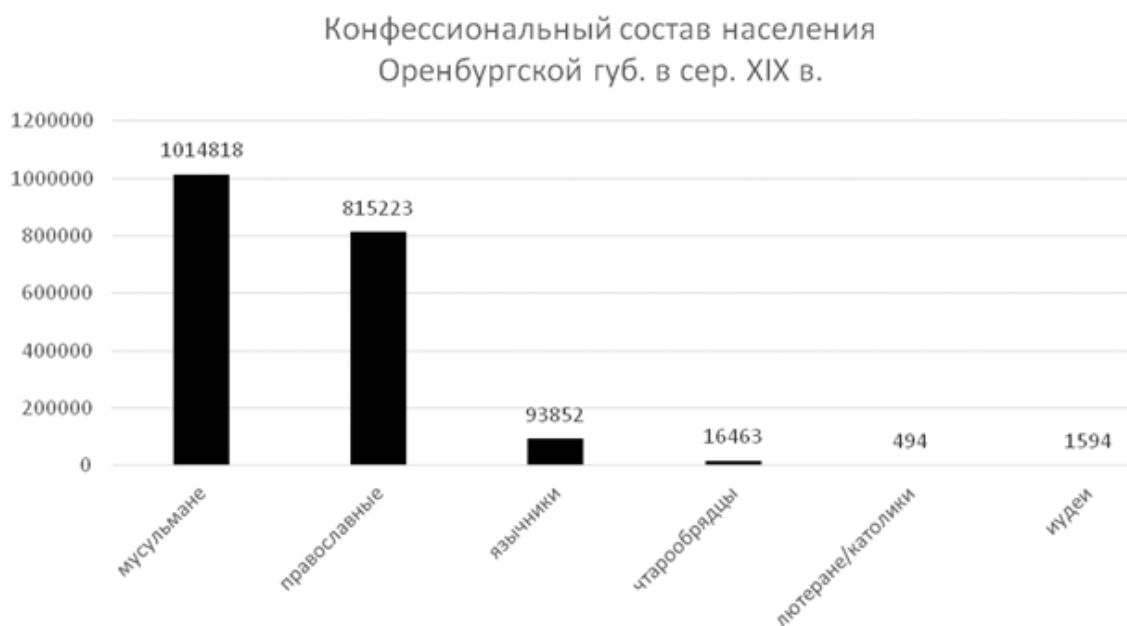


Рис. 1. Конфессиональный состав Оренбургской губернии в середине XIX в.

шведы, среди которых были католики. Число католиков возросло с прибытием в край ссыльных польских конфедератов. Массовый приток поляков в Оренбургский край приходится на вторую половину XVIII в. и связан с депортацией пленных польских конфедератов. В 1839 г. в Оренбурге была организована походная католическая церковь для проведения в ней общественного служения. В 1844 г. по инициативе военного губернатора В.А. Обручева было начато строительство католического костела, освященного 16 ноября 1847 г. (рис. 1). К началу XX в. в Уфимской губернии проживало около 1,3 тыс. католиков. Наиболее крупные общины действовали в Уфе и Златоусте, в сентябре 1890 г. в Уфе был освящен католический собор. Накануне установления советской власти в Уфимской губернии действовали более 3 тыс. культовых зданий различных религиозных объединений [2] (рис. 2).

Важно отметить: говоря о численности религиозных приходов, не будем забывать об особенностях устройства церквей и мечетей. Согласно установлениям Екатерины II, в целях удовлетворения религиозных потребностей мусульман в пятиразовой молитве, мечети строились из расчета на каждые 100 дворов или 200 душ мужского пола. Согласно строительному уставу Российской империи, православные храмы объединяли прихожан 5–6 крупных сел и деревень – примерно 1500–1600 человек.

Русское население и православие с середины XVI в. по настоящее время играют системо-

образующую роль в формировании и развитии цивилизационных особенностей контактного региона Южный Урал.

Созданная нами база геоданных позволяет визуализировать размещение культовых объектов на Южном Урале (рис. 3). Картографирование приходов Башкортостанской митрополии РПЦ адекватно отражает расселение русских на территории Южного Урала, в частности, в Республике Башкортостан.

Разработанная нами геоинформационная система (ГИС) «Ислам на Южном Урале» включает в себя данные также и по другим религиям. Культовые объекты (рис. 4, 5) атрибутированы, информация включает в себя такие показатели, как географические координаты, адрес, наименование, принадлежность к религиозному центру, ФИО служителя культа, год постройки, тип здания и другие. Созданная база данных многофункциональна, имеет поисковую систему, работает в режиме он-лайн и позволяет видеть не только сам объект на карте, но также и имеющуюся информацию. Карта имеет несколько слов (таблицы атрибутов): мечети, храмы, объекты поклонения, халяль-предприятия, учебные заведения и др. Пользователь может выявить год строительства объекта, выстроить динамику открытия объектов, выстроить таблицу возрастных или иных данных по служителям, определить расстояние объекта от любой точки, вычислить среднее расстояние между ними, увидеть изображение объекта (каждый имеет

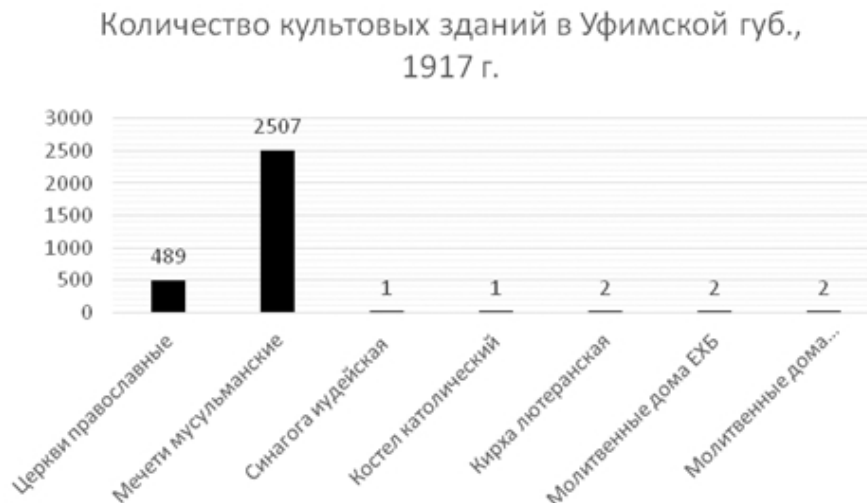


Рис. 2. Культовые здания в Уфимской губернии. 1917 г.





Рис. 3. Мечети на Южном Урале. 2016 г.

не менее 4 фото, к отдельным объектам прикреплены видеоматериалы) [3, 4] (рис. 3).

Актуальной проблемой является проблема сакральных территорий и объектов, сложившаяся исторически, и новая практика поклонения так называемым святым местам. Археологические исследования, инвентаризация археологических памятников, изучение локальной паломнической традиции выявляют многочисленные нарушения законодательства в сфере охраны объектов культурного наследия, также другие негативные явления. В связи с этим особое значение приобретает картографирование объектов поклонения. База данных объектов поклонения включает около 600 единиц, из них картографированы (нанесены на карту) 64 объекта, демонстрирующие их разнообразие.

Созданная ГИС размещается на сайте Института этнологических исследований УНЦ РАН [ikuzeev.ru](http://ikuzeev.ru). В удаленном доступе представлена вся имеющаяся информация, которая продолжает обновляться.

Анализ пространственных и статистических данных свидетельствует о естественном (органичном) распределении православных и мусульманских культовых объектов в соответствии с этническим составом населения того или ино-

го региона, а также об устойчивом соотношении доли православных и мусульманских культовых объектов при значительной динамике их численности. Так, в Башкортостане в 2005–2015 гг. при росте численности религиозных организаций в 1.5–2 раза доля организаций РПЦ сохраняется в пределах 16–20%, мусульманских – 67–70%, иных – 11–14% [5]. Сравнение пространственных и статистических данных по Челябинской, Оренбургской и Курганской областям также показывает адекватное соотношение между религиозными организациями и этническим составом населения. Преобладание РПЦ (от 58 до 81%) соответствует численности русского населения в этих трех регионах.

Таким образом, ислам и христианство сформировали особый этнокультурный ландшафт Южного Урала, характеризующийся устойчивым равновесием в области межэтнических и межрелигиозных отношений. Факторами устойчивости являются единое пространство жизнеобеспечения, общность кодекса и коммуникативного поведения этноконфессиональных групп, общие ценностные ориентиры, к которым относится семья и сохранение семейных отношений, сбережение, мир, общественная безопасность, экологичность и природосообразность культуры каждого народа.



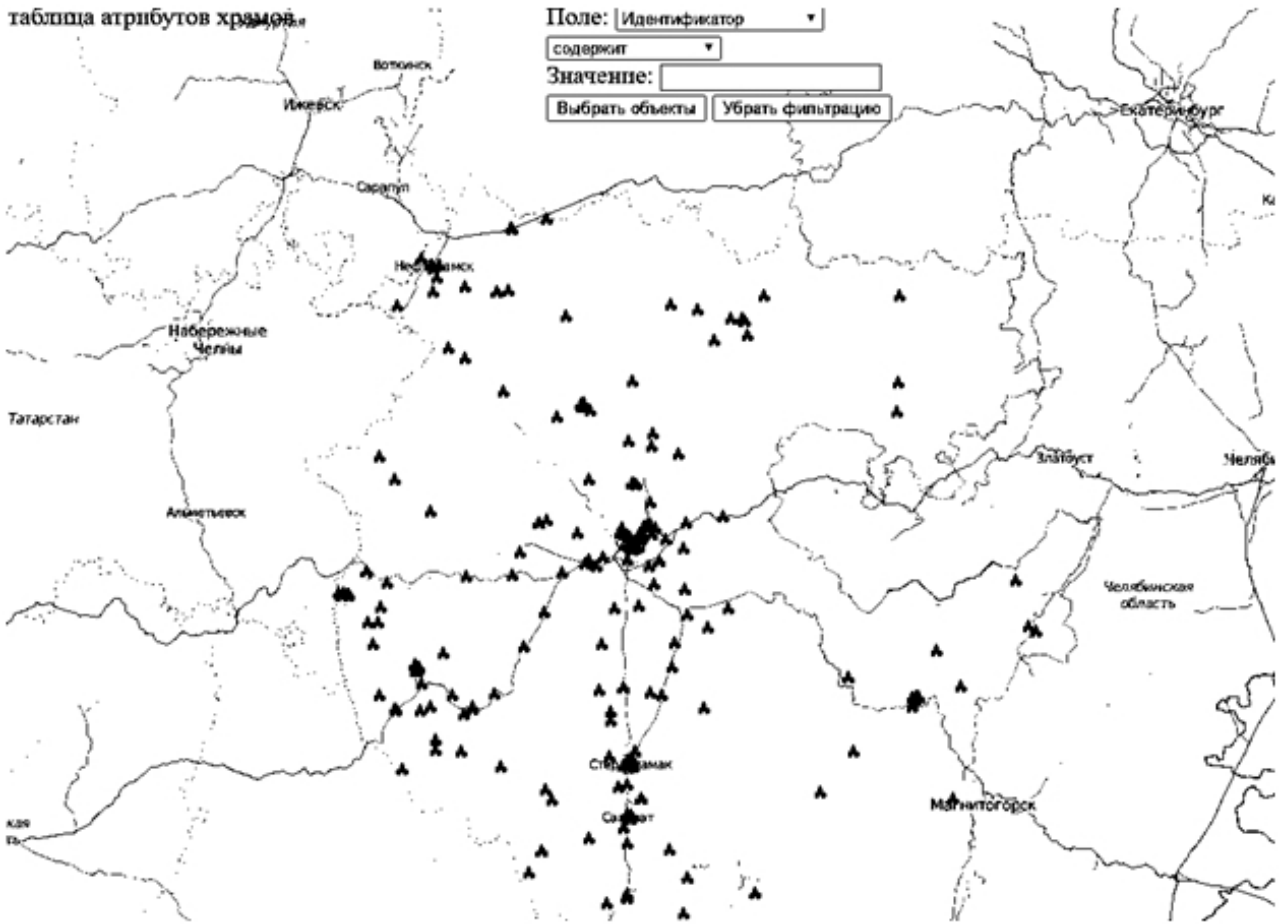


Рис. 4. Христианские культовые здания в Республике Башкортостан. 2016 г.

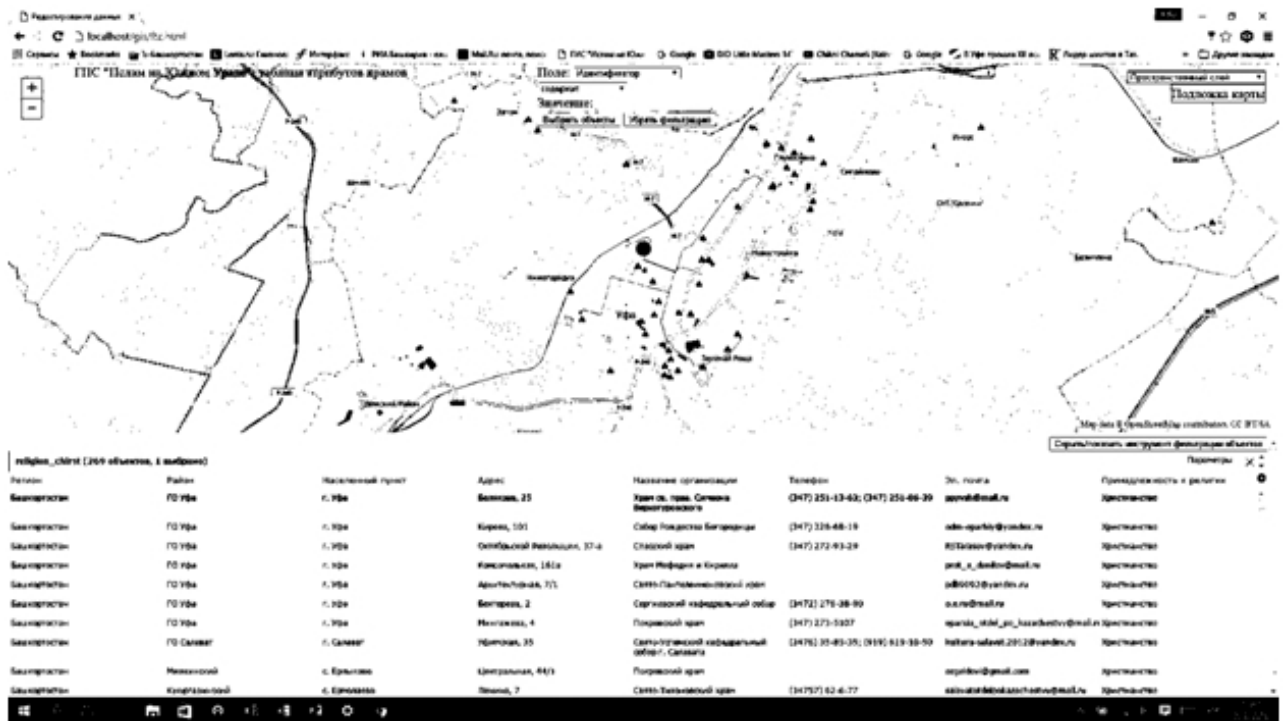


Рис. 5. Таблица атрибутов христианских храмов на территории Уфы с визуализацией

**ЛИТЕРАТУРА**

**References**

1. Юнусова А.Б. Натянутый шатер // Панорама Башкортостана. 2013. № 6 (44). С. 16–19.
2. Латыпова В.В. Поляки на Южном Урале (XVII – начало XX века). Уфа, 2011.
3. Юнусова А.Б., Христовуло О.И., Абдуллин А.Х. Геоинформатика для ислама: о проекте создания интерактивной электронной карты «Ислам на Южном Урале» // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. Т. 4. С. 112–115.
4. Христовуло О.И., Юнусова А.Б., Абдуллин А.Х., Курбанов Н.Х. Разработка информационной системы «Мечети Южного Урала» на основе геоинформационных технологий // Интеллектуальные технологии обработки информации и управления (ITIPM' 2015). Proceedings of the 3rd International Conference. 2015. С. 80–83.
5. Кляшев А.Н. Протестантизм Республики Башкортостан. Социальная реакция на вызовы современности. Уфа, 2013.

1. Yunusova A.B. Stretching the tabernacle. Panorama Bashkortostana, 2013, no. 6 (44). pp. 16–19.
2. Latypova V.V. The Poles in the South Urals (17th to the early 20th centuries). Ufa, 2011.
3. Yunusova A.B., Khristodulo O.I., Abdullin A.Kh. Geoinformation technology for Islam: On the project to create interactive electronic maps “Islam in the South Urals.” Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2015, vol. 4, pp. 112–115.
4. Khristodulo O.I., Yunusova A.B., Abdullin A.Kh., Kurbanov N.Kh. The development of the information system “Mosques in the South Urals” on the basis of geoinformation technologies. Intellectually technologies obrabotki informatsii i upravleniya (ITIPM, 2015). Proceedings of the 3rd International Conference, 2015, pp. 80–83.
5. Klyashev A.N. Protestantism in the Republic of Bashkortostan. Social response to the challenges of contemporaneity. Ufa, 2013.

**GIS «ISLAM AND CHRISTIANITY IN THE SOUTHERN URALS»**

© **A.B. Yunusova<sup>1</sup>, O.I. Khristodulo<sup>2</sup>, A.R. Mustafin<sup>2</sup>, E.B. Fakhretdinova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ufa Scientific Centre, RAS,  
71, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup>Ufa State Aviation Technological University  
12, ulitsa K. Marksa, 450008, Ufa, Russian Federation

On the basis of the geodatabase already created, historical materials and statistics, the article considers the religious composition of the population in the South Urals and the relationship between Muslim and Christian congregations since the mid-19th century until now. All in all, the database includes spatial and attribute data on 1500 religious facilities of Bashkortostan, Orenburg and Chelyabinsk regions accumulated during the development of the interactive electronic resource “Islam in the South Urals.” The geodata were visualized and presented as fragments of a multilayer digital map. To visualize the location of cult facilities the authors used topographic base maps of the Russian Federation available as the Cartographic Web Service on the website of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography ([maps.rosreestr.ru/arcgis/rest/services/BaseMaps](http://maps.rosreestr.ru/arcgis/rest/services/BaseMaps)). This provides the display of mosques on the map along with other geographic objects, such as settlements, roads, water bodies, etc. The materials complement official statistics of the Russian Ministry of Justice and can also be used for state monitoring and regulation in the sphere of international and ethno-religious relations conducted by the Federal Agency for Ethnic Affairs. The materials given in this article make it possible to consider two aspects of the problem under investigation: the first deals with the application of geographic information systems in modern historical research and the second is directly associated with studying the current state of Islam and Christianity in the South Urals.

Key words: Christianity, Islam, church, mosque, South Urals, GIS, database, mapping.

УДК: 661.214-043.86(470.54-25)

**РАЗВИТИЕ ХИМИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ В УФЕ:  
ОТ НЕФТЯНЫХ СУЛЬФИДОВ ДО МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ  
И МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНОГО КАТАЛИЗА**

© В.Р. Ахметова, Р.В. Кунакова

Обобщены этапы развития химии сероорганических соединений в Уфе за период от 50-х гг. XX в. до наших дней. В Республике Башкортостан, имеющей на своей территории запасы высокосернистой нефти, несколько поколений химиков традиционно решают проблему их рационального природного использования. Созданные в Уфе научные школы, которые возглавляли в разные периоды времени видные ученые российской науки – Р.Д. Оболенцев, С.Р. Рафиков, Г.А. Толстикова, У.М. Джемилев, внесли весомый научно-практический вклад в области химии органических соединений серы.

Ключевые слова: нефтяные сульфиды, сорбенты, флотреагенты металлов, сульфоны, сульфолен, сульфолан, илиды серы, сероводород, меркаптаны, тиофен, дитиаацклоалканы, S- и N-содержащие макроциклы, каталитическое циклотиметилирование.

Химия органических соединений серы как самостоятельное направление начала развиваться в 50-е гг. XX века. Быстрый прогресс был связан с достигнутыми на тот момент успехами в области синтеза сероорганических соединений, совершенствования методов их анализа, а также создания новых веществ с уникальными свойствами, такими как термо-, свето- и радиационно-устойчивые полисульфоны, электропроводящие политиофены, сорбенты и экстрагенты ионов металлов, полярные растворители.

Республика Башкортостан в те времена получила мощный импульс развития в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслях. Однако проблема «сера в нефти» диктовала рациональный технологический подход – не уничтожение нефтяных соединений серы, а их использование. Как известно, сероорганические соединения используются с глубокой древности, и сфера их применения расширяется. К их числу относятся красители, полимеры, вулканизаторы каучука, взрывчатые вещества, моющие средства, присадки к смазкам, пестициды, лекарственные средства, материалы для химических аккумуляторов и солнечных батарей.

Учитывая, что кроме самородной и вулканической серы в настоящее время в природе на-

капливается техногенная сера, получаемая при гидроочистке сернистых углей, углеводородных газов и нефти, переработка отходов серы весьма целесообразна с экологических позиций. В силу этого, а также основываясь на доступности вторичного сырья ( $S_8$ ,  $CS_2$  и  $H_2S$ ) и большом разнообразии свойств органических соединений серы, исследования в этой области важны как с позиций ресурсосбережения и экологических принципов «Зеленой химии», так и с позиций инноваций в материаловедении и альтернативной энергетике.

***Нефтяные сульфиды***

Интерес уфимских ученых к химии сероорганических соединений возник именно тогда – в середине прошлого столетия, причем исследования в этой области остаются актуальными до наших дней и традиционно развиваются [1].

С 1950-х гг. в Институте химии Башкирского филиала академии наук СССР (ИХ БФАН СССР) главой научного направления в этой сфере стал крупный ученый-нефтехимик, заслуженный деятель науки РСФСР и БАССР, доктор химических наук, профессор Р.Д. Оболенцев.

АХМЕТОВА Внира Рахимовна – д.х.н., Институт нефтехимии и катализа РАН, e-mail: vnirara@mail.ru  
КУНАКОВА Райхана Валиулловна – д.х.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: kunakova@anrb.ru

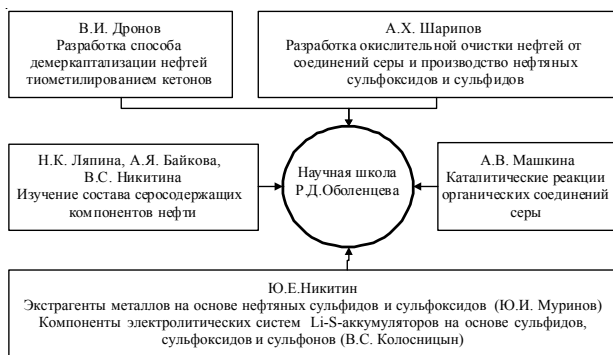


Р.Д. Оболенцев  
председатель Президиума БФАН СССР, директор Института химии БФАН СССР (1961–1967)

Выдвинутая Р.Д. Оболенцевым концепция «не уничтожение созданных природой органических соединений серы, а их использование» явилась основой фундаментальных исследований его научной школы (1951–1967 гг.). Исследования велись в нескольких направлениях:

- 1) исследование состава серосодержащих соединений нефтяных бассейнов СССР;
- 2) разработка выделения соединений серы из нефти и нефтепродуктов;
- 3) разработка методик анализа и идентификации сероорганических соединений, содержащихся в нефтях и нефтепродуктах;
- 4) синтез сероорганических соединений и изучение их физических и химических свойств;
- 5) термokatалитические превращения серосодержащих соединений.

Была создана уникальная научная школа, ведущими специалистами которой стали д.х.н. Ю.Е. Никитин, д.х.н. Н.К. Ляпина, к.х.н. В.И. Дронов, к.х.н. А.Х. Шарипов и к.х.н. А.В. Машкина.



В последующие годы Уфа стала координационным центром по «Химии и технологии сероорганических соединений», и сейчас ее называют «Родиной серного совета» (Химия в России, 2000). Этому способствовали масштабные исследова-

ния химиков из ИХ БФАН СССР (Р.Д. Оболенцев, Н.Ф. Ляпина, А.Я. Байкова, В.С. Никитина, А.Д. Улендеева) по качественному и количественному составу серосодержащих компонентов нефти (245 месторождений) и созданию новых уникальных приборов – масс-спектрометра для определения серы в газах, полярографа для анализа сероорганических соединений, радиометрического прибора для определения серы в нефтях.

Разработанные уфимскими химиками во главе с профессорами Ю.Е. Никитиным, Н.Ф. Ляпиной (ИХ БФАН СССР), к.х.н. А.Х. Шариповым (НИИ Нефтехим, Уфа) способы выделения и использования нефтяных сульфидов и сульфоксидов прошли опытно-промышленные испытания для некоторых процессов, но экономическая ситуация в начале 90-х гг. прошлого столетия не позволила их реализовать в полном масштабе.

Важным вкладом уфимских химиков было создание справочников:

- ♦ Р.Д. Оболенцев, А.Я. Батков «Сероорганические соединения нефтей Урало-Поволжья и Сибири» в 20 т.;
- ♦ Б.В. Айвазов «Физико-химические константы органических соединений серы»;
- ♦ Н.С. Любопытова «Электронные спектры поглощения органических соединений серы»;
- ♦ В.И. Хвостенко «Масс-спектрометрия отрицательных ионов в органической химии»;
- ♦ Н.Ф. Ляпина «Химия и физико-химия сероорганических соединений нефтяных дистиллятов»;
- ♦ И.С. Файзрахманов, А.Х. Шарипов. Получение нефтяных серосодержащих реагентов для гидрометаллургии; а также внедрение измерительных приборов на предприятия нефтепереработки:

– масс-спектрометра МС-С для определения серы в газах в диапазоне 1–10<sup>-4</sup>% (В.И. Хвостенко, А.Ш. Султанов);

– разностного осциллографического полярографа для анализа органических соединений серы (Н.М. Поздеев);

– радиометрического прибора для определения серы в нефтепродуктах РПСН-5М (И.Ц. Ляст, А.Д. Вшивцев);

– установки для определения чистоты и криоскопических констант органических соединений (Л.Л. Шанин, Н.Ш. Шихмаметьев).





А.Х. Шарипов



Н.К. Ляпина



Ю.Е. Никитин

Концепция, выдвинутая уфимскими химиками, относительно рационального использования сернистых нефтяных ресурсов, которое учитывает особенности качественных характеристик, фракционный состав и возможность попутного выделения ценных сероорганических компонентов, является актуальной до наших дней. Это связано с тем, что рациональное использование нефтегазовых ресурсов способствует не только повышению экономического эффекта от комплексной переработки нефти с попутным выделением ценных компонентов, но и с ликвидацией вредных выбросов сернистого ангидрида, образующегося при сжигании сернистого топлива, в окружающую среду, инициируя опасные кислотные дожди.

### *Реагенты для гидрометаллургии*

В 1968 г. Председателем Президиума БФАН СССР и директором ИХ БФАН СССР был назначен член-корр. АН СССР Сагид Рауфович Рафиков.



С.Р. Рафиков  
Председатель Президиума БФАН СССР, директор Института химии БФАН СССР (1968–1977 гг.)

Тенденции в мировой науке в 70-х гг., новая инструментальная база и распространение методов газо-жидкостной хроматографии, методик ИК-, УФ- и ЯМР-спектроскопии стимулировали

уфимских ученых к новому витку развития исследований относительно свойств нефтяных соединений серы и синтеза новых представителей сероорганических соединений с участием техногенной серы и ее производных  $H_2S$ ,  $CS_2$ ,  $SCl_2$ . Специалистами в области химии высокомолекулярных соединений С.Р. Рафиковым и Р.С. Алеевым реализована каталитическая поликонденсация  $H_2S$  и формальдегида с получением полиметилсульфида – высокоэффективного полимерного сорбента серебра, золота и платины [2]. Сотрудником ИХ БФАН СССР к.х.н. В.И. Дроновым открыта новая реакция тиометилирования кетонов [3], которая легла в основу оригинального метода хемосорбционного извлечения нефтяных меркаптанов системой «кетон-NaOH» с одновременным получением реагентов-экстрагентов для гидрометаллургии. Альтернативная технология извлечения нефтяных меркаптанов с одновременным получением агентов для сорбции ионов металлов из аффинажных растворов разработана сотрудниками НИИНефтехим (Уфа) во главе с к.х.н. А.Х. Шариповым. Предложенный способ базируется на окислительной трансформации нефтяных сульфидов и меркаптанов до сульфонов или сульфоксидов, которые зарекомендовали себя как эффективные экстрагенты металлов [4]. В НИТИГ (г. Уфа) разработан оригинальный способ получения серии тиоэфиров — экстрагентов и флотреагентов металлов – на основе реакции восстановительного расщепления диалкилдисульфидов в воде при межфазном катализе с помощью четвертичных аммониевых солей [5, 6].

Исследования уфимских ученых (Ю.И. Муринов, Н.Г. Афзалетдинова, Ю.Г. Куватов, Р.А. Хисамутдинов) позволили предложить технологи-



ческие схемы применения нефтяных сульфидов, сульфоксидов и сульфонов, а также гетероцепных полимерных сорбентов для выделения, концентрирования и разделения благородных, редких и радиоактивных элементов в гидрометаллургии [6].

### Медицинская химия

В дальнейшем уфимская группа ученых во главе с академиком РАН Г.А. Толстиком продолжила исследования реакций  $H_2S$  (Ф.Я. Канзаров) и  $SCl_2$  (Б.М. Лерман, Н.Н. Комисарова) с алкенами, трансформации сульфолана и сульфолена в O-, S- и N-содержащие производные (Н.Н. Новицкая). Цикл работ был посвящен синтезу фармакологически активных соединений (Б.В. Флехтер, Д.Н. Лазарева, Э.Э. Шульц, Н.Н. Новицкая). Эти результаты инициировали исследования в области медицинской химии – важного раздела органической химии. Были получены новые бактерицидные средства и нестероидные противовоспалительные препараты для лечения ревматических заболеваний суставов [7].



Г.А. Толстиков  
Председатель Президиума  
УрО АН СССР, директор  
Института химии БФАН  
СССР (1977–1991 гг.)

На основе реакций  $SCl_2$  с циклоолефинами синтезированы  $\beta,\beta$ -дизамещенные дицикланилсульфиды, а с производными циклических ненасыщенных кислот – сероорганические продукты их нуклеофильного замещения (Р.Г. Кантюкова, Н.Н. Новицкая).

В 1976 г. созданы эффективные окислительные системы для синтеза сульфонов – прекурсоров фармакозначимых производных [76]. Как известно, циклические сульфоны, например сульфолен, оказывают антибактериальное действие в отношении грамположительных и грамотрицательных кокков, а также в отношении *Actinomyces spp.*, *Chlamydia spp.*, *Plasmodium* и *Toxoplasma*

*gondii*. Бактериостатический эффект, оказываемый активным веществом сульфалена, отличается большей продолжительностью по сравнению со многими другими антибиотическими препаратами. Механизм действия обусловлен нарушением синтеза дигидрофолиевой кислоты, которая участвует в синтезе пиримидинов и пуринов [7в]. Stereoхимические особенности сероорганических соединений изучены с помощью разработанных методик ЯМР-спектроскопии (Л.В. Спирихин, Л.М. Халилов) и масс-спектрометрии (В.С. Шмаков, И.И. Фурлей).



Н.Н. Новицкая (вторая слева), Л.И. Ахметов, Р.Г. Кантюкова и Р.В. Кунакова, 1974 г.

В начале 80-х гг. XX в. в мире получил развитие целенаправленный синтез биологически активных соединений природного происхождения (тонкий органический синтез). Уфимские химики во главе с академиком Г.А. Толстиком активно стали разрабатывать многостадийные линейные и конвергентные синтезы низкомолекулярных регуляторов живых систем для нужд медицины и сельского хозяйства – гормонов, феромонов, ювеноидов, простагландинов, лейкотриенов и пиретроидов. В группе Галина Ф.З. инициированы исследования в области химии стабилизированных илидов серы для их использования в синтезе биологически активных соединений, в том числе пиретроидов и аналогов алкалоидов. Илиды серы – реакционноспособные соединения, широко используемые в синтезе оксиранов, циклопропанов, азиридинов, а также других карбо-, гетеро-, макро- и полициклических структур [8].

В настоящее время уфимскими учеными развернуты широкие исследования по созданию лекарственных агентов на основе растительных

метаболитов (пентациклических тритерпеноидов, алкалоидов, фитостероидов). В концепции «многофункциональных препаратов» на платформе вторичных метаболитов привилегированной стратегией современной медицинской химии является синтез гибридных структур, сочетающих в себе две или более фармакофорные группы. Так, разработан синтез сероорганических производных тритерпеноидов лупанового ряда с фрагментом таурина со свойствами иммуностимулятора и репаративного агента [9].

### Металлокомплексный катализ

В синтезе разнообразных сульфидов с привлечением металлокомплексного катализа были разработаны оригинальные реакции теломеризации диенов с меркаптанами (У.М. Джемилев), а также реакции диенов и ацетиленов с серой,  $\text{SO}_2$  и  $\text{CS}_2$  (Р.В. Кунакова), что способствовало внедрению способов получения реагентов для гидрометаллургии и нефтедобычи [1]. Уникальные возможности металлокомплексного катализа позволили предложить способ синтеза дигидротиапиранов из диалкилсульфоксидов, а также тиолана, в том числе 2,5-бис-(бутилтио)этилсульфола, в том числе 2,5-бис-(бутилтио)этилсульфола с противовоспалительными свойствами (У.М. Джемилев, Р.В. Кунакова, Н.З. Байбулатова и др.); открыта реакция  $\text{S}_8$  с винил или аллилмагнийгалогенидами для синтеза непредельных сероорганических соединений; а с алюминийциклопентанами – 3-, 3,4-замещенных тиолонов (А.Г. Ибрагимов, У.М. Джемилев и др.).



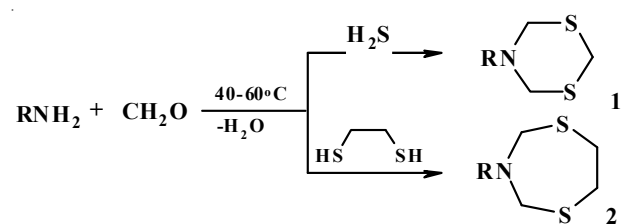
У.М. Джемилев  
Директор Института нефтехимии и катализа РАН (1992–2016 гг.)

В XXI в. проблеме утилизации техногенного сероводорода и элементной серы с одновременным получением ценных реагентов, сорбентов металлов и биоцидов, посвящены исследо-

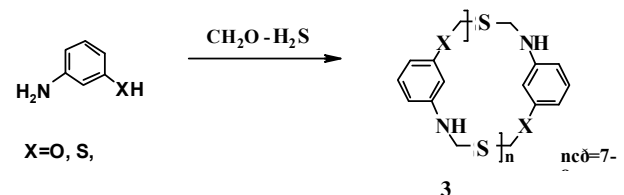
вания группы ученых из Института нефтехимии и катализа РАН под руководством У.М. Джемилева. Открытая в 80-е гг. в группе профессора А.Г. Ибрагимова реакция циклоалюминирования алкенов и алкинов в присутствии металлокомплексных катализаторов была успешно применена в синтезе производных тиофана и тиофена трансформациями *in situ* с  $\text{S}_8$ ,  $\text{SOCl}_2$  [1].

С учетом современной концепции «зеленые методы в химических технологиях» получили развитие мультикомпонентные реакции  $\text{H}_2\text{S}$  или меркаптанов с альдегидами и нуклеофилами, в которых минимизируются промежуточные и побочные продукты и, как следствие, уменьшается загрязнение окружающей среды. Еще в 80-е гг. XX в. для S-гетероциклов – дитиазинов **1**, уфимскими химиками из НИИнефтехим установлены комплексообразующие свойства к драгоценным металлам и биоцидные по отношению к сульфатвосстанавливающим бактериям.

Систематическое исследование способов химического связывания сероводорода с альдегидами и соединениями, имеющими подвижные атомы водорода (NH-, OH-, SH-, CH-кислоты), осуществленные в лаборатории гетероатомных соединений ИНК РАН (В.Р. Ахметова, зав. лабораторией, 2002–2009 гг.), привели к созданию селективных реакций циклотиаометилирования [1]. Предложены способы внутримолекулярной циклизации аминов для синтеза дитиазациклоалканов **1** и **2**:



А также способ межмолекулярного циклотиаометилирования ароматических *мета*-амино(тио)фенолов для синтеза S- и N-содержащих макроциклов со структурой **3**:





В.Р. Ахметова

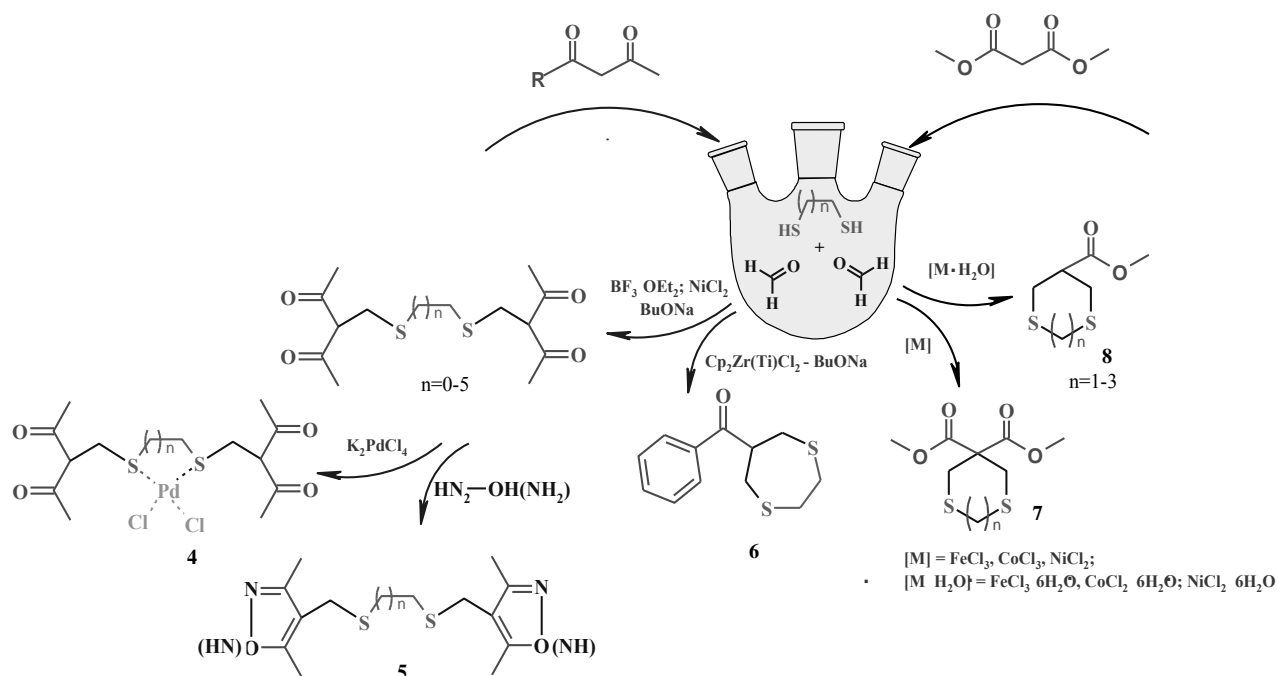


Р.В. Кунакова

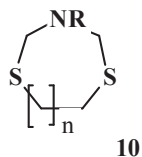
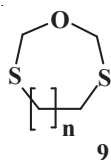


А.Г. Ибрагимов

На основе мультикомпонентных реакций  $H_2S$  или дитиолов с 1,3-дикарбонильными СН-кислотами разработана методология синтеза от пяти- до восьми-членных O,S,N-содержащих гетероциклов **4-8** [10]:



В настоящее время сотрудниками лаборатории гетероатомных соединений ИНК РАН (зав. лабораторией А.Г. Ибрагимов, с 2009 г.) разработаны новые реагенты 1,3-*n*-оксадитиацикланы **9** и 1,5,3-дитиазацикланы **10**, существенно расширяющие границы каталитических реакций циклотиметилирования аминов, амидов, гидразинов и гидразидов кислот [106].



В лаборатории реализованы новые стратегические подходы к «зеленым методам» синтеза ценных сероорганических гетероциклов и макроциклических соединений – ионофоров, комплексонов, биорегуляторов и прекурсоров для электроники.

### Заключение

В Республике Башкортостан, имеющей на своей территории запасы высокосернистой нефти, несколько поколений химиков традиционно решают проблему «сера в нефти» с точки зрения ра-

ционального природоиспользования, энергосбережения и развития инновационных технологий.

Учитывая накопленный опыт ученых, перспективным направлением для реализации инновационных проектов, на наш взгляд, являются исследования по синтезу S,N-содержащих гетероциклов со свойствами ингибиторов развития патогенных микроорганизмов (вирусы, грибки, бактерии), тем более, что эти микроорганизмы способны мутировать и вырабатывать резистентность к традиционным препаратам. Кроме того, в био- и медицинской химии существуют интересные изыскания по созданию препаратов для борьбы с опаснейшими заболеваниями человечества – лейкопенией, гепатитом и раком на базе S-содержащих соединений. По нашему мнению, новые открытия ждут исследователей – химиков и фармацевтов – в этой области.

Важнейшим направлением, достойным пристального внимания, являются исследования по синтезу комплексов серосодержащих соединений с переходными металлами. Такие молекулы – потенциальные катализаторы химических процессов, но главное – это прекурсоры металлических нано-пленок для электроники и инновационных аккумуляторов тока. Другой инновационный сегмент – это синтез ионных жидкостей на основе S,N-содержащих соединений. Своеобразие физико-химических свойств ионных жидкостей — низкая температура плавления и практическое отсутствие давления насыщенных паров, негорючесть, способность растворять многие соединения, высокая полярность, а также электрохимическая устойчивость и электропроводимость позволит регулировать и варьировать природу составляющих ионов. Все это делает ионные жидкости привлекательными для многих областей науки и техники. Особенно успешным может быть применение ионных жидкостей в электрохимических методах анализа для создания электрохимических сенсоров.

Таким образом, многообещающая перспектива применения сероорганических соединений стимулирует дальнейшее углубление знаний и расширение опыта по конструированию полезных молекул с использованием эффективных «зеленых» методов на основе доступного техногенного сырья.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кунакова Р.В., Ахметова В.Р. Металлокомплексный катализ и мультикомпонентные реакции в химии органических соединений серы. Уфа: Гилем, 2015. 248 с.
2. Рафиков С.Р., Никитин Ю.Е., Бикбаева Г.Г. О комплексобразующих свойствах полиэтиленмоносульфида // ДАН СССР. 1980. Т. 253, № 3. С. 644–647.
3. Дронов В.И., Нигматулина Р.Ф., Никитин Ю.Е. Реакция тиоалкилирования. II. Конденсация кетонов с формальдегидом и 2-метил-2-пропан-, циклогексантио-лами или тиофенолом // Ж. орг. химии. 1977. Т. 13, № 10. С. 1604–1610.
4. Файзрахманов И.С., Шарипов А.Х.. Получение нефтяных серосодержащих реагентов для гидрометаллургии. Уфа: ИПК при Администрации Президента РБ, 2000, 88 с.
5. Исмагилов Ф.Р., Ахметов Л.И., Казанцев А.В., Колбин А.М., Валитов Р.Б. Патент РФ № 2017715, 1994.
6. Башкирская энциклопедия. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2010. Т. 6. С. 161.
7. а) Толстикова Г.А., Новицкая Н.Н., Флехтер Б.В., Лазарева Д.Н., и др. Производные сульфолана новый класс противовоспалительных соединений // Химико-фармац. ж. 1978. № 12. С. 33–38; б) Новицкая Н.Н., Бежанян Л.Е., Кунакова Р.В., Кантюкова Р.Г., Толстикова Г.А., АС СССР, 502878, 1976; в) <http://www.neboleem.net/sulfalen.php>.
8. Галин Ф.З., Лакеев С.Н., Майданова И.О. Илиды серы в синтезе гетероциклических соединений, Уфа: Гилем, 2010. 147 с.
9. Юнусов М.С., Комиссарова Н.Г., Дубовицкий С.Н., Орлов А.В. Способ получения сульфобетаинов на основе бетулиновой кислоты. Патент РФ № 2588135. 2016.
10. а) Ахметова В.Р., Ахмадиев Н.С., Ибрагимов А.Г. Каталитические мультимолекулярные реакции 1,3-дикарбонильных СН-кислот с  $\text{CH}_2\text{O}$ , S- и N-нуклеофилами // Изв. АН, сер. хим. 2016. № 7. С. 1653–1666; б) Ахметова В.Р., Рахимова Е.Б. Однореакторное циклотиметилирование аминов – эффективный метод синтеза пяти-, шести-, семи- и восьмичленных насыщенных S,N-гетероциклов // Журн. орг. химии. 2014. Т. 50, вып. 12. С. 1727–1749.



## References

1. Kunakova R.V., Akhmetova V.R. Multicomponent catalysis and reaction in chemistry of organic sulfur compounds. Ufa, Gilem. 2015. 248 p.
2. Rafikov S.R., Nikitin Yu.E., Bikbaeva G.G. On complexing properties of polyethylene monosulfide. Doklady AN SSSR, 1980, vol. 253, no. 3, pp. 644–647.
3. Dronov V.I., Nigmatulina R.F., Nikitin Yu.E. Reaction of thiol alkylation. 2. Condensation of ketones with formaldehyde and 2-methyl-2-propane, cyclohexane thiols or thiophenol. Zhurnal organicheskoy khimii, 1977, vol. 13, no. 10, pp. 1604–1610.
4. Fayzrakhmanov I.S., Sharipov A.Kh. Production of oil sulfur-containing reagents for hydrometallurgy. Ufa, IPK pri administratsii prezidenta RB, 2000. 88 p.
5. Ismagilov F.R., Akhmetov L.I., Kazantsev A.V., Kolbin A.M., Valitov R.B. Patent RF, no. 2017715, 1994.
6. Bashkir Encyclopedia. Vol. 6. Ufa, Bashkirskaya Entsiklopediya, 2010, p.161.
7. a) Kamalova E.G., Tolstikov G.A., Novitskaya N.N., Flekhter B.V., Lazareva D.N. Sulfolane derivatives as a new class of anti-inflammatory compounds. Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal, 1978, no. 12, pp. 33–38; b) Novitskaya N.N., Bezhanyan L.E., Kunakova R.V., Kantyukova R.G., Tolstikov G.A. AN SSSR, no. 502878, 1976; c) Available at: <http://www.neboleem.net/sulfalen.php>
8. Galin F.Z., Lakeev S.N., Maydanova I.O. Ylidene sulfur in the synthesis of heterocyclic compounds, Ufa, Gilem, 2010. 147 p.
9. Yunusov M.S., Komissarova N.G., Dubovitskiy S.N., Orlov A.V. A process for preparing sulfobetaines by betulinic acid. Patent RF, no. 2588135, 2016.
10. a) Akhmetova V.R., Akhmadiev N.S., Ibragimov A.G. Multimolecular catalytic reaction of 1,3-dicarbonyl-CH-acids, CH<sub>2</sub>O, S- and N-nucleophiles. Izvestiya AN SSSR. Ser. Khimiya, 2016, no. 7, pp. 1653–1666; b) Akhmetova V.R., Rakhimova E.B. One-pot cyclothiomethylation of amines as efficient method for the synthesis of saturated five-, six-, seven-, and eight-membered S, N-heterocycles. Russian Journal of Organic Chemistry, 2014, vol. 50, no. 12, pp. 1727–1749.



## DEVELOPMENT OF THE CHEMISTRY OF ORGANIC SULFUR COMPOUNDS IN UFA: FROM OIL SULFIDES TO MEDICINAL CHEMISTRY AND METAL COMPLEX CATALYSIS

© V.R. Akhmetova<sup>1</sup>, R.V. Kunakova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Petrochemistry and Catalysis, RAS,  
141, prospekt Oktyabrya, 450075, Ufa, Russian Federation

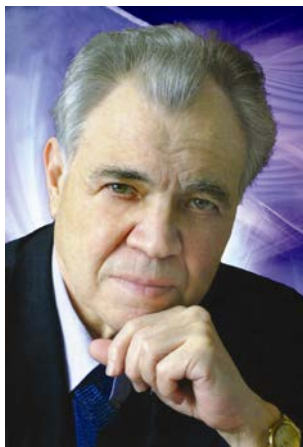
<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University,  
145, ulitsa Chernyshevskogo, 450078, Ufa, Russian Federation

The review summarizes the stages in the development of the chemistry of organic sulfur compounds in Ufa since the 1950s until the present day. In the Republic of Bashkortostan with its high-sulfur oil reserves, several generations of chemists are traditionally engaged in solving the problem of their rational use. The scientific school formed in Ufa and headed at different times by outstanding Russian researchers Roman D. Obolentsev, Sagid R. Rafikov, Genrikh A. Tolstikov, Usein M. Dzhemilev made a considerable scientific and practical contribution to the chemistry of organic sulfur compounds.

Key words: petroleum sulfide, sorbents, flotation reagents for metals, sulfones, sulfolene, sulfolane, sulfur ylides, hydrogen sulfide, mercaptanes, thiophene, dithiazacycloalkanes, S- and N-containing macrocycles, catalytic cyclothiomethylation.



## К 80-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА Р.Ф. ГАНИЕВА



Вот что написано о нашем знаменитом земляке в энциклопедии [1].

**ГАНИЕВ** Ривнер Фазылович (р.1.4.1937, с. Тазеево Илишевского р-на БАССР), механик. Акад. РАН (1994), поч. акад. АН РБ (1991), иностр. член АН Литвы (2011), д-р техн. наук (1968), проф. (1969). После окончания УАИ (1959) работал инженером п/я №100 (Уфа). С 1964 в Ин-те механики АН Укр. ССР (Киев; с 1970 зав. отделом). С 1978 в Ин-те машиноведения РАН: зав. отделом, в 1986-95 зам. дир. по науке, с 2009 дир.; одновр. с 1986 дир. Межотраслевого научно-инженерного центра “Волна”, в 1995–2010 – Науч. центра нелинейной волновой механики и технологии РАН (все – Москва); одновр. с 1997 зав. каф. прикладной физики Моск. авиац. ин-та и с 2011 – вычислительных моделей технол. процессов Моск. физико-техн. ин-та (ун-та); одновр. с 2001 науч. рук. НИИнефтеотдача, в 2002–05 – Центра хим. механики нефти (оба – Уфа). Науч. деят-сть посвящена нелинейной волновой механике многофазных систем, разработке и внедрению волновых технологий в пром-сть. Г. разработаны теория резонансных явлений при нелинейных пространств. колебаниях тв. и деформируемых тел, нелинейных колебаний многофазных систем и др.; созданы науч. основы проектирования и создания волновых машин и аппаратов, методы повышения надежности и бесшумности деформируемых конструкций, взаимодействующих с жидкостью и газом. На основе иссл. Г. разработаны волновые технологии для маш-ния, нефт., строит., хим. пром-сти и др. Автор более 360 науч. работ и 100 изобретений. Награжден орд. Почета (1999), «За заслуги перед Отечеством» 4-й ст. (2008).

Добавим сюда, что за свои достижения недавно наш юбиляр награжден также орденом Александра Невского.

Для ученого такого масштаба не много. Надо сказать, Р.Ф. Ганиев никогда не добивался каких-то наград, премий. Я неоднократно слышал, что выдающийся ученый в области ракетной и аэрокосмической техники академик В.С. Авдуевский особо ценил в Р.Ф. Ганиеве то, что он не является лауреатом государственных и каких-то других премий, «значит, он не гоняется за ними, это настоящий ученый». Известно, что получение, например, государственных премий сопряжено с оформлением множества документов, организацией отзывов и т.д. Здесь уместно упомянуть также высказывание на эту тему другого выдающегося ученого, специалиста по устойчивости движения и управлению академиком Н.Н. Красовского. Он придерживался взглядов своего отца о том, что «настоящий человек не должен иметь какие-то звания и награды».

За более чем десятилетие после выхода второго тома энциклопедии [1] юбиляром сделано очень много, выпущено много трудов, например, солидная монография [2]. Остановимся более подробно только на одной разработке, описанной в книге [3]. Не потому, что это самый важный результат Р.Ф. Га-

ниева и его сотрудников за последнее время, просто он мне понятнее, чем многие другие их достижения.

Речь идет об одном из возможных механизмов вытеснения нефти водой в мельчайших порах в нефтеносных пластах. Будучи легче воды, тонкий слой нефти располагается над тонким слоем воды в пределах этих пор. Производится воздействие на указанные жидкости путем возбуждения колебаний стенок пор. Изучена неустойчивость контактной границы двух жидкостей. Устанавливается диапазон частот и амплитуд возбуждения в зависимости от размеров пор, когда может достигаться частичное вытеснение нефти из пор. А порядки этих размеров определяются из анализа ядерного материала из пластов. Здесь речь идет об использовании методов анализа из «высокой науки» в практических целях, что всегда очень актуально.

Нужно заметить, что модели и методы в механике играют огромную роль во многих процессах и явлениях. Примерно такая же задача стояла и при создании устройства для быстрого и сильного сжатия ударом одного материала (взрывчатого вещества) по другому материалу для инициирования в последнем цепной реакции деления атомного ядра. В те годы классическая задача неустойчивости Рэлея–Тейлора получила сильное развитие. Но там проблема состояла в том, чтобы межфазная граница не искажалась или отклонения не были большими, чтобы процесс ударного обжатия был эффективным.

Во многих областях науки и техники стараются, чтобы, например, удары и вибрации были небольшими. Но Р.Ф. Ганиев всегда исходил из того, чтобы вибрации были как можно более сильными. Такое явление может быть полезным во многих технологических процессах, так как это ускоряет процессы тепло- и массообмена. Это особенность школы Р.Ф. Ганиева – выявлять и использовать для пользы дела так называемые нелинейные эффекты. Но это нелегко. Для этого должна строиться своя теория, создаваться свои методы воздействия, разрабатываться свои технологии. Не случайно даже название учреждения,

созданное Р.Ф. Ганиевым, такое: Научный центр нелинейной волновой механики и технологии РАН.

Еще надо сказать, что задачи устойчивости границы двух жидкостей с разными плотностями возникают в нефтехимических, энергетических технологиях и в других областях техники.

Бег времени стремителен. Кажется, недавно я писал об академике Ривнере Фазыловиче Ганиеве в связи с его 75-летием. И вот уже 80-летие. В предисловии книги [4] отмечал трудность освещения жизни и деятельности здравствующего и активно работающего человека. Приводил в этой связи слова Эрнста Хемингуэя: «Нет дела труднее, чем писать простую, честную прозу о человеке». Легче писать о деятелях науки и культуры прошлого, они без претензий... То же самое можно сказать и о попытке создания образа того, кого знаешь плохо или вовсе не знаешь, а пользуешься документами, архивными материалами и высказываниями людей.

Действительно, в ходе работы над книгой [4] не покидало чувство какой-то ущербности, невозможности как можно доступнее излагать для широкого круга читателей и результаты исследований, и как приходят идеи, как добираются до сути проблемы, наконец, как без пафоса и проще рассказать о выдающемся ученом.

Вот высказывание классика русской литературы Н.С. Лескова, которое созвучно моему настроению в период работы над книгой. Он пишет: «... хочу испросить себе у моего читателя снисхождения ко всестороннему несовершенству моего рассказа о лице, воспроизведение которого стоило бы трудов гораздо лучшего мастера, чем я».

Позже был опубликован материал о малой родине и юности Р.Ф. Ганиева, а также отзывы на указанную книгу [5, 6].

Обсуждая с Р.Ф. Ганиевым после выхода книги «Резонанс» разные периоды жизни, больше всего мы вспоминали работу в ОКБ п/я 100 в Уфе. В августе этого года исполняется 60 лет, как после окончания Уфимского авиационного института по распределению

я поступил на работу в ОКБ п/я 100 (1957). Двумя годами позже пришел туда и Р.Ф. Ганиев. А все в памяти: порядки в организации, главный конструктор, строгий первый отдел, люди, наша молодость, наши устремления и мечты. Действительно, эти два года работы в ОКБ были связаны с непосредственным применением наших знаний в практике, с непосредственным участием в создании наукоемкой техники. В этой связи нужно еще раз подчеркнуть важность продукции ОКБ и завода в годы войны и последующие годы.

Привожу выдержки из книги выдающегося авиаконструктора А.С. Яковлева [7] (1906–1989)<sup>1</sup>, так как в них речь идет о главном конструкторе В.Я. Климове, руководителе опытно-конструкторского бюро, в наше время называвшееся ОКБ п/я 100 в Уфе.

Однажды Сталин спросил А.С. Яковлева «почему англичане на истребителях «Спитфайр» ставят мелкокалиберные пулеметы, а не пушки?

– Да потому, что у них авиапушек нет, – ответил я (Яковлев).

– Я тоже так думаю, – сказал Сталин. – Но ведь мало иметь пушку, продолжал он, – Надо и двигатель приспособить под установку пушки. А вы знакомы с работой конструктора Климова – авиационным двигателем, на который можно установить двадцатимиллиметровую авиационную пушку Шпитального? Правильный ли это путь? А может быть, путь англичан более правильный? Не взялись бы вы создать истребитель с мотором Климова и пушкой Шпитального? А все-таки дураки англичане, что пренебрегают пушкой.

В другой раз Сталин спросил меня:

– Ну, как, надумали делать истребитель с двигателем Климова?

<sup>1</sup> В годы войны 2/3 истребителей были яковлевские. Кроме того спортивные, учебные самолеты и т.д. В его ОКБ после войны были созданы первый реактивный истребитель (Як-15), первый сверхзвуковой бомбардировщик (Як-28), первый в мире палубный самолет (Як-38). В книге [7] много говорится о том, как создавалась военная авиация, какое участие в обсуждениях и решениях по созданию техники и организации ее выпуска принимал И.В. Сталин. О нем могут говорить что угодно, но в [7] приводятся сведения о том, как выполнялись конкретные дела.

– Да, я связался с Климовым и получил все данные о его двигателе. Я назвал летные данные будущего истребителя: скорость, потолок и дальность полета.

– Как вы его вооружите? Пушка на нем будет стоять?

– Будет стоять пушка калибра 20 миллиметров и два скорострельных пулемета.

– Это хорошо... – ответил Сталин, в раздумье расхаживая по кабинету. – А знаете ли вы, – спросил он, – что мы такие же истребители заказываем и некоторым другим конструкторам и победителем станет тот, кто не только даст лучший по летным и боевым качествам истребитель, но и сделает его раньше, чтобы его можно было быстрее запустить в серийное производство?»

Здесь речь идет о создании конструкции, в которой между вращающимися лопастями винта перед летчиком синхронно производится выстрел из пушки. Так как обороты винта меняются в зависимости от режима работы двигателя, то и частота выстрелов должна быть разной.

«Или, например, такая записка к конструктору двигателей Владимиру Яковлевичу Климову:

*«Т. Климов!*

*Ссылаясь на нашу вчерашнюю беседу, хотел бы знать:*

*1) Можете ли прислать на днях 2 мотора М-105 и 2 пушечных мотора также М-105 для конструктора Яковлева?*

*2) Если можете, когда именно пришлете? Дело очень срочное.*

*И. Сталин».*

В мае 1942 года в Государственном комитете обороны состоялось обсуждение вопроса о путях повышения скорости наших истребителей.

В наркомате к этому времени был подготовлен проект решения Государственного комитета обороны о запуске в серию нового климовского двигателя М-107 вместо находившегося в серийном производстве М-105П.

Моторостроители были решительными сторонниками замены М-105П на М-107. Но большую тревогу у Сталина вызывала предстоявшая серьезнейшая перестройка серийных заводов, выпускавших эти двигатели.

Переход на М-107 представлялся мне равносильным полной катастрофе с выпуском истребителей, а также легкого бомбардировщика ПЕ-2. Поэтому я предложил другое решение: форсировать (увеличить мощность) двигатель М-105П.

Тогда встал вопрос: не вызовет ли такое форсирование мотора М-105П перенапряжения его деталей? Не снизится ли резко ресурс работы двигателя?»

Здесь речь идет о прочности, динамическом поведении конструкции. В свое время Р.Ф. Ганиев работал в ОКБ п/я 100 в группе, отвечающей за динамическую прочность двигателя, но уже не поршневого, а газотурбинного двигателя. Тяга первым из них создается вращающимся винтом, а вторым – за счет истечения газов из сопла. И главным конструктором был не В.Я. Климов (он был переведен в Ленинград), а В.Н. Сорокин.

«Сталин соединился по телефону с Климовым.

Климов настаивал на переходе на М-107, доказывал, что это радикальным образом решит вопрос повышения мощности двигателей для истребителей и легких бомбардировщиков, в то время как форсирование М-105П – паллиативное решение. Климов утверждал также, что из-за форсирования резко снизится ресурс у М-105П.

Сталин его спросил:

– А на сколько снизится ресурс?

Климов ответил:

– У серийного двигателя 100-часовой ресурс, а форсированный может иметь не более 70 часов.

Однако Климову было предложено немедленно провести перерегулировку одного из серийных двигателей М-105П и поставить его на стендовые испытания для определения ресурса. Испытание провести в течение недели.

Но время, время! Фронт требовал не когда-то, а сейчас, немедленно повысить скорость истребителей.

Двигатель М-105П установили на стенд для проверки его срока службы при работе на форсированном режиме. В Москве – и в наркомате, и в ВВС, и в конструкторских бюро самолетостроителей – с волнением следили за поведением двигателя.

Вот прошло 70 часов – это был ресурс, о котором говорили мотористы. Они запросили разрешения ГКО снять со стенда форсированный двигатель, разобрать его и проверить износ деталей. Но Сталин согласия не дал. Было приказано гонять мотор до полной выработки его официального ресурса, то есть до 100 часов.

Прошло 100 часов. С форсированным двигателем ничего не случилось. Мотористы прислали телеграмму с просьбой разрешить снять мотор со стенда и проверить состояние его рабочих частей. Они ссылались на то, что истек срок службы двигателя, установленный техническими условиями. На это Сталин заметил:

– Мы техническим условиям не присягали, а если они устарели, нужно их обновить.

Он решительно приказал продолжать испытание двигателя до разрушения.

Результат всей этой эпопеи был таков: форсированный двигатель М-105П разрушился лишь на 203-м часу работы, то есть проработал вдвое больше серийного. Он был принят в производство под маркой М-105ПФ (М-105 пушечный, форсированный).

Наши летчики очень быстро получили существенно улучшенные истребители, при этом серийный выпуск не был снижен ни на один самолет, а, напротив, он все более и более возрастал.

В один из мартовских дней 1943 года вызвали в Кремль по вопросу о двигателе Климова ВК-107, а разговор опять зашел о дальности полетов истребителей.

В октябре 1943 года были получены хорошие результаты при испытании истребителя ЯК-3 с новым мотором Климова ВК-107.»

Среди сотен важных и срочных вопросов того времени столь пристальное внимание к созданию двигателей можно объяснить тем, что Вторая мировая война стала «войной моторов».

Как было сказано выше, академик В.Я. Климов был переведен в Ленинград для создания ОКБ, разрабатывающего реактивные двигатели. В дальнейшем они позволили создать самолеты МиГ-15, МиГ-17, Ил-28 и другие. В настоящее время эта организация носит название «ОКБ им. Климова». Заметим, позже эту организацию возглавлял сокурсник Р.Ф. Ганиева, проработавший несколько лет в нашем Уфимском ОКБ, А.А. Саркисов.

Вообще, из выпускников Уфимского авиационного института 1959 года вышло много хороших специалистов. Например, Б.В. Мациевич долгие годы был генеральным директором крупного оборонного предприятия в Подмоскowie, Ю.А. Алексеев – заместителем генерального конструктора НПП «Мотор» (Уфа), Н.А. Прохоров – главным конструктором завода «Гидравлика» (Уфа), А.И. Харлов – директором завода, первым заместителем Председателя Совета Министров Башкирской АССР.

... Прошло более шестидесяти лет, как мы, студенты Уфимского авиационного института, познакомились с Ривнером Ганиевым. Хотя в дальнейшем мы жили в разных



городах (после Уфы я – в Казани, в последние 20 лет снова в Уфе, а Р.Ф. Ганиев – в Москве, затем в Киеве и снова в Москве), мы никогда не прерывали связи, всегда были в курсе научных интересов, результатов друг друга, жизненных и семейных обстоятельств. В последние годы наше сотрудничество стало даже более тесным. Например, недавно мы совместно опубликовали результаты исследований по динамическим явлениям в конструкциях в самых престижных журналах России.

Может быть, в таких случаях говорят: подарок судьбы.

Всегда приятно видеть, когда люди дружат, и как-то тяжело, когда – враждуют.

Нашего юбиляра сегодня, как всегда, переполняют энергия, идеи, планы. Говорит, что у себя в Центре начинают крупное перспективное направление, давай, сделаем вместе такую-то волновую технологию. Ему не нравится, когда напоминаешь о возрасте, говоришь – да, вот, это, то, теперь это не сделаешь. «Какой возраст, – говорит он. – Да ты что! Столько дел! Народ пошел какой-то. Все медленно работают. Вот, ты когда работаешь? Когда ни позвони, ты то на прогулке, то на концерте, то где-то развлекаешься». А еще он дразнит меня «писателем» из-за того, что я писал популярные статьи и книги о развитии науки, о людях науки и культуры.

Жизнь и деятельность Р.Ф. Ганиева подтверждают справедливость утверждения Цицерона, высказанного им две тысячи лет назад, что и пожилые люди «полноправно живут, пока могут творить и вершить дела, связанные с исполнением их долга. Ввиду этого старость даже мужественнее и сильнее молодости».

Желаю Ривнеру оставаться таким же, каким мы знали его всегда, здоровья, благополучия, новых достижений и счастья!

## ЛИТЕРАТУРА

1. Башкирская энциклопедия. В 7 т. / гл. ред. М.А. Ильгамов. Уфа: НИ Башкирская энциклопедия, 2006. Т. 2. 624 с.
2. Ганиев Р.Ф. Нелинейные резонансы и катастрофы. Надежность, безопасность и бесшумность. М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013. 592 с.
3. Ганиев О.Р., Ганиев Р.Ф., Украинский Л.Е. Резонансная макро- и микромеханика нефтяного пласта. М.; Ижевск: ИКИ, 2014. 256 с.
4. Ильгамов М.А. Резонанс. М.; Уфа: Гилем, 2012. 223 с. (второе издание: Резонанс. М.: ООО ИПЦ «Маска», 2013. 210 с.)
5. Ильгамов М.А. Малая родина // Вестник АН РБ. 2014. Т. 19, № 1. С. 82–85. Из отзывов на книгу «Резонанс» // Вестник АН РБ. 2014. Т. 19, № 1. С. 86–88.
6. Отзыв на книгу «Резонанс» // Правоохранительный, военно-научный и военно-исторический журнал «Защита и безопасность». 2013. № 4.
7. Яковлев А.С. Цель жизни (записки авиаконструктора). М.: Издательство политической литературы, 1969. 623 с.

## References

1. Bashkir Encyclopedia. In 7 vols. M.A. Ilgamov (ed.). Ufa, Bashkirskaya entsiklopediya, vol. 2, 2006. 624 p.
2. Ganiev R.F. Nonlinear resonances and catastrophes. Reliability, safety and noiselessness. Moscow, Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika, 2013. 592 p.
3. Ganiev O.R., Ganiev R.F., Ukrainsky L.E. Resonance macro- and micro-mechanics of petroleum reservoirs. Moscow, Izhevsk, IKI, 2014. 256 p.
4. Ilgamov M.A. Resonance. Moscow, Ufa, Gilem, 2012. 223 p. (2nd edition: Resonance. Moscow, Maska, 2013. 210 p.)
5. Ilgamov M.A. Resonance (Chapter 1 – Homeland). Vestnik AN RB, 2014, vol. 19, no. 1, pp. 82–85. From reviews of the book “Resonance”. Vestnik AN RB, 2014, vol. 19, no. 1, pp. 86–88.
6. Review of the book “Resonance”. Pravookhranitelnyy, voenno-nauchnyy i voenno-istoricheskiy zhurnal “Zashchita i bezopasnost’”, 2013, no. 4.
7. Yakovlev A.S. The target for life (memoirs of the aircraft designer). Moscow Izdatelstvo politicheskoy literatury, 1969. 623 p.

*М.А. ИЛЬГАМОВ,  
доктор физико-математических наук,  
член-корреспондент РАН,  
академик АН РБ*