

СОДЕРЖАНИЕ

2012. № 3

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

М.А. Ильгамов

Модели продольной динамики стержня с локальной неоднородностью 5

БИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И ГЕНЕТИКА

В.П. Путенихин

Таксационная структура лесоводственных памятников природы
в Республике Башкортостан (сообщение второе) 10

Н.Н. Круглова, В.И. Никонов

Оценка экспланта для биотехнологических разработок в целях адаптационной
селекции яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Южного Урала 15

Т.Ю. Коршунова, С.Р. Мухаматдьярова, О.Н. Логинов

Новый представитель рода *Paracoccis*, выделенный из
техногенно загрязненной почвы 19

А.Е. Круглова

Эмбриология растений семейства *Fabaceae* Lindl. (обзор проблемы) 26

А.А. Реут, Л.Н. Миронова

Новые сорта пиона гибридного для средней полосы России 35

Л.Н. Миронова, А.Ф. Шайбаков

Ирис садовый: новые сорта селекционеров Ботанического сада-института УНЦ РАН 42

И.Н. Аллаярова, Л.Н. Миронова

Колокольчики в Башкирском Предуралье: интродукция, онтогенез и
жизненные формы 47

Е.Ю. Журенко, Н.В. Жарикова, Т.Р. Ясаков, В.В. Коробов, Т.В. Маркушева

Особенности антагонистических взаимодействий
природных бактерий-деструкторов ароматических галогенидов 53

Н.Н. Круглова

Оптимизация биотехнологии получения растений пшеницы в культуре *in vitro* 57

<i>А.А. Мулдашев, А.Х. Галеева, Н.В. Маслова, О.А. Елизарьева</i> Высшие сосудистые растения Республики Башкортостан, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге (аннотированный список)	62
<i>А.Е. Круглова</i> Формирование подиума в семяпочке остролодочника башкирского <i>Oxytropis baschkirensis</i> Knjasev	73
<i>Т.Ю. Коршунова, А.А. Сабиров, С.П. Четвериков, М.Д. Бакаева, О.Н. Логинов</i> Микроорганизмы, разлагающие нефтяные углеводороды при пониженной температуре ...	76
<i>Т.Ю. Коршунова, С.Р. Мухаматдьярова, О.Н. Логинов</i> Новая аэробная бактерия <i>Agromyces sp. IB-ANRB 2.4</i> , утилизирующая углеводороды и их производные	83
<i>С.П. Четвериков, Г.Г. Худайгулов, О.Н. Логинов</i> Полиурониды бактерий родов <i>Pseudomonas</i> и <i>Raenibacillus</i>	89

ЭКОНОМИКА, СОЦИОЛОГИЯ, ФИЛОСОФИЯ

<i>Ю.П. Куликова</i> Направления и формы совершенствования инновационной деятельности в высшей школе РФ	96
---	----

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, ЭТНОЛОГИЯ

<i>А.Н. Кляшев</i> Этно-демографические характеристики неопротестантов Республики Башкортостан ...	99
---	----

ИСТОРИЯ В ЛИЦАХ

<i>Ю.В. Ергин</i> Уфимский период работы академика А.С. Давыдова	107
---	-----

CONTENTS

2012. № 3

MATHEMATICS AND MECHANICS

M.A. Ilgamov

Models of longitudinal dynamics of the rod with local inhomogeneity 5

BIOLOGY, BIOCHEMISTRY AND GENETICS

V.P. Putenikhin

Taxation structure of silvicultural nature monuments in the Republic of Bashkortostan (second report) ... 10

N.N. Kruglova, V.I. Nikonov

Assessment of explant for biotech development to adaptation Breeding of spring wheat
in the arid conditions of the Southern Urals 15

T.Yu. Korshunova, S.R. Muhamatdyarova, O.N. Loginov

A new member of the genus *Paracoccus*, isolated from technologically contaminated soil 19

A.E. Kruglova

Embryology of plants of the family *Fabaceae* Lindl. (Overview of the problem) 26

A.A. Reut, L.N. Mironova

New cultivars of *Paeonia hybrida* hort. for Russian central zone 35

L.N. Mironova, A.F. Shaybakov

Iris garden: Botanical garden-institute, URC RAS, breeders's new varieties 42

I.N. Allajarova, L.N. Mironova

Campanulas in Bashkir Urals: introduction, ontogeny and life forms 47

E.Yu. Zhurenko, N.V. Zharikov, T.R. Yasakov, V.V. Korobov, T.V. Markusheva

Features of antagonistic interactions natural bacteria-degraders of aromatic halides 53

N.N. Kruglova

Optimization of the biotechnology of obtaining wheat plants in culture *in vitro* 57

A.A. Muldashev, A.H. Galeeva, N.V. Maslova, O.A. Yelizaryeva

Higher vascular plants of the Republic of Bashkortostan in need of special attention to their status
in the environment and monitoring (Annotated list) 62

<i>A.E. Kruglova</i> Formation of the podium in <i>Oxytropis baschkirensis</i> Knjasev ovule	73
<i>T.Yu. Korshunova, A.A. Sabirov, S.P. Chetverikov, M.D. Bakaeva, O.N. Loginov</i> Microorganisms decomposing petroleum hydrocarbons at low temperature	76
<i>T.Yu. Korshunova, S.R. Muhamatdyarova, O.N. Loginov</i> New aerobic bacteria <i>Agromyces sp. IB-ANRB 2.4</i> , disposed of hydrocarbons and their derivatives	83
<i>S.P. Chetverikov, G.G. Khudaygulov, O.N. Loginov</i> Bacterial polyuronides of <i>Pseudomonas</i> and <i>Paenibacillus</i> genera	89

ECONOMICS, SOCIOLOGY, PHILOSOPHY

<i>J.P. Kulikova</i> Directions and forms to improve innovation in high school Russian	96
---	----

HISTORY, ARCHEOLOGY, ETHNOLOGY

<i>A.N. Klyashev</i> Ethno-demographic features of Neo-Protestants of the Republic of Bashkortostan	99
--	----

HISTORY IN THE PERSONS

<i>Yu.V. Yergin</i> Ufa period of Academician A.S. Davydov	107
---	-----

УДК 534

МОДЕЛИ ПРОДОЛЬНОЙ ДИНАМИКИ СТЕРЖНЯ С ЛОКАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ

© М.А. Ильгамов

В данной работе выводятся более точные условия стыкования решений двух областей, лежащих по разные стороны от поперечного надреза или полости. Дается упрощение их в случае весьма малых размеров надреза по сравнению с длиной полуволны.

Ключевые слова: динамика стержня, продольные волны, выпучивание, локальная неоднородность, надрез, полость.

1. Вопросам динамических процессов в стержнях и балках с неоднородностями типа локального повреждения, трещины, коррозии посвящена значительная литература. Во всех исследованиях такие повреждения или дефекты моделируются пружиной с определенными свойствами, полостью и надрезом определенной формы. При этом рассматриваются продольные, крутильные и изгибные колебания стержней и балок конечной длины, а также режим бегущих волн и их отражения от надрезов в протяженных объектах [1–12]. В частности, в работах [4–12] изучены колебания и волны в стержнях с поперечным надрезом, когда длина этого надреза на несколько порядков меньше длины стержня или длины полуволны. Причем используются простейшие модели, так как они должны позволять получить решение проще, чем рассмотрение динамики с учетом трех частей стержня.

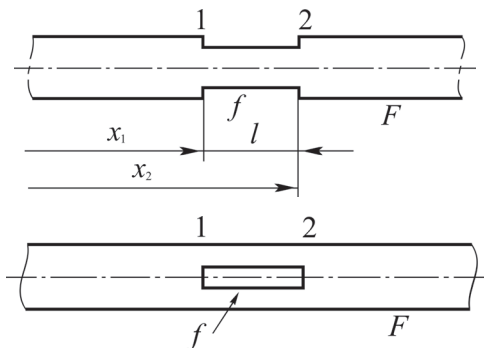


Рис.

Обозначив продольные перемещения и усилия в пределах надреза и по обе стороны от него через u_{12} , N_{12} , u_1 , N_1 , u_2 , N_2 , запишем связь между ними

$$N_{12} = Ef \frac{\partial u_{12}}{\partial x}, N_1 = EF \frac{\partial u_1}{\partial x}, N_2 = EF \frac{\partial u_2}{\partial x}, \quad (1.1)$$

где E , f , F – модуль упругости материала и площади сечений в пределах надреза и целых частей стержня (рис.).

Имеют место равенства

$$u_{12}(x_1) = u_1(x_1), u_{12}(x_2) = u_2(x_2), \quad (1.2)$$

$$N_{12}(x_1) = N_1(x_1), N_{12}(x_2) = N_2(x_2). \quad (1.3)$$

Из уравнения продольного движения в пределах надреза

$$\frac{\partial N_{12}}{\partial x} = \rho f \frac{\partial^2 u_{12}}{\partial t^2}$$

интегрированием в пределах от x_1 до x_2 имеем

$$N_{12}(x_2) - N_{12}(x_1) = \rho f \int_{x_1}^{x_2} \frac{\partial^2 u_{12}}{\partial t^2} dx. \quad (1.4)$$

Согласно (1.3), в уравнении (1.4) усилия $N_{12}(x_1)$ и $N_{12}(x_2)$ можно заменить усилиями N_1 и N_2 .

На длине надреза l , малой по сравнению с длиной волны, в областях 1 и 2 продольное перемещение представим в виде степенного ряда

$$u_{12} = a + bx + cx^2 + dx^3. \quad (1.5)$$

Однако такое представление u_{12} приводит к большим сложностям в полученных выражениях для сопряжения решений в областях 1 и 2. Поэтому далее будем полагать $a \neq 0$, $b \neq 0$, $c \neq 0$, $d = 0$ либо $a \neq 0$, $b \neq 0$, $d \neq 0$, $c = 0$. Рассматривается также случай $a \neq 0$, $b \neq 0$, $c = 0$, $d = 0$.

2. Таким образом, в первом случае для определения коэффициентов a , b , c и двух констант решений волнового уравнения в областях 1 и 2 имеются пять условий (1.2) – (1.4).

Из (1.2) и (1.5) получаем

$$\begin{aligned} a + bx_1 + cx_1^2 &= u_1, \\ a + bx_2 + cx_2^2 &= u_2. \end{aligned}$$

Отсюда коэффициенты a и b выражаем через u_1 , u_2 , c

$$\begin{aligned} a &= u_1 - \frac{(u_2 - u_1)x_1}{l} + (2x_c - x_1)x_1c, \\ b &= \frac{u_2 - u_1}{l} - 2x_c c, \quad l = x_2 - x_1, \quad x_c = \frac{x_1 + x_2}{2}, \end{aligned} \quad (2.1)$$

где l , x_c – размер надреза в продольном направлении и расстояние от начала координат до середины надреза (рис.).

Для определения коэффициента c используем первое условие (1.3) с учетом (1.1)

$$Ef \frac{\partial}{\partial x} (a + bx + cx^2) = N_1(x_1) = EF \frac{\partial u_1}{\partial x} \quad (x = x_1).$$

Подставляя сюда выражения a и b по (2.1), находим

$$c = \frac{u_2 - u_1}{l^2} - \frac{F}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x}. \quad (2.2)$$

Из (2.1) и (2.2) получаем

$$\begin{aligned} a &= u_1 + \frac{(u_2 - u_1)(x_c - l)x_c}{l^2} - \\ &\quad - \frac{F[x_c^2 - (l/2)^2]}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x}, \\ b &= -\frac{u_2 - u_1}{l} \left(\frac{2x_c}{l} - 1 \right) + \frac{2Fx_c}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

С учетом (2.2) и (2.3) выражение перемещения в пределах надреза (1.5) записываем в виде

$$\begin{aligned} u_{12} &= u_1 + \frac{(u_2 - u_1)(x_c - l)x_c}{l^2} - \frac{Fx_c^2}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x} + \\ &\quad + \left[-\frac{(u_2 - u_1)}{l} \left(\frac{2x_c}{l} - 1 \right) + \frac{2Fx_c}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x} \right] x + \\ &\quad + \left[\frac{u_2 - u_1}{l^2} - \frac{F}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x} \right] x^2. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Две из четырех констант интегрирования уравнения продольных колебаний в областях 1 и 2 определяются из граничных условий для стержня. Другие две определяются из второго условия (1.3) и из уравнения (1.4):

$$\begin{aligned} -\frac{u_2 - u_1}{l} \left(\frac{2x_c}{l} - 1 \right) + \frac{Fx_c^2}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x} + \\ + \left[\frac{u_2 - u_1}{l^2} - \frac{F}{fl} \frac{\partial u_1}{\partial x} \right] (2x_c + l) = \frac{F}{f} \frac{\partial u_2}{\partial x} \end{aligned}$$

или

$$\frac{u_2 - u_1}{l} - \frac{F}{2f} \frac{\partial (u_2 + u_1)}{\partial x} = 0. \quad (2.5)$$

Заменяя в (1.4) усилия $N_{12}(x_1)$ и $N_{12}(x_2)$ на $N_1(x_1)$ и $N_1(x_2)$ в соответствии с (1.3) и интегрируя с учетом выражения (1.5), получаем

$$\begin{aligned} N_2(x_2) - N_1(x_1) &= \rho fl \frac{\partial^2}{\partial t^2} \times \\ &\times \left[a + x_c b + \left(x_c^2 + \frac{l^2}{12} \right) c \right]. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Уравнение (2.6) при подстановке в него выражений (1.1), (2.2), (2.3) преобразуется к виду

$$\frac{\partial u_2}{\partial x} = \frac{\partial u_1}{\partial x} = \frac{\rho fl}{12EF} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(11u_1 + u_2 + \frac{2Fl}{f} \frac{\partial u_1}{\partial x} \right). \quad (2.7)$$

Если не учитывать инерционность участка на длине l , то из (2.7) и (2.5) следуют условия

$$\frac{\partial u_2}{\partial x} = \frac{\partial u_1}{\partial x}, \quad \frac{u_2 - u_1}{l} = \frac{F}{f} \frac{\partial u_1}{\partial x}. \quad (2.8)$$

Эти условия были использованы в работах [4–12].

3. Теперь рассмотрим случай $a \neq 0$, $b \neq 0$, $c = 0$, $d \neq 0$. Из системы

$$a + bx_1 + dx_1^3 = u_1, \quad a + bx_2 + dx_2^3 = u_2$$

имеем вместо (2.1)

$$\begin{aligned} a &= u_1 - \frac{(u_2 - u_1)x_1}{l} + (2x_c^2 + x_c l)x_1 d, \\ b &= \frac{u_2 - u_1}{l} - \left(3x_c^2 + \frac{l^2}{4}\right)d. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Подставляя (3.1) в первое условие (1.3), определяем

$$d = \frac{4}{l^2} \left(\frac{u_2 - u_1}{l} - \frac{F}{f} \frac{\partial u_1}{\partial x} \right). \quad (3.2)$$

Тогда вместо (2.3) имеем

$$\begin{aligned} a &= u_1 + \frac{(u_2 - u_1)x_1}{l} \left(\frac{8x_c^2}{l^2} + \frac{4x_c}{l} - 1 \right) - \\ &\quad - \frac{4Fx_1}{fl^2} (2x_c^2 + x_c l) \frac{\partial u_1}{\partial x}, \\ b &= -\frac{12x_c^2(u_2 - u_1)}{l^3} + \frac{4F}{fl^2} \left(3x_c^2 + \frac{l^2}{4} \right) \frac{\partial u_1}{\partial x}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Выражение для перемещения в пределах надреза в соответствии с (1.5), (3.2), (3.3) приобретает вид

$$\begin{aligned} u_{12} &= u_1 + \frac{(u_2 - u_1)x_1}{l} \left(\frac{8x_c^2}{l^2} + \frac{4x_c}{l} - 1 \right) - \\ &\quad - \frac{4Fx_1}{fl^2} (2x_c^2 + x_c l) \frac{\partial u_1}{\partial x} + \left[-\frac{12x_c^2(u_2 - u_1)}{l^3} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{4F}{fl^2} \left(3x_c^2 - \frac{l^2}{4} \right) \frac{\partial u_1}{\partial x} \right] x + \\ &\quad + \frac{4}{l^2} \left(-\frac{F}{f} \frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{u_2 - u_1}{l} \right) x^3. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Второе условие (1.3) и выражения (1.1) и (3.4) дают уравнение

$$\begin{aligned} \frac{u_2 - u_1}{l} - \frac{F(x_c + l/6)}{f(x_c + l/4)} \frac{\partial u_1}{\partial x} - \\ - \frac{Fl}{12f(x_c + l/4)} \frac{\partial u_2}{\partial x} = 0. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Вместо (2.6) имеем

$$N_2 - N_1 = \rho fl \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left[a + x_c b + x_c \left(x_c^2 + \frac{l^2}{4} \right) d \right]. \quad (3.6)$$

Подставляя сюда значения N_1, N_2, a, b, d из (1.1), (3.2), (3.3), получаем

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_2}{\partial x} - \frac{\partial u_1}{\partial x} = \frac{\rho fl}{EF} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left[\frac{u_1 + u_2}{2} - \frac{8x_c^2}{l^2} (u_2 - u_1) + \right. \\ \left. + \frac{2F(x_c - l/2)}{f} \frac{\partial u_1}{\partial x} \right]. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Итак, в случае $a \neq 0, b \neq 0, c = 0, d \neq 0$ условиями сопряжения решений для двух областей 1 и 2 являются уравнения (3.5) и (3.7). Сравнение их с (2.5) и (2.7) показывает, что будучи одинаковыми по структуре, уравнения (3.5) и (3.7) содержат более сложные коэффициенты.

Заметим, что вывод условий сопряжения, исходя из выражения

$$u_{12} = a \left(1 - \frac{1}{2} x^2 \right) + b \left(x - \frac{1}{6} x^3 \right), \quad (3.8)$$

представляющего собой сумму первых членов разложения в степенной ряд функций $\sin x$ и $\cos x$, приводит к весьма сложным соотношениям между функциями $u_1(x_1), u_2(x_2)$ и их производными.

4. Очевидно, наиболее простой вариант условий можно получить, сохранив в рядах (1.5) и (3.8) только два первых члена. Тогда из системы

$$\begin{aligned} a + bx_1 &= u_1, \\ a + bx_2 &= u_2 \end{aligned}$$

находим

$$a = u_1 - \frac{x_1}{l} (u_2 - u_1), \quad b = \frac{u_2 - u_1}{l} \quad (4.1)$$

и согласно (1.1), (4.1)

$$u_{12} = u_1 - \frac{(u_2 - u_1)}{l} (x_1 - x_2). \quad (4.2)$$

Из (1.1) и первого условия (1.3), а также из (1.4), (4.2) следуют уравнения

$$\begin{aligned} N_1 &= Ef \frac{u_2 - u_1}{l}, \\ N_2 - N_1 &= \rho fl \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{u_1 + u_2}{2} \right). \end{aligned} \quad (4.3)$$

Полагаем более предпочтительным пользоваться в практических расчетах усло-

виями (4.3), заменив, однако, первое из них на (2.5), т.е.

$$\frac{N_1 + N_2}{2} = Ef \frac{u_2 - u_1}{l},$$

$$N_2 - N_1 = \rho fl \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{u_1 + u_2}{2} \right). \quad (4.4)$$

В этом варианте присутствуют средние значения продольной деформации, упругих и инерционных сил в пределах надреза с малой длиной l по сравнению с длиной L полуволны в стержне. При $u_1 = u_2$ из (4.4) следуют $N_2 = -N_1$, $N_1 = -(\rho fl/2)(\partial^2 u_1/\partial t^2)$. Случаю $u_1 = -u_2$ соответствуют усилия $N_2 = N_1$, $N_1 = (2Ef/l)u_2 = -(2Ef/l)u_1$. Если $u_1 = 0$, то

$$N_1 = \frac{Ef}{l} \left(u_2 - \frac{\rho l^2}{4E} \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} \right),$$

$$N_2 = \frac{Ef}{l} \left(u_2 + \frac{\rho l^2}{4E} \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} \right).$$

Эти частные случаи легко объяснимы физически.

5. В условиях сопряжения (2.5), (2.7), (3.5), (3.7), (4.4) входящие в них функции $u_1(x_1)$, $u_2(x_2)$ и их производные определены при значениях x_1 и x_2 . Таким образом, при определении констант в решениях в областях 1 и 2 в них необходимо полагать $x = x_1$ и $x = x_2$.

При определении этих констант в единой точке – в середине надреза с координатой x_c в условиях (2.5), (2.7), (3.5), (3.7), (4.4) можно полагать

$$u_1(x_1) = u_1 \left(x_c - \frac{l}{2} \right) \approx u_1(x_c) - \frac{l}{2} \frac{\partial u_1(x_c)}{\partial x},$$

$$u_2(x_2) = u_2 \left(x_c + \frac{l}{2} \right) \approx u_2(x_c) + \frac{l}{2} \frac{\partial u_2(x_c)}{\partial x}.$$

Приведем (4.4) в обоих таких представлениях, вводя безразмерные время и координату $\tau = \sqrt{E/\rho L^2} t$, $\xi = x/L$ ($\xi_1 = x_1/L$, $\xi_2 = x_2/L$, ($\xi_c = x_c/L$), где L – длина полуволны в стержне. Они имеют вид

$$\frac{\partial(u_1 + u_2)}{\partial \xi} = \frac{2}{m}(u_2 - u_1), \quad m = \frac{Fl}{fL}$$

$$\frac{\partial(u_2 - u_1)}{\partial \xi} = \frac{l^2}{2mL^2} \frac{\partial^2(u_1 + u_2)}{\partial \tau^2}, \quad (\xi = \xi_1, \xi_2), \quad (5.1)$$

где в функцию u_1 и ее производные подставляется решение для области 1 при $\xi = \xi_1$, а в u_2 и производные – решение для области 2 при $\xi = \xi_2$.

Эти же уравнения (5.1) имеют и другой вид

$$\frac{\partial(u_1 + u_2)}{\partial \xi} + \frac{l}{2L} \frac{\partial^2(u_2 - u_1)}{\partial \xi^2} =$$

$$= \frac{2}{m} \left(u_2 - u_1 + \frac{l}{2L} \frac{\partial(u_1 + u_2)}{\partial \xi} \right),$$

$$\frac{\partial(u_2 - u_1)}{\partial \xi} + \frac{l}{2L} \frac{\partial^2(u_1 + u_2)}{\partial \xi^2} = \quad (5.2)$$

$$= \frac{l^2}{2mL^2} \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} \left[u_1 + u_2 + \frac{l}{2L} \frac{\partial(u_2 - u_1)}{\partial \xi} \right],$$

$$(\xi = \xi_c),$$

где в функцию u_1 и ее производные подставляется решение для области 1 при $\xi = \xi_c$, а в u_2 и производные – решение для области 2 также при $\xi = \xi_c$.

В случае, когда производные по ξ не возрастают на порядок по сравнению с самими функциями $u_1(\xi)$, $u_2(\xi)$ и отношение l/L имеет порядок 10^{-2} и менее, система (5.2) может быть упрощена путем отбрасывания членов с множителем l/L . Например, низшие формы колебаний

$$u_i = (A_i \cos n\pi\xi + B_i \sin n\pi\xi) \sin \omega t$$

$$\left(n = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \dots \right)$$

не дают увеличения производной по ξ .

Отметим в случае локальных повреждений типа раскрытия трещины отношение $l/L \sim 10^{-3} \div 10^{-5}$. В указанном случае (5.2) имеет такой же вид, что и система уравнений (4.5), но они удовлетворяются при $\xi = \xi_c$.

6. Выше были получены условия сопряжения решений в зоне надреза в приближении одноосной деформации вместо пространственного напряженно-деформированного состояния и представимости функции перемещения в виде степенного ряда в пределах надреза.

Сохраним первое из этих допущений. Кроме того, используем приближение инерционной силы $\rho f \ddot{u}_{i2}$ ее средним значением

$\rho f(\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2)/2$ в пределах надреза, где точка над буквой означает производную по времени. Это среднее значение не зависит от продольной координаты.

Тогда (1.4) будет иметь вид

$$N_{12} = \frac{\rho f}{2}(\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2)x + b. \quad (6.1)$$

Определив константу в соответствии с одним из условий (1.3) $b = N_2 - x_2 \rho f(\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2)/2$, из другого находим

$$N_2 - N_1 = \rho f l(\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2)/2. \quad (6.2)$$

Проинтегрировав (6.1) с учетом (1.1), получаем

$$E f u_{12} = \rho f(\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) \left(\frac{x^2}{2} - x_2 x \right) + N_2 x + a. \quad (6.3)$$

Из решения (6.3) и условий (1.2) определяем

$$N_2 - \frac{\rho f l}{2}(\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) = \frac{E f}{l}(u_2 - u_1). \quad (6.4)$$

Уравнение (6.4) с помощью (6.2) может быть представлено в виде

$$\frac{N_1 + N_2}{2} = E f \frac{u_2 - u_1}{l}. \quad (6.5)$$

Уравнения (6.2) и (6.5) совпадают с системой уравнений (4.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Gladwell G.M.L. Inverse problems in vibration. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 2004. (Русский перевод: Глэдвелл Г.М.Л. Обратные задачи теории колебаний. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. 608 с.)
2. Ватульян А.О., Солюянов Н.О. Об определении местоположения и размера полости в упругом стержне // Дефектоскопия. 2005. №9. С. 44–56.

3. Ватульян А.О. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. М.: Физматлит, 2007. 224 с.

4. Ильгамов М.А. Диагностика повреждений вертикальной штанги // Труды института механики УНЦ РАН. 2007. Вып. 5. С. 201–211.

5. Ильгамов М.А., Хакимов А.Г. Отражение продольной бегущей волны от надреза в стержне // Труды института механики УНЦ РАН. 2007. Вып. 5. С. 212–220.

6. Ильгамов М.А., Хакимов А.Г. Отражение продольной бегущей волны в стержне с повреждением // Контроль. Диагностика. 2009. № 7. С. 43–48.

7. Ильгамов М.А., Хакимов А.Г. Отражение от надреза продольной волны в стержне, погруженном в вязкую жидкость // Сборник трудов международной научно-технической и образовательной конференции «Образование и наука – производству». Ч. I. Кн. 1. Набережные Челны: ИПЦ ИНЭКА, 2010. С. 31–34.

8. Хакимов А.Г. Диагностика повреждений вертикальной штанги на упругой подвеске // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2010. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Khakimov/Khakimov_1.pdf.

9. Ilgamov M.A., Sultanov B.Z., Tazhitdinov A.N., Khakimov A.G. Damage diagnostics in a vertical bar hanged on the elastic suspender with concentrated mass // Abstracts. 10th European Conference on Non-Destructive Testing. Moscow. Part 1. М.: Publishing house Spektr, 2010. P. 345–347.

10. Ильгамов М.А., Хакимов А.Г. Отражение продольной волны от надреза в стержне, погруженном в вязкую жидкость // Вычислительная механика сплошных сред. 2010. Т. 3, № 3. С. 58–67.

11. Ильгамов М.А., Хакимов А.Г. Отражение продольной волны от надреза в стержне, погруженном в вязкую жидкость // Труды института механики УНЦ РАН. 2010. Вып. 7. С. 129–142.

12. Ильгамов М.А., Хакимов А.Г. Отражение затухающей бегущей волны от надреза в стержне // Известия РАН. МТТ. 2011. № 4. С. 116–125.

MODEL OF LONGITUDINAL DYNAMICS OF THE ROD WITH THE LOCAL INHOMOGENEITY

© М.А. Ilgamov

This work gives more precise terms of matching the solutions of the two areas that lie on opposite sides of an transversal-cut or a cavity as well as their simplification in case of very small incisions compared to the half wave length.

Key words: dynamics of the rod, longitudinal waves, buckling, local heterogeneity, cut, cavity.

УДК 630*5:502.5/8

ТАКСАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН (СООБЩЕНИЕ ВТОРОЕ)

© В.П. Путенихин

Изучена таксационная структура лесных культур сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева и ели сибирской в 5 лесоводственных памятниках природы Республики Башкортостан. Охарактеризованы рост насаждений, бонитет, запас и ежегодный прирост древесины, состав дендрофлоры подлеска, естественное возобновление, жизненное состояние, селекционная категория и товарная структура древостоев. Хвойные насаждения лесоводственных памятников природы характеризуются достаточно высокой продуктивностью. Жизненное состояние старовозрастных культур сосны и лиственницы в Ермолаевском дендропарке, а также ели в двух памятниках природы – ослабленное.

Ключевые слова: памятник природы, насаждение, хвойные породы, таксация, продуктивность, жизненное состояние, селекционный состав.

В предыдущем сообщении [1] нами приведены результаты оценки таксационной структуры, жизненного состояния и селекционного состава 10 ботанических памятников природы, выделенных ранее в Республике Башкортостан (РБ) на базе искусственных хвойных насаждений. Всего к настоящему времени на территории РБ учреждены 19 лесоводственных памятников природы, имеющих в своем составе старовозрастные лесные культуры хвойных пород [2]. Изучение роста и продуктивности этих насаждений проводилось достаточно давно [3–5]; для некоторых из них имеются общие таксационные характеристики в «Реестре особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан» [2] по материалам лесоустройств 1990–2000-х гг. Нами продолжены работы по таксационной характеристике лесоводственных памятников природы. В настоящем сообщении приводятся результаты обследования 5 памятников природы.

Полевые работы проводились в 2010 г., в них принимала участие к.б.н. А.Р. Абрарова. Охарактеризованы таксационные показатели насаждений (породный состав, рост в

высоту и по диаметру ствола, бонитет, запас и ежегодный прирост древесины, товарная структура, состав дендрофлоры подлеска, естественное возобновление) [6], жизненное состояние [7] и селекционная категория древостоев [8]. Перечень обследованных объектов приведен в табл. 1, основные таксационные характеристики – в табл. 2. Ниже дано описание изученных лесоводственных памятников в разрезе лесобразующих пород.

С-Бакалинская (см. табл. 1). Участки старовозрастных культур сосны в Бакалинском лесничестве были предложены для выделения в качестве памятника природы ученым-лесоводом Б.И. Федорако [3]. Описание памятника приведено Е.В. Кучеровым с соавторами в первой половине 1970-х гг. [4], краткая информация имеется также в «Реестре...» [2]. В настоящее время (см. также табл. 2) одно из насаждений (1901 г. посадки) в составе памятника природы представляет собой двухъярусный, высокополнотный (1,02) древостой, в котором отдельные деревья сосны достигают высоты 35,5 м, а максимальный диаметр ствола – 64 см. Второй ярус – редкий (сомкнутость крон 0,1–0,2),

состоит из липы сердцевидной, вяза гладкого и клена остролистного (8Лп2Вз+Кл), средняя высота второго яруса 22 м. Подлесок средний и густой (бересклет бородавчатый, черемуха обыкновенная, рябина обыкновенная, липа сердцевидная, ильм горный, малина). Подрост сосны отсутствует. Проективное покрытие яруса трав – 50%, тип леса – разнотравный. Густота древостоя составляет 294 шт./га, прирост древесины – 4,7 куб. м/га в год. Жизненное состояние насаждения – «здоровое» (здоровых деревьев – 87,2%, ослабленных – 12,8%, особой других градаций жизненности нет). Селекционная категория – нормальное среднее насаждение (в таксационных материалах фигурирует как «плюсовое насаждение»): плюсовых деревьев – 0,9%, нормальных лучших – 0,9, нормальных средних – 95,4, минусовых – 2,8%. Класс товарности – I: деловых стволов – 97,2%, полуделовых – 2,8%. Укажем, что в 70-летнем возрасте сосна в данном насаждении имела высоту 22–23 м при диаметре ствола в 30 см, характеризовалась ростом по I классу бонитета [4]. Таким образом, за последние 40 лет (см. табл. 2) высота деревьев возросла в среднем на 8–9 м, диаметр ствола – на 11 см, характеристика по бонитету сохранилась на прежнем уровне.

С-Иглинская (см. табл. 1). Лесные культуры сосны в Иглинском лесничестве, созданные в начале XX в., в качестве памятника природы предложены Б.И. Федорако [по: 4]. Краткие описания имеются в ряде работ [2; 4–5]. К настоящему времени (см. также табл. 2) первый ярус насаждения, представленный сосной и липой, имеет полноту 0,95; максимальная высота деревьев сосны достигает 33 м, максимальный диаметр ствола – 48 см. Второй ярус образован ильмом горным, кленом остролистным и вязом гладким (7Ил2Кл1Вз); его сомкнутость 0,2, средняя высота 17,7 м.

Подлесок средней густоты, небогатый по видовому составу (черемуха обыкновенная, ильм горный, липа сердцевидная, клен остролистный, малина). Подрост сосны не отмечен. Проективное покрытие травяного яруса 80%, тип леса – снытьевый. Густота древостоя 420 шт./га (в т.ч. С – 277 шт./га). Прирост древесины 4,5 куб. м/га в год (в т.ч. С – 3,7 куб. м/га в год). Жизненное состояние насаждения – «здоровое»: здоровых деревьев – 54,2%, ослабленных – 37,3, сильноослабленных – 3,4, сухостоя – 5,1% (индекс относительного жизненного состояния – 81,7%). По селекционной категории – насаждение «нормальное среднее»: нормальных лучших деревьев – 1,8%, нормальных средних – 87,5, минусовых –

Таблица 1

Лесоводственные памятники природы – объекты исследования

Район, землепользователь	Памятник природы (обозначение)	Год посадки	Площадь, га
Бакалинский район, Туймазинское лесничество (Бакалинское и Килеевское участковые лесничества)	«Старовозрастные посадки хвойных пород в Бакалинском лесхозе» (С-Бакалинская)	1852–1902	10,7
Иглинский район, Иглинское лесничество (Пушкинское участковое лесничество)	«Культуры сосны посадки 1903–1911 гг.» (С-Иглинская)	1903–1911	10,6
Куюргазинский район, Ермолаевский поселковый совет	«Ермолаевский дендропарк» (С-Куюргазинская и Лц-Куюргазинская)	1850–1860	6,0
Стерлитамакский район, Стерлитамакское лесничество (Стерлитамакское участковое лесничество)	«Культуры сосны и ели в кв. 13 (выд. 42) Стерлитамакского лесничества» (Е-Стерлитамакская)	1959	0,7
Шаранский район, Туймазинское лесничество (Шаранское участковое лесничество)	«Культуры ели у с. Акбарисово» (Е-Шаранская)	1907–1910	34,9*

Примечание. * В составе памятника природы сохранился единственный участок (кв. 139, выд. 23), остальные вырублены.

10,7%. Класс товарности III: деловых стволов – 69,6%, полуделовых – 30,4%. Согласно имеющимся ранним данным, в возрасте 61–68 лет высота сосны составляла здесь 20–24 м при диаметре ствола 22–25 см [4], в возрасте 80–86 лет высота достигла 23–26 м, диаметр ствола – 25–28 см [5]. Следовательно, за последние 15–20 лет, т.е. к 100-летнему возрасту (см. табл. 2), высота деревьев увеличилась примерно на 4–7 м, диаметр ствола – на 8–11 см.

С-Куюргазинская и Лц-Куюргазинская (см. табл. 1). Сведений по таксационной структуре насаждений сосны и лиственницы, входящих в состав памятника природы «Ермолаевский дендропарк», исключая краткую информацию общего характера в «Реестре...» [2], нами не обнаружено. Основное насаждение дендропарка представлено лиственнично-сосновым древостоем с участием липы и дуба (см. табл. 2). Полнота его (в возрасте около 150–160 лет) составляет 1,07, максимальная высота деревьев сосны – 25,5 м, лиственницы – 28 м; наибольший диаметр ствола деревьев сосны – 42 см, лиственницы – 52 см. Подлесок редкий и средний по густоте (черемуха обыкновенная, бузина сибирская, клен остролистный, клен ясенелистный, дуб черешчатый, ильм горный, карагана древовид-

ная, ирга овальнолистная). Подрост сосны и лиственницы отсутствует, единично встречается самосев ели сибирской. Проективное покрытие травяного яруса высокое – 95%, тип леса – разнотравный. Густота древостоя составляет 429 шт./га (в т.ч. С – 165 шт./га, Лц – 264 шт./га). Ежегодный прирост древесины – около 2,6 куб. м/га в год (в т.ч. С – 0,8 куб. м/га в год, Лц – 1,7 куб. м/га в год). Жизненное состояние сосны обыкновенной «ослабленное»: здоровых деревьев – 14,3%, ослабленных – 66,6, сильно ослабленных – 14,3, отмирающих – 2,4, сухостоя – 2,4% (индекс относительного жизненного состояния – 66,8%). Жизненное состояние лиственницы также ослабленное: здоровых деревьев – 27,3%, ослабленных – 60,6, сильно ослабленных – 12,1%, отмирающих деревьев и сухостоя нет (индекс жизненного состояния – 74,5%). По селекционной категории насаждение «нормальное среднее» (нормальных средних деревьев сосны 75,6%, лиственницы – 63,6%; минусовых деревьев сосны – 24,4%, лиственницы – 36,4%). Класс товарности насаждения – III (по сосне: деловых стволов – 56,1%, полуделовых – 41,5, дровяных 2,4%; по лиственнице: деловых стволов – 37,9%, полуделовых – 59,1, дровяных – 3,0%).

Таблица 2

Таксационные показатели насаждений в лесоводственных памятниках природы

Объект	Состав древостоя	Год (возраст, лет)*	Н, м**	Д, см**	Бонитет	Запас (запас), куб.м./га***
Сосна обыкновенная						
С-Бакалинская	10С	1901 (109)	30,8	41,4	I	513
С-Иглинская	8С2Лп	1910 (100)	29,7	36,4	I	452 (369)
С-Куюргазинская	3С6Лц1Лп едД	1850–1860 (150–160)	23,2	29,9	III	405 (120)
Лиственница Сукачева						
Лц-Куюргазинская	6Лц3С1Лп едД	1850–1860 (150–160)	24,5	34,0	III	405 (260)
Ель сибирская						
Е-Стерлитамакская	8Е2С	1959 (51)	19,5	21,6	I	362 (280)
Е-Шаранская	10Е ед БОсЛпКл	ок. 1910 (ок. 100)	26,4	43,7	II	377 (368)

Примечания: * Год посадки (возраст на момент обследования). ** Средняя высота и средний диаметр ствола для главной лесобразующей породы. *** Запас древесины общий (в т.ч. запас по главной лесобразующей породе).

Е-Стерлитамакская (см. табл. 1). Краткая таксационная характеристика имеется только в «Реестре...» [2] по материалам лесоустройства 1991 г. Елово-сосновое насаждение в возрасте 51 года (см. табл. 2) имеет полноту 1,19; деревья ели достигают максимальной высоты 24 м, диаметра ствола 32 см. Подлесок редкий (ильм горный, бузина сибирская, липа сердцевидная, вяз гладкий, рябина обыкновенная, клен ясенелистный, черемуха обыкновенная, яблоня домашняя, жимолость обыкновенная). По краям насаждения встречается единичный подрост ели сибирской. Проективное покрытие травяного яруса 2–5%, тип леса – редкотравно-снытьевый. Густота древостоя – 1070 шт./га (в т.ч. Е – 812 шт./га). Ежегодный прирост древесины 7,1 куб. м/га в год (в т.ч. Е – 5,5 куб. м/га в год). По жизненному состоянию насаждение «ослабленное» (здоровых деревьев ели – 53,1%, ослабленных – 27,4, сильно ослабленных – 6,2, сухостоя – 13,3%; индекс относительного жизненного состояния – 74,7%). Селекционная категория – «нормальное среднее» насаждение (нормальных средних деревьев – 86,7%, минусовых – 13,3%). Класс товарности древостоя – II (деловых стволов – 74,5%, полуделовых – 22,4, дровяных – 3,1%). С 1991 г. [2, а также материалы лесоустройства по Стерлитамакскому лесничеству за 1991 г.], т.е. в течение последних 20 лет, происходил существенный прирост деревьев по высоте: средняя высота ели увеличилась приблизительно на 8 м, средний диаметр – на 5,5 см, бонитет возрос со II класса до I.

Е-Шаранская. Памятник природы, предложенный для охраны Б.И. Федорако [3; 9], к началу 2000-х гг. был представлен несколькими разобщенными участками, из которых к настоящему времени сохранился только один – около 1910 г. посадки (см. табл. 1). Выполненное нами таксационное описание показывает (см. также табл. 2), что насаждение представлено среднеполнотным (0,79) древостоем, в котором высота отдельных деревьев ели достигает 29 м, а максимальный диаметр ствола – 62 см. Древостой двухъярусный; второй ярус представлен кле-

ном с небольшим участием ильма горного и березы повислой (10Кл+ИлБ), сомкнутость полога второго яруса 0,5, средняя высота 16 м. Густота яруса подлеска – от редкой до средней (бересклет бородавчатый, рябина обыкновенная, лещина обыкновенная, ильм горный, липа сердцевидная, клен остролистный, вяз гладкий, черемуха обыкновенная, жимолость обыкновенная, дуб черешчатый). Подрост ели – единичный. Проективное покрытие травяного яруса – 10%; тип леса – редкотравный. Густота древостоя составляет 212 шт./га (в т.ч. Е – 200 шт./га). Средний ежегодный прирост древесины – 3,8 куб. м/га в год (в т.ч. Е – 3,7 куб. м/га в год). Жизненное состояние древостоя – «ослабленное»: здоровых деревьев – 55,5%, ослабленных – 29,2, сильно ослабленных – 2,8, отмирающих деревьев – 1,4, сухостоя – 11,1%, индекс относительного жизненного состояния – 77,2%. Селекционная категория – «нормальное среднее насаждение»: плюсовых деревьев – 6,3%, нормальных лучших – 1,6, нормальных средних – 87,5, минусовых – 4,6%. Класс товарности древостоя – I: деловых стволов – 95,3%, полуделовых – 3,1, дровяных – 1,6%.

В возрасте 42 лет один из участков ели в составе данного памятника природы имел следующие таксационные характеристики: средняя высота 18,2 м, средний диаметр ствола – 18,4 см [3]. В 63-летнем возрасте культуры ели достигли высоты 17–21 м при диаметре ствола 22–24 см [4]. Согласно данным «Реестра...» [2] (которые приведены, вероятно, по материалам лесоустройства начала 2000-х гг.), деревья в возрасте около 90 лет имели высоту 23–27 м и диаметр ствола 28–32 см. Таким образом, с 63 лет и до 90–100-летнего возраста (т.е. за последние 27–37 лет) средняя высота деревьев увеличилась примерно на 6–7 м, средний диаметр – на 10–20 см.

Результаты таксационного описания свидетельствуют о достаточно высокой продуктивности хвойных насаждений, входящих в состав обследованных лесоводственных памятников природы РБ. Жизненное состояние старовозрастных культур сосны и лиственницы в Ермолаевском дендропарке, а также ели

в двух памятниках природы, ослабленное. Изученные участки могут служить объектами лесосеменной базы и использоваться в качестве семенных заказников в соответствующих лесорастительных районах РБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Путенихин В.П. Таксационная структура лесоводственных памятников природы в Республике Башкортостан // Известия Уфимского научного центра РАН. 2011. № 2. С. 16–21.

2. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан / Отв. ред. Б.М. Миркин. Уфа: Гилем, 2006. 414 с.

3. Федорако Б.И. Вопросы охраны ценных древесных насаждений Башкирской АССР // Охрана природы и озеленение населенных пунктов: Мат-лы Шестого Всеурал. совещ. по вопросам географии и охраны природы. Уфа, 1961. С. 45–53.

4. Кучеров Е.В., Кудряшов И.К., Максютлов Ф.А. Памятники природы Башкирии. Уфа: Башк. книж. изд-во, 1974. 368 с.

5. Кучеров Е.В., Мулдашев А.А., Галеева А.Х. Ботанические памятники природы Башкирии. Уфа, 1991. 144 с.

6. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность, 1977. 512 с.

7. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.

8. Вересин М.М., Ефимов Ю.П., Арефьев Ю.Ф. Справочник по лесному селекционному семеноводству. М.: Агропромиздат, 1985. 245 с.

9. Кучеров Е.В. Охрана природы – всенародное дело. Уфа, 1962. 103 с.

TAXATION STRUCTURE OF SILVICULTURAL NATURE MONUMENTS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN (SECOND REPORT)

© V.P. Putenikhin

Taxation structure of artificial stands of *Pinus sylvestris* L., *Larix sukaczewii* Dyl. and *Picea obovata* Ledeb. is studied in 5 silvicultural nature monuments of the Republic of Bashkortostan. Growth of stands, site index, growing stock and annual wood increment, dendroflora composition of undergrowth, natural regeneration, viable state, tree breeding category and trade structure of stock are characterized. Coniferous stands of silvicultural nature monuments are characterized by rather high productivity. Viable state of old-aged artificial stands of pine and larch in Ermolayevskiy Arboretum as well as spruce in two nature monuments is weakened.

Key words: nature monument, stand, conifers, taxation, productivity, viable state, tree breeding composition.

УДК 633.1:633.31/37:57.085.2

ОЦЕНКА ЭКСПЛАНТА ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В ЦЕЛЯХ АДАПТАЦИОННОЙ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

© Н.Н. Круглова, В.И. Никонов

На примере ряда генотипов яровой мягкой пшеницы показано, что критическая стадия сильновакуолизированной микроспоры является биотехнологически оптимальной для массового получения растений в культуре *in vitro* пыльников.

Ключевые слова: биотехнология, культура *in vitro*, пыльник, микроспора, яровая мягкая пшеница.

Современные биотехнологии кардинально меняют процесс селекционной работы по выведению новых высокопродуктивных гибридных линий и сортов яровой мягкой пшеницы, устойчивых к неблагоприятным факторам конкретного региона. Для региона Южного Урала таким крайне неблагоприятным экологическим фактором является засуха.

Практическую значимость биотехнологических методов культуры *in vitro* определяет образование на конечном этапе полноценных фертильных растений-регенерантов. Культивируемые органы представляют собой пластичные системы, способные менять в экспериментальных условиях *in vitro* процессы развития под воздействием определенных физических и химических факторов. Это свойство дает возможность подобрать условия для максимальной реализации морфогенетического потенциала культивируемого экспланта, вплоть до формирования фертильных растений-регенерантов, причем контролируемые условия *in vitro* позволяют управлять этим процессом (по [1]).

Перспективное экспериментальное направление в этой области исследований – метод культуры *in vitro* пыльников. В основе метода лежит открытый в 1964 г. [2] уникальный феномен андроклинии (в другой терминологии – андрогенез *in vitro*) [3], состоящий в образовании гаплоидного растения-регенеранта

из морфогенетически компетентной клетки пыльника. При этом такая клетка переключает программу развития с обычного гаметофитного пути, ведущего в естественных условиях к формированию пыльцевого зерна (гаметофита), на принципиально иной – спорофитный – путь развития, ведущий в условиях культуры *in vitro* к формированию растения (спорофита).

Метод культуры *in vitro* пыльников в настоящее время – единственный способ закрепления гетерозисного эффекта (в т.ч. по признаку «засухоустойчивость») у гибридов первого поколения. Использование этого метода позволяет получать гомозиготные константные линии гибридов за сравнительно короткое время, что значительно сокращает сроки селекции. Кроме того, использование метода облегчает отбор ценных генотипов (например, засухоустойчивых), возникающих в результате рекомбинации генетических факторов родительских форм, что дает возможность ускоренной оценки перспективности гибридных популяций или мутантных форм [4–5].

За более чем 40-летнюю практику использования метода культуры *in vitro* пыльников как биотехнологического приема достигнуты определенные селекционные успехи, однако высокоэффективные технологии массового получения андроклинных гаплоидных растений пшеницы пока отсутствуют. С помощью этого метода выведены всего два сорта пшеницы – ози-

мый сорт Florin (лаборатория улучшения растений при университете Париж-3юйд, Орсай [6]) и яровой сорт McKenzie (Институт биотехнологии растений, Канада, Саскатчеван [7]).

Широкому внедрению метода культуры *in vitro* пыльников в селекционную практику препятствует ряд обстоятельств, важнейшее из которых – низкий выход андроклинных растений. Основная проблема, связанная с разработкой эффективной биотехнологии массового стабильного получения андроклинных фертильных растений, состоит в выявлении стадии развития пыльника, биотехнологически оптимальной для инокуляции пыльников на питательную среду *in vitro*.

Методическую и методологическую помощь в решении этой проблемы может оказать концепция критических стадий развития репродуктивных структур растений [8]. Согласно данной концепции, развитие репродуктивных структур включает ряд критических стадий, характеризующихся тем, что в эти временные промежутки происходят ступенчатые процессы детерминации и переключения программ развития. В контексте анализируемой концепции критической следует назвать стадию развития пыльника, содержащего клетки, морфогенетически компетентные к переключению гаметофитного пути развития на спорофитный *in vitro* с формированием растения.

Цель данной работы состояла в выявлении критической стадии развития пыльника яровой мягкой пшеницы для совершенствования биотехнологии получения андроклинных растений в культуре *in vitro*.

Материал и методы исследования.

Материалом для исследования послужили сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 55, Башкирская 4, Скала, Жница, Московская 35, Симбирка, Казахстанская 10, Sonalika, а также гибридная линия Фотос, перспективные для климатической зоны Южного Урала и используемые в селекционно-генетических программах Башкирского НИИ сельского хозяйства РАСХН (г. Уфа).

Для экспериментов использовали растения, выращенные в полевых условиях на экс-

периментальных участках научного стационара Института биологии УНЦ РАН (Уфимский район). Культивирование пыльников вели согласно авторским разработкам [9–10]. Использовали общепринятые методы световой микроскопии [11] и фенологических наблюдений [12]. Использовали авторскую периодизацию развития пыльника злаков [13].

Результаты и их обсуждение. Критическую стадию развития пыльника выявили экспериментально. При этом условия эксперимента отличались только по одному параметру – стадии развития пыльника, которую выявляли на основании предварительной цитологической оценки пыльников методом временных давленных препаратов.

На питательную среду *in vitro* инокулировали пыльники в следующих стадиях развития: археспорий, спорогенная клетка, микроспороцит, невакуолизируемая микроспора, слабовакуолизируемая микроспора, сильновакуолизируемая микроспора, двуклеточное пыльцевое зерно, трехклеточное пыльцевое зерно.

Нами установлено, что у всех изученных сортов и линий во все года исследования при прочих равных условиях к образованию растений приводила инокуляция пыльников в стадии сильновакуолизированной микроспоры. Таким образом, эту стадию развития пыльника можно оценивать как критическую, во время которой сильновакуолизируемые микроспоры компетентны к переключению программы развития и образованию растения. Такая компетентность микроспоры, по-видимому, определяется ее тотипотентностью – свойством клетки, обладающей всеми морфогенетическими возможностями целой особи [1].

Хотелось бы коснуться терминологического аспекта. Предложено немало терминов для обозначения гаплоидных морфогенетически компетентных клеток пыльника. Так, морфогенетически компетентными считаются так называемая S-пыльца и так называемые P-пыльцевые зерна; используются такие термины, как «спорофитная пыльца», «андрогенная пыльца», «андрогенная микроспора», «эмбриогенная микроспора». Мы предлагаем пользоваться термином

«морфогенная микроспора», а тот ограниченный промежуток времени, в течение которого определенные внешние факторы условий культивирования *in vitro* способны переключить гаметофитную программу развития морфогенных микроспор на спорофитную, определить как «морфогенное окно» [14].

Способность сильновакуолизированной (морфогенной) микроспоры к переключению программы развития с гаметофитного пути на спорофитный определяется, по нашему мнению, тем обстоятельством, что эта клетка по своей структурной организации (наличие крупной вакуоли и крупного ядра, расположенного строго противоположно поре прорастания) сходна с зиготой (наличие крупной вакуоли и крупного ядра, апикально-базальная организация [15]). В связи с этим нельзя не согласиться с мнением о том, что существует принципиальное сходство структурной организации инициальных клеток при различных системах репродукции [16].

С позиции подхода к пыльнику как к сложной интегрированной системе [5; 17–19] необходимо учитывать состояние всех его тканей в любой момент развития. Цито-гистологический анализ показал, что стенка гнезда пыльника всех изученных сортов и линии пшеницы в критической стадии развития характеризуется следующим статусом: кутинизация оболочек клеток экзотеция, отложение фиброзных утолщений в оболочках клеток эндотеция, дегенерация клеток среднего слоя и тапетума.

Ранее, в т.ч. нами, был выявлен [20] удобный в биотехнологической и селекционной практике фенотипический маркер растений яровой мягкой пшеницы, содержащих пыльники в критической стадии развития: растения находятся в фенофазе стеблевания на VII этапе органогенеза по шкале [12], при этом диагностическое значение имеет следующий показатель: кончик находящегося в трубке колоса располагается на строго определенном для каждого генотипа расстоянии от основания флагового листа до основания предпоследнего листа. Наши исследования подтвердили перспективность использования такого фенотипического маркера. Таким об-

разом, фенотипическим маркером критической стадии развития пыльника служит отношение расстояния от основания предпоследнего листа до основания флагового листа к расстоянию от основания флагового листа до кончика находящегося в трубке колоса. Фенотипический маркер у каждого из изученных сортов и линии был своим.

В последние десятилетия интенсивное развитие методов культуры *in vitro* клеток, тканей и органов растений привело к тому, что биотехнология растений значительно расширила границы своего применения в адаптивной селекции. В то же время далеким от окончательного решения остается вопрос о биотехнологически оптимальном экспланте и совершенствовании способов реализации его морфогенетического потенциала с целью получения зрелых растений-регенерантов с качественными семенами.

Наши исследования с привлечением концепции критических стадий развития репродуктивных органов растений и оценкой структурной организации пыльника с позиции системного подхода позволили идентифицировать именно сильновакуолизованную микроспору как клетку, морфогенетически компетентную к переключению программы развития с гаметофитной на спорофитную. Выявленный фенотипический маркер критической стадии развития пыльника позволяет проводить экспресс-диагностику у растений различных сортов и линий яровой мягкой пшеницы. Все это дает возможность оптимизировать биотехнологический процесс стабильного получения полноценных андроклиных растений пшеницы в культуре *in vitro* для внедрения их в селекционную практику по созданию новых районированных сортов с закрепленным гетерозисным эффектом, адаптированных к конкретным климатическим условиям. Так, полученные нами андроклиные растения яровой мягкой пшеницы переданы для селекционных испытаний в лабораторию селекции яровой пшеницы Башкирского НИИ сельского хозяйства РАСХН. По предварительной оценке селекционеров, андроклиные растения зарекомендовали себя как конкурентоспособные.

Исследование поддержано грантом по программе ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий (2012–2014 гг.)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
2. Guha S., Maheshwari S. *In vitro* production of embryos from anther of *Datura* // Nature. 1964. V. 204, № 4957. P. 497.
3. Круглова Н.Н., Батыгина Т.Б., Горбунова В.Ю., Титова Г.Е., Сельдимирова О.А. Эмбриологические основы андроклинии пшеницы. М.: Наука, 2005. 99 с.
4. Анапияев Б.Б. Культура микроспор и гаплоидная биотехнология пшеницы. Алматы: Гылым, 2001. 220 с.
5. Круглова Н.Н. Морфогенез в культуре пыльников пшеницы: эмбриологический подход. Уфа: Гилем, 2001. 203 с.
6. De Buyser J., Henry Y., Lonnet P. Florin: a doubled haploid wheat variety developed by the anther culture method // Plant Breed. 1987. V. 98, № 1. P. 53–56.
7. Kartha K., Graf R. McKenzie wheat // Bull. Plant Biotechnol. Inst. 1999. № 1. P. 9–12.
8. Batygina T.B., Vasilyeva V.E. Periodization of development of reproductive structures. Critical periods // Acta Biol. Cracov. Ser. Bot. 2003. V. 45, № 1. P. 27–36.
9. Круглова Н.Н., Батыгина Т.Б. Методические рекомендации по использованию морфогенетического потенциала пыльника в биотехнологических исследованиях яровой мягкой пшеницы. Уфа: ИБ УНЦ РАН, 2002. 22 с.
10. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Регенерация пшеницы *in vitro* и *ex vitro*: цито-гистологические аспекты. Уфа: Гилем, 2011. 124 с.
11. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
12. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М.: Изд-во МГУ, 1977. 256 с.
13. Круглова Н.Н. Периодизация развития пыльника злаков как методологический аспект изучения андрогенеза *in vitro* // Известия РАН. Серия биол. 1999. № 3. С. 275–281.
14. Круглова Н.Н. К проблеме унификации терминологии при разработке инновационной биотехнологии андроклиной гаплоидии // Известия Уфимского научного центра РАН. 2011. № 3. С. 37–42.
15. Батыгина Т.Б., Васильева В.Е. Зигота // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 2: Семя / Ред. Т.Б. Батыгина. СПб.: Мир и семья, 1997. С. 307–321.
16. Батыгина Т.Б., Васильева В.Е. Размножение растений. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2002. 232 с.
17. Резникова С.А. Цитология и физиология развивающегося пыльника. М.: Наука, 1984. 270 с.
18. Батыгина Т.Б. Пыльник как модель изучения морфогенетических потенциалов и путей морфогенеза // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1: Генеративные органы цветка / Ред. Т.Б. Батыгина. СПб.: Мир и семья, 1994. С. 120–121.
19. Батыгина Т.Б., Круглова Н.Н., Горбунова В.Ю., Титова Г.Е., Сельдимирова О.А. От микроспоры – к сорту. М.: Наука, 2010. 174 с.
20. Горбунова В.Ю., Круглова Н.Н. Индукция андрогенеза *in vitro* у яровой мягкой пшеницы. Оптимальная фаза микроспорогенеза // Известия РАН. Серия биол. 1997. № 6. С. 668–676.

EVALUATION OF EXPLANT FOR BIOTECHNOLOGICAL ELABORATIONS WITH THE PURPOSE OF ADAPTIVE SELECTION OF SPRING SOFT WHEAT IN DROUGHTY CONDITIONS OF THE SOUTH URAL

© N.N. Kruglova, V.I. Nikonov

On the examples of number of spring soft wheat genotypes it has demonstrated that the critical stage of strong vacuolated microspore is the biotechnologically optimal stage for mass plant obtaining in anther culture *in vitro*.

Key words: biotechnology, culture *in vitro*, anther, microspore, spring soft wheat.

УДК 579.841

**НОВЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ РОДА *PARACOCCLUS*,
ВЫДЕЛЕННЫЙ ИЗ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ**

© Т.Ю. Коршунова, С.Р. Мухаматдырова, О.Н. Логинов

Хемоорганотрофная аэробная бактерия *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1* выделена из образцов почвы с территории промышленного предприятия Республики Башкортостан. Филогенетический анализ, основанный на сравнении нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК, показал, что штамм хорошо обособлен от других представителей рода *Paracoccus* – уровень сходства с филогенетически близкородственным типовым штаммом *Paracoccus homiensis* DD-R11(T) составляет 97,69%. Изучены культурально-морфологические и физиолого-биохимические свойства *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1* и проведено их сравнение с таковыми у типового штамма.

Ключевые слова: штамм *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1*, культуральные и физиолого-биохимические свойства, филогенетическое древо.

В настоящее время проблема систематики бактерий стала актуальной в связи со стремительно увеличивающимся как вширь (описание новых видов), так и вглубь (более детальное разностороннее изучение уже описанных видов) объемом знаний об этих объектах живой природы. Систематика микроорганизмов является одним из наиболее сложных разделов биологической науки. Объясняется это ограниченностью морфологических и цитологических признаков у бактерий (простота строения, отсутствие полового процесса, типичного ядра и других органоидов в клетках), а также трудностями в изучении их филогенеза, т.к. имеющиеся указания на окаменевшие остатки микроорганизмов малочисленны и почти ничего не дают для понимания процессов эволюционного развития. Данные о географическом распределении и специфике бактерий тоже не могут быть использованы для целей систематики из-за того, что микроорганизмы широко распространены в природе и характерной особенностью их является космополитизм [1].

Разрешение вопроса, связанного с определением вида микроорганизмов, важно не только для развития фундаментальных областей науки (среди них теория эволюции, генетика и экология популяций), но и для выполнения многих прикладных задач. На деятельности микроорганизмов основан целый ряд необходимых человеку производств продуктов питания, разнообразных химических веществ, лекарственных препаратов и т.д. Они используются для очистки окружающей среды от различных антропогенных загрязнений. В то же время многие бактерии являются возбудителями заболеваний человека, животных, растений, а также вызывают порчу продуктов питания и промышленных материалов. Представители других научных дисциплин часто используют микроорганизмы в качестве инструментов и модельных систем при проведении исследований. Быстрое размножение и развитие бактерий на питательных средах дают возможность проводить широкие эксперименты и получать результаты в короткий срок. Особенно это важно при

КОРШУНОВА Татьяна Юрьевна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: korshunovaty@mail.ru
МУХАМАТДЬЯРОВА Светлана Ринатовна, Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: svetarm@gmail.com
ЛОГИНОВ Олег Николаевич – д.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: biolab316@yandex.ru

массовом анализе большого числа поколений микроорганизмов. Т.е. во всех областях, где действующим фактором являются бактерии, проблема вида и способы его выявления приобретают первостепенное значение. В настоящее время проблемой видовой принадлежности бактерий занимаются многочисленные лаборатории во всем мире.

Для установления вида не ограничиваются только какой-либо одной характеристикой, используют совокупность признаков – морфологических, культуральных, цитохимических, физиолого-биохимических, филогенетических и др. Видовой идентификации бактерий особенно способствует то, что их можно культивировать на искусственных питательных средах в чистом изолированном виде и при этом наблюдать за развитием не только отдельных клеток, но и всей популяции в целом, отмечая любые видимые изменения на всех стадиях процесса. Быстрый рост бактерий дает возможность разрешать многие вопросы, связанные с изменчивостью организма, его наследственной стабильностью, и вместе с этим устанавливать ведущие видовые признаки.

В последние два десятилетия систематика микроорганизмов претерпела кардинальные изменения благодаря успехам в развитии методов молекулярной биологии, химического анализа и компьютерного программирования, которые существенно повлияли на формирование представлений о филогении микроорганизмов и генетических механизмах, лежащих в их основе.

Сейчас для идентификации конкретного микроорганизма сначала выделяют чистую культуру и проводят секвенирование нуклеотидной последовательности гена 16S рРНК, которое позволяет на основании сравнения его первичной структуры с известными структурами из GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>) отнести исследуемые виды бактерий к различным таксономическим группам. Ген 16S рРНК имеет высококонсервативные и варибельные участки, анализ которых дает важную эволюционную информацию и позволяет выяснить место микроорганизма на филогенетическом древе [2].

Получаемые дендрограммы служат не только базисом для реконструкции филогении бактерий, но и способствуют пониманию процесса развития биохимических, физиологических и экологических взаимоотношений микроорганизмов. Однако одни только филогенетические схемы не могут быть использованы для построения иерархической системы. Необходимы сведения фенотипического ряда для описания и разграничения таксономических групп – видов, родов и высших таксонов [3–4]. Современная классификация прокариот базируется на полифазном подходе – интегрированном применении различной согласующейся информации о микроорганизмах генотипического, фенотипического, филогенетического и экологического характера [5].

Целью данной работы было исследование культурально-морфологических и физиолого-биохимических свойств штамма, выделенного из техногенно загрязненной почвы, и определение его таксономического положения.

Условия эксперимента. Выделение штаммов производилось из образцов почвы с территории промышленного предприятия Республики Башкортостан. Для получения микроорганизмов методом накопительных культур 1 г почвы помещали в колбы (объем 250 мл) со 100 мл жидкой минеральной среды Раймонда без пептона. Состав среды Раймонда (г/л): $\text{Na}_2\text{CO}_3 - 0,1$; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,2$; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,02$; $\text{CaCl}_2 - 0,01$; $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O} - 0,02$; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O} - 1,0$; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} - 1,5$; $\text{NH}_4\text{NO}_3 - 2,0$; агар – 12,0 [6]. В качестве единственного источника углерода и энергии вносили формиат натрия в количестве 0,5–1% (по объему). Инкубирование проводили в лабораторном термостатируемом встряхивателе П-5.10Э5960 при температуре 28°C и 160 об/мин в течение 5 суток. Бактериальные штаммы выделяли из накопительных культур на агаризованной минеральной среде Раймонда, на поверхность которой наносили углеводородный субстрат – 100 мкл стерильного дизельного топлива. Культивирование микроорганизмов на чашках Петри осуществляли при температуре 30°C. Дифференциацию полу-

чившихся колоний производили по культурально-морфологическим признакам.

Чистоту выделенных культур проверяли общепринятыми методами – микроскопическим контролем и высевом на агаризованную среду МПА [7].

Идентификацию чистых культур микроорганизмов проводили по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, используя общепринятые руководства [8–11].

Выделение тотальной ДНК из колоний бактерий, выросших на твердой среде МПА, выполняли с помощью комплекта реагентов «РИБО-сорб» торговой марки «АмплиСенс» (Россия), согласно рекомендациям производителя.

Аmplification фрагмента гена 16S рPHK производили с использованием бактериальных праймеров: прямого 27F (5'-AGAG TTTGATC (A/C)TGGCTCAG-3') и обратного 1492R (5'-ACGG(C/T)TACCTTGTTACGACTT-3'). ПЦР была выполнена в 25 мкл смеси, состоящей из 1х буфера для *Taq*-полимеразы, 0,25 мМ дНТФ, 1,5 мМ MgCl₂, 0,4 мкМ каждого праймера, 2 ед. акт. *Taq*-полимеразы и 10 нг геномной ДНК, при следующих условиях: 95°C – 5 мин; далее 30 циклов, включающих 30 с при 94°C, 30 с при 55°C и 1 мин 20 с при 72°C; затем следовала дополнительная элонгация при 72°C в течение 5 мин.

Определение нуклеотидной последовательности амплифицированных фрагментов гена 16S рPHK осуществляли с применением набора реактивов Big Dye Terminator v. 3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, США) на автоматическом секвенаторе Genetic Analyzer 3500 xl (Applied Biosystems, США). Секвенирующую реакцию проводили при следующем режиме: 30 циклов, включающих 94°C – 20 с, 55°C – 15 с, 60°C – 1 мин. Состав реакционной смеси включал 4 мкл Terminator Ready reaction Mix, 20 нг амплифицированной ДНК-матрицы, 3,2 пкмоль праймера. До конечного объема (10 мкл) доводили деионизированной водой (MiliQ). Продукты секвенирования очищали с помощью набора

BigDye® XTerminator™ Purification Kit (Applied Biosystems, США).

Предварительный анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рPHK производили, используя пакет программ EzTaxon server 2.1 (<http://147.47.212.35:8080/index.jsp>). Далее сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рPHK с такими типовых штаммов близкородственных видов выполняли с помощью программы CLUSTAL W [12].

Последовательности генов 16S рPHK выравнивали с соответствующими последовательностями ближайших видов бактерий с помощью SINA alignment service (<http://www.arb-silva.de/aligner/>), согласно рекомендациям [13].

Дендрограммы выстраивали в программе MEGA версии 5 методом «присоединения ближайших соседей» (Neighbor-Joining method) [14] с использованием 2-параметрической модели Кимура [15].

Результаты и обсуждение. В процессе работы выделены 2 бактериальных изолята, разлагавших формиат натрия в жидкой среде, и проведена их генетическая идентификация. Нуклеотидная последовательность одного штамма проявила низкий уровень сходства с таковой для филогенетически близкородственного типового штамма *Paracoccus homiensis* DD-R11(T) (97,69%). Согласно исследованию [16], уровень различий в 1% характерен для видовой дифференциации. Поэтому можно предположить, что данный штамм представляет собой новый вид микроорганизмов. Для дальнейшего выяснения видовой принадлежности бактерии, получившей рабочее название *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1*, были изучены культуральные и физиолого-биохимические признаки и проведено их сравнение с таковыми типового штамма *Paracoccus homiensis* DD-R11(T) [17] (табл.).

Клетки *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1* сферические (диаметр 0,5–0,9 мкм) или в форме коротких палочек (длина 0,9–1,2 мкм), одиночные, в парах или группах. Аэробные, грамотрицательные, неподвижные бактерии.

Т а б л и ц а

Сравнительная характеристика штамма *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1* и филогенетически близкородственного типового штамма *Paracoccus homiensis DD-11(T)*

Признак	<i>Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1</i>	<i>Paracoccus homiensis DD-11(T)</i>
Место выделения	Почва, территория промышленного предприятия, РБ	Прибрежный песок, мыс Хоми, Южная Корея
Колонии	Округлые, ярко-оранжевого цвета с ровными, более светлыми краями, выпуклым центром, плотные, не люминисцирующие, диаметром 2–4 мм	Круглые, окраска от бесцветной до кремово-белой, выпуклые
Морфология и размеры клеток	Сферические (диаметром 0,5–0,9 мкм) или в форме коротких палочек (длиной 0,9–1,2 мкм), одиночные, в парах или группах	Палочки или яйцевидной формы (0,7–2,5 x 0,5–0,7 мкм)
Подвижность	–	+
Клеточная стенка	Гр(–)	Гр(–)
Отношение к O ₂	Аэроб	Аэроб
Каталаза	+	+
Гидролиз:		
желатина	+	+
крахмала	–	–
казеина	–	–
твина	(твин 20) –	(твин 80) +, (твин 40) –
мочевины	–	–
NaCl	не более 2,5%	не более 15% (оптимум при 3–5%)
pH	7,0–7,8 (оптимум 7,3)	5,0–9,0 (оптимум 6,0–8,0)
Температура	5–37°C (оптимум 20–32°C)	10–40°C (оптимум 25–30°C)
Используемые субстраты:		
D-глюкоза	+	+
D-лактоза	+	+
L-рамноза	+	+
D-рафиноза	+	н.д.
D-галактоза	+	+
D-мальтоза	+	–
D-ксилоза	+	н.д.
L-арабиноза	+/-	–
сорбит	+	+
манит	+	+
D-аланин	+	+
D-тирозин	–	н.д.
DL-серин	–	L-серин +, D-серин –
DL-триптофан	–	н.д.
D-валин	–	н.д.
D-лейцин	–	н.д.
аспарагиновая кислота	–	н.д.
DL-метионин	–	н.д.

Примечание. «–» отсутствие признака, «+/-» слабое проявление признака, «+» наличие признака, «н.д.» нет данных.

В зависимости от природы используемого субстрата образуют колонии, отличающиеся размерами и окраской. В основном они ярко-оранжевого цвета с ровными, более светлыми краями, выпуклым центром, плотные, не люминисцирующие, диаметром 2–4 мм.

Катализная реакция положительная. Не потребляют малонат и цитрат. Не обладают липазной и лецитиназной активностью. Не гидролизуют казеин, крахмал, твин 20. Разлагают желатину. Не образуют сероводород, аммиак и индол.

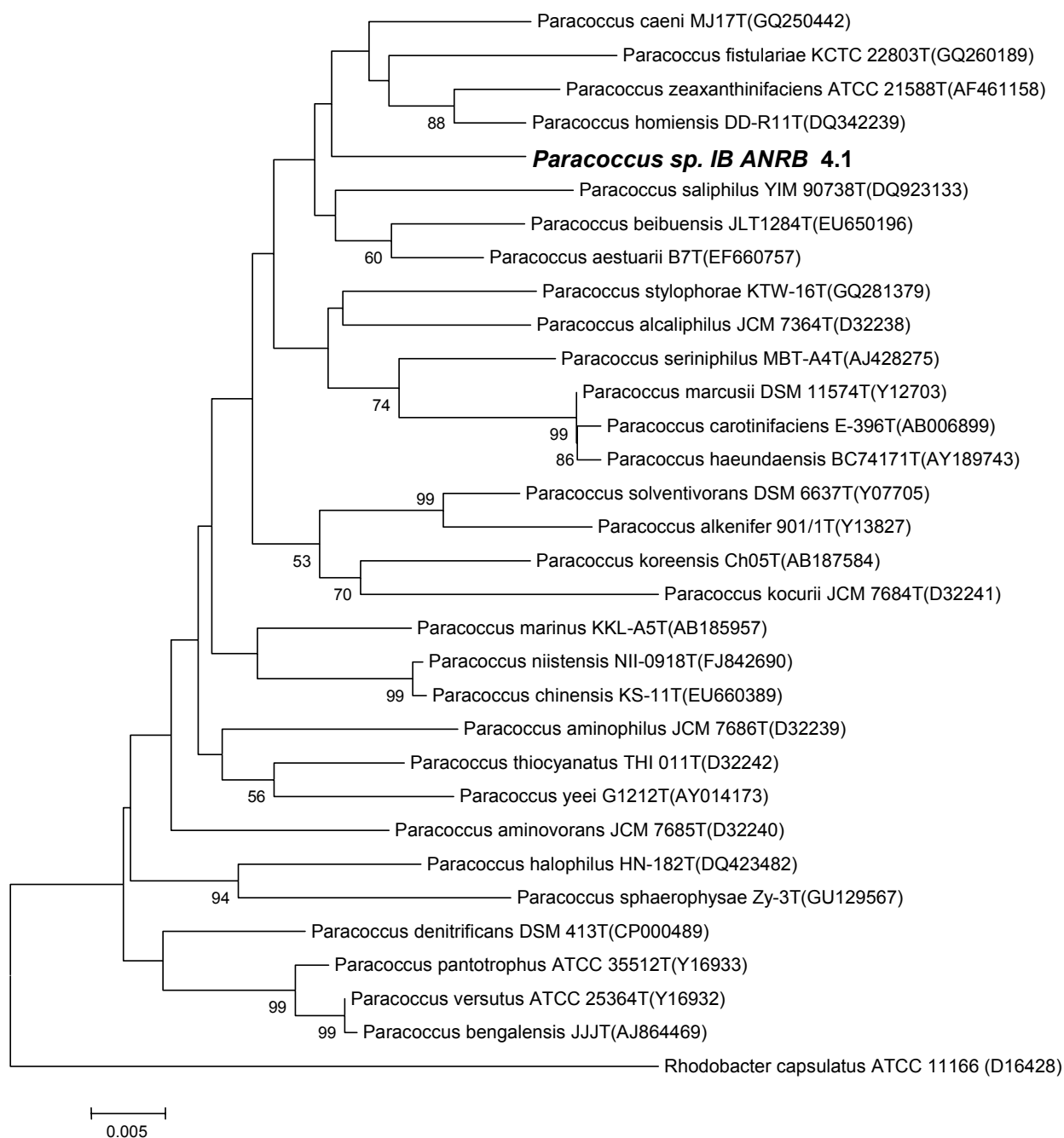


Рис. Положение штамма *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1* на филогенетическом древе рода *Paracoccus*, основанное на сравнении 32 нуклеотидных последовательностей гена 16S рПНК. Использовался метод «ближайшего соседа» (Neighbor-Joining). Масштаб соответствует 5 нуклеотидным заменам на каждые 1000 нуклеотидов. Все положения, содержащие промежутки и недостающие данные, были устранены. В заключительном наборе данных было в общей сложности 1261 положение. Цифрами показана статистическая достоверность порядка ветвления, определенная с помощью «bootstrap»-анализа (приведены значения выше 50%)

Оптимальный рост наблюдается при 20–32°C, максимальная температура развития 37°C, минимальная – 5°C. Диапазон pH от 7,0 до 7,8 (оптимум 7,3). Способны переносить концентрации NaCl не более 2,5%.

Нуждаются в факторах роста. Проявляют жесткие требования к природе потребляемого субстрата. В качестве единственного источника углерода и энергии используют некоторые спирты (сорбит и маннит), а также углеводы (D-глюкозу, D-лактозу, L-рамнозу, D-рафинозу, D-галактозу, D-мальтозу, D-ксилозу). При этом образуется незначительное количество кислот, выделение газов не обнаружено. В качестве источника углерода и азота расходуют аминокислоту D-аланин. Плохо растут на L-арабинозе, не развиваются на D-тирозине, DL-серине, DL-триптофана, D-валине, D-лейцине, аспарагиновой кислоте, DL-метионине.

Демонстрируют хороший рост на морском агаре, МПА, среде Раймонда с пептоном.

Устойчивы к линкомицину. Чувствительны к ванкомицину, стрептомицину, левомицетину, фузидину, бензилпенициллину, неомицину, канамицину, тетрациклину.

Для уточнения филогенетического положения нового изолята был проведен сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей видов, относящихся к роду *Paracoccus*, и построена дендрограмма. На рис. видно, что штамм *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1* хорошо обособлен на филогенетическом уровне.

Таким образом, полученные результаты позволяют с высокой долей вероятности считать, что штамм *Paracoccus sp. IB-ANRB 4.1* представляет собой новый вид микроорганизмов.

В дальнейшем планируется изучение хемотаксономических характеристик и уточнение видовой принадлежности штамма, а также поиск его практического применения.

Работа выполнена по ГНТП АН РБ «Инновационные технологии в сельском хозяйстве, биологии и медицине».

ЛИТЕРАТУРА

1. Жизнь растений. Т. 1: Введение. Бактерии и актиномицеты / Под ред. Н.А. Красильникова и А.А. Уранова. М.: Просвещение, 1974. С. 183–186.
2. Amann R.I., Ludwig W., Schleifer K.-H. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation // *Microbiol. Revs.* 1995. V. 59, № 1. P. 143–169.
3. Калакуцкий Л.В. С.Н. Виноградский и современные представления о виде бактерий // *Экология микроорганизмов: Мат-лы международной конференции к 150-летию С.Н. Виноградского.* М., 2006. С. 63–65.
4. Stackebrandt E. and Swings J. Bundling the forces in systematists // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2005. V. 55. P. 993–994.
5. Gilles M., Vandamme P., De Vos P. et. al. Polyphasic Taxonomy // *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.* 2nd ed. New York: Springer Verlag, 2001. V. 1. P. 43–8.
6. Raymond R.L. Microbial oxidation of n-paraffinic hydrocarbons // *Develop. Industr. Microbiol.* 1961. V. 2, № 1. P. 23–32.
7. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: практ. пособие / Под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 215 с
8. Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхардта. М.: Мир, 1984. Т. 3. 264 с.
9. Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н., Лысак Л.В. Методы идентификации и выделения почвенных бактерий. М.: Изд-во МГУ, 1990. 76 с.
10. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж. Хоулта. М.: Мир, 1997. Т. 1, 2.
11. The Prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications / Eds. A. Balows. Berlin, New York: Springer-Verlag, 1992. V. 1–4.
12. Thompson J.D., Higgins D.G., Gibson T.J. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice // *Nucleic Acids Res.* 1994. V. 22. P. 4673–4680.
13. Tindall B.J., Rosselly-Myra R., Busse H.J. et al. Notes on the characterization of prokaryote strains for taxonomic purposes // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2010. V. 60. P. 249–266.

15. Saitou N. and Nei M. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees // *Mol. Biol. and Evol.* 1987. V. 4. P. 406–425.

15. Kimura M. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences // *J. Mol. Evol.* 1980. V. 16. P. 111–120.

16. Stackebrandt E. and Ebers J. Taxonomic parameters revisited: tarnished gold standards // *Microbiology Today*. 2006. № 6. P. 152–155.

17. Kim B.-Y., Weon H.-Y., Yoo S.-H. et al. *Paracoccus homiensis* sp. nov., isolated from a sea-sand sample // *Int. J. Sys. Evol. Microbiol.* 2006. № 56. P. 2387–2390.



NEW REPRESENTATIVE OF GENUS *PARACOCUS* ALLOCATED FROM ANTHROPOGENIC OF THE POLLUTED SOIL

© **T.Yu. Korshunova, S.R. Mukhamatdyarova, O.N. Loginov**

A chemoorganotrophic aerobic bacterium (*Paracoccus* sp. *IB-ANRB* 4.1) has been allocated from a soil samples from the territory of the industrial enterprise of the Republic of Bashkortostan. The 16S rRNA-based phylogenetic analysis has shown that the strain is well isolated from other representatives of the genus *Paracoccus*. Similarity level with phylogenetic closely related standard strain of *Paracoccus homiensis* DD-R11 (T) makes 97,69 %. Cultural, morphological and physiological, biochemical features *Paracoccus* sp. *IB-ANRB* 4.1 are studied. Also comparison with those at a standard strain is carried out them.

Key words: strain *Paracoccus* sp. *IB-ANRB* 4.1, cultural, physiological, biochemical features, phylogenetic tree.

УДК 58.085

**ЭМБРИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА *FABACEAE* LINDL.
(ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ)**

© А.Е. Круглова

Дан критический анализ литературных данных по эмбриологии представителей семейства бобовые *Fabaceae* Lindl. Рассмотрены вопросы развития пыльника, семяпочки, зародыша бобовых.

Ключевые слова: эмбриология, пыльник, семяпочка, зародыш, *Fabaceae*.

Эмбриология растений – наука о зарождении и начальных этапах развития растительного организма [1]. Цель данного обзора – проанализировать отечественные литературные источники по развитию пыльника, семяпочки и зародыша у представителей семейства бобовые *Fabaceae* Lindl.

Развитие пыльника

Пыльник – плодущая (фертильная) часть тычинки, специализированный генеративный орган семенного растения, основная функция которого связана с формированием и развитием мужских гаметофитов – пыльцевых зерен, содержащих мужские гаметы – спермии. Кроме того, это система специализированных гетерогенных клеток, предназначенная для защиты, питания и рассеивания пыльцы. Пыльник состоит из небольшого числа высокоспециализированных тканей (спорогенной ткани с ее производными и тканей стенки гнезда), имеющих общее происхождение. Спорогенная часть пыльника, по своей сути – это микроспорангий [2].

Первые морфологические описания пыльника и пыльцевых зерен относятся к концу XVII в. К настоящему времени пыльник и его развитие у представителей различных семейств покрытосеменных растений изучены достаточно подробно (монографии: [3–9]). Развитие пыльника предложено разграничить

на три периода – премейотический, мейотический и постмейотический [9]. Премейотический период характеризуется усиленной митотической активностью, в результате которой формируются стенка пыльника и спорогенная ткань, т.е. происходит образование микроспорангиев. В ходе мейотического периода происходит мейоз микроспороцитов, приводящий к образованию сначала диад, а затем тетрады гаплоидных микроспор, первых клеток гаметофитного поколения. В постмейотический период развиваются и созревают пыльцевые зерна на фоне соответствующих изменений в стенке микроспорангиев. При этом развитие микроспор связано с их митотическими делениями, дающими начало системе двуклеточного пыльцевого зерна. Таким образом, в пыльнике заканчивается процесс микроспорогенеза и начинается процесс микрогаметофитогенеза.

Различают сформированный пыльник, стенка гнезда которого представлена конечным числом слоев, специфичным для каждого таксона, и зрелый пыльник – в момент вскрывания [10]. Формирование стенки пыльника протекает довольно быстро, однако окончательная дифференциация каждого слоя достаточно длительна. Клетки каждого слоя проходят в дальнейшем совершенно разные пути развития и достигают разного уровня специализации, что связано с выполняемыми ими функциями в процессе микроспо-

ро- и микрогаметогенеза. Сформированная стенка гнезда пыльника у большинства покрытосеменных состоит из таких слоев (тканей), как тапетум, средний слой, эндотеций, эпидермис (экзотеций), имеющих общее происхождение. Строение клеток различных тканей стенки пыльника специфично и тесно связано с выполняемыми ими функциями.

Особое внимание привлекает тапетум (выстилающий слой) – полифункциональная однослойная или многослойная внутренняя ткань стенки пыльника, находящаяся в тесном контакте с микроспорами и пыльцевыми зернами. Главная функция этой ткани – снабжение развивающихся пыльцевых зерен питательными веществами. В зависимости от структурных особенностей клеток условно различают два основных типа тапетума (с их возможными реорганизациями) – клеточный (секреторный), клетки которого сохраняют свое первоначальное положение и впоследствии разрушаются, и периплазмодиальный, протопласты клеток которого проникают между микроспорозитами и развивающимися пыльцевыми зернами, сливаются и образуют периплазмодий [11].

Большой интерес вызывают клетки среднего слоя, расположенного между тапетумом и эндотецием. Количество средних слоев в стенке микроспорангия варьируется от 1 до 7; в редких случаях средний слой отсутствует. На раннем этапе морфогенеза пыльника клетки этого слоя хорошо выражены, содержат крупные густоокрашенные ядра, однако митозы в них уже прекращены. Далее (в мейотический период развития пыльника) клетки сильно удлиняются, уплощаются, становятся аморфными и постепенно разрушаются. Однако в целом клетки этой ткани сохраняют свою жизнедеятельность в течение длительного времени, дегенерируя лишь к периоду зрелого пыльника. Высказано мнение, что клетки среднего слоя первоначально выполняют функцию запасующих клеток (депо крахмала и других питательных веществ), а затем играют посредническую роль в передаче ассимилятов, а также в формировании клеточной оболочки микроспоры [12].

Эндотеций – наружная однослойная или многослойная ткань стенки микроспорангия, расположенная под эпидермисом. В молодом пыльнике клетки эндотеция, вытянутые в тангентальном направлении и содержащие крупные ядра, мало отличаются от клеток эпидермиса и среднего слоя. Поздняя по сравнению с остальными слоями стенки пыльника дифференциация клеток эндотеция объясняется ингибированием их со стороны других тканей стенки пыльника [9].

Экзотеций (эпидермис) как покровная ткань выполняет функцию защиты поверхности пыльника и способствует, совместно с эндотецием, вскрытию пыльника после созревания пыльцевых зерен. В стенке зрелого пыльника экзотеций представлен мощным гипертрофированным слоем [10].

Таким образом, ткани стенки гнезда и спорогенная ткань пыльника развиваются и функционируют как единая система [2; 9–10].

Развитие пыльника хорошо изучено главным образом у тех бобовых, которые имеют хозяйственное значение (люцерна *Medicago* L., клевер *Trifolium* L., донник *Melilotus* L., чина *Lathyrus* L., люпин *Lupinus* L., вика *Vicia* L., козлятник *Galega* L.) [4; 13–17]. Известны сравнительно немногочисленные исследования пыльников некоторых бобовых, произрастающих в природных условиях – астрагал *Astragalus* L. [18–20], остролодочник ханкайский *Oxytropis chankaensis* Jurtz. [21], о. сходный *O. ambigua* (Pall.) DC и выделенный из последнего *O. baschkirensis* Knjazev [22–26]. Рассмотрим закономерности и особенности морфогенеза пыльника, выявленные этими авторами у изученных бобовых.

Установлено, что у *Trifolium* пыльники дву-, трех- и четырехгнездные, у *Medicago*, *Melilotus*, *Astragalus*, *Oxytropis chankaensis*, *O. ambigua* (Pall.) DC., *Galega orientalis* Lam. четырехгнездные. Пыльники развиваются по типу двудольных, или центробежному типу. Самые ранние стадии развития пыльника наблюдаются в мелких бутонах, расположенных в пазухах листьев. В этот период в пыльнике уже выделяется спорогенная ткань и стенка пыльника, которая включает эпидер-

мис (экзотеций), эндотеций, средний слой и тапетум. В период мейотического деления микроспороцитов осуществляется дифференциация слоев стенки пыльника. Клетки эпидермиса растягиваются и уплощаются, ядра в них деформируются, цитоплазма сильно вакуолизуется; такие клетки уже называют экзотецием. Клетки эндотеция вытягиваются в радиальном направлении, в оболочках клеток формируются фиброзные утолщения. Средний слой постепенно дегенерирует. Тапетум – клеточного секреторного типа (по классификации [11]), однослойный. Дегенерация тапетума совпадает по времени со стадией тетраад микроспор или распавшихся тетрад. Стенка зрелого пыльника бобовых состоит из экзотеция и эндотеция.

Зрелые пыльцевые зерна бобовых – дву-клеточные. Они округлые у *Medicago*, эллипсоидальные – у *Trifolium*, *Melilotus* и *Astragalus*, округлые и эллипсоидальные у *Oxytropis chankaensis* и *O. ambigua* (Pall.) DC., округлые или округло-овальные у *Galega orientalis*.

Зрелые пыльники раскрываются продольными трещинами. У ряда бобовых (*Oxytropis chankaensis*, *Medicago lupulina*) отмечено такое явление, как прорастание пыльцевых зерен в пыльцевые трубки внутри пыльников сразу же после созревания.

Приводятся статистические данные о размерах зрелой пыльцы бобовых. Так, средний размер зрелых пыльцевых зерен *Oxytropis chankaensis* составляет 20x25 мкм, *O. baschkirensis* – 15,5±0,1 мкм по длинной оси и 14,3±0,1 мкм в поперечнике по экватору. Средняя величина зрелой пыльцы у однолетних видов *Medicago* варьирует от 25,2±0,8 мкм до 53,4±1,0 мкм по полярной оси и от 22,2±1,0 мкм до 52,2±1,1 мкм в поперечнике по экватору.

Достаточно большое количество работ посвящено изучению такой важной проблемы, как фертильность зрелой пыльцы бобовых. Фертильность пыльцы у представителей семейства, как правило, высокая. Например, у 167 коллекционных образцов *Medicago* средний показатель фертильности пыльцевых зерен колеблется от 85 до 100%, у *Galega orientalis* – более 90%. В природных популя-

циях *Oxytropis chankaensis* выявлена высокая фертильность пыльцы (79,2–95,7%), аналогичный показатель у *O. baschkirensis* в условиях интродукции также достаточно высок (от 76,5 до 89,6% в зависимости от года исследования).

Развитие семяпочки

Семяпочка (синоним – семязачаток) представляет собой генеративный орган семенного растения, обеспечивающий воспроизведение нового растительного организма. Осуществление этой функции тесно связано с особенностями строения семяпочки, а также различного рода структурно-физиологическими перестройками тканей в ходе процессов опыления, оплодотворения, развития зародыша и эндосперма. Появление нового растительного организма связано с формированием и развитием в нуцеллусе женского гаметофита – зародышевого мешка, содержащего женскую гамету – яйцеклетку [27].

Первые работы, посвященные изучению семяпочки, появились еще в XVII в. (по [28]). Исследованию развития семяпочки у представителей различных семейств покрытосеменных растений к настоящему времени посвящена обширная литература (монографии [5–7; 28–29]).

Хорошо выявлена структура семяпочки цветковых. Типичная семяпочка состоит из центрального тела – нуцеллуса (мегаспорангия), окруженного одним-двумя защитными покровами-интегументами, и прикрепленного к плаценте фуникулуса. Часть семяпочки, прилегающую к фуникулусу, называют халазой. На противоположном (микропилярном) полюсе семяпочки свободные концы интегумента (интегументов) вытягиваются в микропиле, через который по секреторной жидкости к зародышевому мешку проникает пыльцевая трубка, а при прорастании семени выходит зародышевый корень. Выделяют и некоторые другие части семяпочки – гипостазу, подиум и др. (по [29]).

На основании изучения дифференциации семяпочек у представителей различных

семейств покрытосеменных с самых ранних этапов предложена классификация групп и типов нуцеллуса. Показано, что тот или иной тип мегаспорангия не зависит от основных типов семяпочки, поэтому особенности строения нуцеллуса относятся к числу надежных таксономических признаков [30].

Хорошо установлено, что форма семяпочек у покрытосеменных различна. На основании строения проводящей системы и положения микропиле предложено выделять прямую (ортотропную, атропную), обращенную (анатропную), полуобращенную (гемитропную), односторонне изогнутую (кампилопную) и двусторонне изогнутую (амфитропную) семяпочку. По степени развитости нуцеллуса выделяют семяпочку красинуцеллятную – с мощным нуцеллусом и tenuinuцеллятную – со слабовыраженным нуцеллусом. По наличию и числу интегументов различают семяпочку двупокровную, однопокровную и беспокровную. Считается, что семяпочка с развитым нуцеллусом и с двумя интегументами представляет собой примитивный тип [7].

Выдвинут принцип подхода к семяпочке как сложной динамичной интегрированной системе, тесно связанной с развитием всего растительного организма и характеризующейся непрерывно меняющимся состоянием своей целостности. Каждый этап развития семяпочки характеризуется определенными морфогенетическими и морфофизиологическими корреляциями, которые обуславливают нормальное протекание мегаспоро- и гаметогенеза [31]. Разрабатывается проблема апоптоза тканей семяпочки с позиции системы надежности [32].

На определенном этапе развития семяпочки в ней формируется и развивается женский гаметофит – зародышевый мешок. Сравнительно многочисленны литературные данные о зародышевом мешке цветковых, функциях входящих в его состав яйцеклетки, центральной клетки с полярными ядрами, синергид и антипод. Хорошо установлено, что из оплодотворенной яйцеклетки далее развивается зародыш. Синергиды в системе зароды-

шевого мешка выполняют различные функции: привлечение пыльцевых трубок к зародышевому мешку, участие в растворении пыльцевой трубки и в обеспечении попадания спермиев в пространство между яйцеклеткой и центральной клеткой. Центральная клетка участвует в образовании эндосперма. Антиподы рассматриваются как физиологический аппарат питания зародышевого мешка и зародыша [7].

Различия в морфологическом происхождении, способах образования и в структурной организации зародышевых мешков создают основу для их классификации. В настоящее время в эмбриологической литературе известно большое число классификаций типов развития зародышевого мешка. Так, по числу мегаспор, образующих зародышевый мешок; числу митозов, происходящих после мейотических делений; поведению ядер, определяющих особенности организации зародышевого мешка выделено 16 таких типов [33]. С позиции морфогенетической и эволюционной неравновесности критериев выделения типов зародышевых мешков предложена иерархическая классификация зародышевых мешков: 3 основных типа (моно-, би- и тетраспорические) с подтипами и 17 вариаций [34].

На основании анализа экспериментального материала и литературных данных предложены понятия «сформированный зародышевый мешок» (в котором завершилось клеткообразование и протекает специализация его элементов, характеризуется определенным специфичным для каждого таксона числом и расположением клеток) и «зрелый зародышевый мешок» (в котором произошла дифференциация и завершилась специализация его элементов, сформирован морфологически, яйцеклетка и центральная клетка готовы к оплодотворению) [35].

Морфогенез семяпочек у видов сем. *Fabaceae*, включая развитие зародышевого мешка, изучен достаточно полно. Дадим краткий анализ данных, представленных в работах [14; 16–17; 21; 26; 36–37], а также в обзорах [4; 13; 38].

Установлено, что для семян бобовых характерны значительные различия по морфологии. У представителей подсемейств *Mimosoideae* и *Caesalpinoideae* семечки преимущественно анатропные, в подсемействе *Faboideae* преобладают кампилотропные (*Astragalus*, *Cicer* L., *Glottidium* Desv., *Indigofera*, *Lupinus*, *Medicago*, *Phaseolus*, *Spartium* L., *Trifolium*, *Vicia*, *Galega orientalis*, *Oxytropis chankaensis*, *O. ambigua* (Pall.) DC., однако встречаются и другие типы: ана-кампилотропные (*Glycine max* (L.) Merr., *Thermopsis* R. Br.), анатропные (*Ougeinia*), гемитропные (*Arachis* L., *Glycine javanica*), амфитропные (*Crotalaria* L.), орто-амфитропные (*Genista rumelica*).

Как правило, семечки красинуцеллятные и двупокровные, Внутренний интегумент 2–3-слойный, внешний – многослойный, особенно массивный в микропилярной части. Оба интегумента, например, у *Oxytropis ambigua* (Pall.) DC., принимают участие в образовании микропиле (изогнутого или прямого), что совпадает с окончанием дифференциации зародышевого мешка. Внутренний эпидермис внутреннего интегумента дифференцируется в интегументальный тапетум, хорошо выраженный у *Anthyllis* L., *Astragalus*, *Coronilla* L., *Lotus* L., *Medicago*, *Onobrychis*, *Ononis* L., *Phaseolus*, *Trifolium*, *Trigonella* L. и *Vigna* Savì. Описаны, однако, и теннуинцеллятные (виды *Robinia* L.) и однопокровные (*Oxytropis chankaensis*) семечки. Халаза массивная. Проводящий пучок через фуникулус входит в халазу. Фуникулус преимущественно короткий, однако у некоторых представителей подсемейства *Mimosoideae* длинный и тонкий.

О типе археспория (одноклеточный или многоклеточный) у бобовых в литературе имеются противоречивые сведения. Сообщается, что археспорий преимущественно одноклеточный в подсемействах *Mimosoideae*, *Caesalpinoideae*, многоклеточный или одноклеточный у *Faboideae*.

Развитие зародышевого мешка у абсолютного большинства бобовых протекает по типу Polygonum с формированием моноспорического, биполярного, трехмитозного,

7-клеточного, 8-ядерного зародышевого мешка. Однако у некоторых видов *Faboideae* отсутствие цитокинеза после 2-го деления мейоза приводит к образованию биспорического зародышевого мешка, развивающегося по Allium-типу.

В процессе созревания происходят определенные изменения, и зрелый зародышевый мешок характеризуется следующими особенностями. В микропилярной его части расположен хорошо дифференцированный яйцевой аппарат, состоящий из яйцеклетки и двух синергид. В центральной клетке имеются два полярных ядра, расположенные вблизи яйцеклетки (у *Astragalus* и *Trifolium* – в непосредственном контакте с яйцеклеткой). В халазальной части располагаются три клетки антиподального комплекса.

В отношении клеток-антипод литературные данные противоречивы. В абсолютном большинстве работ указывается, что эти клетки эфемерны и к моменту оплодотворения, как правило, дегенерируют (многолетние виды *Medicago sativa* и *M. media*); зрелый зародышевый мешок, таким образом, в этом случае 4-клеточный 5-ядерный. Однако антиподы отмечены во время оплодотворения у *Lupinus polyphyllus* Jindl. и после оплодотворения у *Caragana arborescens* Lam., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Pisum sativum* L., *Indigofera pulchella*.

Зрелый зародышевый мешок принимает форму, характерную для изогнутой семечки.

Развитие зародыша (эмбриогенез)

Зародыш – зачаток нового растения-спорофита у цветковых растений, берущий начало от зиготы (оплодотворенной яйцеклетки) [39].

Принято разделять эмбриогенез на несколько таксоноспецифических стадий, которые различаются по морфологической характеристике, морфофизиологическим процессам, функциональной перестройке и продолжительности. Однако единой точки зрения в этом вопросе нет. М.С. Яковлев [40] подразделяет процесс формирования зародыша на три крупных периода: зиготный, проэмбриональный (постепенное нарастание количе-

ства клеток при отсутствии тканевой дифференциации), эмбриональный (завершается образованием зрелого зародыша). Т.Б. Батыгина [41] считает целесообразным выделить в развитии зародыша два этапа, или две фазы: первичной дифференциации (бластомеризации) и органогенеза. В эмбриогенезе двудольных достаточно общепринято выделять стадии: проэмбриональная (от зиготы до дифференциации эмбриодермы), глобулярная (от дифференциации эмбриодермы до инициации семядолей), сердцевидная (инициация и первые этапы формирования семядолей), торпедовидная (активный осевой рост зародыша и формирование первых структур гипокотили и радикулы), сформированного зародыша (в зрелом семени). Многие исследователи при описании раннего развития зародыша двудольных выделяют ряд следующих стадий: зигота, 2-клеточный проэмбрио, 4-клеточный проэмбрио, 8-клеточный проэмбрио (стадия квадрантов), 16-клеточный проэмбрио (стадия октантов) [42].

Вопросы формирования и развития зародыша бобовых достаточно хорошо изучены, особенно у тех представителей семейства, которые активно используются в хозяйственных целях – люцерна *Medicago*, клевер *Trifolium* и др. Установлено, что период времени от начала прорастания пыльцы на рыльце до двойного оплодотворения у разных видов *Medicago* составляет от 4 до 24 час [15].

Процесс двойного оплодотворения у видов *Fabaceae* не имеет особых отличий от такового у представителей других семейств. Оплодотворение порогамное. Зигота приобретает характерную радиальную симметрию. Пыльцевая трубка проникает в зародышевый мешок через одну синергиду, разрушая ее, вторая синергида сохраняется до начала деления зиготы. Реже при прохождении пыльцевой трубки в зародышевый мешок разрушаются обе синергиды. Спермии вступают в контакт с ядром яйцеклетки и одним из полярных ядер почти одновременно, но образование первичного ядра эндосперма в результате тройного слияния завершается быстрее, чем образование зиготы [13; 15; 26; 43].

У бобовых выявлены различные типы эмбриогенеза. Развитие зародыша идет по Onagrad-типу (вариация *Trifolium*) у триб *Astragaleae* (за исключением *Galega*), *Coronilleae*, *Genisteae* (за исключением *Lupinus*, *Rothia*), *Loteae*, *Phaseoleae*, *Podalyrieae* и *Sophoreae*, у видов рода *Trifolium*, *Astragalus*, *Trigonella*, *Oxytropis*; по Caryophyllad-типу (вариация *Medicago*) у видов рода *Medicago*; по Solanad-типу у видов рода *Cicer*, *Melilotus albus*, *M. officinales*; по Asterad-типу у *Erythrina indica*. В то же время отсутствие четкости в следовании эмбриогенеза по этим типам у некоторых видов бобовых делает необходимым выделение *Lotus*-, *Phaseolus*-вариаций в Onagrad-типе, *Vicia*-вариации в Caryophyllad-типе [14–15; 38; 44–45].

По мнению многих исследователей, наиболее распространен у представителей семейства бобовых Onagrad-тип эмбриогенеза, в настоящее время установленный у представителей 88 семейств как двудольных, так и однодольных растений [3–4; 38]. Для Onagrad-типа характерны заложение поперечной клеточной перегородки при делении зиготы, Т-образное расположение клеток четырехклеточного зародыша и образование основных его структур из производных апикальной клетки, а подвеска и гипофизиса – из базальной клетки двуклеточного проэмбрио. Основные части зародыша (семядоли, подсемядольное колено, зачатки стебля и корня) развиваются из верхней клетки (*ca*), а из нижней (*cb*) развиваются только подвесок и гипофизис. В верхней клетке зародыша (*ca*) перегородки после первых двух делений проходят продольно, образуя четыре клетки квадранта, которые затем, делясь периклиально, образуют восемь клеток октанта. Нижняя клетка зародыша (*cb*) делится поперечно, образуя длинный, нитевидный подвесок, состоящий из ряда клеток. Наружные клетки октанта дают начало тунике, а внутренние – корпусу. По мере дальнейших делений число клеток все больше увеличивается, и, наконец, начинают образовываться семядоли, придавая зародышу вид сердечка, а также образуются зачаток корня, стебля и подвесок, состоящий из

нескольких клеток с очень крупной базальной, гаусториеобразной клеткой. Глобулярная стадия зародыша весьма длительна, и зародыш дифференцируется поздно. Зрелый зародыш содержит две крупные, круглой, овальной или удлинённой формы семядоли, небольшую почечку и толстый корешок [26; 43; 45].

Степень развития и форма суспензора у бобовых чрезвычайно варьируют: у *Hedysarum* L. и *Lespedeza* L. небольшой, слабо выраженный; у *Cicer*, *Galega*, *Lupinus*, *Medicago* и *Ononis* – длинный, нитевидный; у *Lotus* и *Trifolium* – мелкий, шаровидный; у *Coronilla*, *Cytisus* L., *Dorychnium* Mill., *Laburnum* Medik. и *Sarothamnus* Wimm. – крупный, гроздевидный; у *Glycine*, *Phaseolus* и *Psoralea* L. – массивный. У *Vicia melanops*, *V. pannonica* и *V. striata* суспензор дегенерирует [15; 17; 26; 38; 43].

В целом анализ литературных данных свидетельствует о том, что достаточно хорошо изучены вопросы эмбриологии растений семейства *Fabaceae*, возделываемых в качестве пищевых и кормовых растений. Большой вклад в изучение этих вопросов внесли сотрудники Ботанического сада АН МССР [13] и Пермского государственного университета [14–15]. Пермскими ботаниками изучены и вопросы эмбриологии некоторых дикорастущих бобовых [15; 18–20].

В последние годы особую актуальность приобретают эмбриологические исследования видов бобовых, входящих в категорию редких и находящихся под угрозой исчезновения. В то же время эмбриологические данные по таким видам достаточно ограничены и выполнены главным образом на примере представителей рода *Oxytropis*. Необходимо изучение эмбриологии других редких и исчезающих видов бобовых, поскольку именно это семейство – одно из наиболее богатых редкими реликтовыми и эндемичными видами, находящимися под угрозой исчезновения.

Исследование поддержано программой «Ведущие научные школы РФ» (грант НШ-7637.2010.4, лидер Школы – чл.-корр. РАН Т.Б. Батыгина).

ЛИТЕРАТУРА

1. Батыгина Т.Б. Введение // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. СПб.: Мир и семья, 1994. С. 19–23.
2. Камелина О.П. Пыльник // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. СПб.: Мир и семья, 1994. С. 39–40.
3. Сравнительная эмбриология цветковых растений. Т. 3. *Winteraceae-Junlandaceae*. Л.: Наука, 1985. 285 с.
4. Поддубная-Арнольди В.А. Характеристика семейств покрытосеменных растений по цитозембриологическим признакам. М.: Наука, 1982. 352 с.
5. Эмбриология растений: использование в генетике, селекции, биотехнологии. Т. 1 / Пер. с англ.; Под ред. И.П. Ермакова. М.: Агропромиздат, 1990. 509 с.
6. Эмбриология растений: использование в генетике, селекции, биотехнологии. Т. 2 / Пер. с англ.; Под ред. И.П. Ермакова. М.: Агропромиздат, 1990. 463 с.
7. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. СПб.: Мир и семья, 1994. 508 с.
8. Эмбриологические основы андроклинии пшеницы / Круглова Н.Н., Батыгина Т.Б., Горбунова В.Ю., Титова Г.Е., Сельдиминова О.А. М.: Наука, 2005. 99 с.
9. Резникова С.А. Цитология и физиология развивающегося пыльника. М.: Наука, 1984. 270 с.
10. Батыгина Т.Б. Хлебное зерно: атлас. Л.: Наука, 1987. 103 с.
11. Камелина О.П. Тапетум // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. СПб.: Мир и семья, 1994. С. 46–47.
12. Орлов П.А. Взаимодействие ядерных и цитоплазматических генов в детерминации развития растений. Минск: Изд-во НАН Беларуси, 2001. 170 с.
13. Чеботарь А.А., Челак В.Р., Мошкович А.М., Архипенко М.Г. Эмбриология зерновых, бобовых и овощебахчевых возделываемых растений. Кишинев: Штиинца, 1987. 225 с.
14. Верещагина В.А., Колясникова Н.Л., Новоселова Л.В. Репродуктивная биология видов рода *Medicago*. Пермь, 2004. 226 с.
15. Колясникова Н.Л. Репродуктивная биология культивируемых и дикорастущих бобовых трав. Пермь: Пермская гос. с.-х. академия, 2006. 99 с.

16. Кузьменко И.Н. Особенности цветения и семенная продуктивность некоторых сортов клевера в условиях Предуралья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2009. 24 с.
17. Елтышева И.В. Репродуктивная биология козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) на примере сорта Гале: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2011. 24 с.
18. Белковская Т.П. К экологии цветения, опыления и семенного размножения эндема уральской флоры астрагала кунгурского *Astragalus kungurensis* Bogiss. // Экология опыления растений. Пермь, 1978. С. 76–88.
19. Белковская Т.П. К антэкологии некоторых реликтовых и эндемичных видов астрагалов Кунгурской лесостепи // Экология опыления растений. Пермь, 1984. С. 34–49.
20. Белковская Т.П. Цветение, опыление и семенная продуктивность эндемика Уральской флоры остролодочника уральского *Oxytropis uralensis* (L.) DC. // Экология цветения и опыления растений. Пермь, 1989. С. 26–37.
21. Холина А.Б. Изменчивость и структура популяций остролодочника ханкайского *Oxytropis chankaensis* Jurtz.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2005. 24 с.
22. Круглова А.Е. Цито-гистологический анализ морфогенеза пыльника остролодочника сходного *Oxytropis ambigua* (Pall.) DC. // Современные микроскопические исследования в биологии и медицине. М.: Лабор, 2006. С. 24–26.
23. Круглова А.Е. Эмбриология редкого вида Южного Урала остролодочника сходного: морфогенез пыльника // Вестник ОГУ. 2009. № 6 (100). С. 172–173.
24. Круглова А.Е. Периодизация морфогенеза пыльника растений рода Остролодочник *Oxytropis* DC. (*Fabaceae*) // Известия Самарского НЦ РАН. 2011. Т. 13, № 5 (3). С. 55–58.
25. Круглова А.Е. Оценка качества пыльцевых зерен в зрелых пыльниках остролодочника сходного в условиях интродукции // Вестник Удмуртского университета. 2011. Вып. 1. С. 67–74.
26. Круглова А.Е. Эмбриология редкого эндемика Южного Урала *Oxytropis baschkirensis* Knjasev. (*Fabaceae* Lindl.) в условиях интродукции: Автореф. ... канд. биол. наук. Уфа, 2012. 16 с.
27. Корчагина И.А. Семязачаток // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. СПб.: Мир и семья, 1994. С. 122–131.
28. Савченко М.И. Морфология семян покрытосеменных растений. Л.: Наука, 1973. 110 с.
29. Шамров И.И. Семязачаток цветковых растений. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2008. 360 с.
30. Кордюм Е.Л. Эволюционная цитоэмбриология покрытосеменных растений. Киев: Наукова думка, 1978. 220 с.
31. Батыгина Т.Б. Семязачаток и семя с позиции надежности биологических систем // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. СПб.: Мир и семья, 1994. С. 263–266.
32. Батыгина Т.Б. Апоптозис в семязачатке и семени с позиции системы надежности // IX совещ. по филогении растений: Материалы. М., 1996. С. 15–20.
33. Романов И.Д. Зародышевый мешок // Сравнительная эмбриология цветковых растений. Т. 1. Л.: Наука, 1981. С. 11–16.
34. Терехин Э.С. Семя и семенное размножение. СПб.: Мир и семья, 1996. 377 с.
35. Батыгина Т.Б. Зародышевый мешок: сформированный и зрелый // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 1. СПб.: Мир и семья, 1994. С. 188.
36. Зимницкая С.А., Родионова О.В., Неуймин С.И. Репродуктивный потенциал некоторых эндемичных астрагалов на Южном Урале // Вестник ОГУ. 2007. № 75 (10). Ч. 1. С. 137–139.
37. Круглова А.Е., Катасонова А.А., Маслова Н.В., Круглова Н.Н. Эмбриология редкого вида Южного Урала остролодочника сходного: морфогенез семязачатка // Известия Самарского НЦ РАН. Т. 12, №1 (3). 2010. С. 727–729.
38. Чубирко М.М., Кострикова Л.Н. Семейство *Fabaceae* // Сравнительная эмбриология цветковых растений. Т. 3. Л.: Наука, 1985. С. 67–77.
39. Терехин Э.С. Зародыш // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 2. СПб.: Мир и семья, 1997. С. 294–297.
40. Яковлев М.С. Словарь основных терминов // Сравнительная эмбриология цветковых растений. Т. 3. *Winteraceae-Junlandaceae*. Л.: Наука, 1981. С. 7–25.

41. Батыгина Т.Б. Эмбриогенез злаков // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 2. СПб.: Мир и семья, 1997. С. 528–538.
42. Шамров И.И. Принципы классификации типов эмбриогенеза // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 2. СПб.: Мир и семья, 1997. С. 493–508.
43. Круглова А.Е. Эмбриология редкого вида Южного Урала остролодочника сходного: морфогенез зародыша // Известия Самарского НЦ РАН. 2011. Т. 13 (39), № 1 (4). С. 846–848.
44. Ерохина Н.С., Шевченко С.В. К эмбриологии *Melilotus albus* (*Fabaceae*) // Ботан. журн. 1995. Т. 80, № 11. С. 59–65.
45. Анисимова Г.М. Онград-тип эмбриогенеза // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 2. СПб.: Мир и семья, 1997. С. 510–512.



**EMBRYOLOGY OF PLANTS *FABACEAE* LINDL.
(REVIEW OF PROBLEM)**

© А.Е. Kruglova

The critical analysis about embryology of members of *Fabaceae* Lindl. has done. The questions about development of anther, ovule, and embryo of *Fabaceae* were discussed.

Key words: embryology, anther, ovule, embryo, *Fabaceae*.

УДК 58(470.57)

НОВЫЕ СОРТА ПИОНА ГИБРИДНОГО ДЛЯ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ

© А.А. Реут, Л.Н. Миронова

Даны краткие результаты селекционной работы с пионами в Ботаническом саду Уфимского научного центра РАН за 50 лет. Описаны основные этапы селекции. Представлено описание сортов пиона гибридного.

Ключевые слова: селекция, пион гибридный, сеянцы, свободное опыление, искусственная гибридизация.

Пионы исключительно красивые декоративные растения, известные с древних времен. Благодаря своим богатым декоративным качествам они широко и разнообразно применяются в озеленении садов, парков, скверов, бульваров, заводских территорий и жилых массивов.

За рубежом селекцией пионов занимаются давно. Из всех европейских стран первой по культуре пионов является Франция. В дальнейшем пионами стали заниматься в Англии, Голландии, США.

В России селекционная работа с пионами проводится в ботаническом саду Московского Государственного университета (Сосновец А.С., Фомичева В.Ф.), Главном Ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН (Краснова Н.С.), Институте садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко (Лучник З.И.), Новосибирской ЗПЯОС и др. [1].

Следует все-таки отметить, что отечественных сортов пиона очень мало, а в широком производственном масштабе почти нет. Все это говорит о том, что, не смотря на трудности селекционной работы с пионами (длительность периода их выращивания и размножения – 12–15 лет), работа эта чрезвычайно интересная и нужная для декоративного садоводства регионов РФ.

В Ботаническом саду города Уфы селекционные исследования по созданию новых

сортов пиона проводятся более 50 лет. Инициатором этого направления была кандидат сельскохозяйственных наук Ольга Антоновна Кравченко. Целью ее работы являлось создание отечественных сортов, более приспособленных к местным условиям, с крупными махровыми цветками оригинальной формы и окраски. Для этого была собрана достаточно большая коллекция видов и сортов с различной формой и окраской цветка (18 видов дикорастущих и 32 сорта культурных пионов). Очень важно было установить особенности каждого используемого для селекции образца, поэтому у всех исходных форм тщательно изучалась их биология, велись наблюдения за ростом и развитием, оценивались декоративные качества, семенная продуктивность и особенности репродуктивных органов [2]. С использованием методов свободного опыления и искусственной гибридизации (межвидовой и межсортовой) был создан большой гибридный фонд (более 800 сеянцев) [3].

В 1970 г., в связи с уходом Кравченко О.А. на пенсию, коллекция была передана Людмиле Семеновне Новиковой. В 1974 г. одиннадцать гибридных сеянцев были представлены Государственной экспертной комиссии ВДНХ СССР, из которых четыре получили высокую оценку и переданы на госсортоиспытание. Сеянцам 'Аппассионата' и 'Юбилей Револю-

ции' был присвоен статус сорта, и с 1986 г. они районированы по РСФСР.

В 1988 г. еще пять гибридов пиона получили высокую первичную оценку на ВДНХ СССР и в 1992 г. были переданы на государственное испытание. В 1998 г. статус сорта был присвоен сеянцам 'Южный Урал', 'Утро Родины', 'Надежда', 'Ветеран' [4].

В 1999 г. селекционная работа по пионам была продолжена Тухватуллиной Л.А., Мироновой Л.Н., а с 2003 г. Реут А.А. В результате фонд гибридных сеянцев был расширен еще на 1500 образцов. Из них в настоящее время выделено около пятидесяти гибридов, наиболее интересных в декоративном отношении с крупными и средними по размеру цветками розовидной, корончатой, шаровидной, анемоновидной и японской формами; красной, розовой, кремовой и белой окраской, а также промежуточных тонов. Семнадцать кандидатов в сорта были переданы на государственное испытание. В 2008 г. они включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. На них получены авторские свидетельства и патенты. Ниже приводятся характеристики сортов пиона гибридного селекции Ботанического сада г. Уфы.

'Аврора'. Выведен в конце 90-х гг. XX в. (авторы: Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А., Реут А.А.; авторское свидетельство № 49818) методом гибридизации сорта '*Amabilis Superbissima*' и вида *Paeonia wittmanniana* Hart. Куст высотой до 60 см, полураскидистый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок средней длины, без антоциановой окраски. Цветки махровые полушаровидные, диаметром до 15 см, светло-розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – выемчатая. Пестики нормально развитые в количестве 5 и более шт. Рыльца розовые. Тычинки кольцевые, тычиночная нить желтая. Аромат средний. Цветонос прочный. Количество цветков на цве-

тоносе до 4, на кусте – до 25. Поздний, цветет в конце июня 9–10 дней. Декоративность 94 балла. Плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 150 дней.

'Аппассионата'. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Новикова Л.С.; а.с. № 4290) методом свободного опыления сорта '*Auguste Dessert*'. Куст высотой до 65 см, полураскидистый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, зеленые, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны слабо опушенные. Форма сегмента листа ланцетовидная. Черешок короткий, с антоциановой окраской. Цветки махровые розовидные, диаметром до 15 см, алые. Выгорают слабо. Лепестки лопатчатые, форма края – раздельная. Пестики нормально развитые в количестве 3–4 шт. Рыльца розовые. Тычинки скученные, тычиночная нить желтая. Аромат сильный приятный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 3, на кусте – до 40. Среднеранний, цветет в середине июня 11–12 дней. Декоративность 97 баллов. Плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 163 дней.

'Аркаим'. Выведен в конце 90-х гг. XX в. (авторы: Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А., Реут А.А.; а.с. № 49816) методом гибридизации сорта '*A. Superbissima*' и вида *P. mlokosewitschii* Lomak. Куст высотой до 65 см, полураскидистый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок короткий, с антоциановой окраской. Цветки махровые полушаровидные, диаметром до 15 см, розовые. Выгорают слабо. Лепестки округлые, форма края – раздельная. Пестики нормально развитые в количестве 4 шт. Рыльца малиновые. Тычинки отсутствуют. Аромат средний. Цветонос средней прочности. Количество цветков на цветоносе до 4, на кусте – до 20. Поздний, цветет в конце июня 9–10 дней. Декоративность 93 балла. Не плодоносит.

Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 160 дней.

‘Ветеран’. Выведен в 60-х гг. XX в. (автор: Новикова Л.С.; а.с. № 25896) методом гибридизации сортов *‘A. Superbissima’* и *‘Avalanche’*. Куст высотой до 90 см, полураскидистый, сильнооблиственный. Стебли средней толщины, с антоциановой окраской. Листья средней длины, зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны слабо опушенные. Форма сегмента листа продолговато-яйцевидная. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые розовидные, диаметром до 14 см, розовые. Не выгорают. Лепестки обратнойцевидные, форма края – цельная. Пестики и тычинки отсутствуют. Аромат средний приятный. Цветонос средней прочности. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 30. Среднепоздний, цветет в конце июня 9–10 дней. Декоративность 93 балла. Не плодоносит. Пригоден для озеленения. Продолжительность вегетации – до 150 дней.

‘Ирмель’. Выведен в конце 90-х гг. XX в. (авторы: Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А., Реут А.А.; а.с. № 49814) методом свободного опыления сорта *‘A. Superbissima’*. Куст высотой до 75 см, полураскидистый, сильнооблиственный. Стебли тонкие, с антоциановой окраской. Листья средней длины, зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые шаровидные, диаметром до 17 см, ярко-розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – рассеченная. Пестики и тычинки отсутствуют. Аромат сильный. Цветонос средней прочности. Количество цветков на цветоносе до 4, на кусте – до 30. Поздний, цветет в конце июня 12–13 дней. Декоративность 95 баллов. Не плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Людмила Миронова’. Выведен в конце 90-х гг. XX в. (авторы: Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А., Реут А.А.; а.с. № 47876) мето-

дом свободного опыления сорта *‘Appassionata’*. Куст высотой до 75 см, полураскидистый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, темно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-яйцевидная. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые шаровидные, диаметром до 16 см, лилово-розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – выемчатая. Пестики отсутствуют. Тычинки беспорядочные, тычиночная нить желтая. Аромат сильный приятный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 4, на кусте – до 30. Среднепоздний, цветет в конце июня 12–13 дней. Декоративность 96 баллов. Не плодоносит. Пригоден для срезки. Продолжительность вегетации – до 165 дней.

‘Мечта С.П. Королева’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Реут А.А.; а.с. № 47872) методом свободного опыления сорта *‘Mons Martin Cahuzak’*. Куст высотой до 80 см, полураскидистый, сильнооблиственный. Стебли тонкие, со слабой антоциановой окраской. Листья длинные, зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки анемоновидные, диаметром до 15 см, ярко-красные. Не выгорают. Лепестки обратнойцевидные, форма края – выемчатая. Пестики деформированные в количестве 5 и более шт. Рыльца малиновые. Тычинки отсутствуют. Аромат средний. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 35. Среднеранний, цветет в середине июня 9–10 дней. Декоративность 90 баллов. Плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Мустай Карим’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А.; а.с. № 47874) методом гибридизации сортов *‘Mons Andre’* и *‘M-lle Leonie Calot’*. Куст высотой до 85 см,

сомкнутый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, со слабой антоциановой окраской. Листья длинные, насыщенно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа ланцетовидная. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые шаровидные, диаметром до 16 см, лилово-розовые. Выгорают слабо. Лепестки округлые, форма края – выемчатая. Пестики нормально развитые в количестве 3–4 шт. Рыльца розовые. Тычинки кольцевые, тычиночная нить желтая. Аромат средний приятный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 30. Среднеранний, цветет в середине июня 13–14 дней. Декоративность 96 баллов. Плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 150 дней.

‘Надежда’. Выведен в 60-х гг. XX в. (автор: Новикова Л.С.; а.с. № 25897) методом свободного опыления сорта *‘Jeanne d’Arc’*. Куст высотой до 60 см, полураскидистый, сильнооблиственный. Стебли средней толщины, без антоциановой окраски. Листья средней длины, темно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны сильно опушенные. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые розовидные, диаметром до 15 см, светло-розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – рассеченная. Пестики и тычинки отсутствуют. Аромат средний приятный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 4, на кусте – до 50. Среднепоздний, цветет в конце июня 9–10 дней. Декоративность 92 балла. Не плодоносит. Пригоден для срезки. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Ольга Кравченко’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А.; а.с. № 47878) методом свободного опыления сорта *‘Jeanne d’Arc’*. Куст высотой до 65 см, полураскидистый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, со слабой антоциановой окраской. Листья средней длины, зеленого цвета, блестящие, триж-

дытройчатые, с нижней стороны слабо опушенные. Форма сегмента листа эллиптическая. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые полушаровидные, диаметром до 16 см, нежно-розовые. Выгорают слабо. Лепестки округлые, форма края – выемчатая. Пестики и тычинки отсутствуют. Аромат сильный приятный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 3, на кусте – до 45. Среднепоздний, цветет в конце июня 12–13 дней. Декоративность 97 баллов. Не плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 150 дней.

‘Песня Курая’. Выведен в конце 90-х гг. XX в. (авторы: Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А., Реут А.А.; а.с. № 49810) методом свободного опыления сорта *‘A. Superbissima’*. Куст высотой до 55 см, сомкнутый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, со слабой антоциановой окраской. Листья средней длины, зеленые, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок длинный, с антоциановой окраской. Цветки махровые розовидные, диаметром до 13 см, розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – выемчатая. Пестики недоразвитые в количестве 5 шт. Рыльца малиновые. Тычинки беспорядочные, тычиночная нить желтая. Аромат средний. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 3, на кусте – до 20. Поздний, цветет в конце июня 10–11 дней. Декоративность 95 баллов. Не плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 160 дней.

‘Полярник-8’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Реут А.А.; а.с. № 47864) методом гибридизации сортов *‘Sarah Bernhardt’* и *‘Avalanche’*. Куст высотой до 70 см, полураскидистый, сильнооблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, светло-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны слабо опушенные. Форма сегмента листа ланцетовидная. Черешок средней длины, с антоциановой окрас-

кой. Цветки махровые розовидные, диаметром до 16 см, белые. Не выгорают. Лепестки обратнойцевидные, форма края – рассеченная. Пестики нормально развитые в количестве 3–4 шт. Рыльца розовые. Тычинки кольцевые, тычиночная нить желтая. Аромат слабый приятный. Цветонос средней прочности. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 25. Среднеранний, цветет в середине июня 9–10 дней. Декоративность 96 баллов. Не плодоносит. Пригоден для срезки. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Рудольф Нуреев’. Выведен в конце 90-х гг. XX в. (авторы: Миронова Л.Н., Тухватулина Л.А., Реут А.А.; а.с. № 49812) методом свободного опыления сорта *‘Appassionata’*. Куст высотой до 75 см, полураскидистый, слабооблиственный. Стебли толстые, со слабой антоциановой окраской. Листья длинные, насыщенно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа продолговато-яйцевидная. Черешок длинный, без антоциановой окраски. Цветки махровые шаровидные, диаметром до 17 см, розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – выемчатая. Пестики и тычинки отсутствуют. Аромат средний. Цветонос средней прочности. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 20. Поздний, цветет в конце июня 12–13 дней. Декоративность 94 балла. Не плодоносит. Пригоден для срезки. Продолжительность вегетации – до 165 дней.

‘Сабантуй’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Реут А.А.; а.с. № 47870) методом гибридизации сортов *‘Marechal Mac Mahon’* и *‘M-lle Leonie Calot’*. Куст высотой до 80 см, полураскидистый, слабооблиственный. Стебли тонкие, со слабой антоциановой окраской. Листья средней длины, зеленые, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок длинный, с антоциановой окраской. Цветки японской формы, диаметром до 14 см, розовые. Выгорают слабо. Лепестки округлые, форма края – выемчатая. Пестики нормально

развитые в количестве 5 шт. Рыльца розовые. Тычинки отсутствуют. Аромат средний. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 3, на кусте – до 40. Среднеранний, цветет в середине июня 10–11 дней. Декоративность 91 балл. Плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Сашенька’. Выведен в конце 90-х гг. XX в. (авторы: Миронова Л.Н., Тухватулина Л.А., Реут А.А.; а.с. № 49808) методом свободного опыления сорта *‘Yubiley Revoljucji’*. Куст высотой до 85 см, полураскидистый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, со слабой антоциановой окраской. Листья средней длины, темно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа эллиптическая. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые шаровидные, диаметром до 15 см, нежно-розовые. Не выгорают. Лепестки обратнойцевидные, форма края – цельная. Пестики и тычинки отсутствуют. Аромат средний приятный. Цветонос средней прочности. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 20. Поздний, цветет в конце июня 9–10 дней. Декоративность 95 баллов. Не плодоносит. Пригоден для срезки. Продолжительность вегетации – до 160 дней.

‘Торнадо’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Реут А.А.; а.с. № 47860) методом свободного опыления сорта *‘Mons Martin Cahuzak’*. Куст высотой до 80 см, сомкнутый, слабооблиственный. Стебли тонкие, с антоциановой окраской. Листья средней длины, темно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок длинный, с антоциановой окраской. Цветки полумахровые, диаметром до 13 см, малиновые. Не выгорают. Лепестки обратнойцевидные, форма края – рассеченная. Пестики деформированные в количестве 3–4 шт. Рыльца малиновые. Тычинки беспорядочные, тычиночная нить желтая. Аромат средний. Цветонос прочный. Количество цветков на цве-

тоносе до 2, на кусте – до 25. Поздний, цветет в конце июня 11–12 дней. Декоративность 91 балл. Плодоносит. Пригоден для озеленения. Продолжительность вегетации – до 150 дней.

‘Урал Батыр’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Рют А.А.; а.с. № 47862) методом свободного опыления сорта *‘Victoire de la Marne’*. Куст высотой до 70 см, сомкнутый, сильнооблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, насыщенно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны слабо опушенные. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок длинный, с антоциановой окраской. Цветки махровые короновидные, диаметром до 14 см, красные. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – выемчатая. Пестики нормально развитые в количестве 5 шт. Рыльца розовые. Тычинки отсутствуют. Аромат сильный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 25. Среднепоздний, цветет в конце июня 10–11 дней. Декоративность 94 балла. Плодоносит. Пригоден для озеленения. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Утро Родины’. Выведен в 60-х гг. XX в. (автор: Новикова Л.С.; а.с. № 25898) методом гибридизации сортов *‘A. Superbissima’* и *‘Avalanche’*. Куст высотой до 65 см, полураскидистый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, светло-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны сильно опушенные. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые розовидные, диаметром до 14 см, светло-розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – цельная. Пестики и тычинки отсутствуют. Аромат средний приятный. Цветонос средней прочности. Количество цветков на цветоносе до 3, на кусте – до 35. Среднепоздний, цветет в конце июня 11–12 дней. Декоративность 94 балла. Не плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 165 дней.

‘Уфимец’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Рют А.А.; а.с. № 47868) методом гибридизации сортов *‘A. Superbissima’* и *‘Avalanche’*. Куст высотой до 60 см, сомкнутый, слабооблиственный. Стебли тонкие, со слабой антоциановой окраской. Листья средней длины, зеленые, матовые, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок длинный, с антоциановой окраской. Цветки полумахровые, диаметром до 20 см, розовые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – раздельная. Пестики нормально развитые в количестве 5 шт. Рыльца белые. Тычинки скученные, тычиночная нить желтая. Аромат средний. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 20. Среднеранний, цветет в середине июня 12–13 дней. Декоративность 92 балла. Плодоносит. Пригоден для озеленения. Продолжительность вегетации – до 150 дней.

‘Чак-чак’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Рют А.А.; а.с. № 47880) методом гибридизации сортов *‘A. Superbissima’* и *‘Avalanche’*. Куст высотой до 80 см, сомкнутый, среднеоблиственный. Стебли средней толщины, без антоциановой окраски. Листья средней длины, зеленые, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа ланцетовидная. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки японской формы, диаметром до 16 см, нежно-розовые. Выгорают слабо. Лепестки округлые, форма края – цельная. Пестики нормально развитые в количестве 5 и более шт. Рыльца розовые. Тычинки отсутствуют. Аромат слабый приятный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 20. Среднепоздний, цветет в конце июня 9–10 дней. Декоративность 91 балл. Плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 150 дней.

‘Чингиз Хан’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Миронова Л.Н., Рют А.А.; а.с. № 47866) методом свободного опыления сорта *‘Victoire de la Marne’*. Куст вы-

сотой до 90 см, сомкнутый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, с антоциановой окраской. Листья средней длины, темно-зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны без опушения. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок длинный, с антоциановой окраской. Цветки махровые розовидные, диаметром до 14 см, темно-малиновые. Не выгорают. Лепестки обратнойцевидные, форма края – цельная. Пестики деформированные в количестве 5 и более шт. Рыльца малиновые. Тычинки беспорядочные, тычиночная нить желтая. Аромат слабый. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 20. Среднеранний, цветет в середине июня 11–12 дней. Декоративность 96 баллов. Плодоносит. Пригоден для озеленения. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Юбилей Революции’. Выведен в 60-х гг. XX в. (авторы: Кравченко О.А., Новикова Л.С.; а.с. № 4292) методом гибридизации сортов *‘Victoire de la Marne’* и *‘Mons. Martin Cahuzac’*. Куст высотой до 70 см, сомкнутый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, с антоциановой окраской. Листья средней длины, зеленого цвета, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны слабо опушенные. Форма сегмента листа заостренно-эллиптическая. Черешок короткий, с антоциановой окраской. Цветки махровые шаровидные, диаметром до 14 см, темно-вишневые. Выгорают слабо. Лепестки обратнойцевидные, форма края – рассеченная. Пестики нормально развитые в количестве 5 и более шт. Рыльца малиновые. Тычинки скученные, тычиночная нить желтая. Аромат средний приятный. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 2, на кусте – до 25. Поздний, цветет в конце июня 11–12 дней. Декоративность

94 балла. Плодоносит. Пригоден для озеленения и срезки. Продолжительность вегетации – до 155 дней.

‘Южный Урал’. Выведен в 60-х гг. XX в. (автор: Новикова Л.С.; а.с. № 25899) методом гибридизации сортов *‘A. Superbissima’* и *‘Avalanche’*. Куст высотой до 80 см, сомкнутый, среднеоблиственный. Стебли тонкие, без антоциановой окраски. Листья средней длины, зеленые, блестящие, триждытройчатые, с нижней стороны слабо опушенные. Форма сегмента листа ланцетовидная. Черешок средней длины, с антоциановой окраской. Цветки махровые розовидные, диаметром до 13 см, розовые. Не выгорают. Лепестки обратнойцевидные, форма края – раздельная. Пестики недоразвитые в количестве 3–4 шт. Рыльца малиновые. Тычинки отсутствуют. Аромат средний. Цветонос прочный. Количество цветков на цветоносе до 3, на кусте – до 40. Поздний, цветет в конце июня 9–10 дней. Декоративность 91 балл. Не плодоносит. Пригоден для озеленения. Продолжительность вегетации – до 160 дней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миронова Л.Н. Эти роскошные пионы. Владивосток: БСИ ДВО РАН, 2006. 55 с.
2. Башкирский ботанический сад: история, коллекции, научные достижения (к 70-летию образования) / Под ред З.Х. Шигапова. Уфа, 2002. 128 с.
3. Кравченко О.А. Селекция пионов в Ботаническом саду БФАН СССР // Интродукция и селекция декоративных растений в Башкирии. Уфа, 1978. С. 36–52.
4. Миронова Л.Н., Воронцова А.А., Шипаева Г.В. Итоги интродукции и селекции декоративных травянистых растений в Республике Башкортостан. Ч. 1. Класс Двудольные. М.: Наука, 2006. 214 с.

NEW CULTIVARS OF *PAEONIA HYBRIDA* HORT. FOR RUSSIAN CENTRAL ZONE

© А.А. Reut, L.N. Mironova

The article presents the results of selection work with peonies in the Botanical garden of the city of Ufa carried for over fifty years. The main stages of development are given. *Paeonia hybrida* hort. sorts are described. Key words: breeding, *paeonia hybrida*, seedlings, free pollution, artificial hybridization.

УДК 58(470.57)

**ИРИС САДОВЫЙ: НОВЫЕ СОРТА СЕЛЕКЦИОНЕРОВ
БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА УНЦ РАН**

© Л.Н. Миронова, А.Ф. Шайбаков

Приводятся краткие итоги 17-летней селекционной работы с ирисами в Ботаническом саду г. Уфы. Описываются основные этапы работ по этому направлению, дается характеристика новых сортов ириса садового.

Ключевые слова: ирис садовый, межсортовая гибридизация, селекция, новые сорта, озеленение.

Введение. Ирис – широко известный, красивоцветущий многолетник, распространенный во всем мире. История интродукции и культуры ириса охватывает четыре тысячелетия. Издавна большой популярностью ирисы пользуются в Германии, Англии, Франции, США, Японии, где создана и создается основная масса сортов. В СССР культура ирисов начала развиваться в конце сороковых годов и на сегодняшний день распространилась почти во все регионы СНГ. Крупные коллекции сортовых и дикорастущих ирисов сосредоточены в Москве (ГБС), Санкт-Петербурге (БИН), Владивостоке [1].

Поскольку ирисы имеют южное происхождение (культура их в большинстве зарубежных стран ведется преимущественно в районах, где температура не является лимитирующим фактором), в Российской Федерации существует проблема осеверения ирисов. Новейшие сорта экстра-класса, выведенные в мягком климате Калифорнии, Флориды и Франции недостаточно морозостойки. Г.И. Родионенко сообщил об обнаруженной им в 1993 г. гибели 150 сортов, ставшей следствием того, что ирисы в ноябре попали под морозы $-17\text{--}23^{\circ}\text{C}$ при отсутствии снежного покрова [1]. Весной 2002 г. Л. Беякова недосчитала в своем саду (Ленинградская область) более 500 сортов [2].

Следовательно, остается необходимость выведения сортов ириса, устойчивых в районах с суровыми климатическими условиями. В связи с этим целью настоящей работы являлось создание высокодекоративных сортов ириса садового, приспособленных к почвенно-климатическим условиям средней полосы России.

Объекты и методы. В гибридизационных работах в качестве компонентов для скрещиваний были задействованы 39 лучших сортов ириса садового из коллекции Ботанического сада-института УНЦ РАН (далее БСИ). Скрещивания проводили по реципрокной схеме с предварительной кастрацией цветков [3]. Оценка перспективных сеянцев осуществлялась по методике госсортоиспытания [4] и пакету документов Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Окраска цветков определялась по цветовой шкале Королевского общества садоводов [5].

Результаты и обсуждение. Селекционные исследования проводились на базе БСИ в 1995–2012 гг. Всего проведено 162 комбинации скрещивания сортовых ирисов, в 98 получены семена. В большинстве случаев образовавшиеся гибридные семена не содер-

МИРОНОВА Людмила Николаевна – к.с.-х.н., Ботанический сад-институт УНЦ РАН, e-mail: flowers-ufa@yandex.ru

ШАЙБАКОВ Азат Флюрович – Ботанический сад-институт УНЦ РАН, e-mail: flowers-ufa@yandex.ru

жали ни эндосперма, ни зародыша. Иногда эндосперм присутствовал в семенах в виде пленки. Часть семян имела хорошо развитый зародыш, но без эндосперма. Процент вы полненных семян варьировался по годам и по отдельным комбинациям от 3 до 100%. В результате проведенных работ выявились сорта, достаточно легко скрещивающиеся между собой. Например, 'Fenaya' x 'Indra', 'Beethoven' x 'Happy Wonderer', 'Hector' x 'Sable', 'Fatum' x 'Sandia', 'Beethoven' x 'Sable Night', 'Snow Tenum' x 'Happy Wonderer', 'Blue Shimmer' x 'Christmas Angel', 'Sable Night' x 'Happy Wonderer'. Процент полноценных семян, образовавшихся в этих комбинациях достигал 35–100%.

Кроме того, были собраны семена от свободного опыления 21 сорта ириса садового. Отмечено, что при свободном опылении сортов количество семян в коробочке в 2–3 раза выше, чем при принудительном. Поэтому от свободного межсортового опыления получено наибольшее количество гибридных растений с широким варьированием признаков.

Всего собрано 2 589 гибридных семян, из них всхожих: от принудительного опыления – 401, от свободного – 513 шт. В настоящее время фонд гибридных сеянцев ириса составляет 1 008 растений. Все они достигли генеративного возрастного состояния и оценены по декоративным и хозяйственно-ценным признакам.

В результате комплексной оценки гибридных растений, перспективными для селекционной работы признаны 17 образцов, полученные от принудительного опыления в следующих комбинациях скрещивания: 'Coronation' x 'Mystic', 'Salonique' x 'Coronation' (по оригинальности окраски долей околоцветника, форме и аромату цветка, размерам цветоноса и цветка, устойчивости к неблагоприятным факторам). Из гибридов от свободного опыления наиболее декоративными (по яркости окраски долей околоцветника, крупности цветка и др.) признаны 25 образцов.

В 2008–2009 гг. 12 перспективных гибридных сеянцев, полученных от свободного опыления, были переданы в Государственную

комиссию РФ по испытанию и охране селекционных достижений [6–7]. В 2010 г. они получили статус сорта и были включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [8]. Ниже приводятся характеристики новых сортов ириса садового селекции БСИ, рекомендованных для использования в озеленении населенных пунктов средней полосы России.

Акмулла. Получен от свободного опыления сорта 'Alfheim'. По форме и окраске цветка похож на сорт 'Гименей', отличается меньшим размером цветка и формой долей околоцветника. Цветонос прочный, высотой до 90 см, коротковетвистый, 4–5-цветковый. Цветки крупные, диаметром около 14 см, белые (155D) с лимонно-желтой бородкой. Верхние доли околоцветника широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Нижние доли широкие, длинные, округлые, гладкие, волнистые, цельнокрайние. Аромат средний, пыльники недоразвиты. Цветет в июне около 12 дней. Декоративность по 100-балльной шкале оценивается в 94 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается интенсивно. Назначение сорта: клумбы, группы, рабатки, массивы, срезка.

Амина. Получен от свободного опыления сорта 'Margarita'. По форме цветка напоминает сорт 'Ambassadeur', отличается от него окраской долей околоцветника и наличием крапчатого узора. Цветонос прочный, высотой до 60 см, коротковетвистый, несет от 3 до 5 крупных, диаметром 12 см, белых цветков (160D) с пурпурным крапом (84A) и пурпурно-желтой бородкой. Верхние доли околоцветника широкие, короткие, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Нижние доли узкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Аромат средний, пыльники развиваются нормально, завязывает коробочки. Цветет в июне около 14 дней. Декоративность оценивается в 91 балл. Зимостойкость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается интенсивно. Назначение сорта: клумбы, бордюры, альпийские горки, группы, рабатки.

Зигальга. Получен от свободного опыления сорта 'Motiv'. По форме цветка похож на сорт 'Fire Chief', отличается окраской и более сильным ароматом. Цветонос прочный, до 95 см, коротковетвистый, 5–6-цветковый. Цветок диаметром около 14 см, двуцветный: внутренние доли коричневатопурпурные (182С), наружные – темно-бордовые (187А) бархатистые, с желто-оранжевой бородкой. Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Нижние доли узкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Аромат сильный, пыльники развиваются нормально. Цветет в июне около 15 дней. Декоративность оценивается в 95 баллов. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается медленно. Назначение сорта: клумбы, группы, массивы, срезка.

Инзер. Получен от свободного опыления сорта 'Katerina'. По форме цветка напоминает сорт 'Fenaya', отличается окраской долей околоцветника. Цветонос прочный, 85–90 см, коротковетвистый, 4–5-цветковый. Цветки крупные, диаметром около 15 см, светло-пурпурные (76D) с желтовато-коричневыми жилками у основания 'лепестков', оранжево-коричневыми лопастями столбика и желто-оранжевой бородкой. Верхние доли околоцветника широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, городчатые. Нижние доли широкие, длинные, округлые, гладкие, цельнокрайние. Аромат средний, пыльники развиваются нормально, завязывает коробочки. Цветет в июне около 15 дней. Декоративность оценивается в 92 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается медленно. Назначение сорта: клумбы, группы, массивы, рабатки, срезка.

Ирендик. Получен от свободного опыления сорта 'Ambassadeur'. По форме цветка и окраске нижних долей околоцветника похож на сорт 'Fire Chief'. Цветонос прочный, до 90 см, коротковетвистый, 4–5-цветковый. Цветок диаметром около 12 см, двуцветный: внутренние доли светлые, желтовато-оран-

жевые (17С), наружные – темные, красноватопурпурные (71А), с желто-оранжевой бородкой, Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, городчатые. Нижние доли узкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, городчатые. По краю нижних долей проходит узкая желтовато-оранжевая кайма. Аромат средний, пыльники развиваются нормально, завязывает коробочки. Цветет в июне около 15 дней. Декоративность оценивается в 91 балл. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается медленно. Назначение сорта: клумбы, группы, массивы, рабатки, срезка.

Кашкадан. Получен от свободного опыления сорта 'Katerina'. По форме цветка похож на сорт 'Vingolf', отличается окраской долей околоцветника и более крупным цветком. Цветонос прочный, 65–70 см, коротковетвистый, 4–5-цветковый. Цветок диаметром 9–11 см, двутонный: внутренние доли светлые, пурпурно-фиолетовые (85А), наружные – темные, пурпурно-фиолетовые (N81В), с желто-оранжевой бородкой. Верхние доли широкие, короткие, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Нижние доли околоцветника расположены горизонтально; они широкие, длинные, округлые, гладкие, волнистые, цельнокрайние. Аромат средний, пыльники развиваются нормально, завязывает коробочки. Цветет в июне около 12 дней. Декоративность оценивается в 91 балл. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается интенсивно. Назначение сорта: клумбы, бордюры, альпийские горки, группы, рабатки.

Нугуш. Получен от свободного опыления сорта 'Margarita'. По окраске цветка напоминает сорт 'Ise et Pollis', отличается от него формой околоцветников и наличием на них узора. Цветонос прочный, 70–75 см, коротковетвистый, 4-цветковый. Цветок около 13 см в диаметре, бордовый (185А), с желто-бордовой бородкой. Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, городчатые. Нижние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Аро-

мат сильный, пыльники развиваются нормально. Цветет в июне около 12 дней. Декоративность оценивается в 94 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается медленно. Назначение сорта: клумбы, группы, массивы, рабатки, срезка.

Сагит Агииш. Получен от свободного опыления сорта 'Snow Tenum'. По форме и окраске цветка похож на сорт 'Белый ВНИИССОКа', отличается более сильным ароматом, более интенсивной окраской основания долей околоцветника и бородки. Цветонос прочный, 70–75 см, коротковетвистый, 3–5-цветковый. Цветок около 12 см в диаметре, белый (N155A), с желтовато-коричневыми жилками у основания 'лепестков' и желто-оранжевой бородкой. Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Нижние доли широкие, длинные, округлые, гладкие, волнистые, цельнокрайние. Аромат сильный, пыльники развиваются нормально. Цветет в июне около 11 дней. Декоративность оценивается в 94 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается интенсивно. Назначение сорта: клумбы, группы, массивы, срезка.

Салават-Чемпион. Получен от свободного опыления сорта 'Coronation'. По форме цветка похож на сорт 'Нахимовец', отличается окраской и более широкими нижними долями околоцветника. Цветонос прочный, около 80 см, коротковетвистый, 3–5-цветковый. Цветок около 14 см в диаметре, двуцветный: внутренние доли светлые, фиолетово-синие (92A), внешние – яркие, фиолетовые (87B), с оранжевой бородкой. Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Нижние доли узкие, длинные, округлые, гладкие, волнистые, цельнокрайние. Аромат сильный, пыльники развиваются нормально. Цветет в июне около 11 дней. Декоративность оценивается в 94 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается медленно. Назначение сорта: клумбы, группы, массивы, срезка.

Салям. Получен от свободного опыления сорта 'Генауа'. По окраске цветка напоминает сорт 'Нотунг', отличается от него более коротким цветоносом и более длинными верхними долями околоцветника. Цветонос прочный, около 30 см, коротковетвистый, 3–5-цветковый. Цветок около 11 см в диаметре, двутонный: внутренние доли светлые, фиолетово-синие (92B), внешние – темно-фиолетовые (93A), с белыми жилками и желтой бородкой. Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, цельнокрайние. Нижние доли узкие, длинные, округлые, гладкие, волнистые, цельнокрайние. Аромат средний, пыльники развиваются нормально, завязывает коробочки. Цветет в июне около 12 дней. Декоративность оценивается в 93 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается интенсивно. Назначение сорта: клумбы, бордюры, альпийские горки.

Ургун. Получен от свободного опыления сорта 'Coronation'. По форме и окраске цветка похож на материнский сорт. Отличается более светлой окраской долей околоцветника и сильным ароматом. Цветонос прочный, 65–70 см, коротковетвистый, 3–4-цветковый. Цветок около 11 см в диаметре, желтый (2D), с темно-желтыми жилками у основания 'лепестков' и желто-оранжевой бородкой. Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, городчатые. Нижние доли узкие, длинные, округлые, гладкие, волнистые, городчатые. Пыльники развиваются нормально. Цветет в июне около 15 дней. Декоративность оценивается в 93 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается медленно. Назначение сорта: клумбы, бордюры, группы, рабатки, срезка.

Юрюзань. Получен от свободного опыления сорта 'Eleonor Blue'. По окраске и форме цветка напоминает сорт 'Птичье Молоко', отличается от него окраской и более сильным ароматом. Цветонос прочный, 70–75 см, коротковетвистый, 4-цветковый. Цветок около 14 см в диаметре, светло-голубой (115C), с

желтой бородкой. Верхние доли широкие, длинные, округлые, складчатые, волнистые, городчатые. Нижние доли широкие, длинные, округлые, гладкие, волнистые, городчатые. Аромат сильный, пыльники развиваются нормально. Цветет в июне около 13 дней. Декоративность оценивается в 94 балла. Зимостойкость и жароустойчивость высокая. Устойчивость к гетероспориозу средняя. Куст разрастается медленно. Назначение сорта: клумбы, группы, массивы, рабатки, срезка.

Заключение. В результате скрещивания лучших сортов ириса садового из коллекции БСИ получен разнообразный гибридный материал (1 008 растений) для дальнейшей селекционной работы. Методом индивидуального отбора выделено 42 наиболее перспективных сеянца. Из них 12 успешно прошли государственное испытание, получили статус сорта и в 2010 г. включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Важнейшими биологическими особенностями новых сортов являются хорошие показатели декоративности и хозяйственной ценности, высокая устойчивость к комплексу неблагоприятных факторов среды, характерных как для южно-уральского региона, так и для средней полосы России. Они имеют высокие показатели зимостойкости и жароустойчивости, не поражаются вредителями, среднеустойчивы к болезням. Вышеперечисленные показатели новых сортов дают возможность использовать их в городском озеленении для оформления

клумб, групповых посадок, массивов, бордюров, рабаток, альпийских горок, а также использовать для срезки. При налаженном производстве посадочного материала новые сорта селекции БСИ займут достойное место среди декоративных травянистых культур, используемых в зеленом строительстве РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родионенко Г.И. Ирисы. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1988. 156 с.
2. Белякова Л. Бородатые ирисы // Ирисы России. Вып. 16. М.: Общество ирисоводов, 2008. С. 47–50.
3. Миронова Л.Н., Реут А.А., Анищенко И.Е., Зайнетдинова Г.С., Царева Ю.А. Итоги интродукции и селекции декоративных травянистых растений в Республике Башкортостан. Ч. 2. Класс Однодольные. М.: Наука, 2007. 126 с.
4. Методика государственного сортоиспытания декоративных культур. М.: Изд-во Министерства сельского хозяйства РСФСР, 1960. С. 117–120.
5. R. H. S. Colour chart. Fifth edition, published by Royal Horticultural Society. London, 2007.
6. Шайбаков А.Ф., Миронова Л.Н. Декоративные качества новых сортов ириса селекции Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Естественные науки». 2011. №3(98). Вып. 14/1. С. 221–225.
7. Шайбаков А.Ф., Миронова Л.Н. Новые сорта ириса садового для озеленения городов Башкирии // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2011. Вып. 44, ч.5, июль. С. 149–154.
8. http://www.gossort.com/variety/vrty_022011.html


**IRIS GARDEN: BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE, URC RAS,
BREEDERS'S NEW VARIETIES**

© L.N. Mironova, A.F. Shajbakov

The article summarizes the results of a 17-year breeding work with irises in the Botanical garden of Ufa. The paper describes the main stages of work in this area, describing the new cultivars of garden iris.

Keywords: garden iris, intervarietal hybridization, selection, new sorts, gardening.

УДК 635.925

**КОЛОКОЛЬЧИКИ В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ:
ИНТРОДУКЦИЯ, ОНТОГЕНЕЗ И ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ**

© И.Н. Аллаярова, Л.Н. Миронова

Статья посвящена изучению онтогенеза 11 видов рода *Campanula* L. в условиях культуры. Описаны 3 возрастных периода: латентный, прегенеративный, генеративный и 7 онтогенетических состояний. Определены индикаторные морфометрические признаки возрастных состояний и жизненные формы. Во взрослом генеративном состоянии выделено 8 жизненных форм.

Ключевые слова: колокольчики, онтогенез, возрастные периоды, онтогенетические состояния, индикаторные признаки, жизненные формы.

Введение. При введении видов природной флоры в культуру необходимо учитывать длительность их жизни, продолжительность и особенности отдельных возрастных состояний. Исследование онтогенеза растений позволяет выяснить уровень их приспособительных возможностей, устойчивости и продолжительности существования в культуре [1–2].

По определению А.А. Уранова [2], «онтогенез цветковых растений понимается... как последовательность сменяющих друг друга морфологических состояний и изменений растений от прорастания семени до отмирания особи и – в случае вегетативного размножения – всего вегетативно возникшего потомства». Схема периодизации онтогенеза была разработана Т.А. Работновым [3] при изучении жизненного цикла луговых растений и в дальнейшем детализирована А.А. Урановым [4].

И.Э. Варминг впервые обратил внимание на адаптивность вегетативной сферы растения к условиям окружающей среды. Это же подчеркивали крупнейшие отечественные исследователи И.Г. Серебряков и Е.М. Лавренко. Они считали, что жизненная форма –

своеобразный габитус определенных групп растений, возникающий в онтогенезе в результате роста и развития в определенных условиях среды и исторически сложившийся в данных почвенно-климатических и ценологических условиях как выражение приспособленности к этим условиям (цитируется по С.А. Баландину и др., 2001) [5].

Цель настоящей работы – изучение онтогенеза и жизненных форм 11 видов рода *Campanula* L. при выращивании в Ботаническом саду-институте Уфимского научного центра РАН.

Объекты и методы исследования. Полевые и лабораторные исследования проводили на базе Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН (далее БСИ) в 2008–2009 гг.

Территория Ботанического сада расположена в лесостепи на границе правобережья и левобережья Предуралья. В климатическом отношении район характеризуется большой амплитудой колебаний температуры в ее годовом ходе, неустойчивостью и недостатком атмосферных осадков, быстрым переходом от суровой зимы к жаркому лету, поздними ве-

сенными и ранними осенними заморозками. Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно отличались, что позволило объективно оценить изучаемый материал. Теплым и достаточно увлажненным был 2009 г., жарким и недостаточно увлажненным – 2008 г.

Объектами исследований являлись 2 двухлетних вида колокольчика (*C. thyrsoides* L., *C. sibirica* L.) и 9 многолетних.

Семена инорайонных видов были получены по делектусу из Германии – *C. alliariifolia* Willd. (2003), *C. punctata* Lam. (2006); Чехии – *C. carpatica* Jacq. (2000), *C. thyrsoides* L. (2007). Остальные виды были интродуцированы в БСИ живыми растениями и семенами из естественной флоры районов Башкортостана: Белокатайский – *C. glomerata* L. (2006); Белорецкий – *C. latifolia* L. (2006); Уфимский – *C. persicifolia* L.; Учалинский – *C. rapunculoides* L. (2006), *C. sibirica* L. (2007); Дуванский – *C. rotundifolia* L. (2006); Салаватский – *C. trachelium* L. (2005).

При изучении онтогенеза проводился сравнительный морфологический анализ в соответствии с разработками Т.А. Работнова [3] и А.А. Уранова [4]. Жизненные формы определялись по системе И.Г. Серебрякова [6–7] с учетом последующих дополнений А.Б. Безделовой и Т.А. Безделовой [8].

Результаты и их обсуждение. В онтогенезе колокольчиков за два года наблюдений (2008–2009 гг.) описаны три возрастных периода: латентный, прегенеративный (проростки, ювенильное, имматурное и виргинильное состояния) и генеративный.

Латентный период. Плод – сухая многосеменная коробочка. Семена мелкие, коричневые, разнообразной формы. Не имеют периода покоя или характеризуются неглубоким физиологическим покоем.

Прегенеративный период. Проростки (pl). Семена колокольчиков прорастают на 15–20-е сутки после посева. Прорастание надземное. Семядоли овальные, слегка суженные к верхушке, голые, с одной срединной жилкой; верхушка тупая или с едва заметной выемкой,

их размеры варьируют. Эпикотиль сильно укорочен, проросток имеет форму розетки. Первый лист разворачивается непосредственно над семядолями на 9–12-е сутки после прорастания.

Ювенильное состояние (j). Особи этого возрастного состояния формируют 2–4 листа ювенильного типа. Главный корень значительно увеличивается в длину и ветвится до III порядка. У *C. carpatica* и *C. rotundifolia* начинается формирование первичного куста.

Имматурное состояние (im) характеризуется отмиранием семядолей и первого листа, появлением 5–8 листовых пластинок «переходного» типа, а так же началом бокового ветвления, из заложённых пазушных почек в базальной части розеточного побега (за исключением *C. latifolia*, *C. sibirica* и *C. thyrsoides*, у которых боковые побеги развиваются только в случае повреждения главного генеративного побега). У *C. carpatica* и *C. rotundifolia* появляются боковые побеги второго порядка. Главный корень утолщается и ветвится до IV порядка, возникают придаточные корни на гипокотиле.

Виргинильное состояние (v) характеризуется началом развития главного побега (стеблевание *C. latifolia*, *C. sibirica*, *C. thyrsoides*) или боковых розеточных побегов, в результате чего образуется первичный куст; у *C. carpatica* и *C. rotundifolia* – развитием вторичных боковых побегов. У *C. alliariifolia*, *C. glomerata*, *C. sibirica* и *C. thyrsoides* корневая система остается стержневой, у остальных видов – смешанной. Листья виргинильных особей по форме практически не отличаются от генеративных, но крупнее по своим размерам, чем листья имматурных растений.

Продолжительность прегенеративного периода составляет от 68–74 (*C. carpatica* и *C. rotundifolia*) до 414–442 суток.

Генеративный период монокарпиков. Особи *C. sibirica* и *C. thyrsoides* вступают в генеративный период на второй год вегетации в третьей декаде июня. У молодых генеративных (g_1) растений розеточный побег сменяется полурозеточным ортотропным слабоветвящимся генеративным побегом.

Продолжительность данного возрастного состояния у *C. sibirica* составляет 53 ± 2 , у *C. thyrsooides* – 26 ± 1 суток.

Средневозрастное генеративное состояние (g_2) у монокарпических видов наблюдается в середине июля и характеризуется тем, что из почек обогащения в нижней части (*C. thyrsooides*) или по всей длине (*C. sibirica*) генеративных побегов интенсивно развиваются многочисленные паракладии; значительно увеличивается длина побега с соцветием по сравнению с предыдущим возрастным состоянием. Продолжительность средневозрастного генеративного состояния у *C. sibirica* составляет 14 ± 1 , у *C. thyrsooides* – 21 ± 1 суток.

Старое генеративное состояние (g_3) отмечается у *C. thyrsooides* в третьей декаде июля, у *C. sibirica* в первой декаде августа. В этом возрастном периоде наблюдаются некротические процессы в главном корне, постепенно в прикорневой розетке начинают накапливаться отмершие засохшие листья, созревают плоды. Продолжительность данного возрастного состояния составляет 36 ± 2 суток. Вегетация заканчивается у *C. thyrsooides* в конце августа; у *C. sibirica* – в третьей декаде сентября. Таким образом, онтогенез *C. sibirica* и *C. thyrsooides* длится два вегетационных периода. Сенильный период у данных видов не выражен (рис. А).

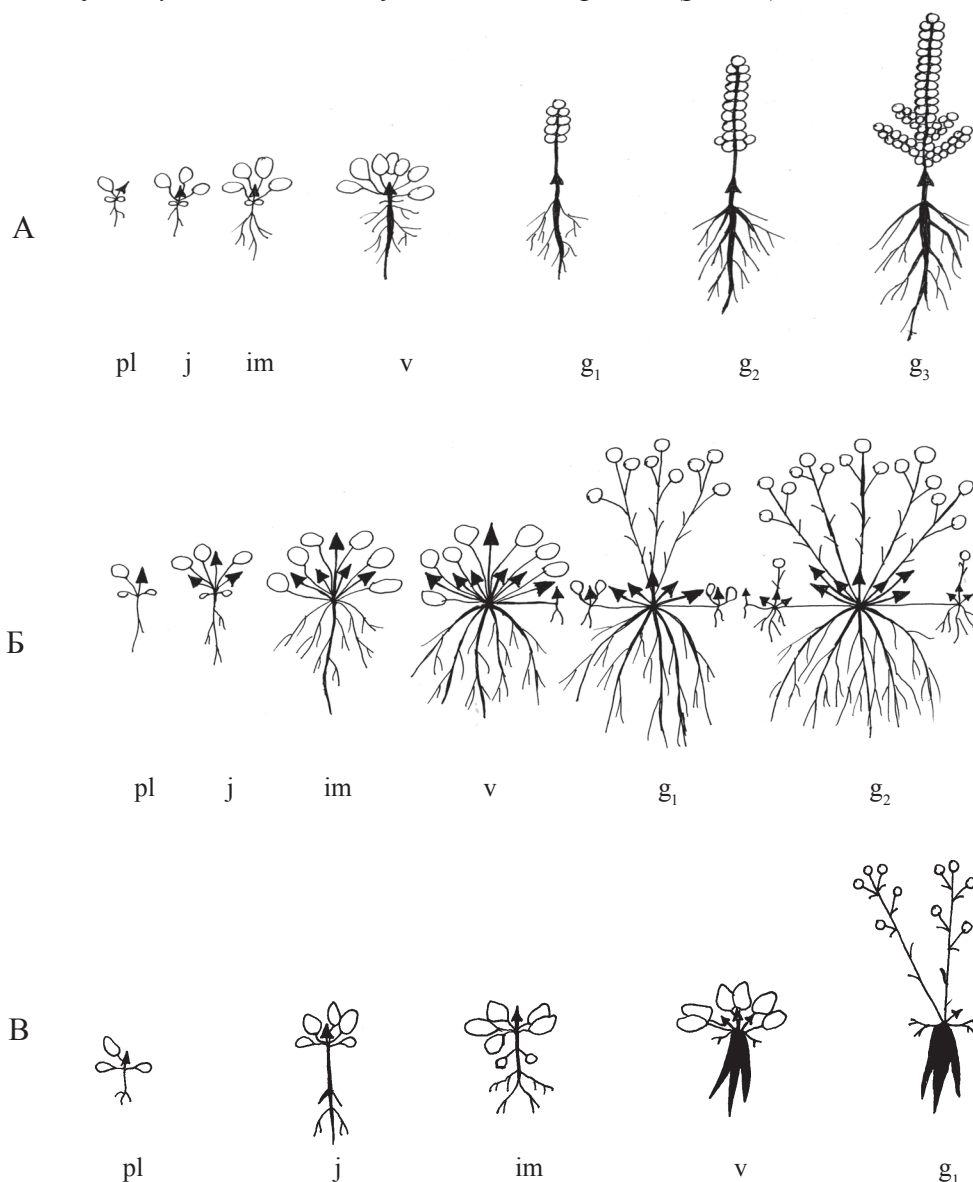


Рис. Онтогенез *C. thyrsooides* (А), *C. rotundifolia* (Б), *C. rapunculoides* (В) за 2 года вегетации

Генеративный период поликарпиков. В первый год жизни генеративного состояния достигли *C. carpatica* и *C. rotundifolia* (100% особей). Особи изученных видов во время первого цветения находятся в *молодом генеративном состоянии* (g_1). Оно характеризуется начальной фазой формирования корневищ вследствие развития подземных побегов и возобновления из пазушных почек в базальных частях побегов II порядка.

В *средневозрастном генеративном состоянии* (g_2) эти виды переходят на второй год вегетации. Оно характеризуется наличием хорошо сформированной корневой системы, наиболее мощно развитой вегетативной (наблюдается дальнейшее кущение побегов) и репродуктивной сферами. Особи *C. rotundifolia* представляют собой систему парциаль-

ных кустов, каждый из которых состоит из нескольких вегетативных и генеративных побегов (рис. Б).

Остальные многолетние виды вступают в генеративный период на второй год вегетации. Особи *C. alliariifolia*, *C. glomerata*, *C. latifolia*, *C. persicifolia*, *C. punctata*, *C. rapunculoides*, *C. trachelium* в первое цветение завершают вегетационный период в *молодом генеративном состоянии* (g_1) (рис. В).

В таблице приведены некоторые морфометрические показатели генеративных особей в разных возрастных состояниях колокольчиков: молодое (g_1), средневозрастное (g_2) и старое (g_3) генеративные.

В *молодом генеративном состоянии* самые длинные генеративные побеги характерны для *C. trachelium* (68,3 см) и *C. persicifolia*

Т а б л и ц а

Морфометрические показатели генеративных органов колокольчиков в разных возрастных состояниях (2008–2009 гг.)

Вид	Возрастное состояние	Высота, см		Количество на особь, шт.	
		генеративного побега	соцветия	генеративных побегов	цветков
Монокарпики					
<i>C. sibirica</i>	g_1	38,6±1,9	17,3±0,8	1,0±0,0	18,1±0,9
	g_2	46,1±2,3	21,6±1,2	1,0±0,0	83,2±4,2
	g_3	55,6±2,9	39,8±1,9	1,0±0,0	52,6±2,6
<i>C. thyrsoides</i>	g_1	15,9±0,8	8,9±0,4	1,0±0,0	19,5±0,9
	g_2	28,8±1,4	15,8±0,8	1,0±0,0	49,5±2,4
	g_3	34,9±2,1	28,1±0,9	1,0±0,0	37,5±1,8
Поликарпики, зацветающие в 1-й год жизни					
<i>C. carpatica</i>	g_1	30,6±2,9	10,2±0,4	12,5±0,6	22,6±1,1
	g_2	31,9±1,6	19,0±0,8	20,3±4,1	84,9±4,2
<i>C. carpatica</i> f. <i>alba</i>	g_1	29,4±2,8	9,8±0,4	11,9±0,5	21,4±1,0
	g_2	31,1±1,5	19,3±0,9	20,8±5,3	88,7±4,3
<i>C. rotundifolia</i>	g_1	32,8±1,6	13,5±0,6	11,6±0,6	46,4±2,3
	g_2	39,2±2,6	15,1±0,7	18,2±2,6	82,8±4,3
Поликарпики, зацветающие на 2-й год жизни					
<i>C. alliariifolia</i>	g_1	29,5±1,5	18,1±0,9	5,0±0,3	95,0±4,8
<i>C. glomerata</i>	g_1	34,2±1,8	21,5±1,2	2,5±0,1	53,3±2,7
<i>C. latifolia</i>	g_1	42,4±2,1	7,1±0,4	1,0±0,0	5,1±0,3
<i>C. persicifolia</i>	g_1	61,5±3,1	20,1±1,1	4,0±0,2	28,1±1,4
<i>C. persicifolia</i> f. <i>alba</i>	g_1	61,9±3,0	20,3±1,1	3,8±0,2	26,6±1,3
<i>C. punctata</i>	g_1	38,6±1,9	25,0±1,2	1,0±0,0	21,7±1,1
<i>C. rapunculoides</i>	g_1	46,6±0,5	20,8±1,0	1,0±0,0	12,3±2,7
<i>C. trachelium</i>	g_1	68,3±3,4	22,8±1,1	2,0±0,1	56,3±2,8

(61,9). Наиболее длинным соцветием отличается *C. punctata* (25,0 см). Максимальным количеством генеративных побегов характеризуются *C. carpatica* (12,5±0,6 шт.) и *C. rotundifolia* (11,6±0,6 шт.).

Самыми обильно цветущими среди изученных видов являются *C. alliariifolia* (95,0 цветков на растение), *C. trachelium* (56,3), *C. thyrsoides* (49,5) и *C. rotundifolia* (46,4) (табл.).

Жизненные формы. У колокольчиков из коллекции БСИ во взрослом генеративном состоянии выделены следующие жизненные формы: 1. Двулетний летнезеленый травянистый стержнекорневой моноподиально нарастающий монокарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. sibirica*, *C. thyrsoides*); 2. Многолетний зимнезеленый травянистый длиннокорневищно-стержне-кистекарпический симподиально нарастающий поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. persicifolia*); 3. Многолетний летнезеленый травянистый длиннокорневищно-стержне-кистекарпический корнеотпрысковый симподиально нарастающий поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. rapunculoides*); 4. Многолетний летнезеленый травянистый короткокорневищно-стержне-кистекарпический симподиально нарастающий поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. trachelium*, *C. latifolia*, *C. carpatica*); 5. Многолетний летнезеленый травянистый стержне-кистекарпический со шнуровидными придаточными корнями симподиально нарастающий поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. alliariifolia*); 6. Многолетний летнезеленый травянистый стержне-кистекарпический столонообразующий симподиально нарастающий поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. punctata*); 7. Многолетний летнезеленый травянистый короткокорневищно-стержне-кистекарпический столонообразующий симподиально нарастающий поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. rotundifolia*); 8. Многолетний летнезеленый травянистый стержне-кистекарпический столонообразующий с многоглавым каудексом симподиально

нарастающий поликарпик с полурозеточным прямостоячим побегом (*C. glomerata*).

Изученные виды колокольчика – гемикрептофиты. В онтогенезе монокарпиков жизненные формы остаются постоянно моноподиально нарастающими стержнекарпическими, а у поликарпиков меняются от моноподиально нарастающих стержнекарпических к симподиально нарастающим стержне-кистекарпическим или корневищным [9–10].

Выводы. 1. Изученные 11 видов колокольчика – травянистые монокарпические (*C. sibirica*, *C. thyrsoides*) или поликарпические растения с полурозеточным прямостоячим побегом, зимнезеленые (*C. persicifolia*) или летнезеленые гемикрептофиты. В онтогенезе монокарпиков жизненные формы остаются постоянно моноподиально нарастающими стержнекарпическими, а у поликарпиков меняются от моноподиально нарастающих стержнекарпических к симподиально нарастающим стержне-кистекарпическим или корневищным.

2. Показано, что в онтогенезе колокольчиков индикаторными признаками возрастных состояний являются: для проростков – наличие семядолей и первого листа; для ювенильных особей – 2–4 листа ювенильного типа, образование придаточных корней в нижних узлах главного побега; для имматурных – отмирание первого листа и семядолей, втягивание гипокотила в землю; для виргинильных – втягивание базальной части главной оси стебля в землю, начало развития главного побега. В первый год вегетации в генеративный период вступают *C. carpatica* и *C. rotundifolia*, на второй год – все оставшиеся виды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Онтогенетический атлас растений: научное издание / Под ред. Л.А. Жуковой. Йошкар-Ола: МарГУ, 2007. Т. V. 372 с.
2. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций (вместо предисловия) // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. М.: Наука, 1967. С. 3–8.

3. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяции для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. 1950. Вып. 1. С. 465–483.

4. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7–34.

5. Баландин С.А., Камен А.А., Ким А.И. и др. Биология. Справочник студента. М.: Филологическое общество «Слово», ООО «Изд-во АСТ», 2001. 640 с.

6. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 146–202.

7. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Сов. наука, 1952. 390 с.

8. Безделева А.Б., Безделева Т.А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаук, 2006. 296 с.

9. Аллаярова И.Н., Миронова Л.Н. Начальный онтогенез редких видов колокольчика // Вестник Оренбургского государственного университета. Оренбург, 2009. № 76. С. 32–34.

10. Аллаярова И.Н., Миронова Л.Н. Онтогенез некоторых представителей рода *Campanula* L. при культивировании в условиях Башкирского Предуралья // Научные ведомости Белгородского государственного университета, 2011. № 9 (104). С. 140–144.



CAMPANULAS IN BASHKIR URALS: INTRODUCTION, ONTOGENY AND LIFE FORMS

© I.N. Allajarova, L.N. Mironova

The article is devoted to study 11 species of genus *Campanula* L. ontogeny of in culture. Describes the three age periods: latent, pregenerativny, generative and 7 ontogenetic states. Defined indicator morphometric signs of age states, and life forms. In the adult generative condition identified eight forms of life.

Key words: campanula, ontogeny, age periods, ontogenetic state, indicating signs of life forms.

УДК 579.841.15:579.222.3

**ОСОБЕННОСТИ АНТАГОНИСТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
ПРИРОДНЫХ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ АРОМАТИЧЕСКИХ ГАЛОГЕНИДОВ**

© Е.Ю. Журенко, Н.В. Жарикова, Т.Р. Ясаков, В.В. Коробов, Т.В. Маркушева

В работе приведены результаты исследований характера взаимодействия природных штаммов-деструкторов ароматических галогенидов родов *Achromobacter*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Raoultella*, *Stenotrophomonas* и *Pseudomonas*. Выявлено антагонистическое воздействие *B. polifermeticus* на культуры *P. fluorescens* 34 DCP и *P. kilonensis* 34 T.

Ключевые слова: бактерия, ароматические галогениды, биотехнология.

В настоящее время все большее внимание к себе привлекают биотехнологии, направленные на решение экологических проблем. Современное производство препаратов для защиты окружающей среды в основном сосредоточено на бактериальных средствах для ликвидации нефтяных загрязнений, очистки воды и донных отложений. Анализ сегментов биотехнологической промышленности показывает, что разработка препаратов для ремедиации среды от ароматических галогенидов производится медленными темпами. В рамках развития технологий этого кластера актуально создание специализированных средств, реализующих ресурсы нескольких культур. В данном контексте важным условием создания эффективных консорциумов для практики является понимание особенностей взаимоотношений микроорганизмов-деструкторов между собой.

Цель настоящей работы – выявить характер взаимодействия природных штаммов-деструкторов ароматических галогенидов родов *Achromobacter*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Raoultella*, *Stenotrophomonas* и *Pseudomonas*, а также определить возможность их совместного применения.

Условия эксперимента. В качестве объектов исследования были использованы оригинальные штаммы природных бактерий-деструкторов (хлор)фенолов, выделенные из почвенной биоты трансформированных экотопов Уфимского промузла.

Чистые культуры получали методом Коха с небольшими модификациями. Идентификация бактерий проведена согласно культурально-морфологическим и физиолого-биохимическим характеристикам, а также генетического типирования по последовательности гена 16S рРНК [1].

Взаимоотношения изолятов изучали методами перпендикулярных штрихов и агаровых блочков. Эксперименты проводили в 3-кратной повторности.

При применении метода перпендикулярных штрихов на поверхность агаризованной среды (МПА) рассеивали клетки культуры продуцента. Затем перпендикулярно к штриху продуцента подсевали тест-организмы. Чашки выдерживали в термостате при 28–30°C в течение 2–8 сут в зависимости от скорости роста микроорганизмов. Устойчивые тест-организмы обнаруживали рост вблизи продуцентов. Если продуцент оказывал антаго-

ЖУРЕНКО Евгения Юрьевна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: tvmark@anrb.ru
ЖАРИКОВА Наталья Владимировна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: tvmark@anrb.ru
ЯСАКОВ Тимур Рамилевич – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: yasakovt@gmail.com
КОРОБОВ Владислав Викторович – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: tvmark@anrb.ru
МАРКУШЕВА Татьяна Вячеславовна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: tvmark@anrb.ru

нистическое действие на тест-культуру, то ее рост происходил вдали от штриха продуцента. В качестве контроля применяли оценку развития тест-культуры на богатой питательной среде (МПА) [2].

Сравнительный анализ методом агаровых блочков осуществлялся в два этапа: культуру – продуцент высевали на поверхность МПА, из которой после формирования газона вырезали агаровые блочки. Полученные блочки вынимали из толщи агара и аккуратно размещали на поверхности среды другой чашки Петри, предварительно засеянной тест-культурой. Чашки с блочками выдерживали в термостате при 28–30°C в течение 1–8 сут в зависимости от скорости роста микроорганизмов. В случае чувствительности тест-культуры к продуценту вокруг агаровых блочков образовывались зоны подавления роста. Эти зоны подвергали оценке [3].

Результаты. Ранее на селективных средах из образцов смешанных почвенных по-

пуляций микроорганизмов экотопов Уфимского промузла были выделены изоляты, способные использовать в качестве источника углерода и энергии фенол и его галогенированные аналоги [4].

На основании физиолого-биохимических характеристик и результатов определения последовательностей генов 16S рРНК изоляты были дифференцированы как представители линии грамположительных бактерий рода *Bacillus*, а также нескольких родов бета- и гамма-подклассов протеобактерий, а именно: *Achromobacter*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Raoultella*, *Stenotrophomonas* и *Xanthomonas*.

В ходе изучения взаимодействий штаммов деструкторов ароматических галогенидов с использованием метода перпендикулярных штрихов было обнаружено, что рост большинства тест-культур рода *Pseudomonas* происходил в непосредственной близости от продуцентов (табл.1).

Полученные данные ясно указывали на отсутствие антагонизма у изучаемых культур

Т а б л и ц а 1

Оценка антагонистической активности бактерий

Продуцент	Тест-организм		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 39 D	<i>Pseudomonas fluorescens</i> 34 DCP	<i>Pseudomonas kilonensis</i> 34 T
<i>Achromobacter xylosoxidans</i> 33 P	+	+	+
<i>Bacillus polifermenticus</i>	+	–	–
<i>Bacillus subtilis</i> 19 S	+	+	+
<i>Bacillus subtilis</i> 21SW	+	+	+
<i>Citrobacter sp.</i> 36-4 Ch	+	+	+
<i>Enterobacter cloacea</i> 34-4 Ch	+	+	+
<i>Raoultella planticola</i> 33-4 Ch	+	+	+
<i>Raoultella planticola</i> 36 D	+	+	+
<i>Raoultella planticola</i> 36 T	+	+	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> 39 D	+	+	–
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 34 DCP	+	+	+
<i>Pseudomonas kilonensis</i> 34 T	+	+	+
<i>Stenotrophomonas sp.</i> 33 T	+	+	+
<i>Xantamonas campestris</i> 33 DCP	+	+	+

У словные обозначения: + рост тест-культуры вблизи штамма продуцента, – отсутствие роста тест-культуры вблизи штамма продуцента.

рода *Pseudomonas* и представителей бета- и гамма-подкласса протеобактерий родов *Achromobacter*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Raoultella*, *Stenotrophomonas* и *Xantamonas*.

Вместе с тем рост некоторых тест-культур происходил на расстоянии от продуцентов (см. табл. 1). Эти данные свидетельствовали в пользу того, что среди части изолятов существуют антагонистические взаимодействия. Так, клетки штамма *B. polifermenticus* подавляли рост двух тест-организмов, а именно: *P. fluorescens* 34 DCP и *P. kilonensis* 34 Т. Культура *P. aeruginosa* 39D проявляла антагонистические свойства к штамму *P. kilonensis* 34 Т.

Принимая во внимание то, что анализ роста перпендикулярных штрихов осуществляется в ходе инкубации клеток продуцента и тест-культур совместно на одной среде, в то время как такие условия не всегда могут быть благоприятными как для развития продуцента и образования им антибиотического вещества, так и для роста тест-культур, в исследовании был дополнительно привлечен метод агаровых блочков. Этот метод позволяет провести тестирование свойств штаммов после независимого накопления в среде секретируемых ими метаболитов, включая вещества, способные оказать антибиотическое воздействие [3].

Для получения блочков штаммы-антагонисты, выявленные методом перпендикулярных штрихов: *B. polifermenticus* и *P. aeruginosa* 39D, а также соответствующие им тест-культуры: *P. fluorescens* 34 DCP и *P. kilonensis* 34 Т, засеивались на поверхность МПА в отдельные чашки Петри. Затем, после накопления в агаризованной среде секретируемых продуцентами интермедиатов, из МПА вырезались агаровые блочки, которые переносились на поверхность газона тест-культуры. В ходе последующей инкубации в оптимальных условиях наблюдали за появлением зон подавления роста клеток бактерий. Оценка диаметров зон подавления роста тест-культур приведена в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что при тестировании было отмечено два случая негатив-

ного воздействия на тест-культуры с образованием зоны подавления роста в диапазоне от 11 до 12,33 мм, а именно: продуцент *B. polifermenticus* подавлял рост *P. fluorescens* 34 DCP и *P. kilonensis* 34 Т.

Таким образом, было подтверждено, что штамм *B. polifermenticus* способен к подавлению роста бактерий рода *Pseudomonas* путем выделения в среду вещества антимикробной природы. В то же время антагонистические взаимоотношения между *P. aeruginosa* 39D и *P. kilonensis* 34 Т методом агаровых блочков не подтвердились. Возможно, наблюдаемая задержка роста тест-культуры *P. kilonensis* 34 Т при применении метода перпендикулярных штрихов могла быть связана с более быстрым ростом *P. aeruginosa* 39D.

Таблица 2

Оценка антагонистической активности методом агаровых блочков

Продуцент	Тест-культура	Диаметр зоны подавления роста, мм
<i>B. polifermenticus</i>	<i>P. fluorescens</i> 34 DCP	12,33±1,4
	<i>P. kilonensis</i> 34 Т	11±0,1
<i>P. aeruginosa</i> 39D	<i>P. kilonensis</i> 34 Т	0

В связи с тем, что проведенные эксперименты выявили антагонистическое воздействие *B. polifermenticus* на культуры *P. fluorescens* 34 DCP и *P. kilonensis* 34 Т, можно сделать вывод о том, что при создании эффективного консорциума для утилизации галогенидов ароматического ряда следует избегать совместного применения штаммов-деструкторов *B. polifermenticus* и *P. fluorescens* 34 DCP, а также *P. kilonensis* 34 Т, вследствие наличия у них антагонистических взаимодействий.

Работа выполнена при поддержке гранта Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов», ГНТП АН РБ «Инновационные биотехнологии в сельском хозяйстве, медицине и биологии» 2012 г. и гранта Республики Башкортостан молодым ученым и молодежным научным коллективам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита и др. 9-е изд. В 2-х т. М.: Мир, 1997. 799 с.

2. Практикум по микробиологии / Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Академия, 2005. 608 с.

3. Микробиология: методические рекомендации к лабораторным занятиям и контроль самостоятельной работы студентов / Авт.-сост. В.В. Лысак, Р.А. Желдакова. Минск.: БГУ, 2002. 100 с.

4. Маркушева Т.В., Журенко Е.Ю., Кусова И.В. Бактерии-деструкторы фенола и его хлорированных производных. Уфа: Гилем, 2002. 108 с.



**THE AROMATIC HALIDES-DEGRADING BACTERIA
ANTAGONISTIC INTERACTIONS FEATURES**

© **E.Yu. Zhurenko, N.V. Zharikova, T.R. Yasakov, V.V. Korobov, T.V. Markusheva**

The antagonistic interactions features of aromatic halides-degrading bacteria of *Achromobacter*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Raoultella*, *Stenotrophomonas* and *Pseudomonas* genera have been investigated.

It has been revealed that the strain *B. polifermenticus* had antagonistic interactions against the strains *P. fluorescens* 34 DCP and *P. kilonensis* 34 T.

Key words: bacteria, aromatic halides, biotechnology.

УДК 633.1:633.31/37:57.085.2

ОПТИМИЗАЦИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

© Н.Н. Круглова

Показано, что данные экспериментальной эмбриологии растений могут служить основой для оптимизации биотехнологии получения андроклиных растений яровой мягкой пшеницы в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: биотехнология, культура *in vitro*, яровая мягкая пшеница.

Современные активно развивающиеся инновационные биотехнологии растений во многом базируются на данных клеточной биологии и клеточной инженерии *in vitro*. Приоритетное направление в этой области – биотехнология андроклиной гаплоидии. Интереснейший биологический феномен андроклинии состоит в переключении программы развития гаплоидных клеток пыльника с обычного гаметофитного пути, связанного с образованием пыльцевого зерна, на иной путь – спорофитный, состоящий в формировании растения-регенеранта [1].

Андроклиная гаплоидия – биотехнологический прием, перспективный в современных генетико-селекционных исследованиях растений. Основное преимущество использования гаплоидов как клонов в селекционных исследованиях состоит в возможности быстрого получения гомозиготных константных гаплоидных гибридов 1-го поколения, сохраняющих в генотипе хозяйственно-ценные признаки родительских форм. Использование полученных клонов облегчает отбор фенотипов по качественным и количественным признакам и дает возможность ускорить оценку перспективности полученных гибридов. Перевод гаплоидов в дигаплоидное состояние позволяет получать полноценные семена таких растений [2].

Андроклиные гаплоиды и дигаплоиды активно используются при селекционно-гене-

тических исследованиях многих хозяйственно ценных растений, в том числе зерновых злаков. В то же время необходима оптимизация этапов биотехнологии андроклиной гаплоидии по отношению к каждому из изучаемых видов растений. Важное направление в этой области – использование данных экспериментальной эмбриологии, цель которой – разработка способов управления сложным процессом эмбрионального развития [3].

Цель настоящей работы – проанализировать эмбриологические аспекты инновационной биотехнологии андроклиной гаплоидии на примере яровой мягкой пшеницы. Данная биотехнология разработана в лаборатории экспериментальной эмбриологии растений Института биологии Уфимского НЦ РАН в творческом содружестве с лабораторией эмбриологии и репродуктивной биологии БИН РАН (г. Санкт-Петербург) [4–5].

Материал и методы исследования. В качестве материала для исследования послужила гибридная линия яровой мягкой пшеницы Фотос, пыльники которой характеризуются значительной компетентностью к андроклинии [1]. Донорные растения выращивали в полевых условиях научного стационара Института биологии Уфимского НЦ РАН (Уфимский район) в 2009–2011 гг.

В работе использовали: общепринятые методы световой микроскопии [6]; комплек-

сный метод выделения фитогормонов из растительных тканей и твердофазный иммуноферментный анализ (ИФА) [7]; общепринятые методы фенологических наблюдений за развитием пшеницы [8]. Статистическую обработку полученных результатов вели с применением программы Excel, учитывая основные статистические параметры.

Результаты и их обсуждение. Разработанная биотехнология андроклиной гаплоидии яровой мягкой пшеницы состоит из нескольких принципиальных этапов. *В условиях in vivo (посевы в поле):* фенотипический отбор донорных растений, содержащих пыльника с преобладающим количеством инициальных клеток андроклинии. *В условиях in situ (холодильная камера, хладотермостат или камера «Фитотрон»):* стрессовая обработка изолированных колосьев отобранных донорных растений холодом. *В условиях in vitro (чашки Петри и пробирки):* инокуляция изолированных пыльников *in vitro* на индукционную питательную среду, получение андроклиных структур (эмбриоидов и каллусов), перенос их на среду для регенерации, получение гаплоидных растений-регенерантов в фазе кушения. *В условиях ex vitro (вегетационные сосуды и посевы в поле):* дигаплоидизация растений-регенерантов путем колхицинирования, выращивание растений-регенерантов до фенофазы полной спелости зерна, получение семян.

Рассмотрим эмбриологические аспекты разработанной биотехнологии.

Для выявления инициальной клетки андроклинии на питательную среду Potato II инокулировали пыльники на стадиях морфогенеза, отобранных на основании данных эмбриологического анализа развития пыльника в естественных условиях. При этом использовали авторскую периодизацию развития пыльника злаков [9] и ряд методических нюансов, ведущих к нивелированию фактора асинхронности в развитии пыльников в цветке, цветков в колоске, колосков в колосе [10].

Были отобраны следующие стадии морфогенеза пыльника: Ia (период формирования

пыльника, содержащего клетки археспория), Ib (период формирования пыльника, содержащего спорогенные клетки), II (период сформированного пыльника, содержащего микроспорозиты), IIIa (период созревания пыльника, содержащего слабовакуолизованные микроспоры), IIIb (период созревания пыльника, содержащего сильновакуолизованные микроспоры), IIIc (период созревания пыльника, содержащего двуклеточные пыльцевые зерна), IV (период зрелого пыльника, содержащего трехклеточные пыльцевые зерна). Условия стрессового воздействия низкими положительными температурами ($+4 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 7 сут) и гормональный состав индукционной питательной среды для каждого растения сохраняли неизменными. Подсчитывали частоту образования андроклиных структур (эмбриоидов/каллусов) как отношение количества образовавшихся *in vitro* андроклиных структур к общему количеству инокулированных пыльников, выраженное в процентах.

На основании анализа данных комплексных эмбриологических и экспериментальных исследований установлено, что во все годы исследования при прочих равных условиях к формированию андроклиных структур приводила инокуляция пыльников в стадии морфогенеза IIIb, содержащих гаплоидные сильновакуолизованные микроспоры, находящиеся в предмитотическом состоянии. Важно подчеркнуть, что микроспоры плотно прикреплены к оболочкам клеток тапетума с помощью орбикул.

Фенотипические критерии донорных растений, содержащих пыльники с сильновакуолизованными микроспорами, таковы: растение находится в фенофазе стеблевания; кончик колоса, находящегося в листовой обертке, располагается строго на $\frac{1}{4}$ расстояния от основания флагового листа до основания предпоследнего снизу листа. Такие фенотипические признаки служат морфологическими маркерами для экспресс-диагностики донорных растений и, тем самым, оптимизации процесса получения гаплоидов.

Температура воздействия на колосья донорных растений, биотехнологически опти-

мальная для индукции морфогенеза микроспоры *in vitro* по спорофитной программе, была подобрана эмпирически. Для этого проанализировали ответную реакцию культивируемых пыльников после воздействия на изолированные колосья температурой $+1\pm 1^\circ\text{C}$, $+4\pm 1^\circ\text{C}$, $+7\pm 1^\circ\text{C}$ и $+10\pm 1^\circ\text{C}$ в течение 1–15 сут. Установлено, что индукции андроклинии способствует стрессовое воздействие в эмпирически выявленном режиме ($+4\pm 1^\circ\text{C}$ в течение 7 сут) на пыльники перед их размещением на питательной среде *in vitro*.

Каков клеточный и тканевой механизм действия холода? Согласно данным светоптического анализа, холод провоцирует отрыв микроспор от орбикул тапетума. Кроме того, воздействие холодом вызывает изменение структурной организации микроспоры (нарушение полярности клетки) и дегенерацию всех слоев стенки пыльника. С эмбриологических позиций все это приводит к нарушению целостности пыльника как интегрированной системы, нарушению морфогенетических корреляций между тканями стенки пыльника и микроспорами и тем самым – нарушению детерминации нормального развития пыльцевого зерна (гаметофита). В целом в оторвавшихся микроспорах, по-видимому, подавляется экспрессия гаметофитной программы развития. Сравнительный эмбриологический мониторинг подтвердил, что далее в ходе культивирования пыльников именно в таких оторвавшихся микроспорах наблюдались аномальные симметричные (равные) деления, связанные с реализацией экспрессии спорофитной программы развития и ведущие к формированию андроклинных структур. Таким образом, стрессовое воздействие холодом в определенном режиме можно расценивать как триггер спорофитного пути морфогенеза сильновакуолизованных микроспор в культуре *in vitro*.

После холодной предобработки пыльники инокулировали в условия *in vitro* на индукционную питательную среду Potato II. Исследовали действие вводимого в состав сре-

ды синтетического ауксина 2,4-Д в концентрациях 0.1; 0.25; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 мг/л на индукцию морфогенеза *in vitro* микроспоры по спорофитной программе. Использовали разработанный в лаборатории метод оптимизации питательных сред с учетом фитогормональных особенностей генотипов пшеницы [11–12], при этом предварительно методом твердофазного иммуоферментного анализа определяли содержание эндогенного ауксина индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в пыльниках перед инокуляцией.

Данные эмбриологического мониторинга развития сильновакуолизованных микроспор в ходе культивирования пыльников свидетельствуют о реализации морфогенетического потенциала этих клеток по спорофитной программе двумя путями морфогенеза *in vitro*. Это эмбриоидогенез *in vitro*, состоящий в формировании из микроспоры эмбриоида – зародышеподобной структуры, и гемморизогенез *in vitro*, состоящий в формировании из микроспоры каллуса, а затем индуцирования в нем формирования почки и корня. Оба пути морфогенеза ведут к формированию полноценных плодоносящих растений, однако биотехнологически оптимальным путем является эмбриоидогенез *in vitro*, поскольку в данном случае единицей репродукции является зачаток целого организма. Дальнейший анализ этапов биотехнологии андроклинной гаплоидии проведем по отношению к регенерации растений яровой мягкой пшеницы через этап эмбриоидогенеза *in vitro*.

Экспериментально установлено, что индукция формирования эмбриоида определяется балансом между концентрацией экзогенного синтетического ауксина 2,4-Д в модифицированной индукционной питательной среде Potato II и содержанием эндогенного ауксина ИУК в пыльнике в момент инокуляции. Подбор такого баланса позволяет управлять процессом морфогенеза микроспор в культуре *in vitro* и способствует ускорению получения андроклинных растений яровой мягкой пшеницы.

На основании детальных эмбриологических данных, а также морфологических

наблюдений установлены следующие этапы развития инициальной микроспоры на индукционной питательной среде Potato II: микроспора – эмбриоид в фазе бластомеризации – эмбриоид в фазе органогенеза – сформированный эмбриоид.

Сформированные эмбриоиды переносили на среду для регенерации, где они развивались в растения. Полученные растения в фенофазе кущения извлекали из пробирок и с помощью цитогенетического контроля отбирали только гаплоидные особи. Их обрабатывали смесью для дигаплоидизации и вновь проводили их цитогенетический контроль. Только дигаплоидизированные растения переносили в почву, где они развивались до фенофазы полной спелости зерна. Лабораторная и полевая оценки показали высокую всхожесть полученных семян андроклиных растений. Высокое качество семян подтверждено данными эмбриологического анализа.

В целом биотехнология получения полноценных фертильных андроклиных дигаплоидных растений яровой мягкой пшеницы – сложный процесс, зависящий от комплекса разнообразных факторов, сочетание которых определяет как пути морфогенеза, так и способы образования растений-регенерантов. Однако уже сейчас арсенал экспериментальных (главным образом, эмбриологических) данных позволяет сделать этот процесс управляемым и получать полноценные конкурентоспособные андроклиные растения для их использования в селекционных программах. Так, лабораторный образец разработанной биотехнологии андроклиной гаплоидии яровой мягкой пшеницы проходит апробацию в полевых условиях Селекционного центра по растениеводству Башкирского НИИ СХ РАСХН (г. Уфа). Согласно предварительным данным, андроклиные растения-регенеранты характеризуются достаточно высокой конкурентной способностью.

Автор выражает благодарность заведующему лабораторией селекции яровой пше-

ницы Селекционного центра по растениеводству Башкирского НИИ СХ РАСХН (г. Уфа) к. с.-х. н. В.И. Никонову за предоставленный материал для исследования и за оценку полученных андроклиных растений в полевых условиях.

Исследование поддержано договором с ГАНУ РБ «Центр аграрных исследований» в рамках выполнения работ по ГНТП РБ «Инновационные технологии в сельском хозяйстве, биологии и медицине».

ЛИТЕРАТУРА

1. Эмбриологические основы андроклинии пшеницы / Круглова Н.Н., Батыгина Т.Б., Горбунова В.Ю., Титова Г.Е., Сельдиминова О.А. М.: Наука, 2005. 99 с.
2. От микроспоры – к сорту / Батыгина Т.Б., Круглова Н.Н., Горбунова В.Ю., Титова Г.Е., Сельдиминова О.А. М.: Наука, 2010. 177 с.
3. Круглова Н.Н. Морфогенез в культуре пыльников пшеницы: эмбриологический подход. Уфа: Гилем, 2001. 203 с.
4. Горбунова В.Ю., Круглова Н.Н. Методические аспекты культивирования изолированных пыльников пшеницы. Уфа, 1988. 20 с.
5. Круглова Н.Н., Батыгина Т.Б. Методические рекомендации по использованию морфогенетического потенциала пыльника в биотехнологических исследованиях яровой мягкой пшеницы. Уфа, 2002. 22 с.
6. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
7. Иммуноанализ регуляторов роста в решении проблем физиологии растений, растениеводства и биотехнологии / Под ред. Г.Р. Кудояровой. Уфа: АН РБ, 2000. 223 с.
8. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М.: Изд-во МГУ, 1977. 256 с.
9. Круглова Н.Н. Периодизация развития пыльника злаков как методологический аспект изучения андрогенеза *in vitro* // Известия РАН. Серия биологическая. 1999. № 3. С. 275–281.

10. Круглова Н.Н. Микроспора как модельная система для путей изучения морфогенеза: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2002. 48 с.

11. Горбунова В.Ю. Генетические предпосылки спорофитного пути развития микроспор злаков в условиях *in vitro*. Уфа, 1993. 104 с.

12. Горбунова В.Ю., Круглова Н.Н., Абрамов С.Н. Индукция андрогенеза *in vitro* у яровой мягкой пшеницы. Баланс эндогенных и экзогенных фитогормонов // Известия РАН. Серия биологическая. 2001. № 1. С. 31–36.



**OPTIMIZATION OF BIOTECHNOLOGY OF WHEAT PLANT OBTAINING
IN *IN VITRO* CULTURE**

© N.N. Kruglova

It was showed that the experimental embryology data may be the basis of optimization of wheat plant obtaining in *in vitro* culture.

Key words: biotechnology, culture *in vitro*, spring soft wheat.

УДК 581.5 (470.57)

**ВЫСШИЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН,
НУЖДАЮЩИЕСЯ В ОСОБОМ ВНИМАНИИ К ИХ СОСТОЯНИЮ
В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ И МОНИТОРИНГЕ (АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК)**

© А.А. Мулдашев, А.Х. Галеева, Н.В. Маслова, О.А. Елизарьева

Приводится аннотированный список 108 редких видов высших сосудистых растений флоры Республики Башкортостан, которые не вошли в новое издание Красной книги (2011), но нуждаются в особом внимании к их состоянию в природной среде. Дана информация об их распространении на территории республики, экологии и другие важные сведения.

Ключевые слова: редкие виды, мониторинг, охрана, Красная книга.

В 2011 г. в Республике Башкортостан (РБ) было осуществлено плановое очередное издание Красной книги [1]. В нем с учетом современных данных по редким и исчезающим видам флоры РБ был значительно переработан таксономический состав охраняемых видов, а также внесены изменения, учитывающие недостатки прошлого издания [2–4]. Одним из нововведений является включение в приложение списка таксонов (растения и грибы), которые в РБ нуждаются в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге. В настоящее время помещение таких списков в Красные книги общепринято [5–10]. Этот список был предварительно опубликован в печати [11] для критического рассмотрения научной общественностью и после обсуждения и доработок в Комиссии по редким и находящимся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов при Министерстве природопользования и экологии РБ был утвержден специальным приказом (№ 309п от 1 июня 2011 г.) [1]. В новом издании Красной книги РБ [1] он был опубликован в приложении в виде неаннотированного списка из 157 таксонов, включающего высшие и низшие (мхи, печеночники, водоросли) растения и грибы.

В настоящем сообщении приводится аннотированный список 108 таксонов высших сосудистых растений (Покрытосеменные – 105 видов, Голосеменные – 1 вид, Папоротниковидные – 2 вида), которые не вошли в Красную книгу [1], но нуждаются в бионадзоре в природной среде. Из них 23 вида ранее входили в предыдущее издание Красной книги РБ (2001) [2], но по тем или иным причинам не были включены в очередное издание [11]. Эти виды в тексте отмечены звездочкой. Остальные виды данного списка, по-видимому, являются большей частью претендентами для включения в очередное издание Красной книги, однако недостаток информации об их распространении в РБ и современном состоянии популяций не позволяет с полной уверенностью отнести их к видам, требующим государственной охраны. Многие из них были обнаружены на территории РБ лишь в последнее десятилетие и плохо изучены [12–14 и др.] или же были описаны для науки как новые таксоны [15–17 и др.]. Следует также подчеркнуть, что многие виды из этого списка являются редкими видами всего региона и включены во многие Красные книги субъектов Российской Федерации, граничащих с РБ [18, 6–9 и др.].

МУЛДАШЕВ Альберт Акрамович – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: muldashev_ural@mail.ru
ГАЛЕЕВА Амина Хамитовна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: herbariy-ib-ufa@mail.ru
МАСЛОВА Наталья Владимировна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: herbariy-ib-ufa@mail.ru
ЕЛИЗАРЬЕВА Ольга Александровна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: herbariy-ib-ufa@mail.ru

В нижеприводимом списке таксоны ранжированы по систематическому признаку, латинские названия даны по С.К. Черепанову [19] или по другим, более современным таксономическим обработкам. В аннотации к видам приводится краткая информация об их распространении и экологии в РБ, а также некоторые другие наиболее важные сведения о них (эндемичность, реликтовость, лимитирующие факторы и пр.).

ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ

Семейство Наядовые – *Najadaceae*

Каулиния малая – *Caulinia minor* (All.) Coss. et Germ.

Был обнаружен только однажды в прогреваемой части озера Билгиляр в Нуримановском р-не [12], где в настоящее время не выявляется. Обитает в воде.

Семейство Мятликовые – *Poaceae*

Бекмания восточная – *Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fern.

Изредка встречается в Зауралье в пределах Баймакского и Учалинского р-нов. Произрастает на лугах, по окраинам водоемов. Страдает от чрезмерного выпаса.

Катаброзочка низкая – *Catabrosella humilis* (Bieb.) Tzvel.

В РБ обнаружен в урочище «Солонцы» в окрестностях д. Новокалтаево на юге Куюргазинского р-на [13]. Произрастает на солонцах. Страдает от чрезмерного выпаса.

Цинна широколистная – *Cinna latifolia* (Trev.) Griseb.

Спорадически встречается в Предуралье и на Южном Урале в пределах Белорецкого, Бирского, Дуванского, Салаватского, Татышлинского, Учалинского и некоторых других р-нов. Произрастает в хвойных и смешанных лесах. Сокращает распространение из-за рубок лесов.

Змеевка растопыренная – *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng

Изредка встречается в Предуралье (Альшеевский, Куюргазинский, Мелеузовский р-ны) и на восточном склоне Южного Урала (Баймакский р-н) [12]. Произрастает на песчаных степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

Пырейник зеленочешуйный – *Elymus viridiglumis* (Nevski) Czer. s. l.

Спорадически встречается на Южном Урале, чаще на его восточном склоне (Абзелюловский, Баймакский, Белорецкий и другие р-ны) и очень редко в Предуралье (Белокатайский, Бураевский, Чишминский и другие р-ны). Произрастает на лугах. Необходим контроль за предуральскими популяциями.

***Пырей отогнутоостый** – *Elytrigia reflexiaristata* (Nevski) Nevski

Спорадически встречается на Южном Урале (на юге – до широтного течения р. Белой) и в северной части Предуралья (Месягутовская лесостепь). Эндемик Урала. Произрастает на скалах преимущественно карбонатного состава.

Овсяница Беккера – *Festuca beckerii* (Hack.) Trautv.

Изредка встречается в Предуралье (Альшеевский, Давлекановский, Буздякский р-ны). В РБ вид на северной границе ареала. Произрастает на песчаных степях. Слабо изученный вид.

Маннык литовский – *Glyceria lithuanica* (Gorski) Gorski

Изредка встречается в Предуралье (Архангельский, Татышлинский р-ны) и на Южном Урале (Баймакский, Белорецкий, Бурзянский р-ны). Произрастает в заболоченных лесах, чаще в поймах рек. Сокращает распространение из-за рубок лесов.

Ячмень Богдана – *Hordeum bogdanii* Wilensky

Встречается в Предуралье (Зианчуринский, Куюргазинский р-ны) [12]. В РБ вид на северной границе ареала. Произрастает на солончаковых лугах. Неизученный в РБ вид.

***Колосняк акмолинский** – *Leymus akmolinsensis* (Drob.) Tzvel.

В РБ спорадически встречается в Зауралье (Баймакский, Хайбуллинский р-ны) и в Предуралье (Давлекановский р-н). В РБ вид на северной границе ареала. Произрастает на солончаках. Необходим контроль за предуральскими популяциями.

Бескильница гигантская – *Puccinellia gigantea* (Grossh.) Grossh.

Встречается в Зауралье (Баймакский, Хайбуллинский р-ны) [12]. В РБ вид на северной

границе ареала. Произрастает на сырых солончаках. Страдает от чрезмерного выпаса.

Семейство Осоковые – *Cyperaceae*

Осока болотолубивая – *Carex heleonastes* Ehrh.

Изредка встречается на Южном Урале (Белорецкий р-н). Произрастает на сфагновых мезотрофных болотах. Слабо изученный вид.

***Осока магелланская**, о. заливная – *Carex paupercula* Michx.

Спорадически встречается на Южном Урале (Белорецкий, Учалинский р-ны) и очень редко в Предуралье (Янаульский р-н). Произрастает на сфагновых болотах и в заболоченных лесах. Необходим контроль за предуральскими популяциями.

Осока сабинская, о. шабинская – *Carex sabyensis* Less. ex Kunth

Известен из одного пункта в Белорецком р-не (увал Мосеев). На Южном Урале изолированный фрагмент ареала. Реликт. Произрастает на сырых лугах, среди кустарников и на скалах. Неизученный в РБ вид.

Пухонос дернистый – *Trichophorum cespitosum* (L.) C. Hartm.

Встречается на Южном Урале (Белорецкий, Учалинский р-ны) [13]. На Южном Урале плейстоценовый реликт. Произрастает на мезотрофных болотах. Слабо изученный в РБ вид.

Семейство Лилейные – *Liliaceae*

Гусиный лук луковиценосный – *Gagea bulbifera* (Pall.) Salisb.

Встречается на Южном Урале (Баймакский р-н) [20], в Предуралье (Зианчуринский р-н) и Зауралье (Хайбуллинский р-н). Произрастает в степях. Слабо изученный в РБ вид.

Семейство Ирисовые – *Iridaceae*

***Касатик сибирский**, ирис сибирский – *Iris sibirica* L.

Спорадически встречается в районах Южного Урала (восточный склон) и Зауралья, а также очень редко в Предуралье. Произрастает на лугах, разреженных лесах. Необходим контроль за предуральскими популяциями. Страдает от уничтожения местообитаний.

Семейство Орхидные – *Orchidaceae*

Гнездовка обыкновенная – *Neottia nidus-avis* (L.) Rich.

Спорадически встречается в р-нах Предуралья и Южного Урала. Произрастает в различных лесах. Встречается единичными особями или небольшими группами. Сокращает распространение и численность из-за рубок лесов.

Семейство Ивовые – *Salicaceae*

Ива остролистная – *Salix acutifolia* Willd.

Однажды был обнаружен в долине р. Камы. В настоящее время возможные местонахождения вида, возможно, уничтожены при подготовке ложа Нижнекамского водохранилища. Неизученный в РБ вид.

Ива мохнатая, и. шерстистая – *Salix lanata* L.

В РБ встречается только на Южном Урале на г. М. Ирмель. Плейстоценовый реликт. Произрастает в горных тундрах. Страдает от чрезмерной рекреации.

***Ива черничная – *Salix myrtilloides* L.**

Встречается на Южном Урале в Белорецком и Учалинском р-нах. Произрастает на сфагновых болотах. Уязвим из-за малочисленности популяций.

Ива уральская – *Salix uralicola* I. Beljaeva (*S. phyllicifolia* auct., non L.)

Изредка встречается на Южном Урале в Белорецком и Учалинском р-нах. Эндемик Урала. Произрастает в среднем и верхнем горном поясе по окраинам болот и осыпей, у выхода ключей. Уязвим из-за малочисленности популяций.

Семейство Маревые – *Chenopodiaceae*

Соляночник лиственничный – *Caroxylon laricinum* (Pall.) Tzvel.

Встречается в Зауралье в окрестностях с. Акъяр Хайбуллинского р-на [21]. В РБ вид на северной границе ареала. Произрастает на глинистых солончаках, на нарушенных участках. Страдает от чрезмерного выпаса.

Семейство Гвоздичные – *Caryophyllaceae*

Ясколка енисейская – *Cerastium jenisejense* Hult.

Встречается на г. Ирмель на Южном Урале. Плейстоценовый реликт. Произрастает в горных тундрах. Возможно, вид просматривается из-за сходства с другим близким видом.

***Гвоздика иглолистная** – *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb.

Спорадически встречается на скалистых останцах, приречных скалах и каменистых степях Южного Урала, а также в прилегающих равнинах, но реже. Эндемик Урала. Необходимо контролировать за предуральскими популяциями. Страдает от чрезмерного выпаса.

Гвоздика узкочашечная – *Dianthus stenocalyx* Juz.

Встречается в Предуралье в пойме р. Кама в окрестностях с. Николо-Березовка Краснокамского р-на. Известное местообитание вида, возможно, было уничтожено при подготовке ложа Нижнекамского водохранилища. Произрастает на лугах.

***Качим уральский** – *Gypsophila uralensis* Less.

Встречается на Южном Урале большей частью в пределах Белорецкого и Учалинского р-нов. Эндемик Урала. Произрастает на скалах и в горных тундрах. В контроле нуждаются изолированные низкогорные популяции в Абзелиловском, Бурзянском и Гафурийском р-нах.

Минуартия Регеля – *Minuartia regeliana* (Trautv.) Mattf.

Встречается в Зауралье в Хайбуллинском р-не (г. Айгиртау) [13]. Произрастает на сырых лугах. Вид в РБ находится на северной границе ареала. Возможно, вид просматривается из-за мелких размеров. Слабо изученный в РБ вид. Страдает от чрезмерного выпаса.

Семейство Кувшинковые – *Nymphaeaceae*

Кувшинка четырехгранная – *Nymphaea tetragona* Georgi

Изредка встречается в Зауралье в Абзелиловском и Баймакском р-нах [13]. Произрастает в озерах и медленнотекущих реках. Слабо изученный в РБ вид.

Семейство Лютиковые – *Ranunculaceae*

Борец Коржинского – *Aconitum korshinskyi* Tzvel.

Известен только по гербарным сборам IX в. в Предуралье из окрестностей д. Чандар Нуримановского р-на. Эндемик Восточной Европы. Произрастает в лесах.

Шелковник Риона – *Batrachium rionii* (Lagger) Nym.

Встречается в Зауралье в Баймакском (окрестности с. Акмурун) и Хайбуллинском (пойма р. Таналык) р-нах [12]. Произрастает в медленнотекущих ручьях степной зоны.

Живокость клиновидная – *Delphinium cuneatum* Stev. ex DC.

Изредка встречается в лесостепной зоне Предуралья. Эндемик Восточной Европы. Произрастает по опушкам широколиственных лесов, среди зарослей кустарников.

Ползунок отпрысковый – *Halerpestes sarmentosa* (Adams) Kom.

Встречается в Зауралье в Абзелиловском р-не (озера Мулдаккуль и Чебаркуль) [12]. Вид в РБ на западной границе ареала. Произрастает в прибрежных отмелях. Слабо изученный вид.

Лютик кашубский – *Ranunculus cassubicus* L.

Изредка встречается в Предуралье и на западных отрогах Южного Урала (Белокатайский, Благоварский, Ишимбайский и другие р-ны). Произрастает в широколиственных и смешанных лесах. Сокращает распространение из-за рубок лесов.

Лютик карельский – *Ranunculus karelicus* (Markl.) Ericss.

Встречается в Предуралье в Бакалинском р-не (окрестности с. Умирово) [13]. Эндемик Восточной Европы. Произрастает в лесах и опушках. Незученный вид.

Лютик головатый – *Ranunculus glabriusculus* Rupr.

Изредка встречается на Южном Урале (г. М. Ирмель) [22]. Плейстоценовый реликт. Произрастает в горных тундрах. Популяция подвержена сильной рекреации.

Лютик шерстистовидный – *Ranunculus lanuginosiformis* Selin ex Trautv.

Изредка встречается на наиболее высоких вершинах Южного Урала (г. Ирмель, хребты Зигальга, Машак, Нары и др.) [13]. Плейстоценовый реликт. Произрастает в горных тундрах. В контроле нуждаются популяции на г. Ирмель. Страдает от чрезмерной рекреации.

Лютик длиннолистный – *Ranunculus lingua* L.

Отмечен в немногих пунктах Предуралья и Зауралья. Произрастает по обводненным болотам, берегам озер, рек, иногда на засоленных лугах. Встречается небольшими группами.

Лютик многолистный – *Ranunculus polyphyllus* Waldst. et Kit. ex Willd.

Изредка встречается в Предуралье (Аургазинский, Кармаскалинский, Кугарчинский и некоторые другие р-ны). Произрастает в низинных болотах, в мелких водоемах.

Лютик близкий – *Ranunculus propinquus* С.А. Меу.

Изредка встречается на Южном Урале в Белорецком р-не (хребты Баштау и Яндык). Произрастает в лесах и на опушках. Сокращает распространение из-за рубок лесов.

Лютик стелющийся – *Ranunculus reptans* L.

Изредка отмечен в Предуралье (Архангельский, Гафурийский, Салаватский, Янаульский р-ны). Произрастает на влажных лугах, по берегам водоемов. Страдает от выпаса.

Лютик лесостепной – *Ranunculus silvisteppeus* Dubovik (*R. pedatus* auct.)

Изредка встречается в Предуралье (Кургазинский, Стерлитамакский р-ны), на Южном Урале (Зианчуринский р-н) и в Зауралье (Баймакский, Хайбуллинский р-ны). Произрастает на лугах, обычно засоленных. Необходим контроль за малочисленными популяциями, в частности на г. Юрактау. Страдает от чрезмерного выпаса.

Семейство Крестоцветные – Brassicaceae

Теллунгиелла Бочанцева – *Thellungia la botschantzevii* D. German

Изредка встречается в Зауралье в Баймакском и Хайбуллинском р-нах. Произрастает на солончаках. Страдает от чрезмерного выпаса.

Теллунгиелла стрелолистная – *Thellungiella toxophylla* (Bieb.) V. Dorofeev

Изредка встречается в Зауралье в Баймакском и Хайбуллинском р-нах. Произрастает на солончаках. Страдает от чрезмерного выпаса.

Семейство Толстянковые – Crassulaceae

Горноколосник щитковый – *Orostachys thyrsiflora* Fisch.

Изредка встречается на Южном Урале (Зианчуринский р-н) и в Предуралье (Давлекановский, Ишимбайский р-ны). Произрастает на каменистых степях, карбонатных обнажениях. Необходим контроль за предуральскими популяциями, в частности на г. Тратау и Ярыштау. Слабо изученный в РБ вид. Страдает от чрезмерного выпаса.

Семейство Камнеломковые – Saxifragaceae

Камнеломка поникшая – *Saxifraga cernua* L.

Изредка встречается на Южном Урале (Абзелиловский, Белорецкий р-ны). Реликт. Произрастает на тенистых скалах. Чаше встречаются переходные формы к виду к. сибирская (*S. sibirica* L.). Неизученный в РБ вид.

Семейство Розоцветные – Rosaceae

Хамеродос прямостоячий – *Chamaerodos erecta* (L.) Bunge

Изредка встречается на восточном склоне Южного Урала (Учалинский р-н) [22]. Реликт. Произрастает на каменистых и щебнистых остепненных склонах. Слабо изученный в РБ вид.

Лапчатка респешковидная – *Potentilla agrimonoides* Bieb.

Спорадически встречается на восточном склоне Южного Урала (Абзелиловский, Баймакский, Белорецкий, Учалинский р-ны). Гибридогенный вид. Произрастает на скалах и каменистых степях. Популяции всегда малочисленные. Страдает от чрезмерного выпаса.

Лапчатка неодетая – *Potentilla evestita* Th. Wolf

Изредка встречается на восточном склоне Южного Урала в Абзелиловском и Учалинском р-нах. Плейстоценовый реликт [22]. Произрастает на каменистых степях и обнажениях.

Лапчатка холодная – *Potentilla gelida* С.А. Меу.

Встречается на Южном Урале (г. Ирмель). Плейстоценовый реликт [22]. Произрастает в горных тундрах. Страдает от чрезмерной рекреации. Не изученный в РБ вид.

Лапчатка Мулдашева – *Potentilla muldaschevii* Knjasev et Semerikov

Встречается на восточном склоне Южного Урала (Учалинский р-н). Эндемик [17]. Произрастает на каменистых степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

***Лапчатка шелковая** – *Potentilla sericea* L.

Встречается преимущественно на восточном склоне Южного Урала (Абзелиловский, Баймакский, Белорецкий, Учалинский р-ны). Плейстоценовый реликт. Произрастает в каменистых степях. Необходим контроль малочисленных популяций.

***Морошка приземистая** – *Rubus chamaemorus* L.

Спорадически встречается на Южном Урале (Белорецкий, Учалинский р-ны) и в Предуралье (Салаватский р-н, Лагереvское болото). Необходим контроль за популяцией в Предуралье. Страдает от уничтожения местообитаний.

Семейство Бобовые – *Fabaceae*

Астрагал короткобобовый – *Astragalus brachylobus* Fisch. ex DC.

Встречается в Зауралье (Хайбуллинский р-н). В РБ вид на северной границе ареала. Произрастает в каменистых степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

Астрагал обедненный – *Astragalus depauperatus* Ledeb.

Встречается в Зауралье (Абзелиловский р-н). Плейстоценовый реликт [23]. Произрастает на каменистых степях и обнажениях. Страдает от чрезмерного выпаса.

Астрагал оренбургский – *Astragalus oropolitanus* Knjasev et Kulikov

Изредка встречается на Общем Сырте в Предуралье (Зианчуринский р-н) [24]. Произрастает на каменистых степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

Астрагал бледноватый – *Astragalus pallescens* Bieb.

Изредка встречается в Предуралье в Туймазинском р-не [24]. В РБ вид на восточной границе ареала. Произрастает в степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

***Астрагал сарептский** – *Astragalus sareptanus* A. Becker (*A. rupifragus* p. p.)

Спорадически встречается в степных и лесостепных р-нах РБ, чаще в Предуралье. Произрастает в каменистых степях. Необходим контроль за популяциями, подверженными сильному влиянию антропогенных факторов. Страдает от чрезмерного выпаса.

Астрагал лесостепной – *Astragalus silvestrepaeus* Knjasev

Спорадически встречается на севере Предуралья в Белокатайском, Дуванском, Мечетлинском и Салаватском р-нах [16]. Эндемик. Произрастает в луговых степях, щебнистых склонах. Необходим контроль за малочисленными популяциями. Страдает от чрезмерного выпаса.

Астрагал Сторожевой – *Astragalus storozhevae* Knjasev

Изредка встречается на Общем Сырте в Предуралье (Зианчуринский р-н) [24]. Эндемик. Произрастает в каменистых степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

Астрагал болотный – *Astragalus uliginosus* L.

Обнаруживался однажды в Предуралье в Салаватском р-не (окрестности с. Лагерево). Произрастает в заболоченной уреме. Незученный в РБ вид.

***Копеечник Гмелина** – *Hedysarum gmelinii* Ledeb.

Спорадически встречается в Предуралье, преимущественно на Бугульминско-Белевской возвышенности. Произрастает в петрофитных и луговых степях. Необходим контроль за популяциями, подверженными сильному влиянию антропогенных факторов.

Остролодочник колокольчатый – *Oxytropis campanulata* Vass.

Изредка встречается в Предуралье (Давлекановский р-н). Произрастает в луговых степях.

Остролодочник колосистый – *Oxytropis spicata* (Pall.) O. et B. Fedtsch.

Спорадически распространен в степной и лесостепной зонах РБ. Произрастает в каменистых степях, на обнажениях. Эндемик. Необходим контроль за малочисленными популяциями. Страдает от чрезмерного выпаса.

Остролодочник изящный – *Oxytropis teres* (Lam.) DC.

Изредка встречается в Предуралье (Мелеузовский р-н, хр. Харатау). Реликт. Произрастает в каменистых и песчаных степях. Не изученный в РБ вид.

Остролодочник татарский – *Oxytropis tatarica* Kņjasev

Изредка встречается в Предуралье (запад Бугульминско-Белебеевской возвышенности и Общий Сырт) [15]. Эндемик Заволжья. Произрастает на петрофитных и луговых степях. Необходим контроль за популяциями, подверженными чрезмерному влиянию выпаса.

Семейство Гераниевые – *Geraniaceae*

Герань болотная – *Geranium palustre* L.

Изредка встречается в Предуралье (Туймазинский, Салаватский р-ны). Произрастает по окраинам болот, по берегам ручьев. Страдает от уничтожения местообитаний.

Семейство Молочайные – *Euphorbiaceae*

Молочай хрящеватый – *Euphorbia glareosa* Pall. ex Vieb.

Изредка встречается в Предуралье (Давлекановский р-н). Произрастает на каменистых степях. Слабо изученный в РБ вид.

Молочай степной – *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh.

Известен по одному гербарному сбору из Зауралья (Хайбуллинский р-н, бывшая д. Архангельское). В РБ вид на восточной границе ареала. Произрастает на каменистых степях.

Семейство Водяниковые – *Empetraceae*

***Водяника гермафродитная** – *Empetrum hermaphroditum* Nagelup

Обычен в высокогорьях Южного Урала, изредка встречается на болотах Предуралья (Дуванский, Салаватский р-ны). Произрастает в горных тундрах, на болотах. Необходим контроль за равнинными популяциями. Страдает от нарушения местообитаний.

Семейство Повойничковые – *Elatinaceae*

Повойничек мокричный – *Elatine alsinastrum* L.

Изредка встречается в Предуралье (Кушнарковский, Янаульский р-ны) [12]. Произрастает на болотах, по берегам водоемов. Слабо изученный в РБ вид.

Повойничек трехтычинковый – *Elatine triandra* L.

Обнаружился в Предуралье (Нуримановский р-н, озеро Билгиляр) [12]. Произрастает в пересыхающих мелководьях. В известном местонахождении в настоящее время не обнаруживается. Слабо изученный в РБ вид.

Семейство Кипрейные – *Onagraceae*

Кипрей бедноцветковый – *Epilobium parviflorum* Schreb.

Изредка встречается в Предуралье в Альшеевском, Архангельском, Калтасинском р-нах [14]. Произрастает на низинных болотах, заболоченных лугах, у выхода ключей.

Семейство Сельдерейные – *Apiaceae*

***Володушка многожилковая** – *Vupleurum multinerve* DC.

Спорадически встречается на Южном Урале (Абзелиловский, Белорецкий, Бурзянский, Ишимбайский, Мелеузовский р-ны) и, реже, в Предуралье (Аскинский, Дуванский, Кигинский и другие р-ны). Реликт. Произрастает на каменистых степях и обнажениях. Необходим контроль за малочисленными популяциями, в основном в Предуралье.

Ферула каспийская – *Ferula caspica* Vieb.

Изредка встречается на Южном Урале (Бурзянский, Кугарчинский, Мелеузовский р-ны), в Предуралье (Бижбулякский, Ишимбайский р-ны) и Зауралье (Хайбуллинский р-н). Произрастает на осыпях, каменистых склонах. Необходим контроль за малочисленными популяциями (г. Тратау и др.). Страдает от чрезмерного выпаса.

Палимбия тургайская – *Palimbia turgaiica* Lipsky ex Wogonow

Изредка встречается в Зауралье (Баймакский, Хайбуллинский р-ны) и в Предуралье (Куюргазинский р-н). Вид в РБ на северной границе ареала. Произрастает на солончаках. Необходим контроль за малочисленными популяциями. Страдает от чрезмерного выпаса.

Семейство Грушанковые – *Pyrolaceae*

Грушанка средняя – *Pyrola media* Sw.

Изредка встречается в Предуралье (Белокатайский, Дуванский, Янаульский и другие р-ны) и на Южном Урале (Белорецкий, Бурзянский, Учалинский р-ны). Произрастает преимущественно в сосновых лесах. Страдает от рубок леса.

Семейство Вересковые – *Ericaceae*

Подбел многолистный – *Andromeda polifolia* L.

Изредка встречается в Предуралье (Балтачевский, Белокатайский, Дуванский, Калтасинский, Краснокамский и другие р-ны) и на Южном Урале (Белорецкий, Учалинский р-ны). Произрастает на сфагновых болотах. Необходим контроль за малочисленными популяциями в Предуралье. Страдает от уничтожения местообитаний.

***Клюква болотная – *Oxycoccus palustris* L.**

Спорадически встречается в лесной зоне Предуралья и Южного Урала. Произрастает на сфагновых болотах. Некоторые популяции уничтожаются при добыче мха. Необходим контроль за небольшими популяциями на карстовых болотах.

Семейство Первоцветные – *Primulaceae*

***Первоцвет кортузовидный – *Primula cortusoides* L.**

Спорадически встречается на Южном Урале (Бурзянский, Ишимбайский, Кугарчинский р-ны) и в Предуралье (Уфимское плато и Месягутовская лесостепь). Реликт. Произрастает на тенистых замшелых скалах, реже на остепненных лугах. Необходим контроль за малочисленными популяциями. Страдает от выпаса.

Семейство Горечавковые – *Gentianaceae*

Золототысячник Мейера – *Centaureum meyeri* (Bunge) Druce

Изредка встречается в Зауралье в Абзелиловском и Хайбуллинском р-нах. Произрастает на влажных солонцеватых лугах. Страдает от чрезмерного выпаса.

Золототысячник красивый – *Centaureum pulchellum* (Sw.) Druce

Изредка встречается в Предуралье в Бижбулякском, Благовещенском, Туймазинском, Уфимском р-нах. Произрастает на сырых лугах. Страдает от чрезмерного выпаса.

***Сверция тупая – *Swertia obtusa* Ledeb.**

Спорадически распространен в наиболее возвышенной части Южного Урала в Белорецком и Учалинском р-нах. Плейстоценовый реликт. Произрастает на болотах, заболоченных лугах и лесах. Необходим контроль за малочисленными популяциями.

Семейство Ластовневые – *Asclepiadaceae*

Ластовень русский – *Vincetoxicum rossicum* (Клеор.) Barbar.

Известен по одному местонахождению на Южном Урале в Башкирском государственном заповеднике. В РБ вид имеет изолированный фрагмент ареала. Произрастает на остепненных склонах, среди кустарников.

Семейство Губоцветные – *Lamiaceae*

Живучка женовская – *Ajuga genevensis* L.

Спорадически встречается в Предуралье. Произрастает в широколиственных лесах и опушках. Страдает от рубок и выпаса.

Шлемник сомнительный – *Scutellaria dubia* Taliev et Sirj.

Изредка встречается в Предуралье в Благовещенском р-не. Произрастает по берегам водоемов. Слабо изученный в РБ вид.

Тимьян малолистный – *Thymus paucifolius* Klok.

Изредка встречается в высокогорьях Южного Урала в Белорецком р-не [13]. Произрастает на скалах. Популяции малочисленные, плодоношение очень слабое.

Семейство Норичниковые – *Scrophulariaceae*

Кастиллея бледноцветная – *Castilleja pallida* (L.) Spreng.

Изредка встречается в лесостепной и степной зонах РБ в Абзелиловском, Баймакском, Дуванском, Кигинском, Учалинском, Хайбуллинском р-нах. Произрастает в степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

Марьяник польский – *Melampyrum polonicum* (Beauv.) Soy

Известен по старым гербарным сборам в Предуралье из Белокагайского р-на. В РБ вид находится на восточной границе ареала. Произрастает в разреженных лесах, среди кустарников, реже на лугах. Сокращает распространение из-за рубок лесов.

***Мытник плотный** – *Pedicularis compacta* Steph.

Спорадически распространен в наиболее возвышенной части Урала в Белорецком и Учалинском р-нах. Реликт. Произрастает на лугах и горных тундрах от лесного до гольцового поясов. В контроле нуждаются малочисленные популяции.

Семейство Пузырчатковые – Lenticulariaceae

Пузырчатка средняя – *Utricularia intermedia* Haune

Изредка встречается на Урале (Учалинский р-н) и Зауралье (Абзелиловский р-н). Растает в мочажинах на болотах. Уязвим из-за малочисленности популяций.

Семейство Подмаренниковые – Rubiaceae

Ясменник шероховатый – *Asperula exasperata* V. Krecz. ex Klok.

Изредка встречается в Предуралье (Ермекеевский р-н) и на Урале (Учалинский р-н) [14]. Произрастает на каменистых степях и обнажениях. Слабо изученный в РБ вид.

Семейство Валериановые – Valerianaceae

***Валериана клубневая** – *Valeriana tuberosa* L.

Довольно обычен на Южном Урале (Зианчуринский, Зилаирский р-ны), относительно редок в Предуралье (Ишимбайский, Мелеузовский, Стерлитамакский и другие р-ны) и Зауралье (Баймакский, Хайбуллинский р-ны). Растает в степях. В контроле нуждаются малочисленные популяции в Предуралье (гг. Куштау, Юрактау и др.).

Семейство Колокольчиковые – Campanulaceae

Колокольчик рапунцеливидный – *Campanula rapunculoides* L.

Изредка встречается в северной части Предуралья в Караидельском, Кигинском, Ну-

римановском р-нах. В РБ вид на восточной границе ареала. Произрастает на лугах, опушках, в кустарниках. Не изученный в РБ вид.

Семейство Астровые – Asteraceae
Полынь рассеченная – *Artemisia laciniata* Willd.

Изредка встречается в Зауралье в Абзелиловском и Учалинском р-нах [14]. Произрастает на солонцеватых лугах. Страдает от чрезмерного выпаса.

Василек сумской – *Centaurea sumensis* Kalen.

Изредка встречается в Предуралье в Краснокамском р-не. В РБ вид на восточной границе ареала [13]. Произрастает в разреженных сосняках и их опушках на песчаной почве. Страдает от рубок леса.

Скерда золотистая – *Crepis chrysantha* (Ledeb.) Turcz.

Встречается на Южном Урале на г. Ирмель. Реликт. Произрастает в горных тундрах. Необходим контроль на вершине г. Ирмель в местах наибольшей рекреации.

Солонечник татарский – *Galatella tatarica* (Less.) Novopokr.

Изредка встречается в Зауралье в Хайбуллинском р-не. Произрастает на солонцах и степях. Страдает от чрезмерного выпаса.

***Ястребинка ирмельская** – *Hieracium iremelense* (Elfstr.) Juxip

Спорадически встречается в наиболее возвышенной части Южного Урала в Белорецком и Учалинском р-нах. Эндемик Урала. Растает в подгольцовом и гольцовом поясах на горных тундрах, лугах, редколесьях. Необходим контроль за популяциями в местах повышенной рекреации.

Наголоватка Эверсмана – *Jurinea ewersmannii* Bunge

Спорадически встречается в Предуралье в Альшеевском, Давлекановском, Кююргазинском, Стерлибашевском, Федоровском р-нах. В РБ вид на восточной границе ареала. Произрастает в степях и солончаках. Необходим контроль за малочисленными популяциями. Страдает от чрезмерного выпаса.

***Девясил высокий** – *Inula helenium* L.

Спорадически встречается почти по всей территории РБ, но в северной части и на

Южном Урале он редок. Необходим контроль за заготовками подземных органов.

Крестовник татарский – *Senecio tataricus* Less.

Известен из немногих пунктов Предуралья (Дюртюлинский, Кушнаренковский, Чишминский р-ны). Произрастает на пойменных лугах, по берегам рек, в кустарниках.

Козелец луговой – *Scorzonera pratorum* (Krasch.) Stank.

Изредка встречается в Зауралье в Хайбуллинском р-не [14]. Произрастает на засоленных лугах. Необходим контроль за малочисленными популяциями.

***Большеголовник серпуховидный**, рапонтikum серпуховидный – *Stemmacantha serratuloides* (Georgi) M. Ditrich (*Rhaponticum serratuloides* (Georgi) Bobr.)

Изредка встречается в Зауралье (Баймакский и Хайбуллинский р-ны) и очень редко в Предуралье (Буздякский р-н, долина р. Чермасан). Необходим контроль за малочисленными популяциями.

ПАПОРОТНИКОВИДНЫЕ

Семейство Костенцовые – *Aspleniaceae*

***Костенец зеленый** – *Asplenium viride* Huds.

Встречается на Южном Урале в пределах Архангельского, Белорецкого, Бурзянского, Гафурийского, Кугарчинского, Учалинского р-нов. Обитает на тенистых, преимущественно приречных, скалах карбонатного состава. Произрастает немногочисленными группами.

Семейство Вудсиевые – *Woodsiaceae*

Вудсия стройная – *Woodsia gracilis* (Lawson) Butters

Встречается на Южном Урале в Белорецком, Мелеузовском, Учалинском р-нах. Обитает на скалах карбонатного и базальтового состава. Произрастает немногочисленными группами. Слабо изученный в РБ вид.

ГОЛОСЕМЕННЫЕ

Семейство Эфедровые – *Ephedraceae*

***Эфедра обыкновенная**, хвойник двухколосковый – *Ephedra distachya* L.

Спорадически встречается в степной и лесостепной зонах. Произрастает в каменистых степях и обнажениях. В контроле нуждаются малочисленные популяции, в частности, таковые на северо-востоке РБ. Страдает от чрезмерного выпаса.

Авторы надеются, что публикуемый аннотированный список видов будет стимулировать их поиск в природе и всестороннее изучение, что позволит определить их природоохранный статус на территории РБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1: Растения и грибы. Уфа: МедиаПринт, 2011. 384 с.
2. Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений. Уфа: Китап, 2001а. 274 с.
3. Мулдашев А.А., Галеева А.Х., Маслова Н.В. Роль «Красной книги Республики Башкортостан» в сохранении природного наследия // II Междунар. науч.-практ. конф. «Природное наследие России в 21 веке». Уфа, 2008а. С. 293–297.
4. Мулдашев А.А., Галеева А.Х., Маслова Н.В., Миркин Б.М. Красная книга Республики Башкортостан: опыт формирования видовой состава редких растений // Вестник АН РБ. 2008б. Т. 13, № 3. С. 5–13.
5. Красная книга Оренбургской области. Оренбург: Оренбург. кн. изд-во, 1998. 176 с.
6. Красная книга Челябинской области: Животные, растения, грибы. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 450 с.
7. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). 2-е изд. Казань: Идел-Пресс, 2006. 832 с.
8. Красная книга Пермского края. Пермь: Кн. мир, 2008а. 256 с.
9. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2008б. 855 с.
10. Красная книга Свердловской области. Животные. Растения. Грибы. Екатеринбург: Баско, 2008в. 254 с.

11. Мулдашев А.А., Галеева А.Х., Маслова Н.В., Мартыненко В.Б., Миркин Б.М. Материалы к новому изданию Красной книги Республики Башкортостан (высшие растения) // Вестник АН РБ. 2009. Т. 14, № 2. С. 17–25.
12. Мулдашев А.А. Флористические находки в Башкортостане (Россия) // Бот. журн. 2003. Т. 88, № 1. С. 120–129.
13. Мулдашев А.А. Новые флористические находки в Башкирии // Бот. журн. 2011. Т. 96, № 5. С. 654–660.
14. Мулдашев А.А., Галеева А.Х. Новые флористические находки в Республике Башкортостан // Бюл. МОИП. отд. биол. 2006. Т. 111, вып. 3. С. 67–69.
15. Князев М.С. Заметки по систематике и хорологии видов рода *Oxytropis* (*Fabaceae*) на Урале // Бот. журн. 2001. Т. 86, № 4. С. 140–148.
16. Князев М.С. Астрагалы (*Astragalus*, *Fabaceae*) секции *Craccina* на Урале // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 8. С. 1215–1226.
17. Князев М.С., Семериков В.Л. Новый вид рода *Potentilla* (*Rosaceae*) из Башкирии // Бот. журн. 2006. Т. 91, № 1. С. 85–93.
18. Красная книга Удмуртской Республики: сосудистые растения, лишайники, грибы. Ижевск: Удмуртский университет, 2001б. 290 с.
19. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья-95, 1995. 992 с.
20. Ишбирдин А.Р., Суюндуков И.В., Ишмуратова М.М., Ильина И.В. Новые местонахождения редких видов флоры Республики Башкортостан // Бот. журн. 2005. Т. 90, № 7. С. 1116–1119.
21. Мавродиев Е.В., Сухоруков А.П. Заметки о новых, редких и критических таксонах флоры юго-востока Европейской России // Бот. журн. 2000. Т. 85, № 3. С. 138–143.
22. Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург; Миасс: Геотур, 2005. 537.
23. Князев М.С., Куликов П.В. Секция *Helmia* рода *Astragalus* (*Fabaceae*) // Бот. журн. 2006. Т. 91, № 2. С. 278–290.
24. Князев М.С., Куликов П.В. Астрагалы (*Astragalus* L., *Fabaceae*) секции *Xiphidium* Bunge во флоре Урала // Новости систематики высших растений. СПб., 2004. Т. 36. С. 123–148.

—•••—

HIGHER VASCULAR PLANTS OF BASHKORTOSTAN IN NEED OF SPECIAL ATTENTION TO THEIR STATUS IN THE ENVIRONMENT AND MONITORING (ANNOTATED LIST)

© А.А. Muldashev, А.Кh. Galeeva, N.V. Maslova, О.А. Elizaryeva

This article provides (contains) an annotated list of 108 rare species of higher vascular plant flora of the Republic of Bashkortostan, which are not included in the new publication of Red Book (2011), but in need of special attention to their status in the environment. The information on their distribution in the territory of the republic, ecology and other is given.

Key words: rare species, monitoring, protection, Red Book.

УДК 581.33

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДИУМА В СЕМЯПОЧКЕ ОСТРОЛОДОЧНИКА БАШКИРСКОГО *OXYTROPIS BASCHIRENSIS* KNJASEV

© А.Е. Круглова

На основании анализа детальных гистологических данных по развитию семяпочки *Oxytropis baschkirensis* Knjasev (семейство Бобовые) впервые для представителей этого семейства выявлено формирование подиума – специализированной группы клеток нуцеллуса.

Ключевые слова: семяпочка, подиум, бобовые, *Oxytropis baschkirensis* Knjasev.

Семейство Бобовые (Fabaceae Lindl.) чрезвычайно богато редкими и эндемичными видами растений, нуждающимися в охране. Один из надежных способов охраны таких растений – их интродукция в питомник ботанического сада с последующей реинтродукцией в естественные места произрастания. Для получения качественных семян интродуцированных растений необходимо детально исследовать элементы их эмбриологии, в частности развитие женского генеративного органа – семяпочки (семязачатка).

Хорошо известно, что морфогенез семяпочки представляет собой непрерывный процесс. Дифференциация центральной части («тела») семяпочки, называемой нуцеллусом, связана с активностью клеток базальной, латеральной и переходной зон примордия этой генеративной структуры. Нуцеллус особенно хорошо развит у так называемых крассинуцеллятных семяпочек (по классификации [1]), к которым относятся семяпочки большинства бобовых [2].

Нуцеллус характеризуется сложной структурой, особенно в своей халазальной части, где в числе прочих формируется специализированная структура – подиум (от греч. *podion* – основание). Этот термин ввел К. Dahlegren [3–4] для обозначения долго сохраняющегося в халазальной части семяпочки остатка нуцеллуса

чашевидной формы, представленного клетками с утолщенными оболочками. Согласно представлениям [5–6], подиум формируется для переноса метаболитов из тканей семяпочки в зародышевый мешок.

Цель данного исследования состояла в изучении формирования подиума как специализированной структуры в семяпочке *Oxytropis baschkirensis* Knjasev, представителя семейства Бобовые, редкого эндемика Южного Урала.

Материал и методы исследования.

Материалом для исследования послужили средневозрастные генеративные растения *O. baschkirensis*, выращенные в интродукционном питомнике Института биологии УНЦ РАН, расположенном на территории Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН (г. Уфа). Происхождение образца: семена собраны на горе Микагир в Учалинском районе Республики Башкортостан в 1998 г. (коллекторы А.А. Мулдашев, А.Х. Галеева); вид интродуцирован в 1999 г.; выращивается в условиях монокультуры (интродуктор Н.В. Маслова).

Из свежесобранных и зафиксированных семяпочек на различных стадиях их развития согласно общепринятым методам [7] готовили гистологические препараты. Анализ пре-

паратов проводили с применением светового микроскопа Axio Imager 1 (Carl Zeiss, Jena) и цифрового микроскопа проходящего света Микровизор mVizo-103 (ООО «ЛЮМО ФОТОНИКА», Санкт-Петербург).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что морфогенез семяпочки у *O. baschkirensis* приходится на фазы бутонизации и массового цветения.

Семяпочка закладывается в виде меристематического бугорка на вентральной стороне завязи. Первой дифференцируется центральная часть семяпочки – нуцеллус (мегаспорангий). Нуцеллус массивный, хорошо развитый; семяпочка *O. baschkirensis*, таким образом, красинуцеллятная (по классификации [1]). Постепенно формируются покровные интегументы – внутренний и наружный; таким образом, семяпочка *O. baschkirensis* двупокровная (по классификации [1]). В верхней части семяпочки наружный и внутренний интегументы не срастаются, образуя микропиле. Формирование интегументов совпадает с изгибом семяпочки за счет неравномерного роста клеток нуцеллуса и клеток формирующихся интегументов; семяпочка *O. baschkirensis*, таким образом, – кампилотропная (односторонне изогнутая) (по классификации [1]). В целом морфогенез семяпочки *O. baschkirensis* протекает типично для представителей семейства Бобовые (обзоры [2; 8–10], монографии [11–13]), без отклонений от нормы.

В семяпочке *O. baschkirensis* нами выявлено формирование подиума – специализированной группы клеток нуцеллуса, которые, разрастаясь, вдаются в зародышевый мешок в месте формирования клеток-антипод.

Подиум формируется еще на ранних этапах развития семяпочки и хорошо представлен при дальнейшем ее морфогенезе (рис.).

В доступной нам литературе формирование подиума у бобовых ранее не описано. Единственное упоминание о схожей структуре – колонке-постаменте у некоторых видов бобовых из родов *Astragalus* и *Phaseolus* – приводится в обзорной работе М.М. Чубирко, Л.Н. Костриковой [2].

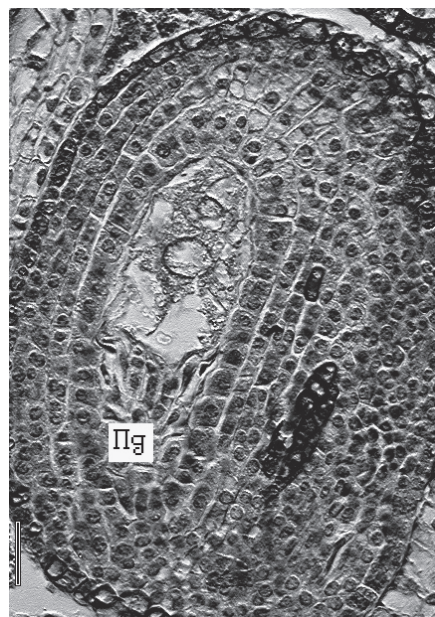


Рис. Подиум в семяпочке *Oxytropis baschkirensis*. Постоянный препарат, продольный срез, х40.

Условное обозначение: Пд – подиум.

Возможно, формирование подиума, выполняющего функцию переноса метаболитов в зародышевый мешок [5–6], является своеобразной компенсацией дегенерирующим трофическим клеткам-антиподам зародышевого мешка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко М.И. Морфология семяпочки покрытосеменных растений. Л.: Наука, 1973. 110 с.
2. Чубирко М.М., Кострикова Л.Н. Семейство Fabaceae // Сравнительная эмбриология цветковых растений. Т. 3. Л.: Наука, 1985. С. 67–77.
3. Dahlgren K.V.O. Endosperm- und Embryobildung bei *Zostera marina* // Bot. Not. 1939. Hf. 4. S. 607–615.
4. Dahlgren K.V.O. Postamentbildungen in den Embryosacken der Angiospermen // Bot. Not. 1940. Hf. 4. S. 347–369.
5. Шамров И.И. Семязачаток цветковых растений. Строение, функции, происхождение. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2008. 360 с.
6. Шамров И.И. Эмбриогения // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 2: Семя / Ред. Т.Б.Батыгина. СПб.: Мир и семья, 1997. С. 297–306.

7. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.

8. Davis G. Systematic Embryology of Angiosperms. New York, 1966. 528 p.

9. Поддубная-Арнольди В.А. Характеристика семейств покрытосеменных растений по цитоэмбриологическим признакам. М.: Наука, 1982. 352 с.

10. Prakash N. Embryology of the Leguminosae // Adv. in Legume systematics / Royal Botanic gardens. P. 3. Kew, 1987. P. 241–278.

11. Чеботарь А.А., Челак В.Р., Мошкович А.М. и др. Эмбриология зерновых, бобовых и овощебахчевых возделываемых растений. Кишинев: Штиинца, 1987. 225 с

12. Верещагина В.А., Колясникова Н.Л., Новоселова Л.В. Репродуктивная биология видов рода *Medicago*. Пермь, 2004. 226 с.

13. Колясникова Н.Л. Репродуктивная биология культивируемых и дикорастущих бобовых трав. Пермь: Пермская гос. с.-х. академия, 2006. 99 с.



FORMATION OF THE PODIUM IN *OXYTROPIS BASCHKIRENSIS* KNJASEV OVULE

© А.Е. Kruglova

On the basis of analysis of detailed histological data about ovule morphogenesis of *Oxytropis baschkirensis* Knjasev (Fabaceae) for the first time to the representatives of the family have revealed formation of the podium as a specialized group of cells of nucellus.

Key words: ovule, podium, Fabaceae, *Oxytropis baschkirensis* Knjasev.

УДК 579.6

МИКРООРГАНИЗМЫ, РАЗЛАГАЮЩИЕ НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

© Т.Ю. Коршунова, А.А. Сабиров, С.П. Четвериков, М.Д. Бакаева, О.Н. Логинов

Из техногенно загрязненной почвы Красноярского края выделены и идентифицированы 8 бактериальных штаммов, способных к разложению декана, толуола и β -метилнафталина, относящихся к различным нефтяным фракциям, в условиях низких положительных температур. Показано, что штаммы *Pseudomonas sp.* 1.1, *Pseudomonas sp.* 1.2, *Rhodococcus sp.* 3.3 и *Acinetobacter sp.* 4.3 проявляют повышенную деструктивную активность, что делает перспективным их применение при очистке почвы северных регионов от нефтяных загрязнений.

Ключевые слова: психротолерантные микроорганизмы-нефтедеструкторы, *Pseudomonas sp.* 1.1, *Pseudomonas sp.* 1.2, *Rhodococcus sp.* 3.3 и *Acinetobacter sp.* 4.3.

Загрязнение окружающей среды нефтью и ее производными до сих пор остается одной из самых актуальных мировых экологических проблем. По степени вредного воздействия на экосистемы нефть, нефтепродукты и нефтесодержащие промышленные отходы занимают второе место после радиоактивных поллютантов [1]. Основными причинами загрязнения земель и вод нефтью и нефтепродуктами являются аварии на магистральных и промысловых трубопроводах, при транспортных перевозках нефтепродуктов, выбросы нефти на буровых скважинах, отходы прибрежных нефтеочистительных заводов и нефтеперерабатывающих предприятий, системы отопления, работающие на нефтепродуктах и пр. Определить объемы нефти, попадающие при этом в природные объекты крайне сложно, но по разным оценкам ежегодно теряется от 3 до 20 млн т нефти [2–5]. По мнению экспертов, масштабы загрязнения почвы в результате деятельности нефтедобывающих и транспортных предприятий на территории России достигают 800 тыс. га [6–7].

Нефть представляет собой сложную смесь жидких углеводородов (алканов, циклоалканов, аренов (в т.ч. и полициклических ароматических углеводородов)), конденсированных и поликонденсированных, кислородсодержащих, сернистых и азотистых соединений. В ее составе более 1 000 индивидуальных органических веществ, имеющих различную токсичность [8–9]. Углеводороды оказывают существенное негативное влияние на биологические свойства почвы и условия обитания живых организмов. При нефтяном загрязнении замедляется процесс минерализации, нарушается баланс почвенных ферментов, снижается дыхательная активность и способность к самоочищению, соответственно, падает биологическая ценность почвы [10–12]. Избыток углеводородсодержащих соединений резко сдвигает соотношение C:N в сторону углерода, что приводит к ухудшению азотного режима почв и нарушению корневого питания растений [13], а также к нарушению межвидовых связей и активизации патогенной и условно-патогенной микрофлоры.

КОРШУНОВА Татьяна Юрьевна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: korshunovaty@mail.ru
САБИРОВ Альфир Альбертович – Уфимская государственная академия экономики и сервиса, e-mail: alfirsabirov@mail.ru

ЧЕТВЕРИКОВ Сергей Павлович – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: che-kov@mail.ru
БАКАЕВА Маргарита Дмитриевна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: margo22@yandex.ru
ЛОГИНОВ Олег Николаевич – д.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: biolab316@yandex.ru

Так, согласно [14–16], изменение микробно-растительного взаимодействия в условиях нефтяного загрязнения приводит к развитию грибов-токсикообразователей в почве под растениями.

Углеводороды отрицательно воздействуют на функционирование ферментных и белковых систем многих растений и животных. Они могут разрушать клеточные мембраны, регулирующие процессы, связанные с обменом веществ, вызывая разбухание липидного слоя или нарушение протеиновой оболочки, приводя к метаболическим или морфологическим нарушениям. Почва становится потенциальным источником миграции углеводородов по экологическим пищевым цепям [8; 17]. Кроме того, часть нефтепродуктов обладает мутагенным и канцерогенным эффектом [10]. К настоящему времени почва большинства промышленных регионов в значительной степени деградировала и нуждается в серьезных оздоровительных мероприятиях. Возрастание экологически обусловленных нарушений здоровья населения все чаще связывают с увеличивающимся присутствием углеводородов в среде обитания человека [18–20].

Как правило, самоочищение почв, загрязненных сырой нефтью, протекает крайне медленно. В зависимости от почвенно-климатических условий процесс трансформации нефти занимает от нескольких месяцев до нескольких десятков лет. Ауторемедиация нефтезагрязненных почв при уровне загрязнения 5 г/кг почвы длится до 30 лет [21]. В России большинство месторождений нефти расположено в северных регионах европейской части страны и в Западной Сибири. Поэтому именно в районах с холодным климатом, где период деструкции может составлять 50 лет и более [21], чаще всего и происходит загрязнение нефтью наземных и водных экосистем. Для северных территорий со специфическими природно-климатическими условиями (длительный период с отрицательными температурами воздуха, наличие многолетнемерзлых пород, повышенная концентрация соли, низкое содержание питательных веществ, отсутствие или низкая степень де-

струкции природными микробными популяциями), где самоочищение происходит с очень низкой скоростью, необходимость применения специальных приемов для ускорения очистки почвы от углеводородов не вызывает сомнений. Физические, термические и химические методы разрушения нефтяных соединений, несмотря на то, что способствуют интенсификации их разложения, не обеспечивают полное удаление из почвенного слоя и могут являться дополнительным источником поступления загрязняющих веществ в окружающую среду [8; 22]. Использование биологических средств для ликвидации нефтяных загрязнений почвы часто является единственно возможным способом восстановления экологически чистой обстановки в природных условиях без нарушения естественного биоценоза.

В связи с тем что биологическая деградация нефти в окружающей среде начинается микроорганизмами-деструкторами, важно, чтобы их численность была высокой (особенно на начальном этапе восстановления экосистемы). Это не всегда возможно, поскольку микробиоценоз страдает от токсического шока, вызванного поступлением больших количеств нефти в случае разлива, и численность микроорганизмов сокращается. Внесение дополнительных количеств эффективных микроорганизмов-деструкторов, способных использовать большой круг органических экотоксикантов в качестве единственного источника углерода и энергии, позволяет ускорить разрушение нефти [23].

Короткое лето – основной лимитирующий фактор при биоремедиации в зоне холодного и умеренного климата. Поэтому для этих регионов оптимальным является внесение психротолерантных микроорганизмов, которые обладают достаточной активностью при низкой температуре, приспособлены к сезонным колебаниям температур, в теплый период накапливают биомассу, но продолжают расти и в то время, когда активность других бактерий снижена [24]. Интродукция этих микроорганизмов, способных функционировать при низких положительных температу-

рах, позволит продлить период рекультивации на несколько месяцев. В связи с этим актуален поиск новых штаммов бактерий для очистки почв, которые были бы устойчивы к условиям восстанавливаемых территорий и могли бы обеспечивать значительную степень утилизации нефтяных углеводов.

Целью работы был скрининг и идентификация углеводородокисляющих микроорганизмов из техногенно загрязненной почвы Крайнего Севера и отбор культур, способных эффективно утилизировать нефтяные углеводороды при температуре 4–6°C.

Условия эксперимента. Выделение штаммов-нефтедеструкторов производили из образцов почвы с территории нефтедобывающего предприятия на севере Красноярского края. Для получения микроорганизмов методом накопительных культур 1 г почвы помещали в колбы (объем 250 мл) со 100 мл жидкой минеральной среды Цукамуры (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2,64; KH_2PO_4 – 0,5; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 [25]. В качестве единственного источника углерода и энергии вносили стерильную сырую нефть в количестве 1–3% (по объему). Культивирование проводили в статических условиях при температуре 4–6°C в течение 14 суток при периодическом встряхивании. Бактериальные штаммы выделяли из накопительных культур на агаризованной минеральной среде Раймонда, на поверхность которой наносили углеводородный субстрат – 100 мкл стерильного дизельного топлива. Состав среды Раймонда (г/л): Na_2CO_3 – 0,1; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,02; CaCl_2 – 0,01; $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,02; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 1,0; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 1,5; NH_4NO_3 – 2,0; агар – 12,0 [26]. Культивирование микроорганизмов в чашках Петри осуществляли при температуре 30°C. Изолирование получившихся колоний микроорганизмов проводили по морфолого-физиологическим признакам.

Чистоту выделенных культур проверяли общепринятыми методами – микроскопическим контролем и высевам на агаризованную среду МПА [27].

Идентификацию чистых культур микроорганизмов-деструкторов нефтяных углеводоро-

дов проводили по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, используя общепринятые руководства [28–31].

Культивирование штаммов проводили в колбах с 50 мл питательной среды Раймонда без пептона, которую инокулировали 1 мл бактериальной суспензии. В качестве источника углерода и энергии добавляли углеводородный субстрат в количестве 0,5% (декан и β -метилнафталин) или 1% (толуол). Инкубирование осуществляли в стационарных условиях при температуре 4–6°C в течение 5–15 суток, на протяжении которых несколько раз снимали данные по остаточному содержанию субстрата и титр микроорганизмов.

Определение титра бактериальных суспензий производили их посевом в чашках Петри на агаризованной питательной среде Раймонда с 0,1% пептоном поверхностным способом в трех повторностях. В качестве углеводородного субстрата вносили 100 мкл стерильного дизельного топлива.

Биодеградацию нефтяных углеводородов под воздействием микроорганизмов-деструкторов оценивали по изменению концентрации субстрата. Остаточное содержание β -метилнафталина выявляли гравиметрическим методом с экстракцией хлороформом [32], а декана и толуола – при помощи газовой хроматографии. Исследуемые пробы экстрагировали гексаном для хроматографического анализа на приборе модели Кристалл Люкс 4000 (Россия). Пики углеводородов на хроматограммах экстрактов идентифицировали по времени удерживания. Величину утилизации углеводородов (в процентах) определяли как разность площадей пиков на хроматограммах экстрактов проб без добавления микроорганизмов (контроль) и после биодеструкции.

Общую численность микроорганизмов в культуральной жидкости определяли методом предельных разведений в двух повторностях с посевом на агаризованные среды для получения изолированных колоний с их дальнейшим подсчетом и идентификацией.

Результаты и обсуждение. В процессе работы выделены 14 бактериальных изолятов,

разлагавших нефть в жидкой среде в условиях низкой положительной температуры. Дальнейший эксперимент показал, что исследованные культуры различались по способности утилизировать индивидуальные углеводороды – декан, толуол и β -метилнафталин в качестве единственного источника углерода и энергии при 4–6°C. Некоторые штаммы демонстрировали очень низкую деструктивную активность, что может быть вызвано уменьшением растворимости субстратов и/или отсутствием у этих микроорганизмов ферментных систем, способных функционировать при пониженных температурах. Были отобраны 8 наиболее эффективных штаммов и проведена их идентификация. Среди них оказались представители рр. *Pseudomonas*, *Rhodococcus* и *Acinetobacter* (табл. 1), что вполне согласуется с литературными данными [33–38]. Штаммы были обозначены так, как это указано в табл. 1.

Исследованные культуры отличались по активности потребления нефтяных углеводородов (см. табл. 1). Если в качестве нижнего порога этой величины принять 15% уровень деструкции углеводородов [39], то за 7 суток инкубации степень разложения декана была невысокой (17,3%) только у одного штамма (*Rhodococcus sp.* 3.2) и шесть культур проявляли повышенную окислительную способность (25,3–48,0%). Изолят *Pseudomonas sp.* 1.1 демонстрировал очень высокую активность в отношении этого алкана (71,3%), ко-

торая намного превышает показатели других штаммов.

Помимо окисления алифатического соединения, под действием выделенных культур микроорганизмов происходила деструкция ароматического углеводорода нефти – толуола. Степень его использования была минимальна (72,3%) у штамма *Rhodococcus sp.* 3.1 и достигала максимума (93,4%) у *Rhodococcus sp.* 4.1. Остальные штаммы углеводородокисляющих микроорганизмов обладали близкими значениями деструктивной активности – 88,1–91,4%.

Что касается представителя полиароматической фракции нефти – β -метилнафталина, то степень его разложения под действием *Pseudomonas sp.* 1.1 составляла 38,7% – это лучший результат среди изученных микроорганизмов, а худший – 14,0% – показывал штамм *Rhodococcus sp.* 3.2. Другие штаммы утилизируют субстрат в пределах 20,0–33,3%.

Концентрация биомассы при культивировании на среде с деканом увеличивалась у шести штаммов в 100 раз, у штамма *Rhodococcus sp.* 4.1 – всего в 10 раз, а у штамма *Pseudomonas sp.* 1.1 – в 1 000 раз. Динамика численности бактерий на среде с толуолом оказалась одинаковой для всех изученных штаммов – количество микроорганизмов возросло на один порядок к третьим суткам и оставалось таким же к концу эксперимента. При деструкции β -метилнафталина за 15 суток инкубирования количество микроорганизмов, отно-

Т а б л и ц а 1

Утилизация нефтяных углеводородов штаммами-деструкторами при температуре 4–6°C

Штамм	Степень деструкции, % от контроля					
	декан		толуол		β -метилнафталин	
	5 сутки	7 сутки	3 сутки	5 сутки	7 сутки	15 сутки
<i>Pseudomonas sp.</i> 1.1	60,9	71,3	60,0	89,5	13,5	38,7
<i>Pseudomonas sp.</i> 1.2	32,0	48,0	72,1	91,4	14,2	25,3
<i>Rhodococcus sp.</i> 3.1	31,0	30,2	71,2	72,3	14,7	25,3
<i>Rhodococcus sp.</i> 3.2	18,6	17,3	85,5	88,1	7,1	14,0
<i>Rhodococcus sp.</i> 3.3	17,3	35,5	87,9	90,4	11,0	33,3
<i>Rhodococcus sp.</i> 4.1	20,1	25,3	90,1	93,4	8,0	20,0
<i>Acinetobacter sp.</i> 4.3	29,1	31,8	54,7	90,5	9,9	29,1
<i>Rhodococcus sp.</i> 4.4	17,5	30,3	78,0	90,5	11,3	21,0

Динамика численности штаммов-деструкторов нефтяных углеводов при температуре 4–6°С

Штамм	Численность микроорганизмов, КОЕ/мл								
	декан			толуол			β-метилнафталин		
	исходная суспензия	5 сутки	7 сутки	исходная суспензия	3 сутки	5 сутки	исходная суспензия	7 сутки	15 сутки
<i>Pseudomonas sp.</i> 1.1	4,4x10 ⁴	6,9x10 ⁶	1,3x10 ⁷	3,4x10 ⁴	1,7x10 ⁵	9,7x10 ⁵	3,5x10 ⁵	1,0x10 ⁶	6,2x10 ⁷
<i>Pseudomonas sp.</i> 1.2	7,5x10 ⁴	4,1x10 ⁶	8,3x10 ⁶	6,8x10 ⁴	3,0x10 ⁵	7,3x10 ⁵	3,5x10 ⁵	3,9x10 ⁶	4,1x10 ⁶
<i>Rhodococcus sp.</i> 3.1	5,0x10 ⁴	4,5x10 ⁶	6,1x10 ⁶	4,7x10 ⁴	1,2x10 ⁵	3,4x10 ⁵	5,3x10 ⁵	4,1x10 ⁶	8,0x10 ⁶
<i>Rhodococcus sp.</i> 3.2	2,6x10 ⁴	8,1x10 ⁵	9,1x10 ⁶	4,5x10 ⁴	8,9x10 ⁵	7,1x10 ⁵	2,7x10 ⁶	4,8x10 ⁶	5,2x10 ⁶
<i>Rhodococcus sp.</i> 3.3	3,9x10 ⁴	7,2x10 ⁵	8,0x10 ⁶	3,1x10 ⁴	8,3x10 ⁵	6,9x10 ⁵	1,1x10 ⁵	2,1x10 ⁶	1,8x10 ⁷
<i>Rhodococcus sp.</i> 4.1	2,1x10 ⁴	3,8x10 ⁵	7,3x10 ⁵	2,4x10 ⁴	9,0x10 ⁵	6,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵	3,2x10 ⁶	5,5x10 ⁶
<i>Acinetobacter sp.</i> 4.3	3,1x10 ⁴	2,3x10 ⁶	2,4x10 ⁶	3,7x10 ⁴	3,5x10 ⁵	7,9x10 ⁵	4,4x10 ⁵	2,2x10 ⁶	5,7x10 ⁷
<i>Rhodococcus sp.</i> 4.4	3,7x10 ⁴	4,8x10 ⁵	2,6x10 ⁶	2,9x10 ⁴	5,5x10 ⁵	9,4x10 ⁵	4,0x10 ⁵	3,0x10 ⁶	7,6x10 ⁶

сящихся к штаммам *Pseudomonas sp.* 1.1, *Rhodococcus sp.* 3.3 и *Acinetobacter sp.* 4.3 возросло в 100 раз, штамм *Rhodococcus sp.* 3.2 свою численность не увеличил вообще, а остальные штаммы демонстрировали рост титра на один порядок (табл. 2).

Таким образом, в результате выполненной работы показано, что природные психротолерантные микроорганизмы, выделенные из нефтезагрязненной почвы Красноярского края, обладают различной окислительной активностью в отношении углеводов, представляющих отдельные фракции нефти. Наиболее ярко выраженной способностью к деструкции толуола, β-метилнафталина и особенно декана в условиях пониженной температуры обладает штамм *Pseudomonas sp.* 1.1. Штаммы *Rhodococcus sp.* 3.3 и *Acinetobacter sp.* 4.3 также хорошо проявили себя как деструкторы нефтяных углеводов, хотя их активность в отношении декана в 2 и более раза ниже, чем у *Pseudomonas sp.* 1.1, а культура *Pseudomonas sp.* 1.2 очень неплохо зарекомендовала себя при разложении декана и толуола.

Выделенные штаммы могут активно развиваться при низких положительных температурах, что делает перспективным их использование для ликвидации последствий нефтяных загрязнений почв в регионах с активной нефтедобычей и коротким весенне-летним периодом. Определение способности к потреблению различных углеводов изученными психротолерантными микроор-

ганизмами позволяет в дальнейшем составлять ассоциации углеводородокисляющих бактерий, члены которой будут специфически разлагать ту или иную фракцию нефти наиболее эффективно. Интродукция бактерий-нефтедеструкторов, выделенных на той самой территории, на которой проводится биоремедиация, снимает проблему контаминации аборигенных микроценозов несвойственными им штаммами и позволит избежать антагонизма в почвенной популяции. К тому же, решается еще одна проблема – аборигенный штамм имеет значительно больше шансов сохранять достаточную численность в родном микроценозе.

Исследование поддержано договором с ГАНУ РБ «Центр аграрных исследований» в рамках выполнения работ по ГНТП РБ «Инновационные технологии в сельском хозяйстве, биологии и медицине».

ЛИТЕРАТУРА

1. Черняховский Э.Р., Шкидченко А.Н., Юматова О.А., Чушкина З.Ю. Применение различных технологий при ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и переработки нефтесодержащих отходов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2004. № 6. С. 34–40.
2. Таргулян О.Ю. Темные страницы «черного золота». Экологические аспекты деятельности нефтяных компаний в России. М.: Гринпис, 2002. 80 с.

3. Артемов А.В. Современные технологии очистки нефтяных загрязнений // НефтьГазПромышленность: интернет-журн. 05.08.2004. URL: <http://www.oilgasindustry.ru/print.php?id=3919> (дата обращения 27.06.2012).
4. Яблоков А.В. Россия: здоровье среды и людей. М.: Галлея-принт, 2007. 246 с.
5. Маркман И.А. Саратоворгдиагностика – на страже нефтегазовых магистралей // Саратовский деловой вестник – Директор: интернет-журн. 11.03.2008. URL: <http://dv.sartpp.ru/news.php?ID=310> (дата обращения 27.06.2012).
6. Таскаев А.И., Боровинских А.П., Архипченко И.А. Опыт биологической рекультивации земель в условиях Крайнего Севера // ЭКиП: Экология и промышленность России. 2004. № 9. С. 27–31.
7. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие: в 2 т. Т. 2. / А.Е. Кузнецов [и др.]. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. 485 с.
8. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем. М.: Химия, 2002. 608 с.
9. Давыдов С.Л. Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды: учебное пособие для вузов / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. М.: Изд-во РУДН, 2004. 131 с.
10. Гилязов М.Ю. Изменение некоторых агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении товарной нефтью в условиях Татарстана // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1515–1519.
11. Габбасова И.М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана. Уфа: Гилем, 2004. 284 с.
12. Шорина Т.С., Русанов А.М., Сулейманова А.М. Влияние нефти на физические свойства чернозема обыкновенного степной зоны Урала // Вестник ОГУ. 2010. № 6. С. 137–139.
13. Зильберман М.В., Порошин Е.А., Зырянова Е.В. Биотестирование почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Пермь: ФГУ УралНИИ «Экология», 2004. 111 с.
14. Иларионов С.А., Назаров А.В., Калачников И.Г. Роль микромицетов в фитотоксичности нефтезагрязненных почв // Экология. 2003. № 5. С. 341–346.
15. Киреева Н.А., Кузяхметов Г.Г., Мифтахова А.М., Водопьянов В.В. Фитотоксичность антропогенно-загрязненных почв. Уфа: Гилем, 2003. 266 с.
16. Бакаева М.Д. Комплексы микромицетов нефтезагрязненных и рекультивируемых почв: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Уфа, 2004. 24 с.
17. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды: учеб. для вузов. М.: Мир, 2005. 296 с.
18. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко [и др.]. М., 2002. 408 с.
19. Здоровье населения и окружающая среда г. Кемерово / С.В. Зайцев [и др.]. Кемерово, 2002. 215 с.
20. Смольникова В.В., Емельянов С.А., Дементьев М.С. Воздействие углеводородов нефти на окружающую среду и способы очистки нефтезагрязненных субстратов // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. № 1. С. 1378–1380.
21. Оборин А.А., Калачникова И.Г., Масливец Т.А., и др. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных почв Приуралья и Западной Сибири // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 140–159.
22. Роев Г.Р. Биологическая очистка // Охрана от коррозии и защита окружающей среды. 1998. № 1. С. 12–21.
23. Eriksson M., Dalhammar G., Borg-Karlson A.K. Biological degradation of selected hydrocarbons in an old PAH/creosote contaminated soil from a gas work site // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2000. V. 53. P. 619–626.
24. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. М.: Изд. дом «Университет», 2001. 255 с.
25. Й. Сэги. Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983. 296 с.
26. Raymond R.L. Microbial oxidation of n-paraffinic hydrocarbons // Develop. Industr. Microbiol. 1961. V. 2, № 1. P. 23–32.
27. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: практ. пособие / Под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 215 с.
28. Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхардта. М.: Мир, 1984. Т. 3. 264 с.
29. Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н., Лысак Л.В. Методы идентификации и выделения почвенных бактерий. М.: Изд-во МГУ, 1990. 76 с.
30. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж. Хоулт. М.: Мир, 1997. Т. 1, 2.
31. The Prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications / [Eds. A. Balows]. Berlin, New York: Springer-Verlag, 1992. V. 1–4.

32. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. 448 с.
33. Коронелли Т.В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде // Прикладная биохимия и микробиология. 1996. Т. 32, № 6. С. 579–585.
34. Чугунов В.А., Ермоленко З.М., Жиглецова С.К. и др. Создание и применение жидкого препарата на основе ассоциации нефтеокисляющих бактерий // Прикладная биохимия и микробиология. 2000. Т. 36, № 6. С. 666–671.
35. Барышникова Л.М., Грищенко В.Г., Аринбасаров М.У. и др. Биodeградация нефтепродуктов штаммами-деструкторами и их ассоциациями в жидкой среде // Прикладная биохимия и микробиология. 2001. Т. 37, № 5. С. 542–548.
36. Hanson K.G., Nigan A., Kapadia M., Desai A.J. News & Notes: Bioremediation of Crude Oil Contamination with *Acinetobacter* sp. A3 // Curr. Microbiol. Issue. 1997. V. 35, № 3. P. 191–193.
37. Van Hamme J. D., Ward O. P. Physical and metabolic interactions of *Pseudomonas* sp. strain JA5-B45 and *Rhodococcus* sp. strain F9-D79 during growth on crude oil and effect of a chemical surfactant on them // Appl. Environ. Microbiol. 2001. V. 67, № 10. P. 4874–4879.
38. Margesin R., Labbe D., Schinner F., et al. Characterization of hydrocarbon-degrading microbial populations in contaminated and pristine alpine soils // Appl. Environ. Microbiol. 2003. V. 69, № 3. P. 3085–3092.
39. Ананько Г.Г., Пугачев В.Г., Тотменина О.Д., Репин В.Е. Устойчивость нефтеокисляющих микроорганизмов к низким температурам // Биотехнология. 2005. № 5. С. 63–69.



MICROORGANISMS DECOMPOSING OIL HYDROCARBONS AT LOW TEMPERATURE

© T.Yu. Korshunova, A.A. Sabirov, S.P. Chetverikov, M.D. Bakaeva, O.N. Loginov

From polluted soil of Krasnoyarsk Krai are allocated and identified 8 bacterial strains capable to decomposition of the deane, toluene and the *m*-methylnaphthalene, relating to various oil fractions, in the conditions of low positive temperatures. Strains *Pseudomonas* sp. 1.1, *Pseudomonas* sp. 1.2, *Rhodococcus* sp. 3.3 and *Acinetobacter* sp. 4.3 show the increased destructive activity. This cultures can be used for cleanup of petroleum pollution under cold climatic conditions.

Key words: psychroactive oil-degrading microorganisms, *Pseudomonas* sp. 1.1, *Pseudomonas* sp. 1.2, *Rhodococcus* sp. 3.3, *Acinetobacter* sp. 4.3.

УДК 579.873.11

**НОВАЯ АЭРОБНАЯ БАКТЕРИЯ *AGROMYCES SP. IB-ANRB 2.4*,
УТИЛИЗИРУЮЩАЯ УГЛЕВОДОРОДЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ**

© Т.Ю. Коршунова, С.Р. Мухаматдьярова, О.Н. Логинов

Из образцов почвы с территории промышленного предприятия Республики Башкортостан выделен штамм *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4*, нуклеотидная последовательность которого показала низкий уровень сходства с таковой для филогенетически близкородственного типового штамма *Agromyces soli MJ21(T)* (97,44%). Изучены культуральные, физиолого-биохимические и филогенетические особенности штамма, показана перспективность его применения для очистки окружающей среды от загрязнения углеводородами и их производными.

Ключевые слова: штамм *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4*, культуральные и физиолого-биохимические свойства, филогенетическое древо.

Систематика микроорганизмов принадлежит к числу фундаментальных научных дисциплин, имеющих серьезное прикладное значение. Таксономические исследования раскрывают разнообразие мира микроорганизмов и выявляют специфические особенности культур каждого таксона. Эти изыскания важны как для развития основополагающих теоретических областей науки (среди них – представления о биологическом разнообразии населяющих Землю живых организмов, их взаимоотношениях и эволюции, структуре сообществ и популяций и др.), так и для решения ряда конкретных проблем биотехнологии, медицины, сельского хозяйства, охраны окружающей среды.

Необходимость развития систематики, детальной характеристики микроорганизмов и четкой дифференциации штаммов, становится в последнее время все более актуальной в связи с задачами мониторинга экосистем с использованием молекулярно-биологических методов и поиска в природе штаммов-продуцентов хозяйственно ценных метаболитов. Решение многих вопросов теории и практики требует точной идентификации микрооргани-

мов, входящих в микробные комплексы ненарушенных и антропогенных биоценозов.

Особенно велико практическое значение установления видового соответствия в препаративной микробиологии, инфекционном патогенезе человека, животных и растений, в промышленной микробиологии и сельском хозяйстве. Во всех областях, где действующим фактором являются бактерии, проблема вида и способы обнаружения видовой принадлежности имеют первостепенную важность. Малейшие неточности в этом процессе могут привести к нежелательным последствиям.

Нахождение ответов на кардинальные биологические вопросы, такие как изменчивость и наследственность, также тесно связано с определением вида. Серьезность данной проблемы побуждает специалистов все более углубленно заниматься ее разрешением. В настоящее время над видовой идентификацией микроорганизмов работают многочисленные лаборатории во всех странах мира.

Вид у бактерий определяется суммой разнообразных признаков и свойств. Только по совокупности особенностей – морфологических, культуральных, цитохимических, физиолого-

КОРШУНОВА Татьяна Юрьевна – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: korshunovaty@mail.ru
МУХАМАТДЬЯРОВА Светлана Ринатовна, Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: svetarm@gmail.com
ЛОГИНОВ Олег Николаевич – д.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: biolab316@yandex.ru

биохимических, филогенетических и др. – можно охарактеризовать вид.

Установлению вида у микроорганизмов существенно помогает то, что их можно культивировать на искусственных питательных средах в чистом, изолированном виде и при этом наблюдать за развитием не только отдельных клеток, но и всей популяции в целом, отмечая любые видимые изменения на всех стадиях развития. Быстрый рост бактерий дает возможность разрешать многие вопросы, связанные с изменчивостью организма, его наследственной стабильностью, и вместе с этим устанавливать ведущие видо-вые признаки. Сопоставление культур в процессе их развития на определенных средах дает возможность выявить сходство или различие между ними. Кроме того, в микробиологии может с успехом применяться филогенетический метод распознавания вида.

Представители порядка *Actinomycetales* выделяются среди других прокариот размерами (до 9 млн п.о.) и организацией генома, особенностями фенотипа, в том числе разнообразием морфологии и химических компонентов клетки и клеточной стенки. Актиномицеты также обладают повышенной способностью синтезировать биологически активные соединения. Они являются продуцентами свыше половины из более 10 000 антибиотиков и других соединений (гормонов, витаминов, факторов роста), известных к настоящему времени [1–4]. Кроме того, актинобактерии используются для биоремедиации нефтезагрязненных объектов, деструкции фенолов и его производных [5–7]. Все вышеперечисленное способствовало большому интересу к этим микроорганизмам со стороны различных специалистов, прежде всего биотехнологов, микробиологов-систематиков и молекулярных биологов и определило более успешное развитие системы их классификации по сравнению с другими группами прокариотических организмов [8].

Создание филогенетической схемы прокариот, и актинобактерий в частности, стало возможным благодаря внедрению в микробиологию молекулярно-генетических методов

и определению нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК. Одни только филогенетические древа, однако, не могут быть использованы непосредственно для построения иерархической системы [9–10]. Обособление новых и ревизия ранее описанных таксонов осуществляется с учетом разносторонних согласующихся данных филогенетического и фенотипического характера (принцип полифазной таксономии). Информация о фенотипе особенно важна для обоснования выделения новых групп родового и видового уровней и уточнения границ между таксонами.

Целью данной работы является изучение физиолого-биохимических и фенотипических свойств штамма, выделенного из техногенно загрязненной почвы, для определения таксономического положения, а также исследование его способности к деструкции различных органических соединений.

Условия эксперимента. Выделение штаммов производилось из образцов почвы с территории промышленного предприятия Республики Башкортостан. Для получения микроорганизмов методом накопительных культур 1 г почвы помещали в колбы (объем 250 мл) со 100 мл жидкой минеральной среды Раймонда без пептона. Состав среды Раймонда (г/л): Na_2CO_3 – 0,1; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,02; CaCl_2 – 0,01; $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,02; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 1,0; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 1,5; NH_4NO_3 – 2,0; агар – 12,0 [11]. В качестве единственного источника углерода и энергии вносили формиат натрия в количестве 0,5–1% (по объему). Инкубирование проводили в лабораторном термостатируемом встряхивателе П-5.10-Э5960 при температуре 28°C и 160 об/мин в течение 5 суток. Бактериальные штаммы выделяли из накопительных культур на агаризованной минеральной среде Раймонда, на поверхность которой наносили углеводородный субстрат – 100 мкл стерильного дизельного топлива. Культивирование микроорганизмов на чашках Петри осуществляли при температуре 30°C. Дифференциацию получившихся колоний производили по культурально-морфологическим признакам.

Чистоту выделенных культур проверяли общепринятыми методами – микроскопическим контролем и высевом на агаризованную среду МПА [12].

Идентификацию чистых культур микроорганизмов проводили по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, используя общепринятые руководства [13–16].

Культивирование выделенных штаммов проводили в колбах со 100 мл питательной среды Раймонда, которую инокулировали 1 мл бактериальной суспензии. В качестве источника углерода и энергии добавляли углеводородный субстрат в количестве 0,5% с повторным внесением такого же количества на третьи сутки. Инкубирование осуществляли в лабораторном термостатируемом встряхивателе П-5.10-Э5960 при температуре 28°C и 160 об/мин 5 суток, на протяжении которых два раза снимали данные по количеству микроорганизмов.

Определение титра бактериальных суспензий производили их посевом на чашках Петри на агаризованной питательной среде МПА поверхностным способом в трех повторностях.

Выделение тотальной ДНК из колоний бактерий, выросших на твердой среде МПА, выполняли с помощью комплекта реагентов «РИБО-сорб» торговой марки «АмплиСенс» (Россия), согласно рекомендациям производителя.

Аmplification фрагмента гена 16S рPHK производили с использованием бактериальных праймеров: прямого 27F (5'-AGAGTTTGATC (A/C)TGGCTCAG-3') и обратного 1492R (5'-ACGG(C/T) TACCTTGTTA CGACTT-3'). ПЦР была выполнена в 25 мкл смеси, состоящей из 1х буфера для *Taq*-полимеразы, 0,25 мМ дНТФ, 1,5 мМ MgCl₂, 0,4 мМ каждого праймера, 2 ед. акт. *Taq*-полимеразы и 10 нг геномной ДНК, при следующих условиях: 95°C – 5 мин; далее 30 циклов, включающих – 30 с при 94°C, 30 с при 55°C и 1 мин 20 с при 72°C; затем следовала дополнительная элонгация при 72°C в течение 5 мин.

Определение нуклеотидной последовательности амплифицированных фрагментов

гена 16S рPHK осуществляли с применением набора реактивов Big Dye Terminator v. 3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, США) на автоматическом секвенаторе Genetic Analyzer 3500 xl (Applied Biosystems, США). Секвенирующую реакцию проводили при следующем режиме: 30 циклов, включающих 94°C – 20 с, 55°C – 15 с, 60°C – 1 мин. Состав реакционной смеси включал 4 мкл Terminator Ready reaction Mix, 20 нг амплифицированной ДНК-матрицы, 3,2 пкмоль праймера. До конечного объема (10 мкл) доводили деионизированной водой (MiliQ). Продукты секвенирования очищали с помощью набора BigDye® XTerminator™ Purification Kit (Applied Biosystems, США).

Предварительный анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рPHK производили, используя пакет программ EzTaxon server 2.1 (<http://147.47.212.35:8080/index.jsp>). Далее сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рPHK с такими типовыми штаммами близкородственных видов выполняли с помощью программы CLUSTAL W [17].

Последовательности генов 16S рPHK выравнивали с соответствующими последовательностями ближайших видов бактерий с помощью SINA alignment service (<http://www.arb-silva.de/aligner/>), согласно рекомендациям [18].

Дендрограммы выстраивали в программе MEGA версии 5 методом «присоединения ближайших соседей» (Neighbor-Joining method) [19] с использованием 2-параметрической модели Кимура [20].

Результаты и обсуждение. В процессе работы выделены 2 бактериальных изолята, разлагавших формиат натрия в жидкой среде и проведена их генетическая идентификация. Нуклеотидная последовательность одного штамма проявила низкий уровень сходства с таковой для филогенетически близкородственного типового штамма *Agromyces soli MJ21(T)* (97,44%). Это может свидетельствовать о том, что указанный штамм представляет собой новый вид микроорганизмов, по-

лучивший рабочее название *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4*. Для дальнейшего выявления видовой принадлежности бактерии были изучены культуральные и физиолого-биохимические признаки.

Клетки штамма *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4* состоят из ветвящихся нитевидных элементов диаметром 0,3–1,0 мкм, по мере роста и старения культуры распадающихся на кокко-

видные клетки и клетки неправильной формы диаметром 0,34–0,39 мкм и длиной 0,85–2,06 мкм. Они являются аэробными, грамположительными, хемоорганотрофными, неподвижными, не образующими эндоспор, воздушного мицелия и конидий бактериями.

Колонии кремового цвета, круглые, с ровными краями, гладкие, блестящие, в центре выпуклые и более плотные, чем по краям.

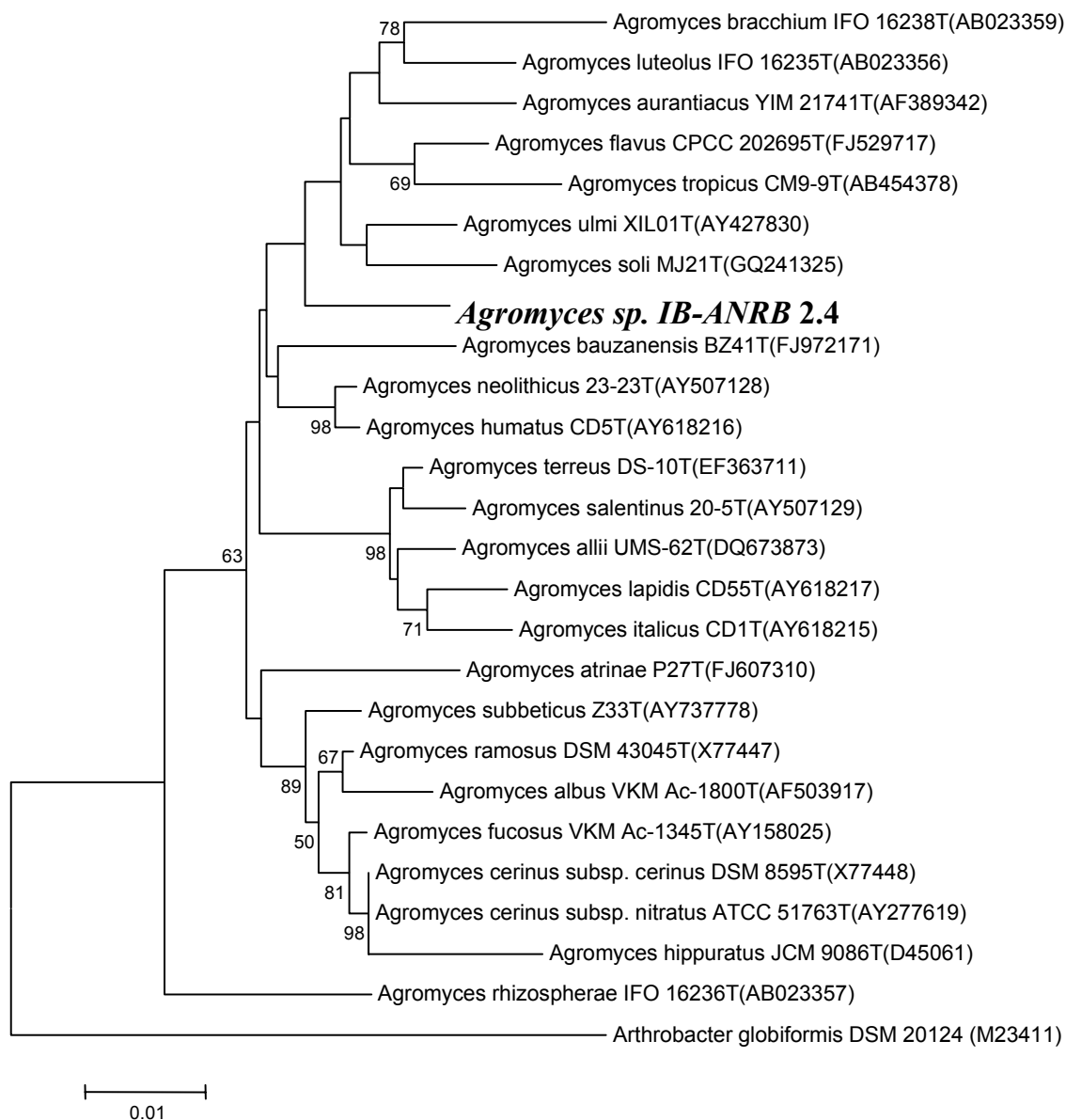


Рис. Положение штамма *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4* на филогенетическом древе рода *Agromyces*, основанное на сравнении 26 нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК. Использовался метод «ближайшего соседа» (Neighbor-Joining). Масштаб соответствует 1 нуклеотидной замене на каждые 100 нуклеотидов. Все положения, содержащие промежутки и недостающие данные, были устранены. В заключительном наборе данных было в общей сложности 1324 положения. Цифрами показана статистическая достоверность порядка ветвления, определенная с помощью «bootstar»-анализа (приведены значения выше 50%)

Каталазная реакция положительная. Не образуют сероводород, аммиак и индол. Не потребляют малонат и цитрат. Не обладают липазной и лецитиназной активностью. Не гидролизуют казеин, крахмал, твин 20. Разлагают желатину.

Оптимальный рост наблюдался при 28–30°C, максимальная температура развития 37°C, минимальная – 15°C. Диапазон pH от 6,5 до 8,3 (оптимум 7,0–8,0). Способны переносить концентрации NaCl не более 2,5%.

В качестве единственного источника углерода и энергии используют углеводы (D-глюкозу, D-лактозу, L-рамнозу, D-рафинозу, D-галактозу, D-мальтозу), спирты (сорбит и маннит), аминокислоты (D-аланин, D-валин, D-лейцин, аспарагиновую кислоту, DL-метионин). Плохо растут на D-ксилозе и L-арабинозе, не развиваются на D-тирозине, DL-серине, DL-триптофана.

Устойчивы к линкомицину, канамицину, тетрациклину. Чувствительны к ванкомицину, стрептомицину, левомицетину, фузидину, бензилпенициллину, неомицину.

Утилизируют разнообразные органические вещества: углеводороды алканового ряда (циклогексан, ундекан, додекан, тридекан, тетрадекан), хлорпроизводные углеводородов (бутилхлористый, изоамилхлористый, монохлоруксусная кислота), ароматические соединения (вторичный бутилбензол), спирты (аллиловый, пентанол, диэтиленгликоль, триэтиленгликоль), кислоты (изовалериановая, капроновая, изомасляная). Широкий спектр деструктурируемых соединений создает предпосылки для использования штамма *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4* для очистки окружающей среды от различных загрязнителей.

Для уточнения филогенетического положения нового изолята был проведен сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК видов, относящихся к роду *Agromyces*, и построена дендрограмма. На рисунке видно, что штамм *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4* хорошо обособлен на филогенетическом уровне.

Таким образом, полученные результаты позволяют с высокой долей вероятности

предполагать, что штамм *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4* представляет собой новый вид микроорганизмов.

В дальнейшем планируется изучение хемотаксономических характеристик и уточнение видовой принадлежности штамма, а также поиск его практического применения.

Исследование поддержано договором с ГАНУ РБ «Центр аграрных исследований» в рамках выполнения работ по ГНТП РБ «Инновационные технологии в сельском хозяйстве, биологии и медицине».

ЛИТЕРАТУРА

1. Грачева Т.А. Актиномицеты рода *Micromonospora* в наземных экосистемах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 22 с.
2. Goodfellow M., Williams S.T. and Mordarski M. Actinomycetes in biotechnology. London: Academic Press, 1988. 320 p.
3. Anderson A.S. and Wellington E.M.H. The taxonomy of *Streptomyces* and related genera // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2001. V. 51. P. 797–814.
4. Watve M.G., Tickoo R., Jog M.M. and Bhole B.D. How many antibiotics are produced by the genus *Streptomyces*? // *Arch. Microbiol.* 2001. V. 176. P. 386–390.
5. Самков А.А. Адсорбционно иммобилизованные нокардиоморфные актиномицеты в биоремедиации нефтезагрязненных объектов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2009. 22 с.
6. Маркушева Т.В. Бактерии-деструкторы фенола и его хлорированных производных: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Уфа, 2011. 48 с.
7. Журенко Е.Ю., Коробов В.В., Жарикова Н.В. и др. Особенности структуры микробиоты техногенной экосистемы Северного промузла РБ: бактерии-деструкторы фенола и 2,4-дихлорфенола // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2011. Т. 13, № 5(2). С. 172–174.
8. Евтушенко Л.И. Актинобактерии: развитие систематики на примере семейств порядка Actinomycetales: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Пушкино, 2003. 58 с.
9. Калакуцкий Л.В. С.Н. Виноградский и современные представления о виде бактерий // *Мат-лы меж-*

дународной конференции «Экология микроорганизмов» к 150-летию С.Н. Виноградского. 2006. С. 63–65.

10. Stackebrandt E. and Swings J. Bundling the forces in systematists // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2005. V. 55. P. 993–994.

11. Raymond R.L. Microbial oxidation of n-paraffinic hydrocarbons // *Develop. Industr. Microbiol.* 1961. V. 2, № 1. P. 23–32.

12. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: практ. пособие / Под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 215 с.

13. Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхардта. М.: Мир, 1984. Т. 3. 264 с.

14. Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н., Лысак Л.В. Методы идентификации и выделения почвенных бактерий. М.: Изд-во МГУ, 1990. 76 с.

15. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж. Хоулта. М.: Мир, 1997. Т. 1, 2.

16. *The Prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification,*

Applications / Eds. A. Balows. Berlin, New York: Springer-Verlag, 1992. V. 1–4.

17. Thompson J.D., Higgins D.G., Gibson T.J. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice // *Nucleic Acids Res.* 1994. V. 22. P. 4673–4680.

18. Tindall B.J., Rosselly-Myra R., Busse H.J. et al. Notes on the characterization of prokaryote strains for taxonomic purposes // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2010. V. 60. P. 249–266.

19. Saitou N. and Nei M. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees // *Mol. Biol. and Evol.* 1987. V. 4. P. 406–425.

20. Kimura M. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences // *J. Mol. Evol.* 1980. V. 16. P. 111–120.



NEW AEROBIC BACTERIUM *AGROMYCES SP. IB-ANRB 2.4* UTILIZING HYDROCARBONS AND THEIR DERIVATIVES

© T.Yu. Korshunova, S.R. Mukhamatdyarova, O.N. Loginov

From soil samples from the territory of the industrial enterprise of the Republic of Bashkortostan strain *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4* was allocated. Analysis of the 16S rRNA gene sequences demonstrated that strain has the low level of similarity to phylogenetic closely related standard strain *Agromyces soli MJ21(T)* (97,44%). Cultural, phenotypical, biochemical and phylogenetic features of a strain are studied. Prospects of its application for cleaning of environment of pollution by hydrocarbons and their derivatives are shown.

Key words: strain *Agromyces sp. IB-ANRB 2.4*, cultural, physiological, biochemical features, phylogenetic tree.

УДК 577.11:579.841.21:577.14:579.663

ПОЛИУРОНИДЫ БАКТЕРИЙ РОДОВ *PSEUDOMONAS* И *PAENIBACILLUS*

© С.П. Четвериков, Г.Г. Худайгулов, О.Н. Логинов

Проведена сравнительная характеристика высоковязких биополимеров-полиуронидов бактерий родов *Pseudomonas* и *Paenibacillus*. При культивировании на среде с мелассой выход экзополисахаридов составил более 20 г/л при вязкости культуральной жидкости свыше 30 000 сСт. Биополимеры стабильны в диапазоне рН 4.0–9.0 в широком интервале температур, хорошо растворяются в высокоминерализованной воде, сохраняя высокий уровень вязкости.

Ключевые слова: полиуронид, альгинат, *Pseudomonas*, *Paenibacillus*, экзополисахарид, биополимер.

Полисахариды – полимеры, состоящие из углеводов. Различают эндо- и экзополисахариды (ЭПС), которые в свою очередь делятся на капсульные – относительно прочно связанные с клеточной стенкой – и слизи, если такая связь слаба или вовсе отсутствует.

Альгинаты (полиурониды) – линейные полимеры, состоящие из (1 → 4) связанных остатков β-D-маннуроносовой и α-L-гулууроносовой кислот которые могут входить в состав полимерной цепи в виде гомополимерных (полиманнуронаты и полигулурунаты) или гетерополимерных блоков. В бактериальных альгинатах 2 и/или 3 атом углерода маннуроносовой кислоты может быть O-ацетилирован. Молекулярная масса, состав, структура и степень ацетилирования варьируют в широких пределах [1].

Самыми известными продуцентами альгинатов являются бактерии рода *Azothobacter*. Альгинат действует как защитный барьер против токсичного действия тяжелых металлов, как ион-обменная система с расширенной селективностью для ионов кальция, или обеспечивает бактерию гидрофильной, отрицательно заряженной оболочкой с защитой от внешнего воздействия и неблагоприятных условий окружающей среды. Исследованиями было показано, что благодаря альгинату ин-

капсулированная бактерия *Azothobacter croococcum* лучше защищена от негативного действия фагов [2]. Альгинаты являются важным компонентом цист *Azotobacter vinelandii*. Покрытие полисахаридами защищает цисту от высушивания и неблагоприятных условий. Согласно данным исследователей, цисты могут сохранять жизнеспособность в сухой почве в течение нескольких лет. При наступлении благоприятных условий покрытие разбухает, и циста прорастает [3].

Экзополисахариды же бактерий рода *Pseudomonas* в основном выполняют протективные функции, например, в ответ на дегидратацию [4–5], или играют роль фактора устойчивости к токсинам [6] и антибиотикам [7]. Показано, что альгинат способен к сорбции ионов тяжелых металлов из растворов [8], являясь полиэлектролитом, несущим отрицательный заряд, ингибирует токсическое действие тяжелых металлов, связывая ионы.

Таким образом, к основным физиологическим функциям, которые выполняют экзополисахариды, можно отнести: создание вокруг клетки удерживающей влагу гидратированной оболочки, защита от воздействий окружающей среды, участие в формировании биопленок и адгезия к различным поверхностям.

ЧЕТВЕРИКОВ Сергей Павлович – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: che-kov@mail.ru
ХУДАЙГУЛОВ Гайсар Гараевич – к.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: biolab316@yandex.ru
ЛОГИНОВ Олег Николаевич – д.б.н., Институт биологии УНЦ РАН, e-mail: biolab316@yandex.ru

Для непатогенных альгинат-продуцирующих псевдомонад не описано наличия преимущества в завоевании экологической ниши. Это предполагает, что для большинства естественных местообитаний биосинтез альгината не обеспечивает никакого преимущества для организма. Не синтезирующие экзополисахариды псевдомонады обычно изолированы от окружающей среды. Известно, что экзополисахариды хелатируют тяжелые металлы, и образование альгината фитопатогенными псевдомонадами индуцируется обработкой бактерицидным спреем, содержащим медь. Таким образом, секреция альгината может играть роль в бактериальных заражениях растений. При внесении хлорида натрия и этанола показано значительное увеличение продукции альгината в вариантах с флуоресцирующими псевдомонадами, предполагается, что засоление и обезвоживание может приводить к генерированию сигналов для продукции этого полисахарида [9].

Разумно полагать, что экзополисахариды не выполняют какой-то определенной функции для вегетативной клетки, а, скорее, предоставляет клетке множество защитных свойств при различных условиях окружающей среды [10].

За последние несколько лет в литературе появились сообщения о полиуронидах бактерий р. *Paenibacillus*. Показано, что полиуронид бактерий *Paenibacillus jamilae* проявлял значительное сродство к ионам Pb^{2+} [11], что указывает на перспективность использования данных ЭПС в удалении токсичных ионов тяжелых металлов. Экзополисахариды бактерий р. *Paenibacillus* предложены в качестве биофлокулянтов [12].

Цель работы – сравнительная характеристика ЭПС полиуронидной природы бактерий родов *Pseudomonas* и *Paenibacillus*.

Условия эксперимента. Объектами исследований являлись штаммы *Paenibacillus ehimensis* ИБ739, *Paenibacillus peoriae* ИБ1 и *Pseudomonas putida* ИБ17. Штаммы были идентифицированы согласно признакам культурально-морфологической, физиолого-био-

химической дифференциации и типирования по последовательности гена 16S рРНК.

Для поддержания культур, подготовки посевного материала и культивирования использовали питательную среду Федорова следующего состава (г/л): K_2HPO_4 – 0.3, $CaHPO_4$ – 0.2, $MgSO_4$ – 0.3, K_2SO_4 – 0.2, NaCl – 0.5, $FeCl_3$ – 0.01, $CaCO_3$ – 5.0, меласса – 60.0. Использовали мелассу (ООО «Карламанский сахар», Россия), содержащую сахарозу (50–53%), микроэлементы, органические кислоты [13].

Культивирование проводили в периодических условиях в ферментерах АК-210 («СКБ БП», Пушкино, Россия) с рабочим объемом 6 л при 25°C с непрерывным перемешиванием, частотой вращения мешалки 300 мин⁻¹, аэрацией – 0.5 объема воздуха в 1 мин на 1 объем среды.

Определение кинематической вязкости культуральной жидкости осуществляли при помощи стеклянного капиллярного вискозиметра Оствальда при 20°C (значения в сантистоксах (сСт) или мм²/с), динамической вязкости культуральной жидкости – с использованием ротационного вискозиметра ВСН-3 (ОАО «Азнефтьхиммаш», Азербайджанская Республика) при 20°C, скорости вращения гильзы 600 мин⁻¹ и перемешивании исследуемой жидкости в течение 10 мин (значения в сантипуазах (сП) или Па·с).

ЭПС выделяли из культуральной жидкости переосаждением изопропиловым спиртом (70% по объему). Осадок промывали чистым изопропиловым спиртом, холодной водой и сушили до постоянной массы [14].

Молекулярную массу ЭПС оценивали методом гель-фильтрации в системе, состоящей из насоса высокого давления модели 572P («Gasukuro Kogyo», Япония), детектора-рефрактометра («Du Pont», США), на колонке TSK G4000SW (300x7.8 мм, «Toyo Soda», Япония) при элюировании 0.15 М хлоридом натрия с расходом 1 мл/мин. В качестве стандартов использовали декстраны.

ИК-спектры записывали на спектрофотометре Specord M 80 («Carl Zeise», Германия) в области 4000–600 см⁻¹ (толщина пленки 15–20 мк).

Спектры ЯМР ^1H регистрировали на спектрометре Bruker AM-300 («Bruker», Германия) с рабочей частотой 300 МГц для 2%-ного раствора полисахарида при 80°C, растворитель – D_2O .

Спектры ЯМР ^{13}C регистрировали на спектрометре Bruker AM-300 («Bruker», Германия) с рабочей частотой 75,47 МГц для 2%-го раствора полисахарида, растворитель – D_2O .

Изучение термостабильности геля ЭПС проводили при 4-кратном нагревании до 100°C и охлаждении до 20°C. Влияние pH среды на стабильность ЭПС (динамическая вязкость) определяли при 20, 40, 60, 80°C в 0.05 М фосфатной буферной системе в соотношении ЭПС – фосфатная буферная система 3 : 1 в диапазоне pH 2.0 – 11.0. ЭПС выдерживали в этой системе в течение 30 мин. Влияние солей металлов на стабильность ЭПС исследовали при их концентрации 150 г/л. Использовали хлориды, нитраты и сульфаты калия, натрия, кальция, магния, марганца и железа. Результаты по исследованию стабильности представлены в процентах относительно исходной вязкости ЭПС.

Результаты исследований. Исследуемые штаммы при культивировании на среде с мелассой синтезировали высоковязкие ЭПС с выходом до 22 г/л и вязкостью получаемой культуральной жидкости свыше 30 000 сСт. Оптимальные условия культивирования представлены в табл. 1. Так, *Leitão* с соавторами указывает на то, что для синтеза ЭПС

необходимо культивирование при субоптимальной для роста микроорганизма температуре, что, вероятно, влияет на активность ферментов, вовлеченных в процесс биосинтеза экзополисахарида [15]. Различия между оптимальной температурой роста и оптимальной температурой производства экзополисахаридов могли также быть результатом повышенной активности ферментов, вовлеченных в синтез предшественников экзополисахаридов. Например, выход GDP-маннуриновой кислоты, прекурсора альгиновой кислоты, увеличивается при субоптимальной температуре культивирования [16]. Ключевыми также являются аэрация и концентрация источника углерода [17]. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что синтез ЭПС наиболее продуктивен при высоком уровне аэрации, источника углерода и при субоптимальной температуре культивирования.

Посредством гель-фильтрации показано, что продуцируемые штаммами полисахариды выходят из колонки одним асимметричным пиком, ограниченными значениями молекулярных масс примерно от 250 до 350 кДа (рис. 1).

В ИК-спектре полисахаридов присутствуют сигналы, характерные для полос поглощения ацетильных групп 1730, 1250 cm^{-1} , полосы поглощения валентных колебаний пиранозного кольца гулуриновой кислоты (Г) 1290 и 787 cm^{-1} и полосы поглощения валентных колебаний пиранозного кольца маннуриновой кислоты (М) 1320 и 808 cm^{-1} . Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C полисахаридов, видно, типич-

Т а б л и ц а 1

Оптимальные условия культивирования бактерий для синтеза высоковязкого ЭПС

Параметр культивирования	Штамм		
	<i>Paenibacillus ehimensis</i> 739	<i>Paenibacillus peoriae</i> ИБ1	<i>Pseudomonas putida</i> ИБ17
Содержание мелассы, г/л	30	60	60
Перемешивание (аэрация), мин^{-1}	200	200	160
Температура, °C	25	25	35
Продолжительность культивирования, ч	168	144	120

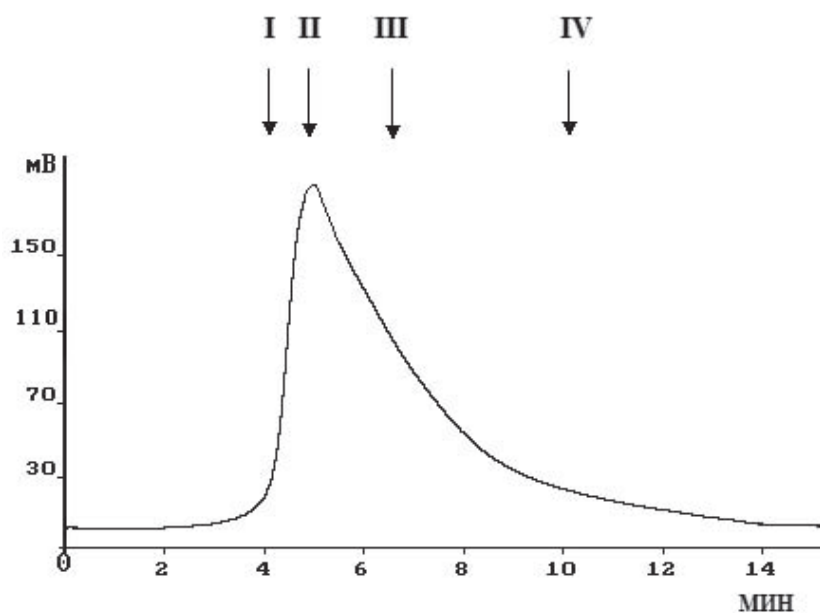


Рис. 1. Типичная гель-хроматограмма ЭПС исследуемых штаммов на TSK G4000SW, 300x7.8 мм («Тоюо Soda», Япония) при элюировании 0.15 М хлоридом натрия, расход 1 мл/мин. кДа: I – 500, II – 300, III – 200, IV – 100

ны для спектров альгинатов. Таким образом, на основе данных ИК- и ЯМР-спектроскопии показано, что выделенные полисахариды построены из 1–4-связанных остатков β-D-маннуроновой и α-L-гулуруновой кислот и являются полиуруонидами.

Исходя из данных спектроскопии были рассчитаны величины М/Г как соотношение

интенсивностей полос поглощения при 808 (М) и 787 см⁻¹ (Г) [18]. Для исследуемых полисахаридов величина М/Г составили 0.22, 0.32, 0.64 соответственно для штаммов ИБ1, ИБ17, ИБ739. Это соотношение подтверждается и данными ЯМР-спектроскопии: отношение суммы интегральных интенсивностей сигналов С1 – С5 остатков β-D-маннуроновой кислоты к соответствующей сумме интегральных интенсивностей сигналов С1 – С5 остатков α-L-гулуруновой кислоты дает ту же величину.

Вязкость и способность к гелеобразованию уроновых полисахаридов определяется,

главным образом высоким содержанием α-L-гулуруновой кислоты (относительной длиной Г-блоков в полимерной цепи) и степенью наличия ацетильных групп.

Из рис. 2 видно, что наибольшая вязкость наблюдается при рН 7-8, повышение рН выше этого значения приводило к снижению вязкости ЭПС. Незначительное по-

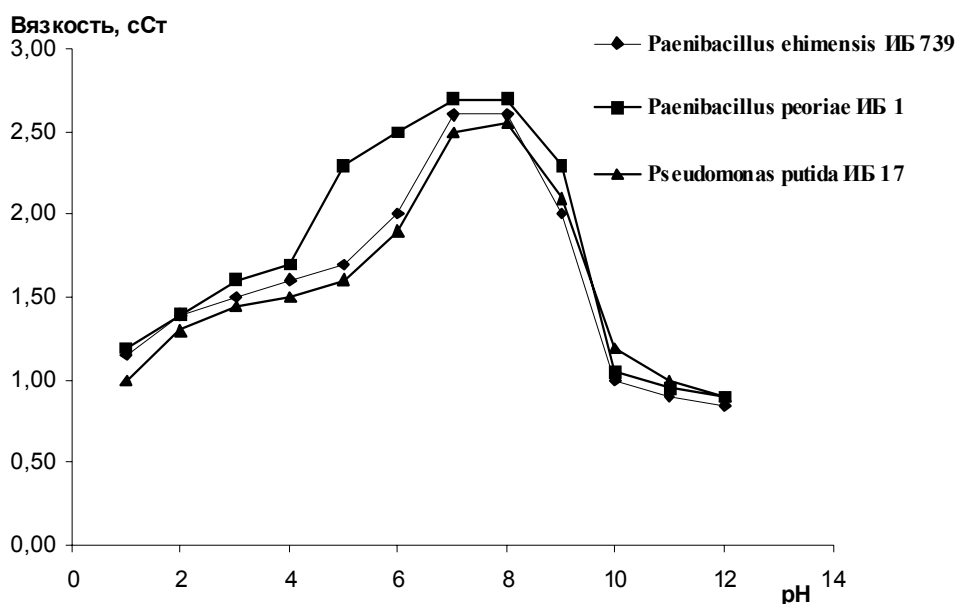


Рис. 2. Влияние кислотности на вязкость растворов ЭПС

вышение вязкости происходило в интервале рН от 1 до 5. В целом можно сказать, что молекулы исследуемых ЭПС проявляют свойства полиэлектролитов. Вероятно, в результате взаимодействия с окружением молекула экзополисахарида изменяет свою пространственную структуру, что приводит к повышению, либо понижению вязкости раствора.

Знания реологических характеристик экзополисахаридов необходимы для целей практической реализации и понимания поведения растворов ЭПС в зависимости от условий. В данной работе представлены вязкостные характеристики для исследуемых экзополисахаридов бактерий родов *Paenibacillus* и *Pseudomonas*. Помимо этого, реологические характеристики растворов ЭПС штамма *Paenibacillus ehimensis* 739 сравнивались с коммерческим препаратом ксантана и с литературными данными по вязкостным свойствам препаратов ксантана.

Кинематическая вязкость раствора ЭПС *Paenibacillus ehimensis* 739 была вдвое выше, чем у раствора ЭПС *Paenibacillus peoriae* ИБ 1, вязкость раствора которого, в свою очередь, была в 2 раза выше, чем у псевдомонодного полиуронида (рис. 3).

Изучение реологических свойств на реометре RheoStress-1 показало, что ЭПС про-

дуцируемый *Paenibacillus ehimensis* 739 при 0,5% концентрации имеет более высокие показатели эффективной вязкости чем ЭПС штаммов *Paenibacillus peoriae* ИБ 1 и *Pseudomonas putida* ИБ 17 (рис. 4, а).

Реологические свойства полиуронида, продуцируемого *Paenibacillus ehimensis* 739 при 0,5% концентрации имеет более высокие показатели эффективной вязкости, чем раствор ксантана аналогичной концентрации (рис. 4, б). Величина вязкости Ксантана НТ при скорости сдвига $5,4 \text{ с}^{-1}$ составила $2,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$, аналогичные данные были получены для ЭПС *Paenibacillus ehimensis* 739 при вдвое меньшей концентрации экзополисахарида равной 0,5%.

Таким образом, в результате сравнения показано, что ЭПС штаммов бактерий рода *Paenibacillus* обладают более высокими показателями эффективной вязкости при тех же скоростях сдвига и образуют более вязкие гели при меньшей концентрации, чем ЭПС *Pseudomonas putida* ИБ 17 и коммерческие образцы ксантана.

Исследование поддержано договором с ГАНУ РБ «Центр аграрных исследований» в рамках выполнения работ по ГНТП РБ «Инновационные технологии в сельском хозяйстве, биологии и медицине».

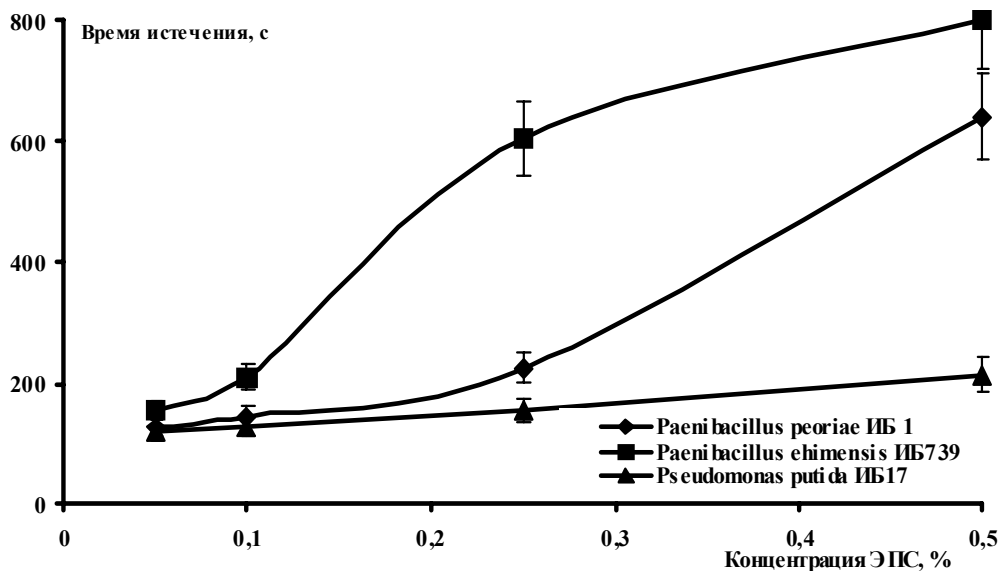


Рис. 3. Кинематические вязкости растворов ЭПС

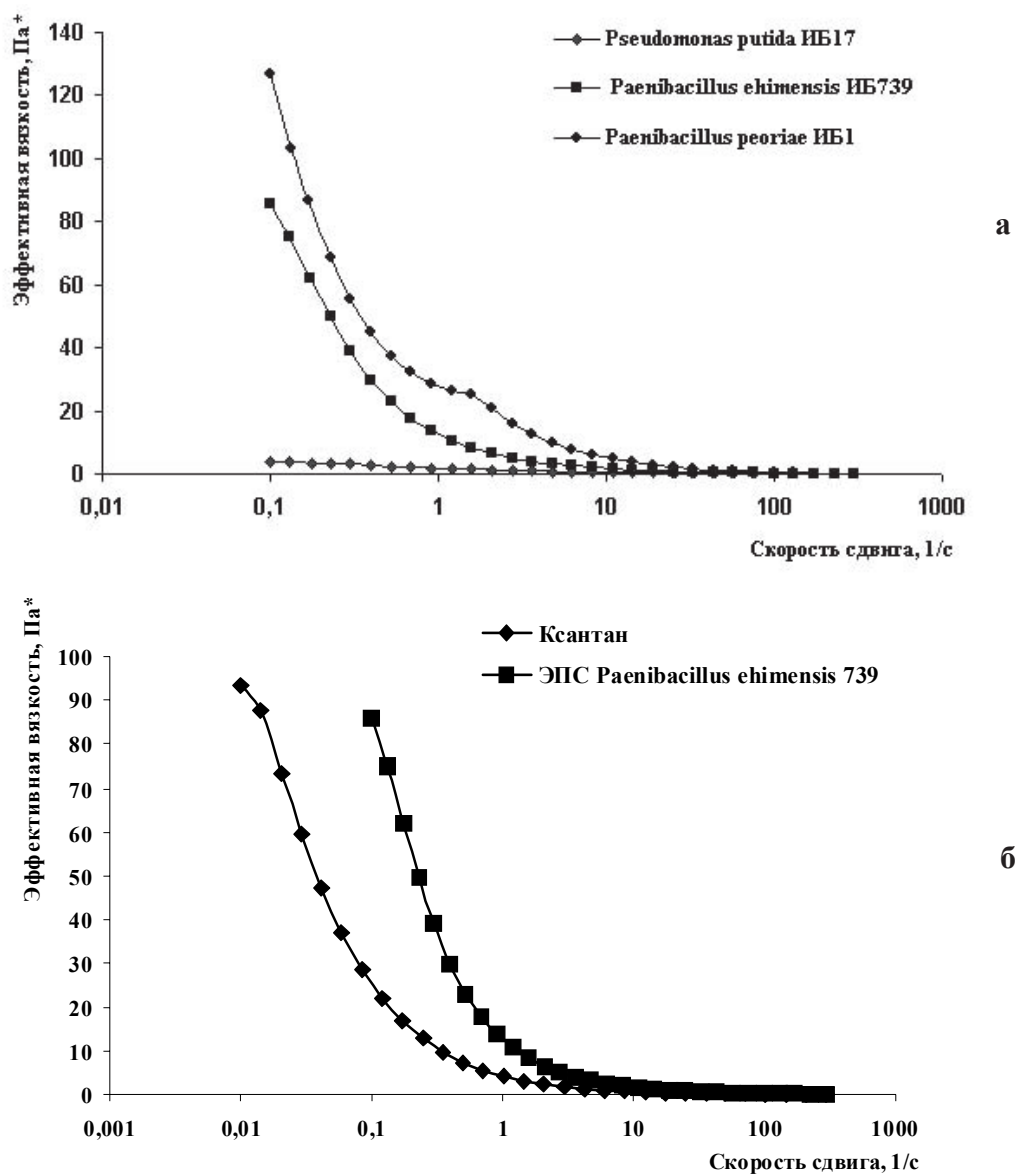


Рис. 4. Сравнение реологических характеристик исследуемых ЭПС (а) и коммерческого препарата (б)

ЛИТЕРАТУРА

1. Gacesa P. Bacterial alginate biosynthesis – recent progress and future prospects // *Microbiology*. 1998. 14. P. 1133–1143.
2. Hammand A.M.M. Evaluation of alginate encapsulated *Azothobacter croococcum* as a phage-resistant and effective inoculum // *J. Basic. Microbiol.* 1998. 1. P. 9–16.
3. Skjek-Bråk G. Alginate: biosynthesis and some structure function relationships relevant to biomedical and biotechnological applications // *Biochem. Soc. Trans.* 1992. 20. P. 27–33.
4. Roberson E.B., Firestone M.K. Relationship between desiccation and exopolysaccharide production in a soil *Pseudomonas* sp. // *Appl. Environ. Microbiol.* 1992. 58. P. 1284–1291.
5. Shrikrishna S., Fett W. Stimulation of exopolysaccharide production by fluorescent *Pseudomonads* in sucrose media due to dehydration and increased osmolarity // *FEMS Microbiology Letters*. 1995. 130. P. 301–306.
6. Yu J. Involvement of the EPS alginate in the virulence and epiphytic fitness of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* // *Mol. Microbiol.* 1999. 33. P. 712–720.

7. Govan J.R.W., Fyfe J. A. M. Mucoïd *Pseudomonas aeruginosa* and cystic fibrosis: resistance of the mucoïd form to carbenicillin, flucloxacillin and tobramycin and the isolation of mucoïd variants in vitro // J. Antimicrob. Chemother. 1978. 4. P. 233–240.
8. Emtiazi G., Ethemadifar Z., Habibi M.H. Production of extra-cellular polymer in *Azotobacter* and biosorption of metal by exopolymer // African Journal of Biotechnology. 2004. 3. P. 330–333.
9. Kidambri P.S., Sundin G.W., Palmer A.D., Chakrabarty M.A., Bendar L.C. Copper as a signal for alginate synthesis in *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae* // Appl. Environ Microbiol. 1995. 61. P. 2172–2179.
10. Sabra W., Zeng A., Deckwer W. Bacterial alginate: physiology, product quality and process aspects // Appl Microbiol Biotechnol. 2001. 56. P. 315–325.
11. Perez J.A.M., Ribera R.G., Quesada T., Aguilera M., Cormenzana A.R., Monteoliva-Sánchez M. Biosorption of heavy metals by the exopolysaccharide produced by *Paenibacillus jamilae* // World J. Microbiol. Biotechnol. 2008. 24. P. 2699–2704.
12. Lin J., Harichund C. Isolation and characterization of heavy metal removing bacterial biofloculants // African Journal of Microbiology Research. 2011. 5. P. 599–607.
13. Артюхов В.Г., Гарбаренко В.Г., Гайворонский Я.С. Переработка мелассы на спирт и другие продукты по безотходной технологии. М.: Агропромиздат, 1985. 287 с.
14. Захарова И.Я., Косенко Л.В. Методы изучения микробных полисахаридов. Киев: Наукова думка, 1982. 192 с.
15. Leitão J.H., Fialho A.M., Sácorreia I. Effects of growth temperature on alginate synthesis and enzymes in *Pseudomonas aeruginosa* variants // J. Gen. Microbiol. 1992. 138. P. 605–610.
16. Morin A., Screening of polysaccharide-producing microorganisms, factors influencing the production and recovery of microbial polysaccharides // Polysaccharides – Structural Diversity and Functional Versatility. 1998. P. 275–296.
17. Clementi F., Fantozzi P., Mancini F., Moretti M. Optimal conditions for alginate production by *Azotobacter vinelandii* // Enzyme and Microbial Technology. 1995. 17. P. 983–988.
18. Усов А.И., Альгиновые кислоты и альгинаты: методы анализа, определения состава и установления строения // Успехи химии. 1999. 68. С. 1051–1061.

BACTERIAL POLYURONIDES OF *PSEUDOMONAS* AND *PAENIBACILLUS* GENERA

© S.P. Chetverikov, G.G. Khudaygulov, O.N. Loginov

A Comparative characteristic of high-viscosity polyuronide exopolysaccharides produced by *Pseudomonas* and *Paenibacillus* has been done. When cultivated with molasses the output of exopolysaccharide made up to 20 gram per liter, viscosity of culture being more than 30 000 cSt. Biopolymers prove stable under pH 4.0–9.0 in a wide interval of temperatures, well dissoluble in highly mineralized water, and keep a high factor of viscosity.

Key words: polyuronide, alginate, *Pseudomonas*, *Paenibacillus*, exopolysaccharide, biopolymer.

УДК 33.81

НАПРАВЛЕНИЯ И ФОРМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ РФ

© Ю.П. Куликова

Предложены направления и формы совершенствования инновационной деятельности в высшей школе РФ, включая развитие межвузовского взаимодействия и инновационной инфраструктуры вузов на основе адаптации зарубежного опыта.

Ключевые слова: инновация, синергетический эффект, интеграция образования, научной деятельности и бизнеса.

Сегодня в мире наглядно проявился комплекс закономерностей, связанных с формированием «новой» экономики, базирующейся на знаниях, одной из особенностей которой является самая тесная, масштабная и многосторонняя интеграция образовательной, научной деятельности и бизнеса, проявляющаяся как на национальном уровне, так и в процессе глобализации мирового хозяйства.

Определена общая модель взаимоотношений между вузами и другими участниками национальной инновационной системы в условиях модернизации экономики РФ, что обеспечивает возможность системного подхода к интеграции вузов в национальную инновационную систему (рис.).

С учетом зарубежного опыта обоснована целесообразность развития межвузовского взаимодействия на региональном (опыт США, Великобритании, Финляндии), национальном (опыт Великобритании, Австралии, Китая, Канады) и международном уровне (опыт европейских и азиатских стран) с учетом особенностей и основных форм межвузовского сотрудничества.

Сотрудничество на региональном уровне должно обеспечивать потребности бизнес-сообщества региона, на национальном уровне – участие в формировании государ-

ственной политики, на международном уровне – обмен опытом и решение глобальных научно-исследовательских задач.

Предложены следующие перспективные направления развития межвузовского взаимодействия в РФ:

– на региональном уровне (к 2012 г. статус национального исследовательского университета был присвоен 29 вузам из 13 регионов – эти вузы могут стать центрами координации межвузовского взаимодействия в регионах для привлечения новых участников в инновационную сферу региона);

– на федеральном уровне (развитие сотрудничества вузов в области реализации приоритетных национальных проектов – национальный проект «Образование», приоритетные направления развития науки, технологий и техники в РФ и критические технологии, научные мегапроекты, отобранные Министерством образования и науки РФ);

– на международном уровне (создание сетей взаимодействия с вузами Республики Беларусь и Казахстана, установление партнерских отношений российских вузов с международными вузовскими объединениями).

Основным каналом коммуникации между вузами и другими участниками инновационной деятельности выступает инновацион-

ная инфраструктура вузов [1]. При этом эволюционное развитие инновационной инфраструктуры вуза можно представить в виде следующих последовательных этапов, соответствующих развитию инновационного потенциала вуза: создание подразделений вузов, отвечающих за управление инновационной деятельностью; создание отдельных юридически независимых организаций инновационной инфраструктуры на базе вузов; объединение отдельных элементов инновационной инфраструктуры в инновационную систему вуза; расширение взаимодействия между отдельными организациями инфраструктуры на региональном и федеральном уровне.

Одним из способов активизации процессов создания инновационной инфраструктуры вузов и повышения эффективности ее функционирования является межвузовское взаимодействие [2]. Выделены три возможных подхода к формированию инновационной

инфраструктуры на базе высших учебных заведений:

1) Формирование элементов инновационной инфраструктуры в отдельном вузе (предоставление бюджетного финансирования ведущим вузам страны).

2) Взаимодополнение элементов инновационной инфраструктуры нескольких вузов на комбинированной основе в рамках региона или межвузовского объединения.

3) Формирование совместных элементов инновационной инфраструктуры несколькими вузами.

В Российской Федерации на федеральном уровне реализуется программа Министерства образования и науки РФ по предоставлению бюджетных средств для формирования инновационной инфраструктуры вузов (в 2010–2012 г. – 9 млрд руб.). При этом недостаточно используются возможности второго и третьего подходов.



Рис. Схема взаимодействия между системой высшего образования и участниками национальной инновационной системы

Поскольку уровень инновационной активности среди вузов остается недостаточным (в 2009 г. научные исследования и разработки осуществляли 45% вузов), для обеспечения масштабной задачи модернизации экономики РФ необходимо скоординированное использование интеллектуального потенциала, материально-технической базы и распределения финансирования вузов. Поэтому с целью содействия интеграции вузов в национальную инновационную систему предложено расширить проект Министерства образования и науки РФ по созданию базы данных хозяйственных обществ, учрежденных при вузах. Базу данных необходимо представить в виде полнофункционального интернет-портала, способного выступить информационной площадкой для взаимодействия малых инновационных предприятий, научно-исследовательских коллективов, инвесторов и других участников инновационной деятельности. Для поддержания интернет-портала и обеспечения согласованного участия вузов в реализации задачи модернизации страны

предлагается создание Центра координации инновационной деятельности вузов, выполняющего аналитические, информационные, консалтинговые и координационные функции. Центр может быть создан на конкурсной основе: на базе одного из ведущих инновационных российских вузов.

Создание центра будет способствовать повышению числа участников инновационной деятельности из числа вузов, своевременному выявлению кадровых потребностей социально-экономического развития, поиску партнеров в научно-исследовательской, образовательной и инновационной деятельности, повышению эффективности инновационной инфраструктуры вузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карлофф Б. Деловая стратегия. М.: Экономика, 2007. 239 с.
2. Кастельс М. Информационная эпоха: Экономика, общество и культура / Пер. с англ. под науч. ред. О.И. Шкаратана. М.: ГУ ВШЭ, 2000.



THE FINANCIAL AND TECHNOLOGICAL ASSOCIATION

© J.P. Kulikova

Today, the world clearly demonstrated complex patterns associated with the formation of «new» economy based on knowledge, one feature of which is the closest, large-scale and multi-integration of education, science and business, which is manifested both at the national level and in the process of globalization the world economy.

Key words: innovation, synergy, integration of education, science and business.

УДК 322

ЭТНОДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕОПРОТЕСТАНТОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

© А.Н. Кляшев

В данной статье проводится этнодемографический анализ членов неопротестантских религиозных объединений Республики Башкортостан.

Ключевые слова: протестантские и неопротестантские религиозные объединения, этнодемографические характеристики.

После вступления в действие 20 июня 1991 г. Закона Башкирской ССР «О свободе совести и религиозных организациях в Башкирской ССР» на конфессиональном поле республики параллельно восстановлению позиций традиционных для республики конфессий – православия и ислама – происходит формирование христианского сообщества, в доктринальном отношении своими корнями восходящего к общепротестантской парадигме. По данным Совета по государственно-межконфессиональным отношениям при президенте Республики Башкортостан, на 1 января 2012 г. православие и ислам являются ведущими конфессиями на территории РБ, их объединения составляют 88% от общего количества религиозных организаций (около 67% – ислам, около 21% – православие). Протестантские формирования занимают третье место – их приблизительно 12%. По данным автора, в 2009 г. на территории РБ функционировали зарегистрированные и незарегистрированные общины следующих религиозных объединений: Евангелическо-Лютеранской церкви (ЕЛЦ – немецкой традиции), Уральского пробства Евангелическо-Лютеранской церкви Ингрии на территории России (ЕЛЦИ – шведско-финской традиции), церковь кальвинистов «Возрождение», Российского Союза Евангельских христиан-баптистов (РС ЕХБ), Союза Церквей Евангель-

ских христиан-баптистов (СЦ ЕХБ – «инициативников»), Адвентистов седьмого дня, Регионального Объединения Союза христиан веры Евангельской пятидесятников (Союз ХВЕ), Российского Объединенного Союза христиан веры Евангельской (РОСХВЕ), объединяющей Ассоциацию Церквей Христиан Веры Евангельской «Великое Поручение» и Объединение Христиан Веры Евангельской «Общение Кэлвэри», Ассоциации христианских церквей «Союз Христиан» (АХЦ), включающей в себя церковь «Виноградник», входящую также в Ассоциацию Церквей «Виноградник» – «Association of Vineyard Churches» [1].

Количество членов этих религиозных объединений в 2009 г. составляло приблизительно 4 000 человек. Из 99 общин 51 (т.е. более половины) приходится на пятидесятников и неохаризматов (АХЦ «Союз Христиан», РОСХВЕ, Региональное Объединение Союза ХВЕ). В количественном отношении – чуть более 1 800 человек – эти религиозные организации представляют приблизительно половину всех членов протестантских организаций из этого списка. Действительное количество протестантских и неопротестантских (поздних евангельских) религиозных объединений, а также самих верующих на территории РБ больше за счет многочисленных незарегистрированных религиозных

групп, однако их выявление представляет собой трудновыполнимую задачу. Республика Башкортостан представляет собой многонациональный субъект Российской Федерации. Согласно Всероссийской переписи населения 2002 г., русские составляют 36,3% населения РБ, башкиры – 29,76%, татары – 24,14% [2]. Полиэтничность Башкортостана нашла свое отражение и в национальном составе членов протестантских религиозных объединений. Для российского протестантизма характерна адаптация к этническим особенностям регионов, что является актуальным в условиях многонационального Башкортостана. По данным анкетирования, проведенного автором в двенадцати общинах, входящих в состав четырех уфимских неопротестантских религиозных организаций: «Жизнь Победы» (РОСХВЕ, девять общин), «Союз Христиан» (АХЦ «Союз христиан»), «Виноградник» (АХЦ «Союз христиан» и Ассоциация Церквей «Виноградник» – Association of Vineyard Churches), «Свет Правды» (РОСХВЕ, Ассоциация христиан веры Евангельской «Общение Кэлвэри») и в одной протестантской кальвинистской (реформатской) церкви «Возрождение», представленной одним пастором (генеральная совокупность 1 075 человек; объем выборки – 213 респондентов, что составляет 19,8% от генеральной совокупности, процент ответов – 94,8%), из 213 респондентов 63,3% – русские, 24,2% – татары, 6,0% – башкиры, 2,8% – украинцы, 1,9% – марийцы, 1,9% (4 респондента) – другие национальности (две чувашки, одна еврейка и одна россиянка). 30,2% опрошенных являются представителями этносов, традиционно рассматриваемых как носители ислама – татары и башкиры. Эти данные коррелируют с результатами интервьюирования служителей «традиционных» для России направлений протестантизма – в баптистских церквях РС ЕХБ представители тюркоязычных этносов – башкиры и татары – составляют до 30% прихожан, причем наблюдается тенденция их роста среди состава новых членов [1].

В ходе исследования автором были выявлены социально-демографические характерис-

тики основных этносов, являющихся носителями неопротестантизма на территории РБ, – русских, татар и башкир. Результаты анкетирования демонстрируют, что у представителей всех трех этносов женщины более религиозно активны, чем мужчины (табл. 1). 75,1% всех респондентов составляют женщины.

Т а б л и ц а 1

Половой состав (женщины)

Общие данные	Русские	Татары	Башкиры
75,1%	74,2%	70%	66,7%

Источник: [3].

Возрастной состав наглядно продемонстрирован в табл. 2. Общие результаты: респонденты от 45 до 60 лет составляют 34,3%, 22,5% приходится на людей от 25 до 35 лет, 19,7% – 35–45 лет, 14,6% – прихожане от 15 до 25 лет, 8,9% – от 60 и более. Респонденты самого активного, деятельного возраста (от 25 до 45 лет) составляют 42,2% от общего количества. 43,2% составляют люди от 45 лет и старше. У всех трех этносов самой многочисленной является группа от 45 до 60 лет – это люди, обладающие большим жизненным опытом и в то же время достаточно активные в социальном плане.

Т а б л и ц а 2

Возрастной состав

Возрастные группы	Общие данные	Русские	Татары	Башкиры
15–25	14,6%	13,1%	12%	25%
25–35	22,5%	24,6%	26%	16,7%
35–45	19,7%	17,7%	20%	16,7%
45–60	34,3%	36,9%	32%	41,7%
60 и более	8,9%	7,7%	10%	–

Источник: [3].

Место рождения (табл. 3). Общие результаты: 96,6% членов церквей родились в России, 84,9% – в городе, 15,1% – в селе. Наиболее «городская» по месту рождения группа – русские, наиболее «сельская» – башкиры (25% респондентов – уроженцы села). Подавляющее число респондентов родилось на территории Российской Федерации.

Таблица 3

Место рождения

	Общие данные	Русские	Татары	Башкиры
Город	84,9%	88,7%	84,4%	75%
Село	15,1%	11,3%	15,6%	25%

Источник: [3].

Место проживания (табл. 4). Общие результаты: 100% респондентов проживают в России, 95,7% – в городе, 4,3% – в селе. Подавляющее большинство представителей всех трех этнических групп – горожане, все респонденты проживают на территории РФ.

Таблица 4

Место проживания

	Общие данные	Русские	Татары	Башкиры
Город	95,7%	97,2%	95,5%	100%
Село	4,3%	2,8%	4,5%	–

Источник: [3].

Семейное положение (табл. 5). Общие результаты: 46,4% членов церкви женаты (замужем), 53,6% – холосты (не замужем). У русских и татар количество состоящих и не состоящих в браке примерно одинаково с небольшим сдвигом в сторону последних, у башкир большая часть респондентов (75%) не состоит в браке.

Таблица 5

Семейное положение

	Общие данные	Русские	Татары	Башкиры
Женаты (замужем)	46,4%	48,1%	45,7%	25%
Холосты (не замужем)	53,6%	51,9%	54,3%	75%

Источник: [3].

Образовательный уровень (табл. 6). Общие результаты: у 42,2% респондентов высшее образование, 30,3% имеют среднее специальное образование, 11,9% имеют среднее образование, 1,4% имеют начальное об-

разование, у 2,3% – неполное среднее, у 10,1% – незаконченное высшее, 1,8% (четыре респондента) имеют ученую степень. На долю лиц с высшим, незаконченным высшим, средним специальным образованием и ученой степенью приходится 84,4%. У татар и русских законченное высшее образование имеют свыше 40% респондентов, у башкир более 50% респондентов составляют лица со средним специальным образованием, на втором месте – выпускники вузов. Вместе с тем у башкир отсутствуют респонденты с начальным, неполным средним и средним образованием. Таким образом, для неопротестантов характерен высокий уровень образования.

Таблица 6

Образовательный уровень

	Общие данные	Русские	Татары	Башкиры
Начальное	1,4%	2,3%	–	–
Неполное среднее	2,3%	1,5%	2%	–
Среднее	11,9%	10,5%	18%	–
Среднее специальное	30,3%	28,6%	26%	58,3%
Незаконченное высшее	10,1%	12%	8%	8,3%
Высшее	42,2%	43,6%	44%	25%
Ученая степень	1,8%	1,5%	2%	8,3%

Источник: [3].

Язык обучения в школе (табл. 7). Общие результаты: 0,9% обучалось на башкирском (2 человека) и 1,8% обучалось на татарском (4 человека) языках. Подавляющее большинство респондентов – 96,3% – обучались на русском языке. Видно, что тюркоязычные члены неопротестантских религиозных объединений РБ достаточно хорошо владеют русским языком, но татары используют русский язык в большей степени, чем башкиры, что подтверждается исследованиями этнолингвистической ситуации в современной России: «Почти в каждой республике национальные меньшинства, например, татары в Удмуртии, чуваша в Татарстане, а также татары в Башкортостане, доля которых в составе населения этой республики была больше, чем доля башкир, опережа-

ли представителей титульных национальностей по масштабам употребления русского языка» [4].

Т а б л и ц а 7

Язык обучения в школе

	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Русский	96,3%	99,2%	94,1%	78,6%
Татарский	1,8%	0,8%	5,9%	7,1%
Башкирский	0,9%	–	–	14,3%

Источник: [3].

Профессиональный состав (табл. 8). Общие данные: 16,5% – специалисты и инженерно-технические работники, 13% – служащие, 10,9% – пенсионеры. 10% – предприниматели, 1,3% – крестьяне, 9,1% – квалифицированные рабочие, 3% – неквалифицированные рабочие

Т а б л и ц а 8

Профессиональный состав

	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Руководители предприятия, организации	8,7%	8,4%	9,6%	7,7%
Работники государственного аппарата	2,6%	3,5%	–	–
Специалисты, инженерно-технические работники	16,5%	13,3%	30,8%	15,4%
Служащие	13%	14,7%	11,5%	15,4%
Неквалифицированные рабочие	3%	2,1%	3,8%	7,7%
Квалифицированные рабочие	9,1%	9,8%	9,6%	7,7%
Крестьяне	1,3%	0,7%	1,9%	–
Предприниматели	10%	11,9%	5,8%	15,4%
Военные		–	–	–
Учащиеся	6,5%	7%	3,8%	7,7%
Домохозяйки	7,8%	8,4%	9,6%	–
Пенсионеры	10,9%	11,9%	5,8%	15,4%
Безработные	1,7%	2,1%	–	15,4%
Работающие пенсионеры	6,5%	6,3%	7,7%	7,7%

Источник: [3].

8,7% – руководители предприятий и организаций, 7,8% – домохозяйки, 6,5% – работающие пенсионеры, 6,5% – учащиеся, 2,6% – работники государственного аппарата, 1,7% – безработные. На специалистов и инженерно-технических работников, служащих, предпринимателей, квалифицированных рабочих, учащихся и руководителей предприятий и организаций приходится в совокупности 63,8%. У татар основной профессиональный состав – специалисты и инженерно-технические работники, у башкир и русских – специалисты, инженерно-технические работники и служащие. Учитывая высокий уровень образования, подавляющее большинство неопротестантов г. Уфы – высококвалифицированные специалисты.

Статус на предприятии (табл. 9). Общие результаты: 77,3% – работники по найму, 13,5% – собственники предприятий, 9,2% – собственники и работники по найму. Очевидно, что неопротестантизм на территории РБ является в большей степени христианством наемных работников, чем собственников и предпринимателей.

Т а б л и ц а 9

Статус на предприятии

	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Собственник	13,5%	16,1%	5,6%	25%
Работник по найму	77,3%	77%	86,1%	62,5%
Собственник и работник по найму	9,2%	6,9%	8,3%	12,5%

Источник: [3].

Оценка уровня семейного благосостояния (табл. 10). Общие результаты: у большинства респондентов – 32,1% – средств в основном хватает, но не на дорогие вещи длительного пользования, у 23,4% на ежедневные расходы денег хватает, но затраты сверх этого проблемны, 22,5% тратят средства только на самое необходимое, живут от зарплаты до зарплаты, 17,2% – на дорогостоящие покупки приходится брать кредит или занимать, и только 4,8% ни в чем себе не отказывают. Исходя из этих результатов, можно заключить,

что протестантизм привлекателен для разных по уровню доходов групп населения, среди которых обеспеченные слои во всех этносах составляют меньшинство.

Таблица 10

Оценка уровня семейного благосостояния

	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Тратим средства только на самое необходимое, живем от зарплаты до зарплаты	22,5%	25%	16%	25%
На ежедневные расходы денег хватает, но затраты сверх этого проблемны	23,4%	21,2%	26%	25%
Средств в основном хватает, но не на дорогие вещи длительного пользования	32,1%	31,1%	28%	41,7%
На дорогостоящие покупки приходится брать кредит или занимать	17,2%	16,7%	26%	8,3%
Ни в чем себе не отказываем	4,8%	6,1%	4%	–

Источник: [3].

Статус в церкви (табл. 11). Общие данные по церквям г. Уфы: прихожан 44,2%, пасторов – 5%, служителей – 50,8%. Эти показатели свидетельствуют об активном участии протестантов в жизни своих церквей – число служителей превышает число простых прихожан. У татар и русских количество служи-

Таблица 11

Статус в церкви

	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Прихожанин (прихожанка)	44,2%	46,5%	38,3%	58,3%
Пастор	5%	6,3%	2,1%	–
Служитель (прославление, воскресное служение и т.д.)	50,8%	47,2%	59,6%	41,7%

Источник: [3].

телей превышает количество прихожан, у башкир прихожан больше, но количество служителей также довольно велико – 41,7%. Для представителей всех этнических групп характерно активное участие в церковной жизни, что свидетельствует о сознательном христианстве.

Отношение к протестантизму членов семей верующих (табл. 12). Общие данные по церквям г. Уфы: лучше всех к протестантизму относятся дети верующих – положительную оценку дали 67,9%, на втором месте – супруги – 62,5%, т.е. те родственники, которые обычно проживают вместе. Наибольшее количество отрицательных оценок у родителей протестантов – 13,6%, а также у братьев и сестер – 11,8%. Со стороны родителей негативное отношение можно объяснить при-

Таблица 12

Отношение к протестантизму членов семей верующих

Супруга или супруги				
	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Нейтральное	24%	25,7%	13,6%	50%
Положительное	62,5%	58,6%	77,3%	50%
Отрицательное	1,9%	1,4%	4,5%	–
Терпимое	11,5%	14,3%	4,5%	–
Детей				
	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Нейтральное	17,4%	22,7%	–	20%
Положительное	67,9%	64%	85,7%	40%
Отрицательное	5,5%	4%	4,8%	–
Терпимое	9,2%	9,3%	9,5%	40%
Родителей				
	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Нейтральное	19,2%	16,4%	22,6%	57,1%
Положительное	49,6%	47,9%	51,6%	14,3%
Отрицательное	13,6%	8,2%	16,1%	14,3%
Терпимое	17,6%	27,4%	9,7%	14,3%
Братьев и сестер				
	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Нейтральное	27%	31,2%	25%	25%
Положительное	45,4%	41,9%	44,4%	62,5%
Отрицательное	11,8%	12,9%	11,1%	12,5%
Терпимое	15,8%	14%	19,4%	–

Источник: [3].

верженностью к этноконфессиональным традициям и настороженностью к новым религиозным направлениям, со стороны братьев и сестер – как вышеозначенными факторами, так и воздействием секулярной массовой культуры, имеющей гедонистический окрас. В общем же превалирует положительное отношение со стороны родственников, что может быть объяснено утерей частью населения этноконфессиональных традиций и открытостью новым мировоззренческим системам.

Регулярность чтения религиозной литературы (табл. 13–14). Общие данные по церквям г. Уфы: 78,6% читают Библию регулярно, 20,5% читают Библию иногда, 1% (2 респондента) никогда не читают. 52% читают литературу протестантских авторов регулярно, 43,1% читают иногда, 5% (10 респондентов) не читают никогда. Эти данные свидетельствуют о регулярном изучении религиозной литературы протестантами и, соответственно, о хорошем знании доктрин христианства и собственно протестантизма [3].

Т а б л и ц а 13

Регулярность чтения Библии

	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Читаю регулярно	78,6%	80%	76%	60%
Читаю иногда	20,5%	20%	24%	30%
Никогда не читаю	1%	–	–	10%

Источник: [3].

Т а б л и ц а 14

Регулярность чтения религиозной литературы

	Общие результаты	Русские	Татары	Башкиры
Читаю регулярно	52%	52,3%	48%	50%
Читаю иногда	43,1%	43,1%	48%	41,7%
Никогда не читаю	5%	4,6%	4 %	8,3%

Источник: [3].

Основываясь на представленных выше результатах исследования, можно сделать сле-

дующие выводы: неопротестантизм привлекателен для представителей различных этносов, обладающих сходными социально-демографическими характеристиками. 63,3% опрошенных русские, 30,2% являются представителями татар и башкир. Женщины более религиозно активны, чем мужчины: они составляют более 70% во всех трех этнических группах. У всех трех этносов самой многочисленной является группа в возрасте от 45 до 60 лет – людей, обладающих большим жизненным опытом и в то же время достаточно активных в социальном плане. Подавляющее число респондентов родилось и проживают на территории Российской Федерации и являются горожанами. У русских и татар количество состоящих и не состоящих в браке примерно одинаково с небольшим сдвигом в сторону последних, у башкир большая часть респондентов (75%) не состоит в браке. Тюркоязычные члены неопротестантских религиозных объединений РБ достаточно хорошо владеют русским языком, но татары используют русский язык в большей степени, чем башкиры, у татар основной профессиональный состав – специалисты и инженерно-технические работники, у башкир и русских – специалисты, инженерно-технические работники и служащие. Учитывая высокий уровень образования, подавляющее большинство неопротестантов г. Уфы – высококвалифицированные специалисты. Неопротестантизм на территории РБ является в большей степени христианством наемных работников, чем собственников и предпринимателей. Неопротестантизм привлекателен для разных по уровню доходов групп населения, среди которых обеспеченные слои во всех этносах составляют меньшинство. Для представителей всех этнических групп характерно активное участие в церковной жизни и регулярное изучение религиозной литературы, что свидетельствует о хорошем знании доктрин протестантизма и о сознательном христианстве. Со стороны родственников членов неопротестантских религиозных объединений РБ превалирует положительное отношение, что может быть объяснено утерей частью населения эт-

ноконфессиональных традиций и открытостью новым мировоззренческим системам. Для неопротестантов характерен высокий уровень образования.

О притягательности протестантизма для лиц этой категории свидетельствуют и архивные источники, например, отчет председателя Совета по делам религиозных культов при СНК СССР Полянского: «№ 383с 7 декабря 1945 г. <...> об основных моментах, кратко характеризующих состояние и деятельность отдельных религиозных организаций <...> Евангелические христиане и баптисты. Учтено всего 2300 общин, расположенных преимущественно на Украине и в Белоруссии. Учет действующих общин еще не закончен и общее количество их возрастет, вероятно до 2500. Организационно секта евангельских христиан и баптистов начинает крепнуть и в настоящее время больше, чем какая-либо другая, растет. Рост секты происходит не только за счет последователей православия или другого какого-либо культа, но и за счет интеллигенции (главным образом студенчества вузов и техникумов). Главной причиной этого явления надо считать не только, по-видимому, слабо развернутую работу советских политико-просветительных и культурных организаций, но и такие факторы, как специфический подход и особые методы баптистской религиозной пропаганды вообще, а также упрощенный богослужебный ритуал, не требующий больших материальных затрат» [1].

В 2004 и 2006 гг. Институтом социально-политических исследований Российской академии наук (ИСПИ РАН) среди православных и мусульман проводилось всероссийское исследование религиозности населения. Был проведен анализ наиболее общих тенденций уровня религиозной активности в 14 субъектах РФ (Москва, Петербург; Татарстан и Башкортостан; Краснодарский и Хабаровский края; области: Архангельская, Воронежская, Екатеринбургская, Иркутская, Ростовская, Самарская, Томская, Ярославская) при финансовой поддержке РГНФ, грант 04 – 03 – 00364а, рук. – д.с.н. В.В. Локосов, д.с.н. Ю.Ю. Сине-

лина. В 2004 г. было опрошено 1 794, а в 2006 г. – 1 848 респондентов, проживающих в городах и сельской местности по квотно-пропорциональной выборке, составленной на основании последней переписи населения. Было осуществлено сравнение групп православных (14 субъектов РФ) и мусульман (Башкортостан, Татарстан) по уровням религиозной активности, воцерковленности, склонности к суевериям [5]. Результаты ИСПИ РАН по православным на 2004 г., следующие: высшее и незаконченное высшее образование у 28% опрошенных (52,3% у неопротестантов; здесь и далее в круглых скобках – данные по членам неопротестантских религиозных объединений РБ), среднее специальное – у 37% (30,3%), среднее – у 25% (11,9%), неполное среднее – у 11% (2,3%). У мусульман высшее и незаконченное высшее образование у 14% опрошенных (52,3%), среднее специальное у 38% (30,3%), среднее – у 30% (11,9%), неполное среднее – у 18% (2,3%). У неопротестантов больше лиц с высшим и незаконченным высшим образованием, чем у всех подгрупп православных и у мусульман, и меньше со средним специальным, средним и неполным образованием (табл. 15).

Таблица 15

Уровень образования в типологических группах (неопротестанты – 2009 г., православные, мусульмане – 2004 г., в %)

Образование	Неопротестанты	Православные	Мусульмане
Неполное	3,7	11	18
Среднее	11,9	25	30
Среднее специальное	30,3	37	38
Высшее, незаконченное высшее	52,3 (в т.ч. 42,2 высшее)	28	14

Источник: [3].

Интервьюируемые члены религиозных объединений выделяли такие особенности этого направления христианства, как акцент на проповеди при минимальной обрядовости, систематическое изучение Священного Писания и религиозной литературы в домашних библей-

ских группах и воскресных школах, разнообразный спектр вариантов осуществления религиозной жизни верующего, дающий широкие возможности для реализации экзистенциальных поисков, рациональный, осознанный подход к спасению [1]. Неопротестантизм в РБ с его систематическим изучением Священного Писания и религиозной литературы, акцентом на проповеди и «интеллектуальным» подходом к спасению привлекателен в основном для представителей интеллигенции трех основных этнических групп, проживающих на территории республики – русских, татар и башкир.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кляшев А.Н. Протестантизм и неопротестантизм в постсоветском Башкортостане: становление и функционирование. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. 109 с.
2. Население Башкортостана // Материал из Википедии свободной энциклопедии. URL: <<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0.D1.86.D0.B8.D0.BE.D>> (дата обращения: 05.15.2012).
3. Материалы этносоциологического опроса членов поздних Евангельских христианских религиозных объединений Республики Башкортостан / Рук. д.и.н. А.Б. Юнусова; исполн. А.Н. Кляшев // ИЭИ УНЦ РАН. Уфа, 2009. 1278 с.
4. Губогло М.Н. Русский язык – национальное достояние народов России // Русский язык в странах СНГ и Балтии: международная научная конференция / Под ред. А.П. Деревянко, А.Б. Куделина, В.А. Тишкова. Отделение историко-филологических наук РАН. М.: Наука, 2001. С. 48–58.
5. Синелина Ю.Ю. Динамика процесса воцерковления православных // Социологические исследования. 2006. № 11. С. 89–97.

ETHNO-DEMOGRAPHIC FEATURES OF NEO-PROTESTANTS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

© A.N. Klyashev

The article conducts an ethno-demographic analysis of members of the Neo-Protestant religious organizations in Bashkortostan.

Key words: Protestant and Neo-Protestant religious organizations, ethno-demographic features.

УДК 001 (480.57)

УФИМСКИЙ ПЕРИОД РАБОТЫ АКАДЕМИКА А.С. ДАВЫДОВА

© Ю.В. Ергин

В годы Великой Отечественной войны будущий выдающийся российский физик, лауреат Ленинской премии академик А.С. Давыдов, разработавший теорию неаксиальных ядер, модель коллективных возбуждений и теорию экситонов в молекулярных кристаллах, работал на Уфимском авиационном заводе начальником рентгеновской лаборатории.

Ключевые слова: академик А.С. Давыдов, Уфимский авиационный завод.

В этом году исполняется 100 лет со дня рождения Александра Сергеевича Давыдова (1912–1993), выдающегося советского физика-теоретика, академика АН УССР (1964), профессора (1954–1964), заведующего кафедрой квантовой теории физического факультета Московского государственного университета (1956–1964), председателя Научного совета по ядерным реакциям АН УССР (1973–1988), лауреата Ленинской премии (1966), Героя Социалистического Труда (1982) [1–3]. В октябре 2012 г. Институт теоретической физики имени Н.Н. Боголюбова Национальной академии наук (НАН) Украины проведет Международную конференцию, посвященную 100-летию со дня рождения А.С. Давыдова.

В изданной в 2007 г. «Истории Национальной академии наук Украины (1941–1945)», представляющей собой сборник документов, взятых в основном из Архива НАН Украины, большая часть которых относится к уфимскому периоду пребывания Украинской академии наук в годы ее эвакуации в наш город (1941–1943), фамилия А.С. Давыдова упоминается всего один раз, да и то ошибоч-



А.С. Давыдов.
Фото середины
1930-х гг.

но. Речь идет о документе «Протокол заседания Научно-технического комитета содействия обороне страны при Украинской академии наук», датированном 21 августа 1942 г. [4. Т. 1. С. 141–161], в котором приводится фамилия Давыдова (без указания инициалов) как руководителя разработок, внедренных на ряде уфимских оборонных предприятий по применению фотоэлектрических методов определения кремния, фосфора, молибдена, ванадия, хрома и углерода в черных и цветных металлах, спла-

вах и рудах¹. На самом деле этой проблемой в Уфе занимался Александр Лукич Давыдов, физико-химик, старший научный сотрудник отдела аналитической химии Института физической химии имени Л.В. Писаржевского Украинской академии наук, опубликовавший методики применения разработанных им вместе с Зинаидой Марковной Вайсберг, физико-химиком, работавшей в том же институте, в руководстве по фотоэлектрическому определению указанных выше химических элементов, контроль за содержанием которых чрезвычайно важен как для металлургии, так и для машиностроения [7].

¹ Этот документ хранится и в Уфе в Центральном архиве общественных объединений Республики Башкортостан (бывшем Партархиве) [5] и после снятия с него грифа секретности был опубликован нами еще в 2000 г. [6].

В 2005 г. в журнале «История науки и техники», издаваемом Уфимским государственным нефтяным техническим университетом, мы впервые обратили внимание на то, что в годы Великой Отечественной войны А.С. Давыдов, будущий академик, действительно работал в Уфе на авиационном заводе № 26 [8] (ныне УМПО, в архиве которого и хранятся те документы, о которых пойдет речь ниже).

Александр Сергеевич Давыдов родился 26 декабря 1919 г. в Евпатории в семье рабочего. В 1930 г. окончил в родном городе школу 2-й ступени, а весной 1931 г. переехал в Москву, где начал работать шлифовщиком на бывшем авторемонтном заводе АМО (в советское время ЗИС, с 1956 г. ЗИЛ). Большое стремление к знаниям, проявившееся у юноши еще в школьные годы, привело его в 1932 г. на вечерний рабфак Московского государственного университета. Через год Александр Сергеевич становится студентом первого курса МГУ.

Его способности физика-теоретика проявились уже на студенческой скамье. На 5-м курсе под руководством В.С. Фурсова, будущего многолетнего декана физфака МГУ (1954–1989) и сотрудника Института атомной энергии имени И.В. Курчатова, в то время разрабатывающего теорию расширения спектральных линий на основе учета молекулярных взаимодействий, Александр Сергеевич выполнил свою первую научную работу по статистической теории рассеяния света в конденсированных средах, обратив на себя внимание ведущих преподавателей университета [9].

В 1939 г. А.С. Давыдов с отличием окончил университет по специальности «теоретическая физика» и поступил в аспирантуру к члену-корреспонденту АН СССР И.Е. Тамму, руководителю теоретического отдела Физического института АН СССР. Научные интересы А.С. Давыдова уже в те годы отличались широтой: его увлекли вопросы строения ядра и физики элементарных частиц. Самостоятельные исследования молодого ученого были посвящены изучению внутренней конверсии и распаду атомных ядер: теории излучения

атомным ядром гамма-квантов, электронов и нейтрино [10]. В самом начале 1941 г. Александр Сергеевич досрочно закончил работу над своей кандидатской диссертацией, защита которой была назначена на осень. Однако непредвиденные обстоятельства сорвали все эти планы: началась Великая Отечественная война, в самом начале которой А.С. Давыдов как инженер-физик оказался начальником рентгеновской лаборатории одного из московских номерных заводов, с которым осенью того же года был эвакуирован в Уфу на авиационный завод № 26. Правопреемником этого завода в настоящее время является Уфимское машиностроительное производственное объединение (УМПО), крупнейший в России производитель турбореактивных авиационных двигателей, узлов вертолетной техники и оборудования для нефтегазовой промышленности. В августе 2011 г. УМПО стал головным предприятием в стране по выпуску двигателей для боевой авиации.

Дата рождения этого предприятия – 17 июля 1925 г.: в этот же день Совет Труда и Обороны принял решение о строительстве на базе авторемонтных мастерских бывшего акционерного общества «Русский Рено» в городе Рыбинске завода по производству авиационных двигателей. Уже в январе 1928 г. завод под номером 26 вступил в строй действующих предприятий авиационной промышленности.

В 1931 г. в Уфе началось строительство комбайнового завода: в 1935 г. были собраны первые 10 моторов. К 1940 г. завод имел уже все необходимое для выхода на полную мощность, но был передан в Наркомат авиационной промышленности с присвоением ему номера 384. В том же году Уфимский моторный завод стал дублером рыбинского завода по производству авиационных моторов: до начала Великой Отечественной войны завод успел выпустить 675 моторов М-105.

В начале войны на площади Уфимского моторного завода были эвакуированы ряд других моторных заводов страны, в том числе из Рыбинска. 17 декабря 1941 г. рыбинский моторный завод № 26, два ленинградских

завода-дублера (234-й и 451-й), частично 219-й из Москвы (именно с ним в Уфу прибыл А.С. Давыдов), проектное бюро ЦИАМ (Москва), конструкторское бюро В.А. Добрынина (Воронеж) и два уфимских завода – моторный (384-й) и дизельный (336-й) – были объединены в одно целое. Новое предприятие стало правопреемником объединенных заводов и получило номер головного – 26-й. В дальнейшем его переименовали в Уфимский моторостроительный завод, на базе которого в 1978 г. было создано Уфимское моторостроительное производственное объединение, с 1993 г. ставшее открытым акционерным обществом УМПО.

Сохранилась личная карточка А.С. Давыдова, которая до сих пор хранится в УМПО: принят на работу начальником рентгеновской лаборатории завода с 28 ноября 1941 г. сначала с зарплатой 1000 руб. в месяц, а затем 1100 и 1200 руб.; место проживания – клуб «Ударник»². За 4 года пребывания в Уфе только один раз (в апреле 1943 г.) был командирован на 24 дня. Это была поездка А.С. Давыдова в Казань: в то время именно там в эвакуации находился Физический институт АН СССР, в котором им по рукописи была защищена канди-

СССР Личная карточка № 384		личная карточка №		1. Личное дело №	
Имя	Фамилия	10	Член союза	11	с 1930
Отчество	Сергеевич	12	Основн. профессия	13	инж. физик
4	Число, м. и год рожда.	13	Стаж: общин.	14	—, по дан. профб.
5	Республика, край, обл., район	14	Отнош. к воен. учету	15	В/В
6	Родное сел. или станица	15	Откуда прибыл: поселок, раб. поселок, оклад.	16	г. Москва 3-д и 219 Каб. рентг. лаб
7	Село, вое и соп. происхождения	16	1. Каким образом прибыл	17	Эвакуирован
8	Пол	17	2. Семейное полож. и хол.-во, зам.-вдова.	18	женат
9	Национальность	18	3. Паспорт (серия и №, время выдачи, кем выдан)	19	Удостоверен от 27/IX/41
10	Партийность (время вступления и № билета)				
11	Образование: общее, специальное				
12	Что окончил				
13	Когда по специальности № свид-ва				
19. Адрес: Рязань, Ударник		Стр. поучки: 2			

20. Движение по службе.					
№ (год)	Заб. №	Должность	Разряд (оклад)	Дата поступления (отпуска)	Время работы
23		рентгенол.		28/11/41	26 лет
25	43	наст. лаб.	1000 р. 1100 1200	1/IV/42 1/II/43	не

21. Награды, поощрения и взыскания		
Дата	№ приказа	Категория
		Удостоверен от 27/IX/41

22. Отпуска				
Вид отпуска	За какой период	С какого времени	По какому времени	№ приказа
Колит	24 дня с 12/IV/42	12/IV/42	12/IV/42	

Лицевая и оборотная стороны личной карточки А.С. Давыдова, которая хранится в архиве УМПО



Здание клуба «Ударник» в Уфе, в котором в годы Великой Отечественной войны проживал А.С. Давыдов. Фото конца 1930-х гг.

датская диссертация на соискание ученой степени по теме «Теория испускания электронов радиоактивным веществом». Только позже, когда после окончания войны установились прерванные научные связи с Америкой, стало известно, что выведенные А.С. Давыдовым релятивистские уравнения движения для частиц со спином 3/2 [11] были независимо получены за океаном американским физиком Джулиусом Швингером (Нобелевская премия по физике 1965 г., полученная им с Ричардом Фейнманом и Синзитиро Томонага за «фундаментальные работы по квантовой электродинамике, имевшие глубокие последствия для физики элементарных частиц»).

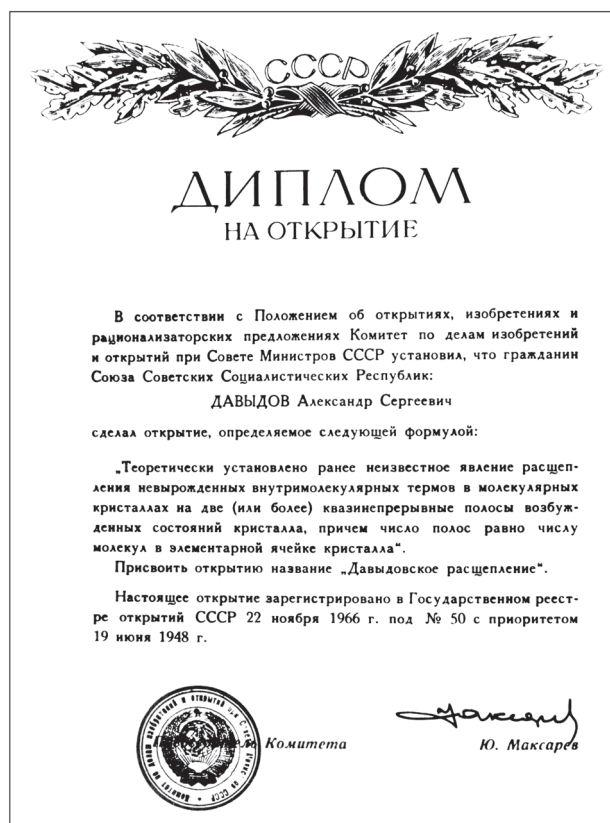
² Клуб «Ударник» по ул. Сельская-Богородская, 25б был построен заводом в 1933 г. С 1956 г. это Дом культуры им. М.И. Калинина УМПО, с 2002 г. в здании расположен Уфимский филиал Московского открытого педагогического университета им. М.А. Шолохова.

Научными оппонентами диссертации А.С. Давыдова были известные советские физики-теоретики: чл.-корр. АН СССР А.Н. Френкель и доктор физ.-мат. наук В.Л. Гинсбург, в то время старший научный сотрудник теоретического отдела ФИАН, будущий академик АН СССР (с 1966 г.) и лауреат Нобелевской премии по физике (2003 г., вместе с А. Абрикосовым и А. Лагеттом) «за вклад в развитие теории сверхпроводимости и сверхтекучести». Ученый совет, на котором А.С. Давыдов защищал кандидатскую диссертацию, вел сам директор Физического института имени П.Н. Лебедева академик С.И. Вавилов.

После защиты диссертации А.С. Давыдов решил поступить в докторантуру к И.Е. Тамму, но уфимский авиазавод больше года препятствовал этому в надежде оставить в военное время опытного инженера-физика на производстве. А.С. Давыдов уехал из Уфы только после того, как на завод пришла выписка из распоряжения Президиума АН СССР: «Кандидат физ.-мат. наук А.С. Давыдов утверж-

ден в докторскую аспирантуру физического института имени П.Н. Лебедева по специальности теоретическая физика с отрывом от основной работы с 1 декабря 1944 г. сроком на 3 года. Научным консультантом по теме «Теория бета-распада» докторанта А.С. Давыдова назначен член-корреспондент АН СССР Н.Е. Тамм».

Оказавшись в Москве только в начале 1945 г., А.С. Давыдов почти сразу же получил со стороны директора Института физики АН УССР А.И. Лейпунского, хорошо знавшего его в годы эвакуации Украинской академии наук в Уфу (1941–1943), переехать в Киев. Посоветовавшись с И.Е. Таммом, который посчитал такой переезд вполне рациональным и перспективным для творческого становления молодого физика-теоретика, А.С. Давыдов решился на такой крутой поворот в своей жизни. Уже в апреле 1945 г. он работал в Киеве сначала в должности старшего научного сотрудника, а затем заместителя директора Института физики АН УССР по научной работе. Его деятельность в те годы оказалась связанной в основном с теоретическими исследованиями оптических свойств молекулярных кристаллов. Это твердые тела, образованные из молекул или атомов инертных газов, энергия взаимодействия в которых мала по сравнению с энергией связи электронов в молекулах. Уже в 1948 г. А.С. Давыдовым были опубликованы принесшие ему мировую славу первые работы о снятии вырождения молекулярных термов в кристаллах с несколькими молекулами в элементарной ячейке, получившего впоследствии название «давыдовское расщепление» [12]. Именно с них в нашей стране началось изучение экситонных состояний в кристаллах, самым существенным образом изменившее эту область твердого тела. Эти работы были положены в основу защищенной А.С. Давыдовым в сентябре 1949 г. докторской диссертации «Теория поглощения света в молекулярных кристаллах». Оценивая вклад А.С. Давыдова в теорию молекулярных экситонов, известный японский физик Танака отмечал: «Исследование электронной структуры сложных молекул в кри-



Диплом на открытие
«Давыдовского расщепления»

таллическом состоянии было достаточно мизерным до тех пор, пока Давыдов не развил теорию экситонных молекулярных кристаллов». Это открытие А.С. Давыдова было внесено в Государственный реестр открытий СССР под № 50 с приоритетом от 19 июня 1948 г. [13]. Еще через три года А.С. Давыдов ввел понятие деформирующихся экситонов и подробно теоретически изучил прохождение света через кристаллы с учетом пространственной дисперсии и поглощения света кристаллами с примесями, за что в 1965 г. был удостоен (вместе с другими) Ленинской премии. В 1951 г. А.С. Давыдову было присвоено ученое звание профессора, его избрали членом-корреспондентом АН УССР.

В 1953 г. постановлением правительства СССР А.С. Давыдов был назначен начальником теоретического отдела Физико-энергетического института в Обнинске. Эту работу он совмещал с должностью профессора кафедры теоретической физики, а затем и заведующего кафедрой квантовой теории Московского государственного университета. Совместно со своим учеником Г.Ф. Филипповым А.С. Давыдов сформулировал и развил основную модель ядра как жесткого неаксиального ротатора, позволившую с единой позиции объяснить закономерности низкоэнергетических возбуждений большой группы несферических ядер. Она вошла в мировую науку под названием «модели Давыдова-Филиппова». В последующих работах А.С. Давыдов обобщил предложенную модель на четно-четные ядра и развил теорию электромагнитных переходов в этих ядрах с учетом их деформируемости. Давая оценку вклада, внесенного А.С. Давыдовым в развитие современной физики атомного ядра, академик Н.Н. Боголюбов писал: «Работы А.С. Давыдова по теории ядра – одно из самых выдающихся достижений теоретической физики».

В 1964 г. А.С. Давыдов возвратился в Киев: он был избран академиком АН УССР. В Институте физики он стал заведовать отделом теоретической физики. Когда в 1966 г. был организован Институт теоретической физики АН УССР, А.С. Давыдов возглавил в нем от-

дел теории атомного ядра, а с 1973 г. он стал директором этого института.

В середине 1970-х гг. А.С. Давыдов заинтересовался проблемами энерготранспорта в биологических системах, высокий КПД которого в рамках традиционной теории процессов переноса, использовавшей классические представления об экситонах, не находил своего объяснения. А.С. Давыдов развил совершенно новый подход, опирающийся на особые коллективные состояния в полимерных молекулярных кристаллах, получивших впоследствии название «давыдовских электросолитонов». Возможность их образования в спиральных белковых молекулах тотчас же нашла подтверждение в численных экспериментах, проведенных в исследовательских центрах США, Дании и Норвегии.

В последние годы жизни А.С. Давыдов занимался теоретическим обоснованием обнаруженного экспериментально явления высокотемпературной сверхпроводимости. Он предпринял попытку развить так называемую бисолитонную теорию сверхпроводимости, которая, как показали дальнейшие исследования (уже после ухода А.С. Давыдова из жизни), оказалась несостоятельной. Однако работа над этой теорией, так же как и порыв дать научную интерпретацию впоследствии не подтвердившимся экспериментам по холодному ядерному синтезу, показали, что до последних дней жизни А.С. Давыдов сохранял огромный интерес ко всему новому и поддерживал свой теоретический потенциал на самом высочайшем уровне.

А.С. Давыдов является автором свыше 200 научных работ [2], основные результаты которых изложены в 5 монографиях [14–18], переведенных на многие языки. Широко известны и написанные А.С. Давыдовым учебники [19–21], многократно издававшиеся как на русском, так и на иностранных языках: только в Германии его «Квантовая механика» переиздавалась 8 раз. До последних дней своей жизни А.С. Давыдов работал над «Нелинейной квантовой механикой», которая оказалась недописанной: 19 февраля 1993 г., едва перешагнув свой 80-летний юбилей, выдающийся физик-теоретик скончался.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александр Сергеевич Давыдов (К 60-летию со дня рождения) // УФН. 1972. Т. 108, вып. 4. С. 773–774.
2. Александр Сергеевич Давыдов. Биобиблиографический справочник. Киев: Наукова думка, 1982.
3. Памяти Александра Сергеевича Давыдова // УФН. 1993. Т. 163, вып. 7. С. 117–118.
4. История Национальной академии наук Украины (1941–1945). В 2 т. Т. 1 (804 с.); Т. 2 (573 с.). Киев, 2007.
5. ЦА ОО РБ. Фонд 122. Оп. 21. Д. 23. Л. 93–118.
6. Ергин Ю.В. Ценный архивный документ о работе ученых Украинской академии наук в годы ее эвакуации в Уфу (1941–1943) // Вестник Башкирского университета. 2000. № 2–3. С. 83–87.
7. Давыдов А.Л., Вайсберг З.М. Фотоэлектрические методы анализа черных, цветных металлов и руд. Руководство к использованию прибора А.Л. Давыдова и инструкция к определению кремния, фосфора, молибдена, вольфрама, никеля, хрома, ванадия и углерода / Ред. А.И. Бродский. Ин-т физ. химии АН УССР. Уфа: Изд-во АН УССР, 1943. 32 с.
8. Ергин Ю.В. Академик А.С. Давыдов в годы Великой Отечественной войны – работник Уфимского авиационного завода // История науки и техники. Уфа, 2005. №1. С. 9–11.
9. Давыдов А.С. Статистическая теория рассеяния света в конденсированных системах // ЖЭТФ. 1940. Т. 10, вып. 3. С. 685–693.
10. Давыдов А.С. К вопросу о вычислении внутренней конверсии // ЖЭТФ. 1940. Т. 10, вып. 8. С. 685–693.
11. Давыдов А.С. Волновое движение частицы, имеющей спин $3/2$ в отсутствие поля // ЖЭТФ. 1943. Т. 13, вып. 9/10. С. 313–319.
12. Давыдов А.С. Теория спектров поглощения молекулярных кристаллов // ЖЭТФ. 1948. Т. 18, вып. 2. С. 210–218; вып. 6. С. 664–680.
13. Диплом № 50 (СССР): Давыдовское расщепление. Заявл. 14.01.65, № ОТ – 4220. Оpubл. в Бюллетене изобретений и открытий СССР. 1967. № 14.
14. Давыдов А.С. Возбужденных состояний атомных ядер. М.: Атомиздат, 1967.
15. Давыдов А.С. Теория молекулярных экситонов. М.: Наука, 1968.
16. Давыдов А.С. Биология и квантовая механика. Киев: Наукова думка, 1979.
17. Давыдов А.С. Солитоны в молекулярных системах. Киев: Наукова думка, 1988.
18. Давыдов А.С. Высокотемпературная сверхпроводимость. Киев: Наукова думка, 1990.
19. Давыдов А.С. Теория атомного ядра. М.: Физматгиз, 1958.
20. Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Физматгиз, 1963.
21. Давыдов А.С. Теория твердого тела. М.: Наука, 1976.



UFA WORK PERIOD OF ACADEMICIAN A.S. DAVYDOVA

© Yu.V. Ergin

During the great patriotic war, future preeminent Russian physicist, laureate of the Lenin Prize winner academician Alexander Davydov, who developed the theory of neaksial'nyh model collective excitations of nuclei and the theory of excitons in molecular crystals, worked at the Ufa aviation plant, head of the x-ray lab.

Key word: academician Alexander Davydov, the UFA aviation plant.