

Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№2(30)

2017

Главный редактор:

академик *А.М. Асхабов*

Редакционная коллегия:

*д.м.н. Е.Р. Бойко, д.э.н. Н.М. Большаков,
к.г.-м.н. И.Н. Бурцев, к.и.н. И.О. Васкул, д.б.н. В.В. Володин,
д.б.н. М.В. Гецен (зам. главного редактора), д.ф.-м.н. Н.А. Громов,
д.б.н. С.В. Дёгтева, к.геогр.н. Т.Е. Дмитриева, д.и.н. И.Л. Жеребцов,
чл.-корр. РАН А.В. Кучин, д.г.-м.н. О.Б. Котова,
к.х.н. А.Я. Полле (отв. секретарь),
чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев (зам. главного редактора),
д.и.н. П.Ю. Павлов, к.г.-м.н. А.М. Плякин,
чл.-корр. РАН И.М. Роцевская, д.х.н. С.А. Рубцова,
к.и.н. А.В. Самарин (помощник главного редактора),
д.филол.н. Г.В. Федюнева, д.т.н. Ю.Я. Чукуреев, д.б.н. Д.Н. Шмаков*

Редакционный совет:

*акад. В.В. Алексеев, чл.-корр. РАН В.Н. Анфилогов,
акад. В.И. Бердышев, акад. В.Н. Большаков,
проф. Т.М. Бречко, д.э.н. В.А. Ильин,
акад. В.А. Коротеев, к.т.н. Н.А. Манов,
акад. В.П. Матвеев, акад. Г.А. Месяц, чл.-корр. РАН Е.В. Пименов,
проф. Д. Росина, акад. М.П. Роцевский, чл.-корр. РАН А.Ф. Титов,
д.и.н. И. Фодор, акад. В.Н. Чарушин, д.т.н. Н.Д. Цхада*

Адрес редакции:

167982, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24
Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 317.
Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212) 24-22-64
E-mail: journal@presidium.komisc.ru
www.izvestia.komisc.ru

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 52047

ISSN 1994-5655

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за
соблюдением законодательства в сфере массовых ком-
муникаций и охране культурного наследия. Свид. о ре-
гистрации средств массовой информации ПИ № ФС 77-
26969 от 11 января 2007 г.

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН, 2017

Science Journal

Founded in 2010
Published 4 times a year

Established by
Federal State Budgetary
Institution of Science
the Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS

PROCEEDINGS

OF THE KOMI SCIENCE CENTRE
URAL BRANCH
RUSSIAN ACADEMY OF
SCIENCES

№2(30)

2017

Editor-in-chief:

academician *A.M. Askhabov*

Editorial Board:

Dr.Sci. (Med.) *E.R.Boyko*, Dr.Sci. (Econ.) *N.M.Bolshakov*,
Cand.Sci. (Geol.&Mineral.) *I.N.Burtsev*, Cand.Sci. (Hist.) *I.O.Vaskul*,
Dr.Sci. (Biol.) *V.V.Volodin*, Dr.Sci. (Biol.) *M.V.Getsen* (Deputy Chief Editor),
Dr.Sci. (Phys.&Math.) *N.A.Gromov*, Dr.Sci. (Biol.) *S.V.Degteva*,
Cand.Sci. (Geogr.) *T.E.Dmitrieva*, Dr.Sci. (Hist.) *I.L.Zherebtsov*,
RAS corresponding member *A.V.Kuchin*, Dr.Sci. (Geol.&Mineral.) *O.B.Kotova*,
Cand.Sci. (Chem.) *A.Yu.Polle* (Executive Secretary),
RAS corresponding member *V.N.Lazhentsev* (Deputy Chief Editor),
Dr.Sci. (Hist.) *P.Yu.Pavlov*, Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) *A.M.Plyakin*,
RAS corresponding member *I.M.Roshchevskaya*, Dr.Sci. (Chem.) *S.A.Rubtsova*,
Cand.Sci. (Hist.) *A.V.Samarin* (Sub-Editor), Dr.Sci. (Philol.) *G.V.Fedyuneva*,
Dr.Sci. (Tech.) *Yu.Ya.Chukreev*, Dr.Sci. (Biol.) *D.N.Shmakov*

Editorial Council:

academician *V.V.Alekseev*, RAS corresponding member *V.N.Anfilogov*,
academician *V.I.Berdyshev*, academician *V.N.Bolshakov*, Prof. *T.M.Brechko*,
Dr.Sci. (Econ.) *V.A.Ilyin*, academician *V.A.Koroteev*,
Cand.Sci. (Tech.) *N.A.Manov*, academician *V.P.Matveenko*, academician *G.A.Mesyats*,
RAS corresponding member *E.V.Pimenov*, Prof. *D.Rosina*,
academician *M.P.Roshchevsky*, RAS corresponding member *A.F.Titov*,
Dr.Sci. (Hist.) *I.Fodor*, academician *V.N.Charushin*, Dr.Sci. (Tech.) *N.D.Tskhadaya*

Editorial Office:

Office 317, Presidium of the Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS
24, Kommunisticheskaya st., Syktyvkar 167982
Tel. +7 8212 244779 Fax +7 8212 242264
E-mail: journal@presidium.komisc.ru
www.izvestia.komisc.ru

The "Russian Post" catalogue subscription index 52047

ISSN 1994-5655

Registered by the Russian Federal Surveillance Service
for Compliance with the Law in Mass Communications
and Cultural Heritage Protection. The certificate of mass
media registration – ПИ № ФС 77-26969 dated 11 Janua-
ry, 2007.

© Federal State Budgetary Institution of Science
the Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Н.А. Громов, В.В. Куратов. Квантовая механика на одномерных геометриях Кэли-Клейна	5
Л.Э. Лапина. Метод вычисления коэффициента эффективной температуропроводности по данным измерений температуры почвы.....	12

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.И. Пономарев. Рыбы озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала	16
С.А. Мифтахова, О.В. Скроцкая, К.С. Зайнуллина. Биология редкого вида – курильского чая (<i>Pentaphylloides fruticosa</i>) – в культуре на Севере.....	30
Т.А. Сизоненко, Д.М. Шадрин, Я.И. Пылина. Определение морфотипов и жизненной активности эктомикориз ели сибирской методами флуоресценции и рДНК-анализа	37
Т.И. Ширшова, И.В. Бешлей, Н.В. Матистов, В.П. Дерягина, Н.И. Рыжова. Морфологические и биохимические особенности обогащенного селеном растения <i>Allium schoenoprasum</i> L. и оценка его способности оказывать противоопухолевое действие у мышей с перевиваемыми опухолями	45
О.В. Суслонova, С.Л. Смирнова, И.М. Рощевская. Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела крыс линии Вистар в период деполяризации желудочков в процессе старения	56

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Д.В. Пономарев, Л.Н. Андреичева. Биостратиграфия верхнего неоплейстоцена европейского Северо-Востока России	61
Л.В. Пармузина, М.С. Игнатова. Строение и условия формирования нефтеносных депрессивных доманиковых и позднефранских отложений верхнегрубешорского нефтяного месторождения (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция)	78

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Т.И. Чудова. Образ лебедя в традиционной культуре коми (зырян).....	86
В.В. Сморгунув. Медицинский персонал Усть-Сысольского уезда в конце XVIII – первой четверти XIX в.	91

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Е.П. Калинин. Научный обзор проектов по изучению и освоению минерально-сырьевых ресурсов Луны и других естественных небесных тел	101
--	-----

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

55 лет Институту биологии Коми НЦ УрО РАН.....	104
Международный арктический форум «Арктика – территория диалога»	111

C O N T E N T S

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

N.A.Gromov, V.V.Kuratov. Quantum mechanics on one-dimensional Cayley-Klein geometries.....	5
L.E.Lapina. Calculation method of coefficient of effective thermal diffusivity according to soil temperature measurements.....	12

BIOLOGICAL SCIENCES

V.I.Ponomarev. Fishes of lakes of the western slopes of the Pre-Polar and Polar Urals.....	16
S.A.Miftakhova, O.V.Skrotskaya, K.S.Zainullina. Biology of the rare species of <i>Pentaphylloides fruticosa</i> (Rosaceae) in culture in the North.....	30
T.A.Sizonenko, D.M.Shadrin, Ya.I.Pylina. Definition of Siberian spruce ectomycorrhizal morphotypes and vitality by fluorescence and RFLP sequence analysis.....	37
T.I.Shirshova, I.V.Beshley, N.V.Matistov, V.P.Deryagina, N.I.Ryzhova. Morphological and biochemical features of selenium-enriched plant <i>Allium schoenoprasum</i> L. and evaluation of its ability to exert antitumor activity in mice with transplantable tumors.....	45
O.V.Suslonova, S.L.Smirnova, I.M.Roshchevskaya. Cardioelectric field on the body surface in Wistar rats during ventricular depolarization in aging.....	56

GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

D.V.Ponomarev, L.N.Andreicheva. Biostratigraphy of the Upper Neopleistocene in the northeastern European Russia.....	61
L.V.Parmuzina, M.S.Ignatova. The structure and conditions of formation of oil-bearing depression Domanic and Late Frasnian deposits of the Upper Grubeshor oilfield (Timan-Pechora oil and gas province).....	78

HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES

T.I.Chudova. The image of Swan in the traditional culture of the Komi (Zyryans).....	86
V.V.Smorgunov. Medical personnel and medical institutions in Ust-Sysolsk District in the end of XVII – first quarter of XIX century.....	91

PAPERS-IN-BRIEF

E.P.Kalinin. Scientific review of projects on the study and development of mineral resources of the Moon and other natural celestial bodies.....	101
--	-----

SCIENCE NEWS

55 years of the Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS.....	104
International Arctic forum "The Arctic - territory of dialogue"	111

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА НА ОДНОМЕРНЫХ ГЕОМЕТРИЯХ КЭЛИ-КЛЕЙНА

Н. А. ГРОМОВ, В. В. КУРАТОВ

*Физико-математический институт Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
gromov@dm.komisc.ru, kuratov@dm.komisc.ru*

В рамках единого подхода к описанию геометрий Кэли-Клейна рассмотрены две точно решаемые квантовомеханические задачи о гармоническом осцилляторе и кулоновской частице на одномерных пространствах с постоянной кривизной. Для дискретного спектра и соответствующих волновых функций получены общие формулы, содержащие кривизну как параметр.

Ключевые слова: одномерные пространства постоянной кривизны, уравнение Шредингера, гармонический осциллятор, кулоновская частица

N. A. GROMOV, V. V. KURATOV. QUANTUM MECHANICS ON ONE-DIMENSIONAL CAYLEY-KLEIN GEOMETRIES

Two exactly-solvable quantum mechanical problems, namely harmonic oscillator and Coulomb systems in one-dimensional spaces of constant curvature, are discussed in the context of the unified description of Cayley-Klein geometries. General expressions for the discrete eigenvalues and corresponding eigenfunctions of Schrödinger operator are obtained by factorization method. In both cases the space curvature appears in these expressions as a parameter. The energy levels of Coulomb particle are shifted in curved space as compared with flat space up or down, depending on curvature sign: positive or negative. The same is held for the oscillator.

Keywords: one-dimensional constant curvature spaces, Schrodinger equation, harmonic oscillator, Coulomb particle

Введение

Физические системы, допускающие точные аналитические решения уравнения Шредингера, имеют особо важное значение в квантовой механике. Наиболее популярными среди таких систем являются гармонический осциллятор и частица в кулоновском потенциале. Их изучение в евклидовом пространстве нулевой кривизны началось сразу же вслед за появлением квантовой механики к концу первой трети прошлого столетия. Немного позже в работах Шредингера [1, 2] был найден спектр энергии для аналога кулоновского потенциала на трехмерной сфере S_3 — пространстве постоянной положительной кривизны. Аналогичный результат в случае пространства Лобачевского постоянной отрицательной кривизны получен в работах Инфельда и Шилда [3, 4]. Далее эта задача исследовалась в работах Курочкина, Отчика и Богуша [5, 6]. Интерес к точно решаемым задачам на гиперboloидах с различной сигнатурой метрики имеется и в наши дни [7, 8].

Вместе с тем, хорошо известно [9, 10], что совокупность всех 3^n максимально симметричных n -мерных пространств с постоянной кривизной может быть описана единообразно, с помощью одинаковых

формул для метрики, преобразований под действием группы движений, операторов Бельтрами-Лапласа и т. д., содержащих, однако, n параметров, каждый из которых принимает по три значения: вещественная единица, нильпотентная единица и чисто мнимая единица, т. е. $j_k = 1, \iota_k, i, k = 1, 2, \dots, n$. Здесь квадрат нильпотентной единицы равен нулю $\iota_k^2 = 0$, но произведение разных нильпотентных единиц отлично от нуля $\iota_k \iota_p = \iota_p \iota_k \neq 0, p \neq k$. Кроме того, одинаковые нильпотентные единицы можно сокращать $\iota_k / \iota_k = 1$. В случае групп движений этих пространств нильпотентные значения параметров соответствуют предельным переходам (контракциям) [11], а чисто мнимые значения — аналитическим продолжениям.

В настоящей работе в рамках единого подхода рассмотрены две квантовомеханические задачи о гармоническом осцилляторе и кулоновской частице на одномерных пространствах $S_1(j)$ постоянной кривизны: положительной (эллиптическая прямая $j = 1$), отрицательной (гиперболическая прямая $j = i$) и нулевой (евклидова прямая $j = \iota$). Методом факторизации [12] найдены общие выражения для дискретных собственных значений и отвечающих им собственных функций оператора Шредингера в слу-

чае осциллятора (раздел 2) и частицы в кулоновском потенциале (раздел 3). В разделе 1 приведено единое описание одномерных геометрий Кэли-Клейна с сохранением в явном виде радиуса кривизны R , что обеспечивает возможность перехода к нулевой кривизне как в пределе $R \rightarrow \infty$, так и при $j = \iota$. Следует отметить, что обе задачи по отдельности рассмотрены в работах [13–15].

1. Геометрии Кэли-Клейна $S_1(j)$ на прямой

Три одномерные геометрии Кэли-Клейна $S_1(j)$ реализуются на полуокружности [10]

$$S_1(j) = \{u_0^2 + j^2 u_1^2 = R^2, u_0 > 0\}, \quad (1)$$

где параметр $j = 1, \iota, i$, а ι есть нильпотентная единица такая, что $\iota \neq 0$, но $\iota^2 = 0$. Значение $j = 1$ соответствует эллиптической геометрии $S_1(1) \equiv S_1$ на прямой с постоянной положительной кривизной, при $j = i$ имеем гиперболическую прямую $S_1(i) \equiv H_1$ с постоянной отрицательной кривизной, а в пределе $R \rightarrow \infty$ или при $j = \iota$ получаем обычную евклидову прямую $S_1(\iota) \equiv E_1$ с нулевой кривизной.

Введем на $S_1(j)$ внутреннюю бельтрамиеву координату $\{x\}$ соотношением

$$x = R \frac{u_1}{u_0}. \quad (2)$$

В зависимости от значения параметра j координата x изменяется в пределах

$$x \in \mathcal{X}(j) = \begin{cases} \mathbf{R}, & j = 1, \iota, \\ (-R, R), & j = i, \end{cases} \quad (3)$$

Проще всего получить описание геометрий $S_1(j)$ преобразованием соответствующих формул для эллиптической прямой S_1 . Действительно, замена $u_1 \rightarrow j u_1$ в уравнении окружности $u_0^2 + u_1^2 = R^2$ индуцирует замену бельтрамиевой координаты $x \rightarrow j x$, угла между радиусами-векторами $\varphi \rightarrow j \varphi$ и расстояния $d \rightarrow j d$. Напомним, что расстояние между точками пропорционально длине дуги между ними. Поэтому расстояние между точками A и B с координатами $j x_A = R \operatorname{tg} j \varphi_A$, $j x_B = R \operatorname{tg} j \varphi_B$ пропорционально длине дуги $j d_{AB} = R j (\varphi_B - \varphi_A)$, $\varphi_B > \varphi_A$. Отсюда, используя формулу для тангенса разности и переходя к координатам x_A, x_B , получаем формулу для расстояния между точками A и B

$$\frac{R}{j} \operatorname{tg} \frac{j d_{AB}}{R} = \frac{x_B - x_A}{1 + j^2 \frac{x_B x_A}{R^2}}, \quad (4)$$

соответственно, расстояние от начала координат O до точки $A(x)$ равно

$$\frac{R}{j} \operatorname{tg} \frac{j d_{OA}}{R} = \sqrt{x^2} = |x|.$$

Чтобы найти метрику, рассмотрим расстояние между бесконечно близкими точками $A(x + dx)$ и $B(x)$, тогда (4) и формула $ds^2 = g dx^2$ дают

$$g(j) = \left(1 + j^2 \frac{x^2}{R^2}\right)^{-2}.$$

После этого оператор Бельтрами-Лапласа находится стандартным образом

$$\Delta(j) = \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{d}{dx} \sqrt{g} g^{-1} \frac{d}{dx} = \left(1 + j^2 \frac{x^2}{R^2}\right)^2 \frac{d^2}{dx^2} + j^2 \frac{2x}{R^2} \left(1 + j^2 \frac{x^2}{R^2}\right) \frac{d}{dx}. \quad (5)$$

Радиальная координата в пространстве представляет собой расстояние от начала координат до рассматриваемой точки. Аналог радиальной координаты r на $S_1(j)$ связан с бельтрамиевой координатой x соотношениями

$$x = \frac{R}{j} \operatorname{tg} \frac{j r}{R}, \quad r = \frac{R}{j} \arctan \frac{j x}{R},$$

$$\frac{r}{R} \in \mathcal{R}(j) = \begin{cases} \left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right), & j = 1, \\ \mathbf{R}, & j = \iota, i, \end{cases} \quad (6)$$

т.е. пропорционален углу между радиусами-векторами объемлющего пространства, направленными в начало координат и рассматриваемую точку. Оператор Бельтрами-Лапласа равен второй производной по радиальной координате

$$\Delta = \frac{d^2}{dr^2}$$

и сохраняет свой вид во всех геометриях $S_1(j)$.

2. Гармонический осциллятор на $S_1(j)$

Как и в предыдущем разделе, переход от гармонического осциллятора на эллиптической прямой к общему случаю геометрий Кэли-Клейна $S_1(j)$ совершается заменой $x \rightarrow j x$ бельтрамиевой координаты, преобразованием $\Delta(j) = j^2 \Delta(x \rightarrow j x)$ оператора Бельтрами-Лапласа, дополненным независимым преобразованием гармонического потенциала

$$V(x; j) = \frac{1}{j^2} V(x \rightarrow j x) = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2. \quad (7)$$

В результате такого преобразования оператор Шредингера для осциллятора на $S_1(j)$ приобретает вид

$$H(x; j) = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(1 + j^2 \frac{x^2}{R^2}\right) \frac{d}{dx} \left(1 + j^2 \frac{x^2}{R^2}\right) \frac{d}{dx} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2. \quad (8)$$

В безразмерных величинах

$$\xi = \sqrt{\frac{m \omega}{\hbar}} x, \quad \rho = \sqrt{\frac{m \omega}{\hbar}} R \quad (9)$$

оператор равен

$$H(\xi; j) = \frac{\hbar \omega}{2} \left[-\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2}\right) \frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2}\right) \frac{d}{d\xi} + \xi^2 \right]. \quad (10)$$

Задачу на собственные значения будем решать методом факторизации [12]. Для этого выразим оператор (10) через операторы рождения $a^+(j)$ и уничтожения $a(j)$

$$H(j) = \hbar\omega \left[a^+(j)a(j) + \frac{\lambda}{2} \right],$$

где

$$a(j) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} + \beta\xi \right],$$

$$a^+(j) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[- \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} + \beta\xi \right].$$

Перемножая операторы и сравнивая с (10), находим условие на β и λ

$$\beta^2(j) - j^2 \frac{\beta(j)}{\rho^2} = 1, \quad \lambda(j) = \beta(j).$$

Из двух решений квадратного уравнения выберем то, которое отвечает положительной энергии

$$\beta(j) = \frac{j^2}{2\rho^2} + \sqrt{1 + \frac{j^4}{4\rho^4}}. \quad (11)$$

Тогда оператор Шредингера равен

$$H(j) = \hbar\omega \left[a^+(j)a(j) + \frac{\beta}{2} \right] =$$

$$= \hbar\omega \left[a^+(j)a(j) + \frac{j^2}{4\rho^2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{j^4}{4\rho^4}} \right]. \quad (12)$$

Основное состояние гармонического осциллятора найдем из уравнения $a(j)\psi_0(\xi; j) = 0$, т.е.

$$\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} \psi_0(\xi; j) + \beta(j)\xi\psi_0(\xi; j) = 0.$$

Его решение дается функцией

$$\psi_0(\xi; j) = C_0(j) \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{-\frac{\beta(j)\rho^2}{2j^2}}. \quad (13)$$

Для нахождения возбужденных состояний, построим цепочку операторов Шредингера

$$H_{n+1}(j) = \hbar\omega \left(a_n(j)a_n^+(j) + \frac{1}{2}\lambda_n(j) \right) =$$

$$= \hbar\omega \left(a_{n+1}^+(j)a_{n+1}(j) + \frac{1}{2}\lambda_{n+1}(j) \right),$$

в которых операторы рождения и уничтожения имеют вид

$$a_n(j) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} + \beta_n(j)\xi \right],$$

$$a_n^+(j) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[- \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} + \beta_n(j)\xi \right],$$

а их произведения равны

$$a_n a_n^+ = \frac{1}{2} \left[- \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} + \right.$$

$$\left. + \left(\beta_n^2 + j^2 \frac{\beta_n}{\rho^2} \right) \xi^2 + \beta_n \right],$$

$$a_{n+1}^+ a_{n+1} = \frac{1}{2} \left[- \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} + \right.$$

$$\left. \left(\beta_{n+1}^2 - j^2 \frac{\beta_{n+1}}{\rho^2} \right) \xi^2 - \beta_{n+1} \right].$$

Из равенств

$$a_n(j)a_n^+(j) + \frac{1}{2}\lambda_n(j) =$$

$$= a_{n+1}^+(j)a_{n+1}(j) + \frac{1}{2}\lambda_{n+1}(j) \quad (14)$$

получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \beta_{n+1}^2(j) - j^2 \frac{\beta_{n+1}(j)}{\rho^2} = \beta_n^2(j) + j^2 \frac{\beta_n(j)}{\rho^2}, \\ \lambda_{n+1}(j) - \beta_{n+1}(j) = \lambda_n(j) + \beta_n(j), \end{cases}$$

откуда

$$\begin{cases} \beta_{n+1}(j) - \beta_n(j) = \frac{j^2}{\rho^2}, \\ \beta_{n+1}(j) + \beta_n(j) = \lambda_{n+1}(j) - \lambda_n(j). \end{cases}$$

Решая эту систему, находим

$$\beta_n(j) = \beta(j) + \frac{j^2 n}{\rho^2},$$

$$\lambda_n(j) = (2n + 1)\beta(j) + \frac{j^2 n^2}{\rho^2}, \quad (15)$$

где $\beta(j)$ дается формулой (11). Уровни энергии должны расти с ростом n : $\lambda = \lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_n$, поэтому должно выполняться условие

$$\lambda_n(j) - \lambda_{n-1}(j) = j^2 \frac{2n}{\rho^2} + 2\sqrt{1 + \frac{j^4}{4\rho^4}} > 0. \quad (16)$$

При $j = 1$, это неравенство не накладывает ограничения на n . Только при $j = i$ на гиперболической прямой имеется ограниченное число дискретных уровней

$$n = 0, 1, 2, \dots, n_{max} < 2\rho^2 \sqrt{1 + \frac{1}{4\rho^4}}, \quad (17)$$

после чего идет сплошной спектр. Кроме того, эта формула показывает, что при наличии кривизны спектр энергии осциллятора не является эквидистантным.

Уровни энергии гармонического осциллятора на прямой с геометрией $\mathbf{S}_1(j)$ равны $E_n(j) = \frac{1}{2}\hbar\omega\lambda_n(j)$ и в размерных величинах описываются формулой

$$E_n(j) = j^2 \frac{\hbar^2}{2mR^2} \left(n^2 + n + \frac{1}{2} \right) +$$

$$+ \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2} \right) \sqrt{1 + j^4 \frac{\hbar^2}{4m^2\omega^2 R^4}}. \quad (18)$$

При $j = 1$ получаем уровни энергии осциллятора на эллиптической прямой S_1 . Спектр энергии осциллятора на S_1 , в отличие от классического случая евклидовой прямой, где $E_n(\iota) = \hbar\omega(n + \frac{1}{2})$, не является эквидистантным. Как следует из (16), интервалы ΔE_n увеличиваются с ростом n – уровни энергии располагаются реже.

Иная ситуация со спектром осциллятора на гиперболической прямой H_1 с отрицательной кривизной

$$E_n(i) = -\frac{\hbar^2}{2mR^2} \left(n^2 + n + \frac{1}{2} \right) + \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2} \right) \sqrt{1 + \frac{\hbar^2}{4m^2\omega^2 R^4}}, \quad (19)$$

где в соответствии с (17) индекс n пробегает целочисленные значения от 0 до $n_{max} = \left[\frac{1}{2} \sqrt{1 + 4m^2\omega^2 R^4 / \hbar^2} \right]$, а далее идет сплошной спектр. Здесь квадратные скобки обозначают целую часть числа. Интервалы между уровнями энергии

$$\Delta E_n = \frac{\hbar^2}{mR^2} \left(\frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{4m^2\omega^2}{\hbar^2} R^4} - n \right)$$

уменьшаются с ростом n , т.е. с ростом энергии уровни сгущаются и стремятся к наибольшему значению

$$E_{max} = \frac{\hbar^2}{8mR^2} \left(\frac{4m^2\omega^2}{\hbar^2} R^4 - 1 \right). \quad (20)$$

Из формул (14) следуют сплетающие соотношения для операторов H_k

$$\begin{aligned} a_n(j)H_n(j) &= H_{n+1}(j)a_n(j), \\ H_n(j)a_n^+(j) &= a_n^+(j)H_{n+1}(j), \end{aligned}$$

с помощью которых легко показать, что функция

$$\psi_n(j) = a^+(j)a_1^+(j)a_2^+(j) \dots a_{n-1}^+(j)\psi_0^{(n)}(j) \quad (21)$$

будет собственной функцией гамильтониана с энергией $E_n(j)$ (18), т.е. $H\psi_n = E_n\psi_n$. Волновая функция $\psi_0^{(n)}$ является основным состоянием оператора H_n , а именно $H_n(j)\psi_0^{(n)}(j) = E_n(j)\psi_0^{(n)}(j)$ и находится из уравнения $a_n(j)\psi_0^{(n)}(j) = 0$. Пользуясь соотношением

$$\begin{aligned} & \left[- \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \frac{d}{d\xi} + \beta_n(j)\xi \right] \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{\frac{\beta_n(j)\rho^2}{2j^2}} = \\ & = - \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{\frac{\beta_n(j)\rho^2}{2j^2} + 1} \frac{d}{d\xi}, \end{aligned}$$

получаем

$$\begin{aligned} \psi_n(\xi; j) &= C_n(j) \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{\frac{\beta(j)\rho^2}{2j^2} + 1} \\ & \left[\frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^n \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{-\frac{\beta(j)\rho^2}{j^2} - n - 1}. \end{aligned} \quad (22)$$

В частности,

$$\begin{aligned} \psi_1(\xi; j) &= a^+(j)\psi_0^{(1)}(\xi; j) = \\ &= a^+(j) \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{-\frac{\beta_1(j)\rho^2}{2j^2}} = \end{aligned}$$

$$= C_1(j)\xi \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{-\frac{\beta_1(j)\rho^2}{2j^2}},$$

$$\psi_2(\xi; j) = a^+(j)a_1^+(j)\psi_0^{(2)}(\xi; j) =$$

$$= C_2(j) \left[\left(4\beta + \frac{2j^2}{\rho^2} \right) \xi^2 - 2 \right] \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right)^{-\frac{\beta_2(j)\rho^2}{2j^2}}$$

и так далее.

В случае стандартного гармонического осциллятора волновая функция основного состояния с энергией $E_0 = \frac{1}{2}\hbar\omega$ может быть получено из (13) в пределе $\rho \rightarrow \infty$ или при $j = \iota$. Действительно,

$$\begin{aligned} \psi_0(\xi) &= C_0 \exp \left\{ -\frac{\beta(j)\rho^2}{2j^2} \ln \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right) \right\} = \\ &= C_0 \exp \left\{ -\frac{\beta(\iota)\rho^2}{2\iota^2} \iota^2 \frac{\xi^2}{\rho^2} \right\} = C_0 e^{-\frac{\xi^2}{2}}. \end{aligned}$$

Остальные решения находятся либо предельным переходом в формуле (22), либо действием оператора рождения a^+ на основное состояние

$$\begin{aligned} \psi_n(\xi) &= C_n (a^+)^n \psi_0(\xi) = \\ &= 2^{-\frac{n}{2}} A_n \left(-\frac{d}{d\xi} + \xi \right)^n e^{-\frac{\xi^2}{2}} = \\ &= (-1)^n 2^{-\frac{n}{2}} A_n e^{\frac{\xi^2}{2}} \frac{d^n}{d\xi^n} e^{-\xi^2}. \end{aligned} \quad (23)$$

В стандартной форме с учетом нормировки волновая функция $\psi_n(\xi)$ равна

$$\psi_n(\xi) = \left(\frac{m\omega}{\hbar\pi} \right)^{\frac{1}{4}} (2^n n!)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{\xi^2}{2}} H_n(\xi), \quad (24)$$

где $H_n(\xi)$ — полиномы Эрмита

$$H_n(\xi) = (-1)^n e^{\xi^2} \frac{d^n}{d\xi^n} e^{-\xi^2}.$$

Несколько первых полиномов имеют вид

$$H_0 = 1, \quad H_1 = 2\xi, \quad H_2 = 4\xi^2 - 2, \dots$$

Таким образом, основные результаты гармонического осциллятора, такие как уравнение Шредингера на собственные значения, уровни энергии и отвечающие им волновые функции получены единым способом сразу для всех трех одномерных геометрий Кэли-Клейна $S_1(j)$. Единственное, что требует дополнительного исследования — это нахождение нормировочной константы для волновой функции, поскольку бельтрамиева координата изменяется в разных пределах (3) для разных геометрий.

3. Кулоновская частица на $S_1(j)$

В общем случае одномерных геометрий Кэли-Клейна кулоновская частица описывается оператором Шредингера (8), в котором гармонический потенциал (7) заменен на кулоновский

$$V(x; j) = -\frac{q^2}{|x|}. \quad (25)$$

Удобно ввести новую безразмерную переменную ξ и безразмерные параметры r и Q

$$\xi = \alpha x, \quad r = \alpha R, \quad Q^2 = \alpha q^2, \quad \alpha = \frac{\sqrt{2m}}{\hbar}, \quad (26)$$

в которых оператор Шредингера

$$H(\xi; j) = -\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} - \frac{Q^2}{|\xi|}. \quad (27)$$

Чтобы решить задачу на собственные значения методом факторизации [12], запишем оператор (27) в виде

$$H(\xi; j) = a^+(\xi; j)a(\xi; j) + \lambda, \quad (28)$$

где операторы уничтожения и рождения равны

$$a(\xi; j) = \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} + \frac{\beta}{\xi} + \gamma, \\ a^+(\xi; j) = -\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} + \frac{\beta}{\xi} + \gamma,$$

а их произведение дается выражением

$$a^+(\xi; j)a(\xi; j) = -\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} + (\beta^2 + \beta) \frac{1}{\xi^2} + \frac{2\beta\gamma}{\xi} + \gamma^2 + j^2 \frac{\beta}{r^2}. \quad (29)$$

Сравнивая (27), (28) и (29) находим условие на β , γ и λ

$$\beta^2 + \beta = 0, \quad 2\beta\gamma = -Q^2 \text{sgn}(\xi),$$

$$\lambda = -\gamma^2 - j^2 \frac{\beta}{r^2},$$

откуда получаем

$$\beta = -1, \quad \gamma = \frac{Q^2}{2} \text{sgn}(\xi), \quad \lambda = \frac{j^2}{r^2} - \frac{Q^4}{4}. \quad (30)$$

Основное состояние найдем из уравнения $a\psi_0 = 0$, т.е.

$$\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} \psi_0(\xi; j) + \left(\gamma + \frac{\beta}{\xi}\right) \psi_0(\xi; j) = 0.$$

Сшивая решения этого уравнения при $\xi < 0$ и $\xi > 0$, получаем две возможности – в виде нечетной $\psi_0(\xi; j)$ и четной $\phi_0(\xi; j)$ функций вида

$$\psi_0(\xi; j) = C_0(j) \frac{\xi}{\sqrt{1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}}} e^{-\gamma \frac{r}{j} \arctg j \frac{\xi}{r}}$$

$$\phi_0(\xi; j) = \text{sgn}(\xi) \psi_0(\xi; j). \quad (31)$$

Таким образом, для кулоновского потенциала уровни энергии оказываются двукратно вырожденными.

Далее строим цепочку операторов

$$H_k = a_{k-1} a_{k-1}^+ + \lambda_{k-1} = a_k^+ a_k + \lambda_k, \quad (32)$$

$k = 1, 2, \dots$, в которых операторы рождения и уничтожения имеют вид

$$a_k = \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} + \frac{\beta_k}{\xi} + \gamma_k,$$

$$a_k^+ = -\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} + \frac{\beta_k}{\xi} + \gamma_k,$$

а их произведения равны

$$a_{k-1} a_{k-1}^+ = -\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} + \frac{\beta_{k-1}^2 - \beta_{k-1}}{\xi^2} + \frac{2\beta_{k-1}\gamma_{k-1}}{\xi} + \gamma_{k-1}^2 - j^2 \frac{\beta_{k-1}}{r^2},$$

$$a_k^+ a_k = -\left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} \left(1 + j^2 \frac{\xi^2}{r^2}\right) \frac{d}{d\xi} + \frac{1}{\xi^2} (\beta_k^2 + \beta_k) + \frac{2\beta_k\gamma_k}{\xi} + \gamma_k^2 + j^2 \frac{\beta_k}{r^2}.$$

Из равенств

$$a_{k-1} a_{k-1}^+ + \lambda_{k-1} = a_k^+ a_k + \lambda_k$$

получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \beta_k^2 + \beta_k = \beta_{k-1}^2 - \beta_{k-1}, \\ \beta_k \gamma_k = \beta_{k-1} \gamma_{k-1}, \\ \lambda_k + j^2 \frac{\beta_k}{r^2} + \gamma_k^2 = \lambda_{k-1} - j^2 \frac{\beta_{k-1}}{r^2} + \gamma_{k-1}^2, \end{cases}$$

решая которую, находим

$$\beta_k = -k - 1, \quad \gamma_k = \frac{Q^2}{2(k+1)} \text{sgn}(\xi),$$

$$\lambda_k = j^2 \frac{(k+1)^2}{r^2} - \frac{Q^4}{4(k+1)^2}. \quad (33)$$

Поскольку $E_k = \lambda_k$, то уровни энергии кулоновской частицы (одномерного атома водорода) на прямой $S_1(j)$ описываются формулой

$$E_k(j) = j^2 \frac{\hbar^2}{2mR^2} (k+1)^2 - \frac{mq^4}{2\hbar^2(k+1)^2}, \quad (34)$$

где $k = 0, 1, 2, \dots$. При $R \rightarrow \infty$ или $j = \iota$ спектр стремится к спектру обычной одномерной задачи с кулоновским потенциалом, а при $q = 0$ спектр переходит в спектр частицы на окружности ($j = 1$). Энергия уровней должна увеличиваться с ростом k , т.е.

$$\Delta E_k(j) = E_{k+1}(j) - E_k(j) = (2k+3) \left(j^2 \frac{\hbar^2}{2mR^2} + \frac{mq^4}{2\hbar^2(k+1)^2(k+2)^2} \right) > 0. \quad (35)$$

Ясно, что ограничение на количество уровней может возникнуть только при $j = i$ на гиперболической прямой. Из (35) получаем условие

$$0 \leq k \leq k_{max} = \left[\frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{4mRq^2}{\hbar^2}} - \frac{3}{2} \right],$$

где квадратные скобки обозначают целую часть числа. После уровня с максимальной энергией $E_{k_{max}}$ идет сплошной спектр. Связанные состояния существуют при $mRq^2 > 2\hbar^2$. При $mRq^2 = 2\hbar^2$ имеется только одно связанное состояние с энергией $E_0 = -\frac{5mq^4}{8\hbar^2}$. Если $mRq^2 < 2\hbar^2$, то связанных состояний нет.

Волновая функция

$$\psi_k(\xi; j) = a^+ a_1^+ a_2^+ \dots a_{k-2}^+ a_{k-1}^+ \psi_0^{(k)}(\xi; j) \quad (36)$$

является собственной функцией оператора (28): $H\psi_k(\xi; j) = E_k(j)\psi_k(\xi; j)$, а волновая функция $\psi_0^{(k)}(\xi; j)$ – основным состоянием оператора (32): $H_k\psi_0^{(k)}(\xi; j) = E_k(j)\psi_0^{(k)}(\xi; j)$ и удовлетворяет уравнению $a_k\psi_0^{(k)}(\xi; j) = 0$, сшивая решения которого при $x < 0$ и $x > 0$ получаем нечетную и четную функции

$$\begin{aligned} \psi_0^{(k)}(x; j) &= C_0^{(k)}(j) \left(\frac{x\sqrt{2m}}{\hbar\sqrt{1 + j^2 \frac{x^2}{R^2}}} \right)^{k+1} \\ &\exp \left\{ -\operatorname{sgn}(x) \frac{mq^2}{\hbar^2(k+1)} \frac{R}{j} \operatorname{arctg} j \frac{x}{R} \right\}, \\ \phi_0^{(k)}(x; j) &= \operatorname{sgn}(x) \psi_0^{(k)}(x; j). \end{aligned} \quad (37)$$

Эти функции определены для всех $x \in \mathcal{X}(j)$.

Основному состоянию

$$E_0 = -\frac{\hbar^2}{2mR^2} - \frac{mq^4}{2\hbar^2} \quad (38)$$

на гиперболической прямой отвечают волновые функции (31)

$$\begin{aligned} \psi_0(\xi) &= \frac{C_0\xi}{\sqrt{1 - \frac{\xi^2}{r^2}}} e^{-\gamma r \operatorname{arctg} \frac{\xi}{r}} = C_0\xi \frac{(1 - \frac{\xi}{r})^{\frac{\gamma r}{2} - \frac{1}{2}}}{(1 + \frac{\xi}{r})^{\frac{\gamma r}{2} + \frac{1}{2}}}, \\ \phi_0(\xi) &= \operatorname{sgn}(\xi) \psi_0(\xi) \end{aligned}$$

или для размерных величин

$$\begin{aligned} \psi_0(x) &= B_0 x \frac{(1 - \frac{x}{R})^{\operatorname{sgn}(x) \frac{mq^2 R}{2\hbar^2} - \frac{1}{2}}}{(1 + \frac{x}{R})^{\operatorname{sgn}(x) \frac{mq^2 R}{2\hbar^2} + \frac{1}{2}}}, \\ \phi_0(x) &= \operatorname{sgn}(x) \psi_0(x). \end{aligned} \quad (39)$$

Волновые функции (37) при $j = i$ даются формулами

$$\psi_0^{(k)}(x) = C_0^{(k)} x^{k+1} \frac{(1 - \frac{x}{R})^{\operatorname{sgn}(x) \frac{mRq^2}{2\hbar^2(k+1)} - \frac{k+1}{2}}}{(1 + \frac{x}{R})^{\operatorname{sgn}(x) \frac{mRq^2}{2\hbar^2(k+1)} + \frac{k+1}{2}}},$$

$$\phi_0^{(k)}(x) = \operatorname{sgn}(x) \psi_0^{(k)}(x), \quad (40)$$

справедливыми при всех $x \in (-R, R)$.

В пределе $R \rightarrow \infty$ из (39) получаем собственные функции обычного оператора Шредингера на евклидовой прямой

$$\psi_0(x) = C_0 x \exp \left\{ -\frac{mq^2}{\hbar^2} |x| \right\},$$

$$\phi_0(x) = \psi_0^{(0)}(x) = \operatorname{sgn}(x) \psi_0(x),$$

описывающие двукратно вырожденное основное состояние с энергией $E_0 = -\frac{mq^4}{2\hbar^2}$. Формулы (37) дают промежуточные функции

$$\psi_0^{(k)}(x) = C_0^{(k)} x^{k+1} \exp \left\{ -\frac{mq^2}{\hbar^2(k+1)} |x| \right\},$$

$$\phi_0^{(k)}(x) = \operatorname{sgn}(x) \psi_0^{(k)}(x),$$

тогда как собственные функции оператора Шредингера, отвечающая собственному значению E_k , находится по формуле (36).

Заключение

В работе показано, что как в случае гармонического осциллятора, так и в случае кулоновской частицы задача на собственные значения для уравнения Шредингера в одномерных геометриях Кэли-Клейна может быть решена в рамках единого подхода. Спектр энергии и волновые функции стационарных состояний описываются общими формулами, содержащими кривизну пространства в качестве параметра. Из выражений (18) и (34) для уровней энергии E_n осциллятора и кулоновской частицы отчетливо виден эффект ненулевой кривизны, который заключается в прибавлении или вычитании одного и того же слагаемого, в зависимости от знака кривизны. Полученные результаты совпадают с результатами, опубликованными в статьях [13–15].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (проект 15-16-1-3).

Литература

1. *Schrödinger E.* A method of determining quantum mechanical eigenvalues and eigenfunctions // Proc. Roy. Irish Soc. 1941. Vol. 46. P. 9–16.
2. *Schrödinger E.* Further studies on solving eigenvalue problems by factorization // Proc. Roy. Irish Soc. 1941. Vol. 46. P. 183–206.
3. *Infeld L.* On a new treatment of some eigenvalue problem // Phys. Rev. 1941. Vol. 59. P. 737–747.
4. *Infeld L., Schild A.* A note on the Kepler problem in a space of constant negative curvature // Phys. Rev. 1945. Vol. 67. P. 121–122.
5. *Курочкин Ю.А., Отчик В.С.* Аналог вектора Рунге-Ленца и спектр энергий в задаче Кеплера на трехмерной сфере // ДАН БССР. 1979. Т. XXIII. С. 987–990.

6. *Богущ А.А., Курочкин Ю.А., Отчик В.С.* О квантовомеханической задаче Кеплера в трехмерном пространстве Лобачевского // ДАН БССР. 1980. Т. XXIV. С. 17–22.
7. *Petrosyan D.R., Pogosyan G.S.* Classical Kepler-Coulomb problem on $SO(2, 2)$ hyperboloid // Ядерная физика. 2013. Т. 76(10). С. 1334–1344.
8. *Petrosyan D.R., Pogosyan G.S.* Oscillator problem on $SO(2, 2)$ hyperboloid // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. 2014. Vol. 17(4). P. 405–408.
9. *Пименов Р.И.* Единая аксиоматика пространств с максимальной группой движений // Литовский матем. сб. 1966. Т. 5. № 3. С. 457–486.
10. *Громов Н.А.* Контракции классических и квантовых групп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 320 с.
11. *Inönü E., Wigner E.P.* On the contractions of groups and their representations // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1953. Vol. 39. P. 510–524.
12. *Грин Х.* Матричная квантовая механика. Новосибирск: ИО НФМИ, 2000. 160 с.
13. *Mardoyan L.G., Pogosyan G.S., Sissakian A.N.* Two exactly-solvable problems in one-dimensional quantum mechanics on circle // CRM Proc. and Lect. Notes. Superintegrability in Classical and Quantum Systems. 2004. Vol. 37. P. 155–160; arXiv: quant-ph/0303016.
14. *Мардоян Л.Г., Погосян Г.С., Сисакян А.Н.* Кулоновская задача на одномерном пространстве постоянной положительной кривизны // Теор. матем. физ. 2003. Т. 135. № 3. С. 427–433.
15. *Burdik C., Pogosyan G.S.* Two exactly-solvable problems in one-dimensional hyperbolic space // Proc.V-th Int. Workshop "Lie Theory and Its Applications in Physics", Varna, Bulgaria, 16 – 22 June 2003. World Sci. Publ., River Edge, NJ, 2004. P. 294–300; arXiv: quant-ph/0403129.
6. *Bogush A.A., Kurochkin Yu.A., Otchik V.S.* O kvantovomechanicheskoy zadache Keplera na trekhmernom prostranstve Lobachevskogo [On quantum mechanical Kepler problem in three-dimensional Lobachevsky space] // DAN BSSR. 1979. Vol. XXIII. P. 987–990.
6. *Bogush A.A., Kurochkin Yu.A., Otchik V.S.* O kvantovomechanicheskoy zadache Keplera na trekhmernom prostranstve Lobachevskogo [On quantum mechanical Kepler problem in three-dimensional Lobachevsky space] // DAN BSSR. 1980. Vol. XXIV. P. 17–22.
7. *Petrosyan D.R., Pogosyan G.S.* Classical Kepler-Coulomb problem on $SO(2, 2)$ hyperboloid // Yadernaya fizika [Nuclear physics]. 2013. Vol. 76(10). P. 1334–1344.
8. *Petrosyan D.R., Pogosyan G.S.* Oscillator problem on $SO(2, 2)$ hyperboloid // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. 2014. Vol. 17(4). P. 405–408.
9. *Pimenov R.I.* Edinaya aksiomatika prostranstv s maksimal'noy gruppoy dvizheniy [Unified axiomatics of spaces with maximal motion group] // Litovskiy matem. sb. [Lithuanian math. collection]. 1966. Vol. 5. № 3. P. 457–486.
10. *Gromov N.A.* Kontraktsii klassicheskikh i kvantovykh grupp [Contractions of classical and quantum groups]. Moscow, FIZMATLIT, 2012. 320 p.
11. *Inönü E., Wigner E.P.* On the contractions of groups and their representations // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1953. Vol. 39. P. 510–524.
12. *Green X.* Matrichnaya kvantovaya mekhanika [Matrix quantum mechanics]. Novosibirsk: IO NFMI, 2000. 160 p.
13. *Mardoyan L.G., Pogosyan G.S., Sissakian A.N.* Two exactly-solvable problems in one-dimensional quantum mechanics on circle // CRM Proc. and Lect. Notes. Superintegrability in Classical and Quantum Systems. 2004. Vol. 37. P. 155–160; arXiv: quant-ph/0303016.
14. *Mardoyan L.G., Pogosyan G.S., Sissakian A.N.* Kulonovskaya zadacha na odnomernom prostranstve postoyannoy polozhitel'noy krivizny [Coulomb problem in one-dimensional positive constant curvature space] // Teor. matem. fiz. [Theor. math. phys.]. 2003. Vol. 135. № 3. P. 427–433.
15. *Burdik C., Pogosyan G.S.* Two exactly-solvable problems in one-dimensional hyperbolic space // Proc.V-th Int. Workshop "Lie Theory and Its Applications in Physics", Varna, Bulgaria, 16 – 22 June 2003. World Sci. Publ., River Edge, NJ, 2004. P. 294–300; arXiv: quant-ph/0403129.

References

Статья поступила в редакцию 10.04.2017.

УДК 548.732

МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ

Л.Э. ЛАПИНА

*Физико-математический институт Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
lapina@dm.komisc.ru*

В данной работе предлагается вывод аналитической формулы для коэффициента температуропроводности почвы на основе использования несобственного интеграла с переменным верхним пределом и асимптотического поведения температуры на больших глубинах. Коэффициенты, используемые в формуле, получаются в результате анализа временного ряда измерений температуры на разных глубинах. Результаты расчетов вполне сопоставимы с имеющимися значениями коэффициента температуропроводности, полученными экспериментальным путем.

Ключевые слова: коэффициент температуропроводности почвы, температурные волны

L.E. LAPINA. CALCULATION METHOD OF COEFFICIENT OF EFFECTIVE THERMAL DIFFUSIVITY ACCORDING TO SOIL TEMPERATURE MEASUREMENTS

Soil is a key link in the cycle of almost all the gaseous substances. Soil temperature is one of the most important characteristics. It is often measured on different objects. The soil thermal diffusivity characterizes the heat transfer processes in soil. The aim of this work is to obtain analytical formula for the calculation of this coefficient according to temperature measurements. The soil temperature is presented as the sum of diurnal and semi-diurnal fluctuations relative to daily average values. For solving the problem we use improper integrals with a variable upper limit for the heat equation. This integral is calculated analytically. The results of the calculations on the formula are adequate to the available information on the heat transfer under natural conditions.

Keywords: soil thermal diffusivity, temperature waves

Введение

Управление тепловым режимом почв, разработка различных почвенных конструкций, анализ термических эффектов, связанных с рыхлением или уплотнением поверхностных слоев почвы, применением мульчи из сыпучих материалов и многие другие явления и процессы связаны с использованием прогнозных математических моделей теплопереноса в почвах. Для разработки и функционирования таких моделей необходимым экспериментальным обеспечением является функция температуропроводности, получение которой возможно с помощью методов, основанных на решении прямых и обратных задач теплопереноса. Кроме того, знание функции температуропроводности как функции температуры среды позволит изучить пампинг-эффект, возникающий при распространении температурных волн внутри почвы и имеющий и другие приложения в других средах и рассмотренный в достаточно простых случаях [1,2]. В работе [3] предложен ряд формул для определения коэффициента температуропроводности в различных ситуациях. При этом предполагается, что

коэффициент постоянен внутри слоя, что является иногда достаточно грубым предположением, так как известно, что в пределах от -0.5 до 0 коэффициент температуропроводности резко меняется в разы, связанный с фазовыми превращениями воды и льда, содержащимися в почве [4]. Кроме того, во многих работах [5-8] для определения коэффициента температуропроводности используется упрощенное, линейное уравнение теплопроводности, что не позволяет учесть реально нелинейные процессы теплопереноса. Формулы для температуропроводности в случае одной суточной гармоники предложены в работе [9], но опять-таки в предположении о постоянстве этого коэффициента внутри слоя. В некоторых работах предлагаются формулы для расчета коэффициента температуропроводности, в которых учитываются такие характеристики, как влажность, плотность, температура, степень дисперсности и содержание органического вещества [3]. В данной работе на основе обратного метода решения нелинейного уравнения теплопроводности предлагается другая формула для расчета данного коэффициента, которая приводит к сопоставимым результатам.

Постановка задачи и метод решения

Есть данные измерений температуры почвы на различных глубинах с одинаковой частотой измерений на протяжении достаточно длинного периода времени (порядка года). На практике встречаются измерения с частотой от 15 мин. до 4 ч., это зависит от объекта, на котором проводятся мониторинг температуры почвы. Требуется оценить значения коэффициента эффективной температуропроводности. Численные методы далеко не всегда подходят для оценки этого коэффициента, поэтому желательно получить аналитическую формулу.

Будем рассматривать суточные и полусуточные колебания температуры, т.е. температуру почвы представим в виде:

$$T = T_0 + A_0 e^{-\beta_0 z} \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + A_1 e^{-\beta_1 z} \sin(\omega_1 t + \varphi_1), \quad (1)$$

где T_0 – среднесуточное значение температуры (является функцией глубины на масштабах времен порядка сутки и к тому же и времени при рассмотрении масштабов времени более суток), A_0 – амплитуда суточных колебаний температуры на поверхности почвы, β_0 – коэффициент затухания колебаний с глубиной, A_1 – амплитуда полусуточных колебаний на поверхности почвы, β_1 – коэффициент затухания колебаний с глубиной, ω_0 – частота суточных колебаний, выраженная в часах, ω_1 – частота полусуточных колебаний $\omega_1 = 2\omega_0$. При этом функции $\varphi_0(z)$ и $\varphi_1(z)$ можно представить в виде:

$$\varphi_0(z) = a + bz, \quad \varphi_1(z) = a_1 + b_1 z. \quad (2)$$

Отклонение реальных измерений данных от указанной в формуле (1) аппроксимации приемлемо в отличие от рассмотрения исключительно годовых колебаний.

Для определения коэффициента эффективной температуропроводности будем использовать нелинейное уравнение теплопроводности, записанное в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_T \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (3)$$

где ось z направлена вертикально вниз, $z = 0$ – поверхность почвы. Естественно потребовать от решения выполнения следующего условия: $\partial T / \partial z \rightarrow 0$ при $z \rightarrow \infty$. Учитывая (1) и (2), можем многие слагаемые уравнения (3) вычислить аналитически.

Рассмотрим временной интервал, равный суткам. Предположим, что можно пренебречь изменчивостью среднесуточного значения во времени. Среднесуточную температуру представим в виде:

$$T_0 = C e^{-\gamma z} + d. \quad (4)$$

Такое представление удовлетворяет асимптотическим свойствам решения, но в отдельные дни эта формула для аппроксимации среднесуточных значений может быть непригодной. Тогда производные по

времени и глубине могут быть записаны в аналитическом виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= A_0 e^{-\beta_0 z} \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \omega_0 + \\ &+ A_1 e^{-\beta_1 z} \cos(2\omega_0 t + \varphi_1) 2\omega_0. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial z} &= -C \gamma e^{-\gamma z} - \beta_0 A_0 e^{-\beta_0 z} \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + \\ &+ A_0 e^{-\beta_0 z} \cos(\omega_0 t + \varphi_0) b - \\ &- \beta_1 A_1 e^{-\beta_1 z} \sin(2\omega_0 t + \varphi_1) + \\ &+ A_1 e^{-\beta_1 z} \cos(2\omega_0 t + \varphi_1) b_1. \end{aligned} \quad (6)$$

Возьмем несобственный интеграл с переменным верхним пределом по вертикали, тогда

$$\int_{-\infty}^z \frac{\partial T}{\partial t} ds = \int_{-\infty}^z \frac{\partial}{\partial z} \left(K_T \frac{\partial T}{\partial z} \right) ds. \quad (7)$$

Исходим из определения несобственного интеграла

$$\int_{-\infty}^z \frac{\partial T}{\partial t} ds = \lim_{L \rightarrow \infty} \left[\int_L^z \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) ds \right]. \quad (8)$$

Вычислим сначала левую часть равенства (7)

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^z \frac{\partial T}{\partial s} ds &= \\ &= \lim_{L \rightarrow \infty} \left[\int_L^z (A_0 e^{-\beta_0 z} \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \omega_0 + \right. \\ &\quad \left. + A_1 e^{-\beta_1 z} \cos(2\omega_0 t + \varphi_1) 2\omega_0) ds \right], \end{aligned} \quad (9)$$

где s – переменная интегрирования. Интегралы в правой части выражения (9) берутся аналитически дважды интегрированием по частям. Еще учтем, что φ является линейной функцией по z , представимой в виде (2). Выпишем представление для первого слагаемого в правой части (9) без учета постоянного множителя. Заметим при этом, что второе слагаемое без учета множителя такого же типа, как и первое.

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{b^2}{\beta^2} \right) \int_L^z e^{-\beta s} \cos(\omega t + \varphi) ds &= \\ &= -\frac{1}{\beta} e^{-\beta z} \cos(a + bz + \omega t) + \\ &+ \frac{1}{\beta} e^{-\beta L} \cos(a + bL + \omega t) + \\ &+ \frac{b}{\beta^2} e^{-\beta z} \sin(a + bz + \omega t) - \\ &- \frac{b}{\beta^2} e^{-\beta L} \sin(a + bL + \omega t). \end{aligned} \quad (10)$$

Учитывая теоремы о бесконечно малых и их пределах, получим, что при $L \rightarrow \infty$ два слагаемых стре-

мнутся к нулю и поэтому

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{b^2}{\beta^2}\right) \int_0^z e^{-\beta s} \cos(\omega_0 t + \varphi) ds = \\ = -\frac{1}{\beta} e^{-\beta z} \cos(a + bz + \omega_0 t) + \\ + \frac{b}{\beta^2} e^{-\beta z} \sin(a + bz + \omega_0 t). \end{aligned} \quad (11)$$

Аналогично для второго слагаемого

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{b_1^2}{\beta_1^2}\right) \int_0^z e^{-\beta_1 s} \cos(2\omega_0 t + \varphi_1) ds = \\ = -\frac{1}{\beta_1} e^{-\beta_1 z} \cos(a_1 + b_1 z + 2\omega_0 t) + \\ + \frac{b_1}{\beta_1^2} e^{-\beta_1 z} \sin(a_1 + b_1 z + 2\omega_0 t). \end{aligned} \quad (12)$$

После некоторых сокращений получим, что левая часть выражения (7) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \int_0^z \frac{\partial T}{\partial t} = \omega_0 A_0 e^{-\beta_0 z} \left(\frac{b}{\beta_0^2 + b^2} \sin(a + bz + \omega_0 t) - \right. \\ \left. - \frac{\beta}{\beta_0^2 + b^2} \cos(a + bz + \omega_0 t) \right) + \\ + 2\omega_0 A_1 e^{-\beta_1 z} \left(\frac{b_1}{\beta_1^2 + b_1^2} \sin(a_1 + b_1 z + 2\omega_0 t) - \right. \\ \left. - \frac{\beta_1}{\beta_1^2 + b_1^2} \cos(a_1 + b_1 z + 2\omega_0 t) \right). \end{aligned} \quad (13)$$

Вычислим теперь интеграл в правой части выражения (7). Из свойств интеграла следует, что

$$\int_0^z \frac{\partial}{\partial s} \left(K_T \frac{\partial T}{\partial s} \right) ds = K_T \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_0^z. \quad (14)$$

Учитывая асимптотические свойства температуры, получаем выражение для коэффициента эффективной теплопроводности k_T :

$$k_T(t, z) = \frac{\int_0^z \frac{\partial T}{\partial t} ds}{\frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{t,z}}. \quad (15)$$

Исходя из всех предыдущих расчетов, получаем следующую аналитическую формулу для расчета k_T :

$$K_T = \frac{K_0 + K_1}{-\gamma C e^{-\gamma z} + B_0 + B_1}, \quad (16)$$

где

$$\begin{aligned} K_0 = \omega_0 A_0 e^{-\beta_0 z} \left(\frac{b}{\beta_0^2 + b^2} \sin(a + bz + \omega_0 t) - \right. \\ \left. - \frac{\beta}{\beta_0^2 + b^2} \cos(a + bz + \omega_0 t) \right), \\ K_1 = 2\omega_0 A_1 e^{-\beta_1 z} \left(\frac{b_1}{\beta_1^2 + b_1^2} \sin(a_1 + b_1 z + 2\omega_0 t) - \right. \\ \left. - \frac{\beta_1}{\beta_1^2 + b_1^2} \cos(a_1 + b_1 z + 2\omega_0 t) \right), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_0 = -\beta_0 A_0 e^{-\beta_0 z} \sin(\omega_0 t + a + bz) + \\ + b A_0 e^{-\beta_0 z} \cos(\omega_0 t + a + bz), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 = -\beta_1 A_1 e^{-\beta_1 z} \sin(2\omega_0 t + a_1 + b_1 z) + \\ + b_1 A_1 e^{-\beta_1 z} \cos(2\omega_0 t + a_1 + b_1 z). \end{aligned}$$

Формула (16) представляет собой аналитическую формулу для вычисления коэффициента эффективной теплопроводности, в котором отражены все виды теплообмена, происходящие внутри почвы. Заметим, что если невозможно пренебречь изменчивостью во времени, то среднесуточная температура представима как сложная функция времени и пространства, и формула (16) должна быть преобразована с учетом этого факта. Кроме того, в формуле (16) учтена линейная зависимость сдвига фаз по глубине. В отдельные моменты времени это может быть не так, учет этого требует развития предложенного подхода. Расчеты по формуле (16) для одного дня наблюдения на точке Бакчарского болота в Томской области показали вполне приемлемые результаты. Формула (16) легко может быть преобразована при использовании годовых колебаний температуры.

Выводы

Разработанный метод позволяет определить коэффициент теплопроводности почвы по данным наблюдений температуры почвы в естественных условиях. Применение предлагаемого метода позволит определить зависимость этого коэффициента от температуры почвы для изучения пампинг-эффекта в почвах.

Литература

1. Зырянов В.Н. Нелинейный пампинг-эффект в колебательных процессах в геофизике // Водные ресурсы. 2013. Т. 40. № 3. С. 227–239.
2. Зырянов В.Н., Хублярян М.Г. Пампинг-эффект в теории нелинейных процессов типа уравнения теплопроводности и его приложение в геофизике // ДАН. 2006. Т. 408. № 4. С. 535–538.
3. Макарычев С.В., Болотов А.Г. К вопросу об использовании расчетных методов определения теплофизических характеристик почвы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 8. С. 24–29.
4. Гаврильев Р.И., Кузьмин Г.П. Определение теплофизических характеристик мерзлых грунтов расчетным методом // Наука и образование. 2009. № 4. С. 51–54.
5. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почв М.: Наука, 1967. 650 с.
6. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение-почва-воздух. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 359 с.
7. Теории и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шейна и Л.О. Карпачевского. М.: Изд-во «Гриф и К», 2007. 616 с.
8. Шейн Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во Московского университета, 2005. 432 с.

9. Михайлов Ф.Д., Шейн Е.В. Теоретические основы экспериментальных методов определения температуропроводности почв // Почвоведение. 2010. № 5. С. 597–605.

References

1. Zyryanov V.N. Nelinejnyj pamping-effekt v kolebatel'nyh processah v geofizike [Nonlinear pumping-effect in oscillating processes in geophysics] // Vodnye resursy [Water Resources]. 2013. Vol. 40. No. 3. P. 227–239. DOI: 10.7868/S0321059613030097.
2. Zyryanov V.N., Khublaryan M.G. Pamping-effekt v teorii nelinejnyh processov tipa uravneniya teploprovodnosti i ego prilozhenie v geofizike [Pumping effect in the theory of nonlinear processes of the thermal conductivity equation type and its application in geophysics] // Doklady Earth Sciences. 2006. Vol. 408. No. 4. P. 674–677.
3. Makarychev S.V., Bolotov A.G. K voprosu ob ispol'zovanii raschetnyh metodov opredeleniya teplofizicheskikharakteristik pochvy [To the problem of application of computational methods to determine soil thermophysical characteristics] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Altai State Agricult. Univ. Bull.], 2016. No. 8. P. 24–29.
4. Gavril'ev R.I., Kuz'min G.P. Opredelenie teplofizicheskikharakteristik merzlyh gruntov raschetnym metodom [Definition of thermophysical characteristics of frozen soils by the calculation method] // Nauka i obrazovanie [Science and education]. 2009. No. 4. P. 51–54.
5. Nerpin S.V., Chudnovsky A.F. Fizika pochv [Physics of soils]. Moscow: Nauka, 1967. 650 p.
6. Nerpin S.V., Chudnovsky A.F. Jenergo- i massobmen v sisteme rastenie-pochva-vozduh [Power and mass exchange in the system plant-soil-air]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 359 p.
7. Teorii i metody fiziki pochv [Theory and methods of soils physics]. /Eds. E.V. Shein and L.O. Karpachevsky. Moscow: «Grif and K» Publ., 2007. 616 p.
8. Shein E.V. Kurs fiziki pochv [Course of physics of soil]. Moscow: Moscow Univ. Publ., 2005. 432 p.
9. Mikhailov F.D., Shein E.V. Teoreticheskiye osnovy eksperimentalnykh metodov opredeleniya temperaturoprovodnosti pochv [Theoretical principles of experimental methods for determining the thermal diffusivity of soils] // Eurasian Soil Science. 2010. Vol. 43. No. 5. P. 556–564 DOI 10.1134/S1064229310050091.

Статья поступила в редакцию 10.04.2017.

УДК 597.5(285.2)(234.851)

РЫБЫ ОЗЕР ЗАПАДНЫХ СКЛОНОВ ПРИПОЛЯРНОГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

В.И. ПОНОМАРЕВ

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
ponomarev@ib.komisc.ru

В работе представлены результаты впервые проведенной в 1994–2016 гг. инвентаризации состава рыбного населения 148 горных и предгорных озер Приполярного и Полярного Урала, расположенных на водосборах рек Шугор, Торговая, Малый Паток, Большой Паток, Войвож-Сыня, Вангыр, Косью, Кожим, Лемва, Большая Уса, Малая Уса и Кара. Всего в изученных озерах региона установлено 16 видов рыб, относящихся к десяти семействам. Выявлены предполагаемые ледниковые реликты – изолированные локальности пеляди озера Плаунты (бассейн Малой Усы), озерно-речной системы верховьев Большой Усы, ряда озер бассейнов рек Вангыр и Большой Паток. Обнаружен целый ряд озер бассейнов рек Кара, Малая Уса, Кожим, Косью, Вангыр и Войвож-Сыня, населенных жилой формой арктического гольца. Результаты многолетних ихтиофаунистических исследований разнотипных горных и предгорных озер и верховьев водотоков западных склонов Приполярного и Полярного Урала свидетельствуют о множественности и разнонаправленности путей проникновения сибирской ихтиофауны в европейские водоемы.

Ключевые слова: горные и предгорные озера, рыбное население, Приполярный и Полярный Урал

V.I. PONOMAREV. FISHES OF LAKES OF THE WESTERN SLOPES OF THE PRE-POLAR AND POLAR URALS

The results of the first inventory conducted in 1994-2016 of the compositions of the ichthyofaunas of 148 Pre-Polar and Polar Ural mountain lakes located in the catchment areas of the Shchugor, Torgovaya, Maly Patok, Bolshoi Patok, Voivozh-Synya, Vangyr, Kosju, Kozhim, Lemva, Bolshaya Usa, Malaya Usa and the Kara rivers are presented. In total, 16 fish species have been identified in the regional lakes under study belonging to ten families: salmonids – Salmonidae (Arctic char *Salvelinus alpinus* Linnaeus); whitefish – Coregonidae (Siberian whitefish – pydschian *Coregonus lavaretus* pidschian Gmelin, broad whitefish *Coregonus nasus* Pallas, peled *Coregonus peled* Gmelin); grayling – Thymallidae (Arctic grayling *Thymallus arcticus* Pallas, European grayling *Thymallus thymallus* Linnaeus); pickerel – Esocidae (northern pike *Esox lucius* Linnaeus, carp – Cyprinidae (lake minnow *Phoxinus phoxinus* Pallas, common minnow *Phoxinus phoxinus* Linnaeus, roach *Rutilus rutilus* Linnaeus); loaches – Balitoridae (bearded stone loach *Barbatula barbatula* Linnaeus); burbot – Lotidae (freshwater cod *Lota lota* Linnaeus); sharplings – Gasterosteidae (nine-spined stickleback *Pungitius pungitius* Linnaeus), perches – Percidae (poor *Gymnocephalus cernuus* Linnaeus, river perch *Perca fluviatilis* Linnaeus); and biggy-heads – Cottidae (freshwater sculpin *Cottus gobio* Linnaeus).

Estimated glacial relicts: isolated localities of peled in Lake Plaunty (the Malaya Usa basin), the lake-river system of the Bolshaya Usa headwaters, including a number of lakes in the Vangyr and Bolshoi Patok river basins – have been identified. Quite a number of lakes inhabited by resident Arctic char, located in the Kara, Malaya Usa, Kozhim, Kosju, Vangyr and Voivozh-Synya river basins, have been discovered. It is found that resident Arctic char, lake-resident peled and Arctic grayling inhabiting mountain lakes and some rivers of the Pre-Polar and Polar Urals are characterized by a breaking-up multifocal area and inhabit a whole range of lakes and water streams in the national park.

The ichthyofaunas of a number of mountain and piedmont lakes in the Kosju, Voivozh-Synya and Bolshoi Patok river basins are characterized by the presence of roach. Under further global warming, it is possible to forecast mass development of cyprinid and percoid fishes, and this has already started in many water bodies and river systems of Western Europe and Russia as a result of water enrichment. In the Pechora River basin, there are centers of distribution of ner-

fling, roach, perch and pope even in remote mountainous areas of the Pre-Polar and Polar Urals.

As a result of many year ichthyofauna research of mountain and piedmont lakes of the western slopes of the Pre-Polar and Polar Urals, the following facts have been demonstrated: multiplicity of the isolates of estimated post-glacial relicts of the western slopes of the Pre-Polar and Polar Urals (local aggregations of peled in the Malaya Usa, Bolshaya Usa, Vangyr and Bolshoi Patok river basins and resident Arctic char in the Malaya Usa, Kozhim, Kosju, Vangyr and Voivozh-Synya river basins); geographical multidirectionality of the Siberian fauna penetration routes (Arctic grayling of the Kara, Lemva, Kozhim, Bolshoi Patok and Torgovaya river basins) into water bodies of the western slopes of the Urals; mosaic structure of the post-glacial distribution of flat boreal species (roach in mountain lakes in the Kosju, Bolshoi Patok and Torgovaya river basins; and lake minnow in the Kosju, Voivozh-Synya and Shchugor river basins).

Keywords: mountain and piedmont lakes, ichthyofauna, the Pre-Polar and Polar Urals

Западные склоны Приполярного и Полярного Урала характеризуются наличием хорошо развитой водной сети. Здесь располагаются бассейны рек Щугор, его правых притоков Торговая, Малый и Большой Паток, рек Вангыр, Войвож-Сыня, Косью, Кожим, Лемва, Большая и Малая Уса, а также водосбор верховьев р. Кара.

Ихтиофауна этих рек в настоящее время насчитывает 23 вида рыбообразных и рыб из 11 семейств [1, 2], в том числе проходные и полупроходные, а также редкие и исчезающие виды [3–6]. Почти половина из них представлена лососевидными рыбами, относящимися к семействам лососевых, сиговых и хариусовых.

Среди лососевидных рыб западных склонов Приполярного и Полярного Урала особый интерес привлекают предполагаемые ледниковые реликты – жилая форма арктического гольца, пелядь, а также сибирский хариус. Последний вид населяет не только бассейны левых притоков р. Уса, как считалось раньше [7, 4, 8, 9], но и, как показали результаты наших исследований последних лет, истоков малых водотоков на водосборе р. Щугор [2]. К данной категории, вероятно, принадлежит сибирский сиг-пыжьян горных озерно-речных систем рек Большая и Малая Уса, Вангыр и Малый Паток [6, 10].

В пределах западных склонов Приполярного и Полярного Урала насчитывается 2 660 разнотипных озер общей площадью 77,63 км² [11]. При этом размеры этих водоемов относительно невелики – от нескольких десятков до 100 га, при глубине, достигающей в ряде озер, нескольких десятков метров.

До появления наших публикаций [10, 12, 1, 2, 13–20 и др.] сведения о рыбной части водных сообществ многочисленных горных и предгорных озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала, за редким исключением [21, 11], практически отсутствовали. Поскольку систематические ихтиофаунистические исследования этой обширной территории фактически только начинаются, данная работа нацелена на обобщение и систематизацию накопленных к настоящему времени результатов инвентаризации состава рыбного населения горных и предгорных озер бассейнов рек Печора и Кара.

Материал и методы

В работе обобщены результаты проведенных в 1994–2016 гг. исследований ихтиофауны разнотипных горных и предгорных озер Приполярного и Полярного Урала в его европейской части. Обследовано 148 озер, расположенных на водосборах рек Щугор, Торговая, Малый Паток, Большой Паток, Войвож-Сыня, Вангыр, Косью, Кожим, Лемва, Большая Уса и Малая Уса, входящих в бассейн р. Печора, а также предгорных озер в бассейне р. Кара.

Характер распределения водоемов определил географию проведенных нами исследований ихтиофауны озер бассейнов рек западных склонов Полярного и Приполярного Урала. Поскольку абсолютное большинство озер данного региона лишено географических названий, в работе использовали условную нумерацию водоемов, отраженную на карто-схемах.

Практически все (кроме озера Большое Балбанты в бассейне р. Балбанью) исследованные озера свободны от вовлечения в интенсивную хозяйственную деятельность человека, за исключением, в ряде случаев, традиционных форм оленеводства и потребительского лова рыбы.

Для отлова рыбы использовали стандартный ряд финских ставных жаберных сетей длиной 30 м, высотой 1.8 м и ячейей 10, 20, 30, 40, 50 и 60 мм. Измерения глубины озер и поиски скоплений рыб на озерах осуществлены с использованием эхолота «Wide 3D View» (Techsonic industries INC., USA).

Всего в изученных озерах региона установлено 16 видов рыб, относящихся к десяти семействам: Лососевые – Salmonidae (арктический голец *Salvelinus alpinus* Linnaeus); Сиговые – Coregonidae (сибирский сиг-пыжьян *Coregonus lavaretus* pidschian Gmelin, чир *Coregonus nasus* Pallas, пелядь *Coregonus peled* Gmelin); Хариусовые – Thymallidae (сибирский хариус *Thymallus arcticus* Pallas, европейский хариус *Thymallus thymallus* Linnaeus); Щуковые – Esocidae (обыкновенная щука *Esox lucius* Linnaeus); Карповые – Cyprinidae (озерный голец *Phoxinus phoxinus* Pallas, обыкновенный голец *Phoxinus phoxinus* Linnaeus, плотва *Rutilus rutilus*

Linnaeus); Балиториевые – Balitoridae (усатый голец *Barbatula barbatula* Linnaeus); Налимовые – Lotidae (налим *Lota lota* Linnaeus); Колюшковые – Gasterosteidae (девятииглая колюшка *Pungitius pungitius* Linnaeus); Окуневые – Percidae (обыкновенный ерш *Gymnocephalus cernuus* Linnaeus, речной окунь *Perca fluviatilis* Linnaeus); Керчаковые – Cottidae (обыкновенный подкаменщик *Cottus gobio* Linnaeus). Установлено, что структура рыбной части водных сообществ уральских озер в целом соответствует широко распространенной среди биологических сообществ высоких широт закономерности, выражающейся в доминировании представителей одного или двух видов.

Результаты и обсуждение

Большинство обследованных в бассейне печорского притока I порядка р. Щугор озер располагается на водосборах ее притоков, рек Торговая, Малый Паток и Большой Паток. Одним из относительно немногочисленных исключений является предгорное озеро Мичавад, служащее истоком правого притока р. Щугор и населенное лишь одним видом рыб – озерным голянью [22]. Ихтиофаунистическое обследование озер, прилегающих к магистральному руслу этого водотока, особенно в ее верхнем течении, а также в бассейнах его некоторых притоков, главным образом рек Тельпос и Глубник, еще только предстоит.

Бассейн р. Торговая. Всего в бассейне р. Торговая имеется 18 озер общей площадью 278 га [23]. Из них ихтиофаунистическому обследованию подвергнуто шесть наиболее крупных водоемов общей площадью 236 га (рис. 1). Эти водоемы существенно различаются как по высоте расположения над уровнем моря (от 722 м в случае с оз. Торговое до 458 м – озеро, условно обозначенное номером 4), так и по площади (оз. Торговое – 104 га, оз. Длинное – 93 га, тогда как озеро 4 – 0.75 га) и глубине (максимальная глубина оз. Торговое составила 38 м, озера 5 – 3.3 м).

Установлено, что пять из шести обследованных озер обладает рыбным населением (рис. 2), при этом лишенным ихтиофауны оказалось озеро 5. Ранее нами уже был охарактеризован состав ихтиофауны некоторых водоемов бассейна р. Торговая [15]. Во всех населенных рыбой озерах обнаружен обыкновенный голян, в трех из них обитают два вида хариусов – сибирский и европейский. При этом в двух водоемах (условно обозначенных как озера 3 и 4) голян является единственным обитающим здесь видом рыб. Еще два вида рыб – налим и плотва – встречены только в одном из озер бассейна р. Торговая.

Особенно неожиданным оказалось наличие в составе местного рыбного населения сибирского хариуса и плотвы. Что касается хариуса, речь идет о южном крае видового ареала на западных склонах Урала. Ранее считалось, что в бассейне р. Печора сибирский хариус населяет лишь водоемы бассейнов притоков, рек Лемва и Кожим [6]. Характерно, что этот вид постоянно обитает в озерах бассейна р. Торговая, образуя гибридные формы с

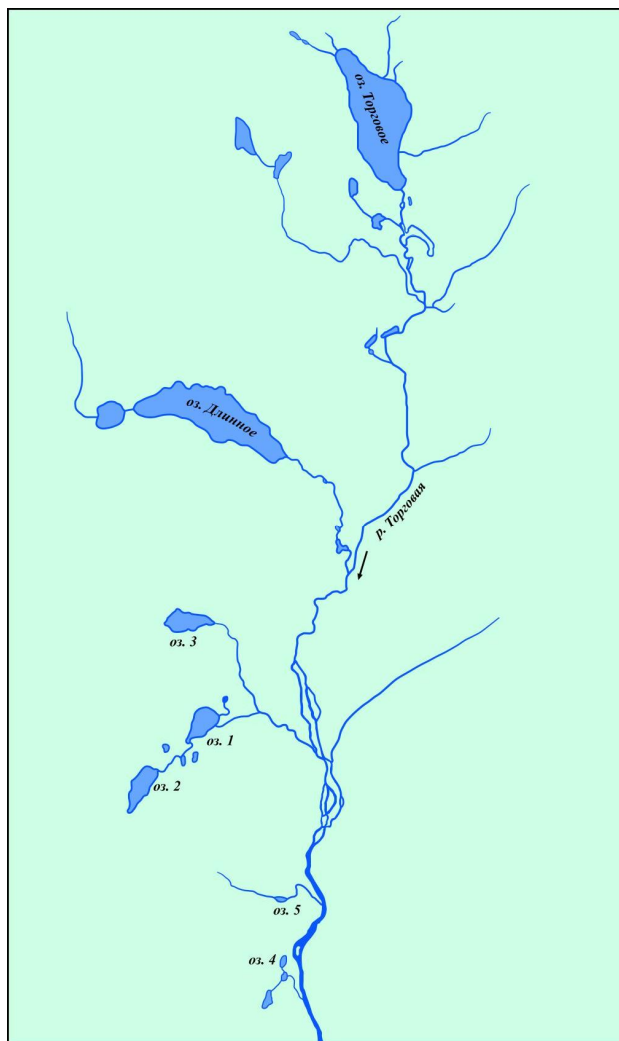


Рис. 1. Карта-схема бассейна верховьев р. Торговая. Fig. 1. Sketch map of the Torgovaya River headwaters basin.

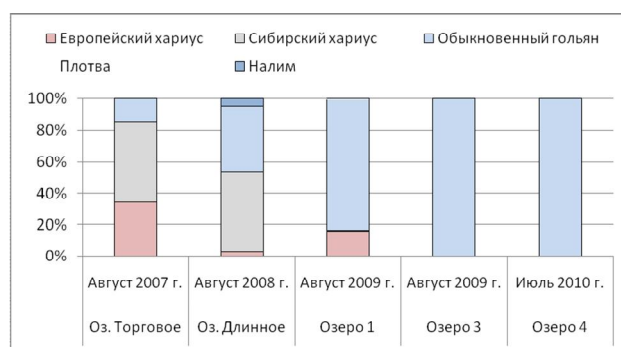


Рис. 2. Видовой состав уловов рыбы в озерах бассейна р. Торговая. Fig. 2. The species composition of fish catches in the lakes of the Torgovaya River basin.

европейским видом, но, в отличие от последнего, не встречается непосредственно в русле р. Торговая и ее притоках.

Судя по присутствию в озере 1 плотвы различных возрастных групп, как половозрелых, так и ювенильных, можно заключить, что в данном слу-

чае речь идет не о единичном проникновении этого ранее не свойственного горным озерам Приполярного и Полярного Урала вида, а о его устойчивом воспроизводстве здесь.

Бассейн р. Малый Паток. Из 45 озер бассейна р. Малый Паток, занимающих общую площадь 278 га [23], нами обследовано 30 озер площадью чуть менее 190 га. Остальные озера, среди которых имеются такие относительно крупные, как Цирковое и Холодное, расположены в труднодоступных горных цирках и карах; наличие в них рыбного населения крайне маловероятно.

В ходе работ, проведенных на 25 безымянных озерах, оз. Мичаты, истоке р. Малый Паток – оз. Патокты, и истоке его левого притока, р. Нямга –

оз. Паток, всего в бассейне р. Малый Паток встречено восемь видов рыб – сиг, европейский хариус, щука, плотва, обыкновенный голец, окунь, ерш и подкаменщик [10]. Высота над уровнем моря изученных озер варьировала от 761 до 214 м, площадь – от 44 (оз. Паток) до 0.5 га, максимальная глубина – от 26 м на озере Паток до 1.1 м на озере 11 (рис. 3).

Наиболее разнообразным оказалось рыбное население озерно-речной системы водотока в районе его выхода из горной полосы на равнину. Установлено, что 21 из 25 расположенных здесь озер оказались населенными рыбой (за исключением озер 1, 20, 23 и 25), причем во всех из них встречена щука (в двух озерах щука – единственный обитающий здесь вид рыб), в 19 обнаружены окунь и сиг, в 12 – ерш, в девяти – плотва, в шести – голец, в трех – хариус, в двух – подкаменщик. Особо отметим, что плотва, обнаруженная в бассейне р. Торговая, на водосборе р. Малый Паток встречается как в предгорных озерах 7, 8, 19 и 24, так и в озерах 3, 4, 9, 12 и 13, расположенных в пределах горной полосы.

Целый ряд озер обладает богатым видовым составом ихтиофауны и включает пять-шесть видов (рис. 4). С позиций характеристики рыбного населения, главной спецификой бассейна р. Малый Паток является наличие здесь многочисленной группировки полупроходного сибирского сига-пыжьяна.

Подвергнутые ихтиофаунистическому изучению два озера из системы оз. Мичаты, оз. Паток, служащее истоком притока Малого Патока р. Нямга, а также собственно исток р. Малый Паток, оз. Патокты, оказались лишенными рыбного населения. По всей видимости, это обстоятельство имеет исторические корни, поскольку озера Паток и Патокты имеют все условия для обитания рыб, однако лишены возможности захода сюда рыб в связи с большим перепадом высот и физической невозможностью рыб преодолеть их.

Бассейн р. Большой Паток. Водосбор уральского притока Печоры II порядка р. Большой Паток включает 96 озер общей площадью 415 га [23]. Большинство из них, в том числе озера Тарты, Глухое, Ло-

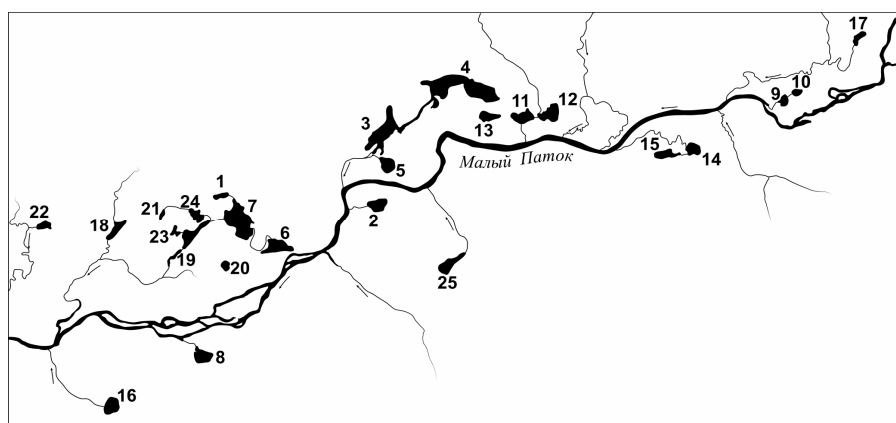


Рис. 3. Карта-схема озер бассейна среднего течения р. Малый Паток.
Fig. 3. Sketch map of the lakes of the middle course of the Maly Patok River basin.

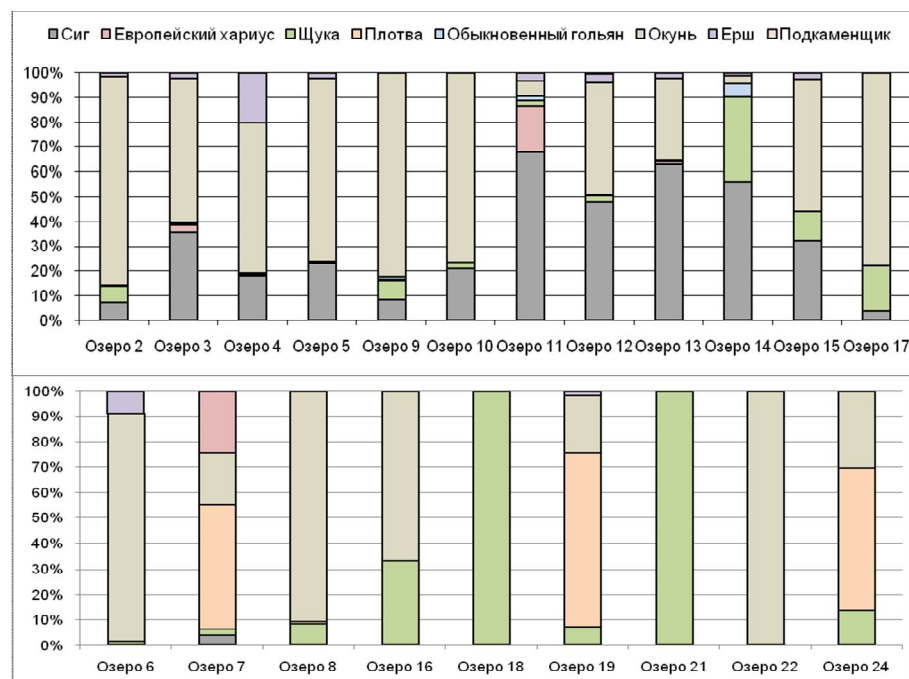


Рис. 4. Видовой состав уловов рыбы в горных (наверху) и предгорных (внизу) озерах бассейна р. Малый Паток.
Fig. 4. The species composition of fish catches in mountain (top of the Fig.) and piedmont (bottom of the Fig.) lakes of the Maly Patok River basin.

лено, что два первых озера обладают рыбным населением, последнее – напротив, без рыб. В рамках данной работы преимущественный интерес вызывает наличие в озерах Паток и Ном-ты сибирского хариуса. Река Большой Паток – второй, после р. Торговая, приток р. Щугор, в верховьях которого обнаружен данный сибирский вид.

Эти два сточных озера весьма близки по целому ряду параметров, отличаясь главным образом размерами (площадь оз. Паток составляет порядка 25 га, тогда как Ном-ты – около 8 га) и наличием

выраженной литорали только в более крупном водоеме. Весьма схожий состав имеет и рыбное население этих водоемов. В обоих водоемах доминирует европейский хариус, немногочисленны сибирский хариус и речной гольян, отмечен налим.

Бассейн р. Войвож-Сыня. На водосборе этого печорского притока II порядка имеется 55 озер общей площадью 255 га [23]. Нами изучено рыбное население 12 горных озер с их суммарной акваторией более 200 га (высота 750 – 412.8 м над ур. м. и глубина 57 – 4.3 м) и 13 предгорных карстовых озер суммарной площадью 53.4 га (высота над ур. м. 273 – 261.5 м и глубина 13 – 4.3 м) (рис. 7).

Всего в этих водоемах зафиксировано девять видов рыб – арктический голец (именно здесь находится южный край ареала этого вида в пределах западных склонов Урала), европейский хариус, щука, озерный гольян, обыкновенный гольян, плотва, усатый голец, налим и окунь. При этом максимальное количество видов рыб, составляющих рыбное население местных озер, – лишь четыре, отмечено в пяти озерах – двух в бассейне р. Озерная, обоих Базовых озерах и оз. Сыняты (рис. 8). Шесть видов рыб встречаются в горных озерах бассейна, и только четыре – в карстовых. При этом лишь окунь обитает как в горных озерах (их обнаружено два), так и предгорных (пять).

Горные озера: хариус отмечен в восьми водоемах, тогда как арктический голец – в семи (в одном из них это моновид), а обыкновенный гольян – в шести (в двух из них это единственный населяющий озера вид), налим – четырех и усатый голец – в одном озере. Карстовые: щука встречается в четырех водоемах, озерный гольян и плотва – каждый вид в двух озерах. При этом озерный гольян является единственным в этих водоемах видом рыб. Плотва, в отличие от бассейнов рек Торговая, Малый и Большой Паток, до настоящего времени не найдена в горных водоемах бассейна р. Войвож-Сыня.

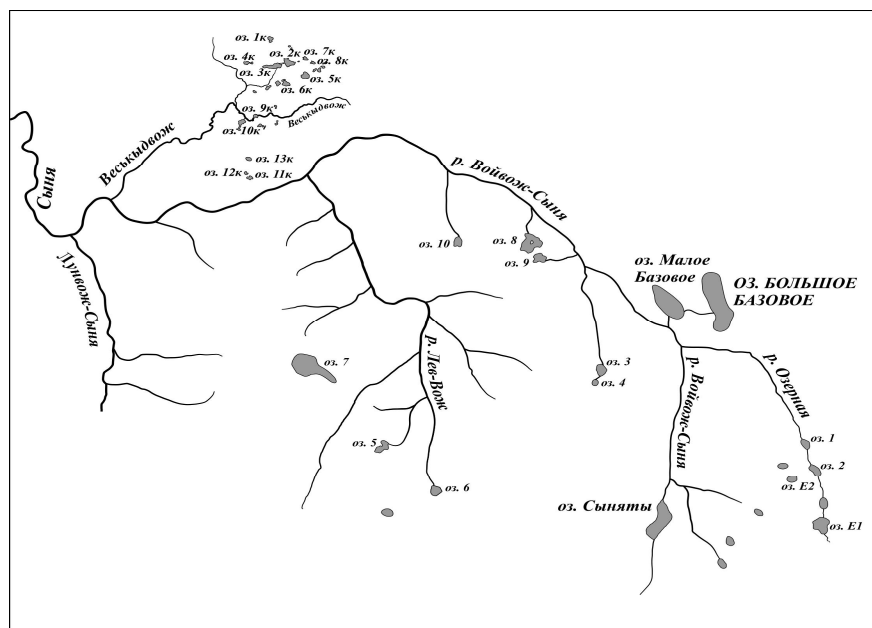


Рис. 7. Карта-схема бассейна р. Войвож-Сыня. Условные номера озер с буквой «к» означают их принадлежность к числу предгорных карстовых.
Fig. 7. Sketch map of the Voyvozh-Synya River basin. Conditional numbers of the lakes with the letter *k* indicate their belonging to piedmont karst lakes.

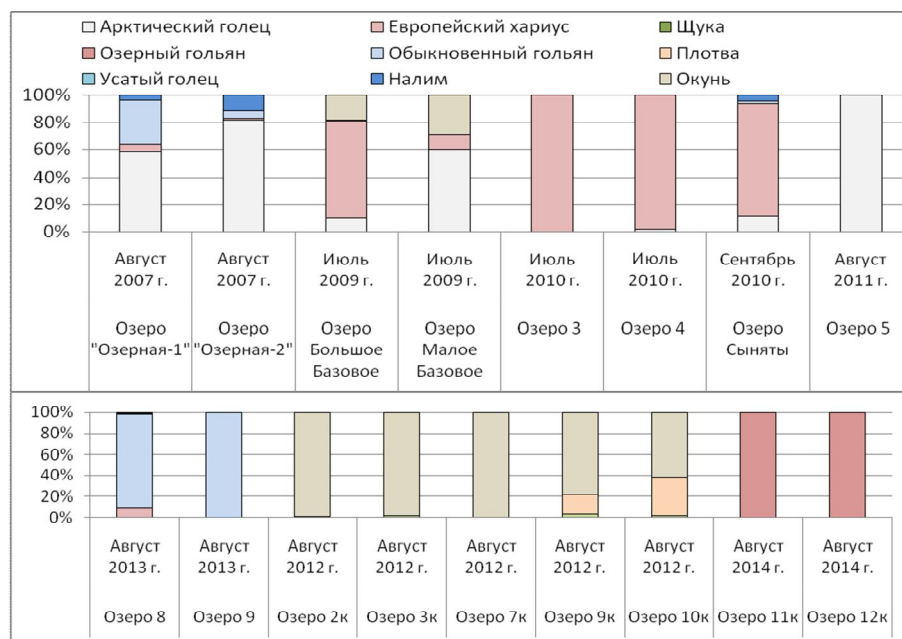


Рис. 8. Видовой состав уловов рыбы в озерах бассейна р. Войвож-Сыня.
Fig. 8. The species composition of fish catches in the lakes of the Voyvozh-Synya River basin.

Бассейн р. Вангыр. Из располагающихся на водосборе притока III порядка р. Печора, р. Вангыр 62 озера общей площадью 188 га [23] нами обследовано 16 (их площадь в сумме соответствует 96.9 га). Эти озера находятся на высоте 886.3–273.1 м над ур. м., а их глубина варьирует от 41 (безымянное озеро, служащее истоком р. Большой Вангыр) до 2 м (рис. 9).



Рис. 9. Карта-схема озёр бассейна горных участков р. Вангыр.

Fig. 9. Sketch map of the lakes of the mountainous areas of the Vangyr River basin.

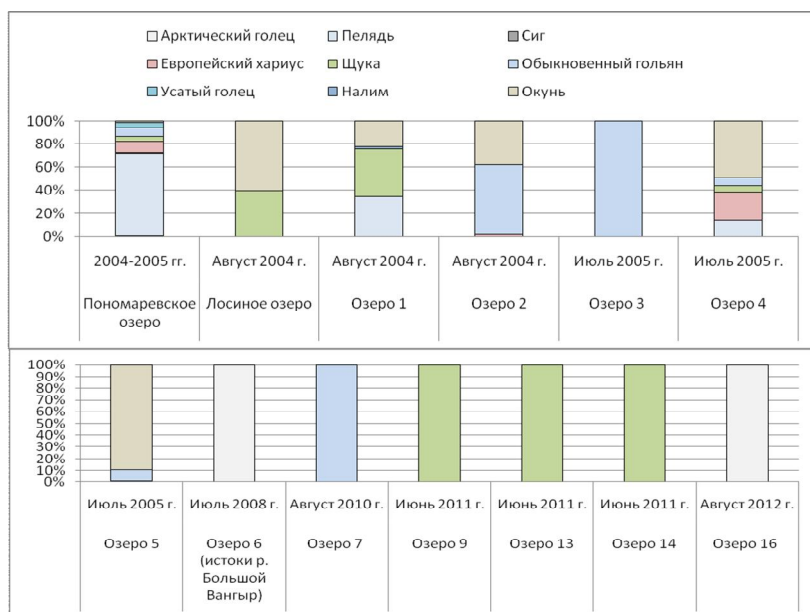


Рис. 10. Видовой состав уловов рыбы в озёрах бассейна горных участков р. Вангыр.

Fig. 10. The species composition of fish catches in the lakes of the mountainous areas of the Vangyr River basin.

Установлено, что 13 озёр бассейна р. Вангыр имеет рыбное население (рис. 10). Наибольшим видовым разнообразием отличается крупнейшее из них, оз. «Пономаревское» (его площадь – 16 га, максимальная глубина – 18 м). В составе рыбного населения этого водоема выявлено девять видов: арктический голец, пелядь, сиг, европейский хариус, щука, обыкновенный голец, усатый голец и окунь. Кроме того, в список рыб, обитающих в озёрах бассейна р. Вангыр, входит налим, обнаруженный в озере, условно обозначенном как озеро 1.

Щука зафиксирована в восьми озёрах водосбора (при этом в трех из них это единственный населяющий водоем вид рыб), тогда как в шести озёрах обнаружены обыкновенный голец (моновид в двух водоемах) и окунь. Арктический голец встречен в трех озёрах (моновид в двух из них), так же, как пелядь и хариус. Наконец, сиг, усатый голец и налим найдены только в одном из обследованных водоемов.

Таким образом, в отношении рыбного населения своеобразие озёр бассейна р. Вангыр отражается прежде всего в присутствии в составе местной ихтиофауны жилой формы гольца и предполагаемого ледникового реликта, пеляди.

Бассейн р. Косью. Река располагает одним из богатейших на Приполярном Урале – их 2 027, общей площадью 7 760 га [23]. Нами изучено в ихтиофаунистическом отношении 26 озёр суммарной площадью 158.5 га (рис. 11, 12), из которых 23 водоема обладают рыбным населением.

Видовой состав уловов рыбы в озёрах бассейна верховьев р. Косью, который насчитывает лишь семь видов, представлен на рис. 13; результаты исследований трех озёр Межгорные в междуречье двух правых притоков р. Косью, рек Нидысей и Индысей, опубликованы ранее [17]. В отличие от озёр бассейнов рек Малый и Большой Паток, а также р. Вангыр, в обследованных озёрах бассейна р. Косью наблюдается невысокое, даже для водоемов Севера, видовое богатство рыбного населения. Действительно, максимальное число встречаемых видов рыб (три) отмечено только в озере 5, тогда как во всех остальных 25 озёрах водосбора – два или даже единственный вид рыб.

Арктический голец обнаружен только в пяти озёрах бассейна р. Косью, включая Межгорные, при этом в трех из них это единственный вид рыб. Окунь обитает в восьми озёрах бассейна (в том числе как моновид – в двух). Обыкновенный голец отмечен в восьми озёрах, щука – в шести (каждый в двух озёрах – это моновиды). Соответственно озёрный голец, в трех озёрах бассейна р. Косью представляющий единствен-

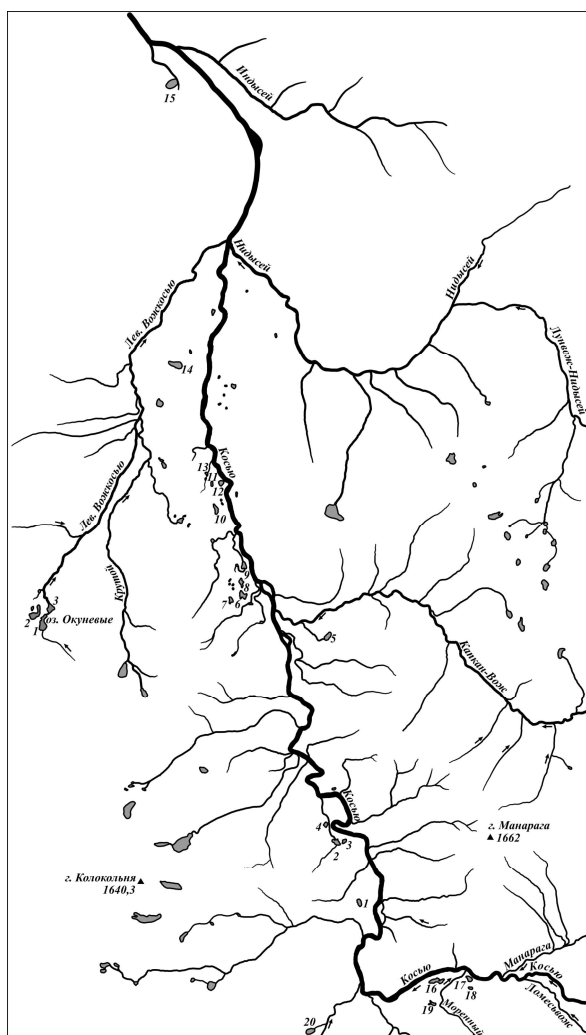


Рис. 11. Карта-схема озер бассейна верховьев р. Косью.

Fig. 11. Sketch map of the lakes of the Kosju River headwaters basin.

ный населяющий их вид, распространен только в них, подобно налиму, который, однако, обитает совместно с другими видами рыб.

Вновь особое внимание обращает случай находки плотвы в горном озере Приполярного Урала; озеро 3 бассейна р. Косью, в котором этот вид оказался единственным, располагается на высоте 382 м над ур. м. Этот водоем является самым северным горным озером западных склонов Приполярного Урала, где обнаружена плотва.

Бассейн р. Кожим. Горная полоса р. Кожим также обладает весьма многочисленными озерами: здесь их 134, общей площадью 742 га [23]. К настоящему времени нами проведено ихтиофаунистическое изучение восьми озер, общей площадью 404 га (см. рис. 12). Высота их расположения варьировала от 1007.2 до 654.9 м над ур. м., максимальная обнаруженная глубина – от 36 до 2 м.

Из восьми обследованных озер шесть имеют рыбное население, а два оставшихся (Верхнее Балбанты и Скалистое) лишены его. Всего в населенных рыбой водоемах встречено шесть видов рыб – арктический голец, сибирский и европейский хариусы, обыкновенный голянь, налим и подкаменщик (рис. 14). Наиболее богатым в этом отношении оказалось оз. Падежаты, в составе его ихтиофауны обнаружено пять видов рыб, тогда как в оз. Форельное – четыре (здесь, в отличие от Падежаты, отсутствует европейский хариус).

Арктический голец представлен в уловах из всех обследованных в бассейне р. Кожим озер, имеющих рыбное население, причем в двух из них это единственный обитающий здесь вид рыб. Обыкновенный голянь широко распространен в Большом и Малом Балбанты, а также Падежаты. Сибирский хариус, отсутствовавший в сборах из озер бассейнов более южных печорских притоков Войвож-Сыня, Вангыр и Косью, а также подкаменщик населяют два озера бассейна р. Кожим – Падежаты и Форельное. Европейский хариус обнару-

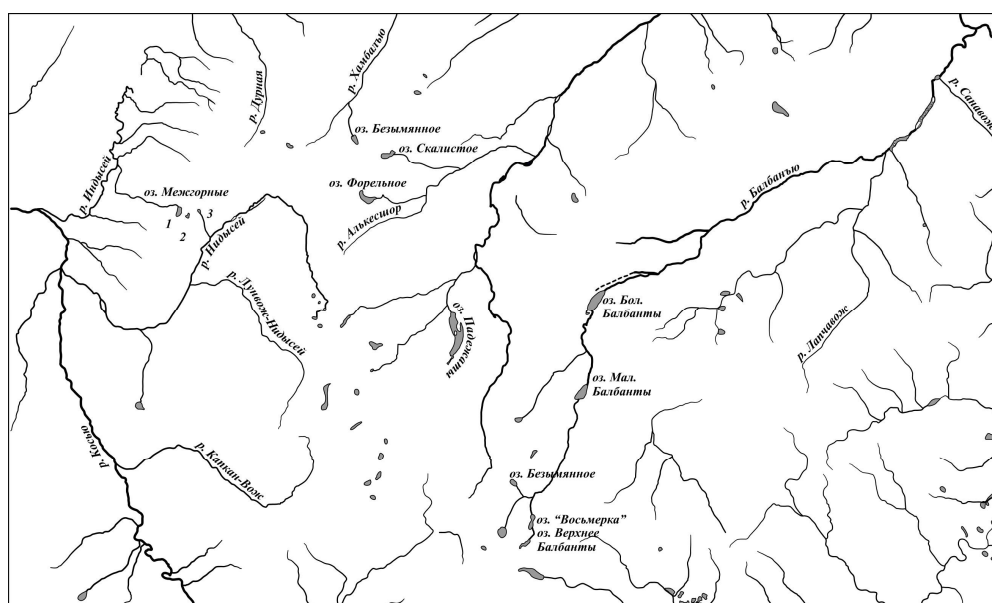


Рис.12. Карта-схема бассейнов верховий рек Косью и Кожим.

Fig. 12. Sketch map of the Kosju and Kozhim River headwaters basins.

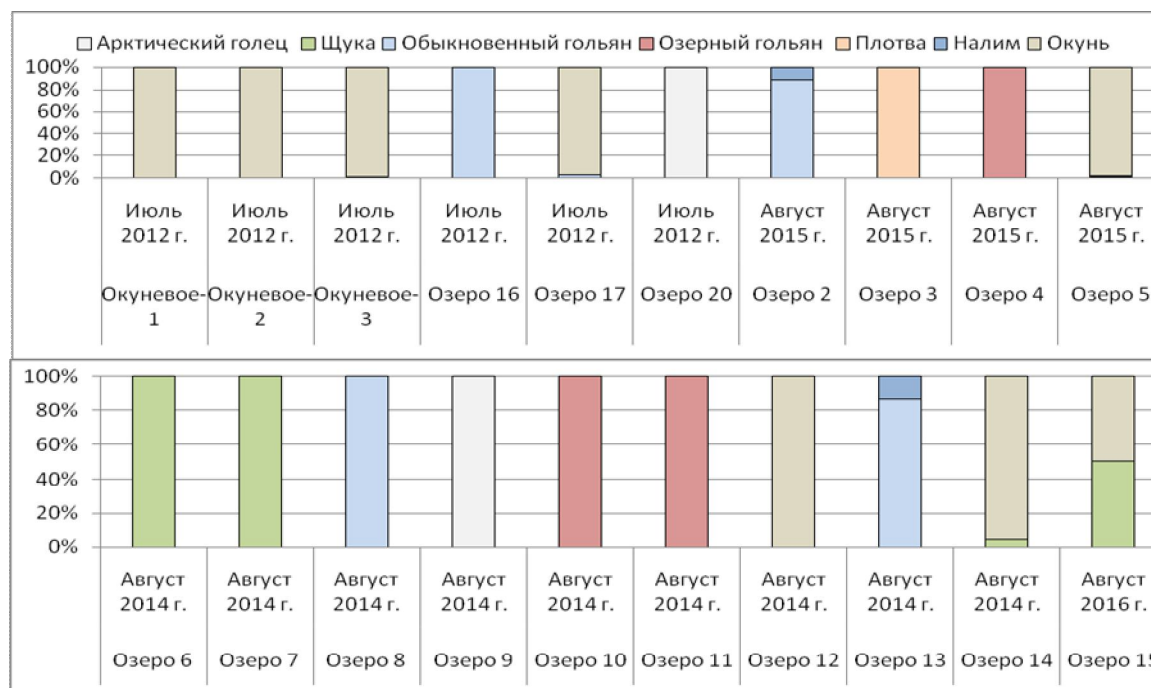


Рис. 13. Видовой состав уловов рыбы в озерах бассейна верховьев р. Косью.
Fig. 13. The species composition of fish catches in the lakes of the Kosju River headwaters basin.

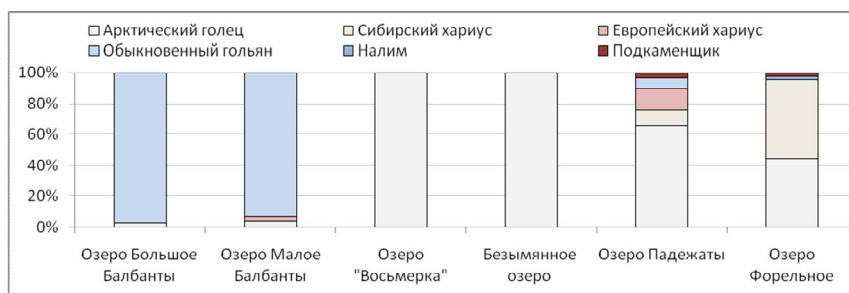


Рис. 14. Видовой состав уловов рыбы в озерах бассейна левых притоков р. Кожим рек Балбанью и Лимбекою.
Fig. 14. The species composition of fish catches in the lakes of the basin of the left-bank tributaries of the Kozhim River, the Balbanju River, and the Limbekoyu River.

жен в озерах Малое Балбанты и Падежаты. Наконец, налим – единственный вид, который выявлен лишь в одном озере – Форельное.

Особо подчеркнем отсутствие в горных озерах бассейна р. Кожим щуки, плотвы и окуня, обычных в уже рассмотренных в данной работе водоемах бассейнов более южных водотоков западных склонов Приполярного Урала.

Бассейн р. Лемва. В пределах этого бассейна на западных склонах Полярного Урала, включающего 2 080 озер общей площадью 506 га [23], нами обследованы озера, входящие в водосборы рек Пага и Юн-Яга. Что касается рыбного населения озер бассейна р. Пага, то эта информация ранее уже была опубликована [13]; в шести предгорных озерах общей площадью 257 га обитает восемь видов рыб – чир (оз. Пагаты является единственным водоемом западных склонов Приполярного Урала, где достоверно установлен данный вид), ев-

ропейский хариус, щука, обыкновенный голец, налим, ерш, окунь и подкаменщик.

В бассейне р. Юн-Яга обследовано четыре горных озера общей площадью 96.8 га, расположенные на высоте 385.7–268.8 м над ур. м. и имеющие максимальную глубину 6–1.7 м. Озеро Пальник-ты оказалось свободным от рыбного населения, тогда как оз. Хойлаты и безымянное озеро, условно обозначенное как «Безымянное 1», населены четырьмя видами рыб, а оз. Большая Лохорта – тремя видами (рис. 15). Сибирский и

европейский хариусы, а также налим обитают во всех трех водоемах, в то время как обыкновенный голец – в первых двух (рис. 16).

Обращает внимание уменьшение списка входящих в местное рыбное население видов до четырех и отсутствие, как и в бассейне р. Кожим, таких видов, как плотва, щука и окунь. То же самое справедливо и в отношении арктического гольца, населяющего, как уже было показано в данной работе, ряд горных уральских озер, расположенных южнее бассейна р. Лемва.

Бассейны рек Большая и Малая Уса. Ранее были опубликованы результаты обследования рыбного населения горных озер бассейнов рек Большая и Малая Уса [14], обладающих чрезвычайно большим количеством озер на своих водосборах (соответственно 589 общей площадью 1 840 га и 465 озер общей площадью 2 190 га). Видовой список обитающих здесь рыб составили арктический го-

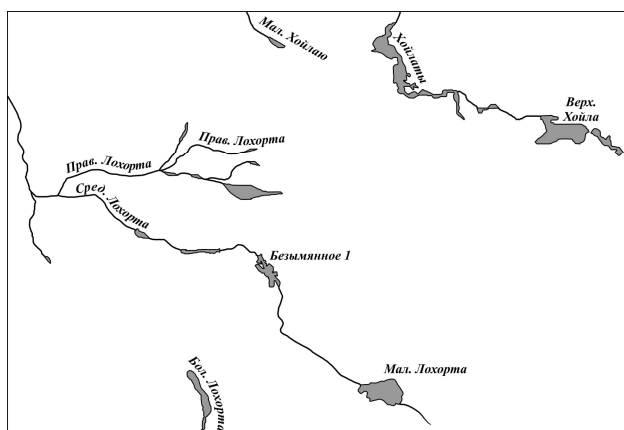


Рис. 15. Карта-схема горного участка водосбора р.Юн-Яга.

Fig. 15. Sketch map of the mountainous area of the Yun-Yaga River catchment area.

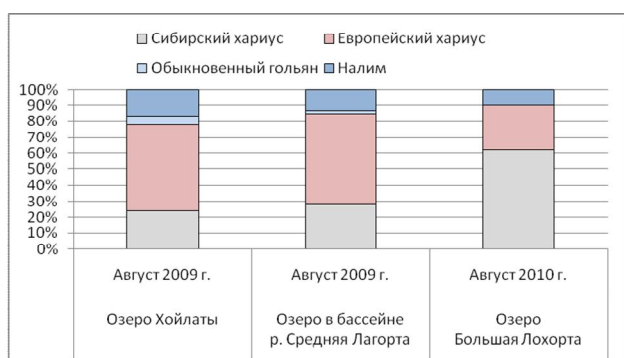


Рис. 16. Видовой состав уловов рыбы в озерах горного участка водосбора р. Юн-Яга.

Fig. 16. The species composition of fish catches in the lakes of the mountainous area of the Yun-Yaga River catchment area.

лец, обнаруженный здесь только в бассейне Малой Усы, сибирский сиг-пыжьян (напротив, после завершения строительства плотины Воркутинского водовода, повлекшего за собой исчезновение этого вида из оз. Проточное в бассейне Малой Усы, сохранившийся только в оз. Большое Кузьты на водосборе Большой Усы), пелядь, европейский хариус, щука, обыкновенный гольян, налим, ерш, окунь (его ареал ограничился бассейном Большой Усы) и подкаменщик.

Впоследствии нами подвергнуты ихтиофаунистическому обследованию еще несколько горных озер западных склонов Полярного Урала – Естото, безымянное озеро из бассейна р. Нияю, а также соседнее оз. Щучье, соединенное с р. Большая Уса (рис. 17).

Как видно из рис. 18, оз. Естото обладает весьма богатым составом рыбного населения (шесть видов), уступая в этом отношении только ранее обследованному оз. «Безымянное 1» бассейна р. Большая Уса [14]. В обоих водоемах обнаружены вероятный ледниковый реликт – пелядь, а также сиг и европейский хариус; различия касаются только отсутствия в оз. Естото щуки и окуня. При этом щука отмечена в соседнем оз. Щучье, составляя здесь единственный населяющий этот водоем вид рыб.

Следует специально подчеркнуть отсутствие в озерах бассейнов рек Большая и Малая Уса сибирского хариуса, а в первом случае и арктического гольца и, в то же самое время, наличие пеляди, вновь далеко за пределами основного ареала.

Бассейн р. Кара. Результаты обследования озера бассейна р. Кара опубликованы нами ранее [19]. В соответствии с ними здесь обитают девять видов рыб – арктический голец, сибирский сиг, пыжь-

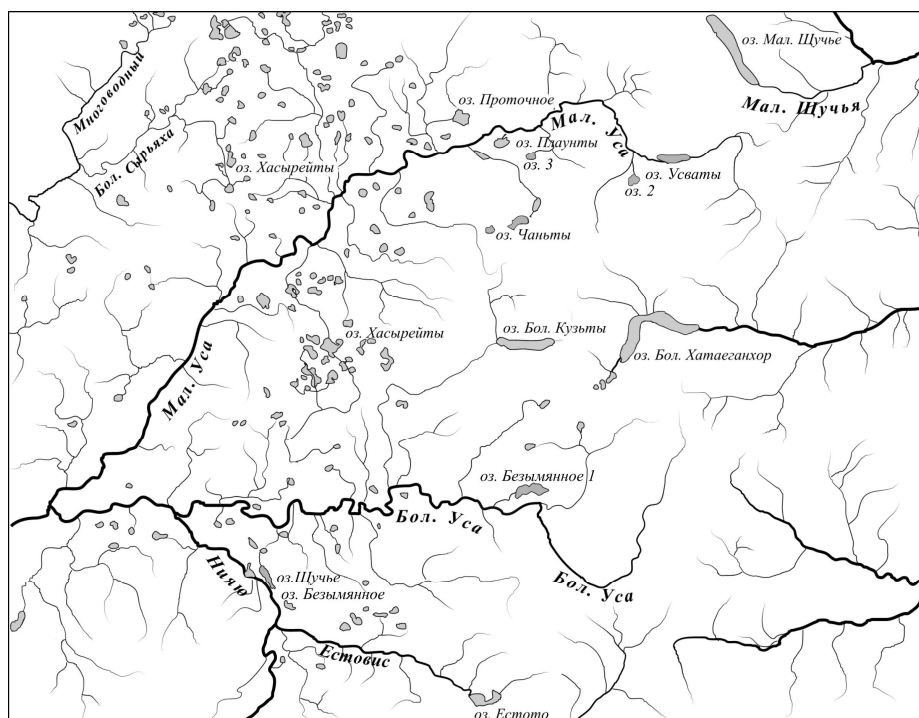


Рис. 17. Карта-схема бассейнов рек Малая и Большая Уса.

Fig. 17. Sketch map of the Malaya Usa and Bolshaya Usa River basins.

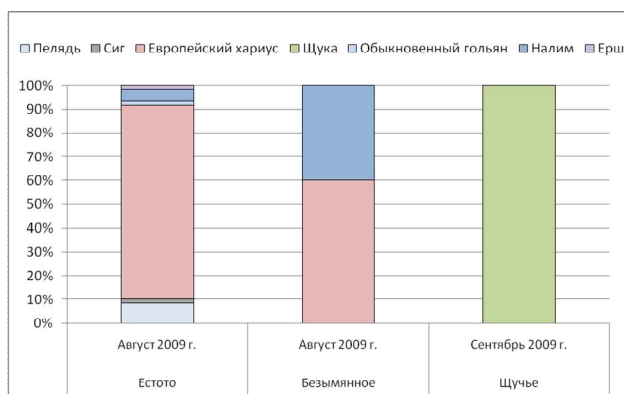


Рис. 18. Видовой состав уловов рыбы в озерах бассейнов рек Большая Уса и Нияю.

Fig. 18. The species composition of fish catches in the lakes of the Bolshaya Usa and Niyayu River basins.

ян, пелядь, сибирский и европейский хариусы, обыкновенный голец, налим, девятиглая колюшка, ерш и подкаменщик.

Закключение

Полученные материалы свидетельствуют об имеющей выраженное адаптивное значение связи состава рыбного населения горных озер с ледниковой историей Урала и происхождением, в значительной степени обусловленным взаимным влиянием сибирской и европейской фаун в зоне их контакта на границе водосборов рек Печора, Обь и Кара [22].

При относительно невысоком видовом разнообразии рыб для большинства из обследованных озер характерны выраженное своеобразие видового состава, а также сложная внутривидовая структура. На сегодняшний день в изученных озерах региона установлено 16 видов рыб, относящихся к десяти семействам – Salmonidae, Coregonidae, Thymallidae, Esocidae, Cyprinidae, Lotidae, Casterosteidae, Gasterosteidae, Percidae, Cottidae. Структура рыбной части водных сообществ соответствует широко распространенной среди биологических сообществ высокой широты закономерности, выражающейся в доминировании представителей одного или двух видов.

Длительная послеледниковая изоляция привела к формированию устойчивых группировок рыб разнотипных горных и предгорных водоемов далеко за пределами основного ареала. В частности, выявлены предполагаемые ледниковые реликты – изолированные локальности пеляди оз. Плаунты (бассейн Малой Усы), озерно-речной системы верховьев Большой Усы, ряда озер бассейнов рек Вангыр и Большой Паток. Обнаружен целый ряд озер бассейнов рек Кара, Малая Уса, Кожим, Косью, Вангыр и Войвож-Сыня, населенных жилой формой арктического гольца, группировки каждого из озер также могут рассматриваться как реликтовые и обладающие уникальным генофондом.

Результаты многолетних ихтиофаунистических исследований разнотипных горных и предгорных озер и верховьев водотоков западных склонов

Приполярного и Полярного Урала свидетельствуют о множественности и разнонаправленности путей проникновения сибирской ихтиофауны в европейские водоемы. Совместное обитание сибирского и европейского хариусов установлено в ряде водоемов бассейнов рек Кара и Печора. В частности, это озера Гнетьты и Коматы (бассейн р. Кара), ряд озер бассейна р. Балбанью, озера Падежаты и Форельное бассейна р. Лимбекою, озера Паток и Номты (бассейн р. Большой Паток), озера Длинное и Торговое (бассейн р. Торговая). При этом сибирский хариус до настоящего времени не обнаружен в водоемах бассейнов Косью, Вангыр и Большая Сыня.

Все эти находки заставляют по-новому взглянуть на историю формирования ихтиофауны бассейна р. Печора. Жилая форма арктического гольца, озерная форма пеляди и озерно-речной сибирский хариус, населяющие горные озера и некоторые реки бассейнов рек Кара и Печора, характеризуются разорванным многоочаговым ареалом, обитая во многих водоемах преимущественно горной области западных макросклонов Приполярного и Полярного Урала.

Обращает внимание еще одно обстоятельство, связанное с вхождением в 1994 г. большинства из обследованных озер в состав национального парка «Югыд ва»: если в 90-х гг. прошлого века нами неоднократно отмечался перелов рыбы независимо от наличия или отсутствия статуса особо охраняемых территорий [24, 6, 25], то в последние годы это явление в отношении горных озер наблюдается, как правило, вне границ резервата.

Исследованные материалы расширяют наши представления о биологическом разнообразии водных экосистем высоких широт и, в частности, одних из наименее изученных в этом отношении до появления наших работ горных и предгорных озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала. При этом полученная информация о структуре и разнообразии рыбного населения в горных и предгорных субарктических и арктических озерах позволяет лучше понять закономерности структурно-функциональной организации водных сообществ в условиях преимущественно низких температур среды обитания и оценить их адаптивный потенциал.

Можно спрогнозировать возможность – при дальнейшем глобальном потеплении – массового развития карповых и окуневых рыб, что уже имеет место во многих водоемах и речных системах Западной Европы и России в результате эвтрофикации водоемов. В бассейне Печоры очаги распространения язя, плотвы, окуня и ерша имеются даже в отдаленных горных районах Северного, Приполярного и Полярного Урала.

Таким образом, в результате многолетних ихтиофаунистических исследований горных и предгорных озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала установлены:

- множественность изолятов предполагаемых послеледниковых реликтов западных склонов Приполярного и Полярного Урала (локальные группировки пеляди бассейнов рек Малая и Большая Уса, Вангыр и Большой Паток, жилой формы аркти-

ческого гольца бассейнов рек Малая Уса, Кожим, Косью, Вангыр и Войвож-Сыня);

- географическая разнонаправленность путей проникновения в водоемы западных склонов Урала сибирской фауны (сибирский хариус бассейнов рек Кара, Лемва, Кожим, Большой Паток и Торговая);

- мозаичность послеледникового распространения равнинных бореальных видов (плотва в горных озерах бассейнов рек Косью, Большой Паток и Торговая; озерный гольян в озерах бассейнов рек Косью, Войвож-Сыня и Щугор).

Литература

1. *Биологическое разнообразие уральского Припечорья* / Под ред. В.И. Пономарева и Т.Н. Пыстиной. Сыктывкар, 2009. 264 с.
2. *Биологическое разнообразие Республики Коми* / Под ред. В.И. Пономарева и А.Г. Татаринова. Сыктывкар, 2012. 264 с.
3. *Никольский Г.В., Громчевская Н.А., Морозова Г.И., Пикулева В.А.* Рыбы бассейна Верхней Печоры. М., 1947. 224 с.
4. *Кучина Е.С.* Ихтиофауна притоков р. Усы // Рыбы бассейна р.Усы и их кормовые ресурсы. М.-Л., 1962. С.176–211.
5. *Соловкина Л.Н.* Рыбные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1975. 168 с.
6. *Пономарев В.И., Сидоров Г.П.* Обзор ихтиологических и рыбохозяйственных исследований в бассейне реки Печора // Водные организмы в естественных и трансформированных экосистемах европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 2002. С. 5–33. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 170).
7. *Кучина Е.С.* Новые данные по ихтиофауне бассейна р. Печоры // Изв. Коми филиала Географического общества СССР, 1959. № 5. С. 184–187.
8. *Соловкина Л.Н.* Особенности ихтиофауны бассейна р. Усы в связи с его четвертичной историей. Сыктывкар, 1960. С.37–47. (Тр. Коми филиала АН СССР; № 9).
9. *Зверева О.С., Кучина Е.С., Соловкина Л.Н.* Особенности гидробиологии бассейна р. Усы и его рыбохозяйственное значение // Рыбы бассейна реки Усы и их кормовые ресурсы. М.-Л., 1962. С. 269–275.
10. *Бассейн реки Малый Паток: дикая природа* / Под ред. В.И. Пономарева. Сыктывкар, 2007. 216 с.
11. *Долгушин Л.Д., Кеммерих А.О.* Горные озера Приполярного и Полярного Урала // Изв. АН СССР. Сер. Географическая. 1959. № 5. С. 76–84.
12. *Биоразнообразие экосистем Полярного Урала* / Под ред. М.В. Гецен. Сыктывкар, 2007. 252 с.
13. *Пономарев В.И.* Рыбы предгорных озер водосбора реки Пага (бассейн реки Лемва, Полярный Урал) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. № 87. С.96–100.
14. *Пономарев В.И.* Рыбное население горных озер верховьев реки Уса (бассейн реки Печора, Полярный Урал) // Животный мир горных территорий. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С.421–427.
15. *Пономарев В.И.* Рыбное население горных озер западных склонов Полярного и Приполярного Урала // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1 (15). С. 1335–1340.
16. *Пономарев В.И., Лоскутова О.А.* Ихтиофауна и бентос предгорных озер западных склонов Северного Урала // Первый Всерос. конгресс ихтиологов: Тез. докл. М.: ВНИРО, 1997. С.128.
17. *Пономарев В.И., Лоскутова О.А.* Ихтиофауна и бентос Межгорных озер (Приполярный Урал, бассейн р.Печора) // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Матер. Междунар. науч. конф. по озерным экосистемам. Минск, 2000. С.361–366.
18. *Пономарев В.И., Лоскутова О.А.* Горные озера особо охраняемых территорий западных склонов Северного и Приполярного Урала: общая характеристика, перспективы изучения и уставного использования // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых территорий европейского Севера и Урала: Матер. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2006. С. 148–160.
19. *Ponomarev V.I., Loskutova O.A.* Diversity of zoobenthos and fish communities of lakes in the Kara Sea basin // Verh. Internat. Verein. Limnol. Vol. 29. Stuttgart, October 2006. P.1715–1718.
20. *Пономарев В.И., Лоскутова О.А., Фефилова Е.Б., Юркин О.М.* Гидробионты Пономаревского озера (Приполярный Урал) // Тез. докл. Междунар. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера». Петрозаводск, 1995. С.107–108.
21. *Голдина Л.П.* Озера бассейна реки Большой Паток (Приполярный Урал), их значение и охрана // Изв. Всесоюз. географического общества, 1973. Т. 105. Вып. 5. С. 463–465.
22. *Пономарев В.И.* Видовое разнообразие рыбного населения водоемов западных склонов Приполярного и Полярного Урала // Современное состояние биоресурсов внутренних вод: Матер. докл. II Всерос. конф. с междунар. участием. М.: ПОЛИГРАФ-ПЛИУС, 2014. Т. 2. С. 464–470.
23. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северный край* / Под ред. И.М. Жила и Н.М. Алюшинской. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 664 с.
24. *Actual state of the Pechora basin ecosystems: biological richness of an undisturbed river flow* / A.Taskaev, B.Fokkens, I.Lavrinenko, M.van Eerden, O.Lavrinenko, V.Ponomarev // Dealing with nature in Deltas: Proc. of Wetland management Symp. Lelystad (The Netherlands), 1998. P. 81–91.
25. *Multiple indicators of human impacts on the environment in the Pechora Basin, north-eastern European Russia*/T.R.Walker, P.D.Crit-

tenden, V.Dauvalter, Jones., P.Kuhry, O.Loskutova, K.Mikkola, A.Nikula, E.Patova, V.Ponomarev, T.Pystina, O.Ratti, N.Solovieva, A.Stenina, T.Virtanen, D.Y. Scott// Ecological indicators. 2009. Vol. 9. Issue 4. P. 765–779.

References

1. *Biologicheskoe raznoobrazie ural'skogo Pripechoria* [Biological diversity of the Pre-Pechora Urals]. Eds. V.I. Ponomarev and T.N. Pystina. Syktyvkar, 2009. 264 p.
2. *Biologicheskoe raznoobrazie Respubliki Komi* [Biological diversity of the Republic of Komi]. Eds. V.I. Ponomarev and A.G. Tatarinov. Syktyvkar, 2012. 264 p.
3. *Nikol'sky G.V., Gromchevskaya N.A., Morozova G.I., Pikuleva V.A.* Ryby bassejna Verhnej Pechory [Fishes of the Upper Pechora basin]. Moscow, 1947. 224 p.
4. *Kuchina E.S.* Ihtiofauna pritokov r. Usy [The ichthyofauna of the Usa River tributaries]// *Ryby bassejna r.Usy i ih kormovye resursy* [Fishes of the Usa River basin and their food supply]. Moscow-Leningrad, 1962. P.176-211.
5. *Solovkina L.N.* Rybnye resursy Komi ASSR [Fish resources of Komi ASSR]. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1975. 168 p.
6. *Ponomarev V.I., Sidorov G.P.* Obzor ihtiologicalicheskikh i rybohozajstvennyh issledovanij v bassejne reki Pechora [Review of the ichthyological and fishery research in the Pechora River basin] // *Vodnye organizmy v estestvennyh i transformirovannyh jekosistemah evropejskogo Severo-Vostoka* [Aquatic organisms in natural and transformed ecosystems of the European North-East]. Syktyvkar, 2002. P. 5–33. (Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, No. 170).
7. *Kuchina E.S.* Novye dannye po ihtiofaune bassejna r. Pechory [New data on the ichthyofauna of the Pechora River basin] // *Izv. Komi filiala Geograficheskogo obshhestva SSSR* [Proc. of the Komi Branch of the USSR Geogr. Soc.], 1959, No. 5. P. 184–187.
8. *Solovkina L.N.* Osobennosti ihtiofauny bassejna r. Usy v svjazi s ego chetvertichnoj istoriej [Features of the ichthyofauna of the Usa River basin connected with its Quaternary history]. Syktyvkar, 1960. P. 37–47. (Proc. of Komi Branch of the USSR Ac. Sci. No.9).
9. *Zvereva O.S., Kuchina E.S., Solovkina L.N.* Osobennosti gidrobiologii bassejna r. Usy i ego rybohozajstvennoe znachenie [Hydrobiological features of the Usa River basin and its commercial fishing importance] // *Ryby bassejna reki Usy i ih kormovye resursy* [Fishes of the Usa River basin and their food supply]. Moscow-Leningrad, 1962. P. 269–275.
10. *Bassejn reki Malyj Patok: dikaja priroda* [The Maly Patok River basin: wildlife] / Ed. V.I. Ponomarev. Syktyvkar, 2007. 216 p.
11. *Dolgushin L.D., Kemmerikh A.O.* Gornye ozera Pripoljarnogo i Poljarnogo Urala [Mountain lakes of the Pre-Polar and Polar Urals] // *Izv. AN SSSR, ser. Geograficheskaja* [Proc. of the USSR Ac. Sc., Geographical series]. 1959. No. 5. P. 76–84.
12. *Bioraznoobrazie jekosistem Poljarnogo Urala* [Ecosystem biodiversity of the Polar Urals]. Ed. M.V. Getsen. Syktyvkar, 2007. 252 p.
13. *Ponomarev V.I.* Ryby predgornyh ozer vodosbora reki Paga (bassejn reki Lemva, Poljarnyj Ural) [Fishes of piedmont lakes in the catchment area of the Paga River basin (the Lemva River basin, the Polar Urals)]//*Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Univ.]. 2008. No.87. P. 96–100.
14. *Ponomarev V.I.* Rybnoe naselenie gornyh ozer verhov'ev reki Usa (bassejn reki Pechora, Poljarnyj Ural) [The ichthyofauna of mountain lakes in the Usa River headwaters (the Pechora River basin, the Polar Urals)] // *Zhivotnyj mir gornyh territorij* [Fauna of mountain territories]. Moscow: Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK [Partnership of Sci. Publications KMK], 2009. P. 421-427.
15. *Ponomarev V.I.* Rybnoe naselenie gornyh ozer zapadnyh sklonov Poljarnogo i Pripoljarnogo Urala [The ichthyofauna of mountain lakes of the western slopes of the Polar and Pre-Polar Urals] // *Proc. of Samara Sci. Centre, RAS*, 2010. Vol. 12. No. 1 (15). P. 1335-1340.
16. *Ponomarev V.I., Loskutova O.A.* Ihtiofauna i bentos predgornyh ozer zapadnyh sklonov Severnogo Urala [The ichthyofauna and benthos of piedmont lakes of the western slopes of the Northern Urals] // *Pervyj Vser. kongress ihtologov: Tez. dokl.* [The First All-Russian Congress of Ichthyologists: Abstracts of reports]. Moscow: VNIRO, 1997. P. 128.
17. *Ponomarev V.I., Loskutova O.A.* Ihtiofauna i bentos Mezhgornyh ozer (Pripoljarnyj Ural, bassejn r.Pechora) [The ichthyofauna and benthos of the Mezhgornye Lakes (the Pre-Polar Urals, the Pechora River basin)] // *Ozernye jekosistemy: biologicheskie processy, antropogennaja transformacija, kachestvo vody* [Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, water quality]: *Proc. of Intern. Sci. Conf. on Lake Ecosystems*. Minsk, 2000. P. 361-366.
18. *Ponomarev V.I., Loskutova O.A.* Gornye ozera osobo ohranjaemyh territorij zapadnyh sklonov Severnogo i Pripoljarnogo Urala: obshhaja harakteristika, perspektivy izuchenija i ustavnogo ispol'zovanija [Mountain lakes of protected areas of the western slopes of the Northern and Pre-Polar Urals: general characteristics, prospects of research and regulations-based exploitation] // *Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija osobo ohranjaemyh territorij evropejskogo Severa i Urala* [Current state and development prospects of the European North and the Urals protected areas]: *Proc. of theor. and pract. Conf. dedicated to the 75th anniversary of the Pechora-Ilych Nature Reserve*. Syktyvkar, 2006. P. 148-160.
19. *Ponomarev V.I., Loskutova O.A.* Diversity of zoobenthos and fish communities of lakes in the Kara Sea basin // *Verh. Internat. Verein.*

- Limnol. Vol. 29. Stuttgart, October 2006. pp.1715-1718.
20. *Ponomarev V.I., Loskutova O.A., Fefilova E.B., Yurkin O.M.* Hidrobionty Ponomarevskogo ozera (Pripoljarnyj Ural) [Hydrobionts of Lake Ponomarevskoe (the Pre-Polar Urals)] // Tez. dokl. mezhdunar. konf. "Biologicheskie resursy Belogo morja i vnutrennih vodoemov Evropejskogo Severa" [Abstracts of reports of the Intern. Conf. "Biological resources of the White Sea and inland water bodies of Northern Europe"]. Petrozavodsk, 1995. P.107-108.
 21. *Goldina L.P.* Ozera bassejna reki Bol'shoj Patok (Pripoljarnyj Ural), ih znachenie i ohrana [Lakes of the Bolshoi Patok River basin (the Pre-Polar Urals), their importance and protection] // Proc. of All-Union Geogr. Society, 1973. Vol. 105. Issue 5. P. 463-465.
 22. *Ponomarev V.I.* Vidovoe raznoobrazie rybnogo naselenija vodoemov zapadnyh sklonov Pripoljarnogo i Poljarnogo Urala [Species diversity of the ichthyofauna of water bodies of the western slopes of the Pre-Polar and Polar Urals] /Sovremennoe sostojanie bioresursov vnutrennih vod [The current state of bioresources of inland waters]: Proc. of the 2nd All-Russian conf. with intern. participation. Moscow: POLIGRAPH-PLYUS, 2014. Vol. 2. P. 464-470.
 23. *Resursy poverhnostnyh vod SSSR.* Tom 3. Severnyj kraj [Resources of USSR surface waters]. Vol. 3. The Northern land]. Eds. I.M. Zhil, N.M. Alyushinskaya. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 664 p.
 24. Actual state of the Pechora basin ecosystems: biological richness of an undisturbed river flow / *A.Taskaev, B.Fokkens, I.Lavrinenko, M.van Eerden, O.Lavrinenko, V.Ponomarev* // Dealing with nature in Deltas: Proc. of Wetland management Symp. Lelystad (The Netherlands), 1998. P. 81-91.
 25. Multiple indicators of human impacts on the environment in the Pechora Basin, north-eastern European Russia / *T.R.Walker, P.D.Crittenden, V.Dauvalter, Jones, P.Kuhry, O.Loskutova, K.Mikkola, A.Nikula, E.Patova, V.Ponomarev, T.Pystina, O.Ratti, N.Solovieva, A.Stenina, T.Virtanen, D.Y.Scott.* // Ecological indicators. 2009. Vol. 9. Issue 4. P. 765-779.

Статья поступила в редакцию 27.02.2017.

УДК 582.711.71:631.526(470.13)

БИОЛОГИЯ РЕДКОГО ВИДА – КУРИЛЬСКОГО ЧАЯ (*PENTAPHYLLOIDES FRUTICOSA*) – В КУЛЬТУРЕ НА СЕВЕРЕ

С.А. МИФТАХОВА, О.В. СКРОЦКАЯ, К.С. ЗАЙНУЛЛИНА

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
skrockaja@ib.komisc.ru

Изучены биологические особенности образцов разного географического происхождения редкого и ценного лекарственного, декоративного растения *Pentaphylloides fruticosa* (курильский чай кустарниковый). Показано, что анатомическое строение листовой пластинки *P. fruticosa* характеризует его как типично мезоморфное и светлюбивое растение. Установлено, что длительность онтогенетических состояний у изучаемых особей курильского чая в культуре на Севере сокращается. Отмечено промежуточное онтогенетическое состояние, когда у растений первого года жизни, имеющих признаки виргинильного онтогенетического состояния, наблюдается цветение. Дана генетическая характеристика коллекционных образцов *P. fruticosa*.

Ключевые слова: *Pentaphylloides fruticosa*, биологические особенности, генетическая характеристика, среднетаежная подзона Республики Коми

S.A. MIFTAKHOVA, O.V. SKROTSKAYA, K.S. ZAINULLINA. BIOLOGY OF THE RARE SPECIES OF *PENTAPHYLLOIDES FRUTICOSA* (ROSACEAE) IN CULTURE IN THE NORTH

The purpose of this work was studying the biology of development, definition of a pool of flavonoids in medicinal raw materials and the genetic characteristics of the introduced plants of different samples of *P. fruticosa* (L.) O.Schwarz in conditions of the middle taiga subzone of the Komi Republic. Objects of research work are plants of five samples of *P. fruticosa* of various geographical origin (Gorno-Altaysk – a natural sample, Novosibirsk (The Central Siberian botanical garden), three samples of local reproduction of different age) and two samples collected in the Inta region of the Komi Republic on the right and left banks of the river Lemva. The standard modern methods of research were used: morphological, ontogenetic, anatomic, genetic, biochemical. It is established that duration of the ontogenetic states of plants in conditions of culture is reduced in comparison with natural ones. At the same time the intermediate ontogenetic state is noted, when along with blossoming there are signs of a virgin ontogenetic state. Features of structure of a flower are revealed and the process of pollination of the introduced samples is traced. Plants annually form full seeds, that speaks about resistance of their reproductive organs to new soil climatic conditions and the ability to self-renewal. It is shown that the anatomic structure of a sheet plate of *P. fruticosa* characterizes the plant as typically mesomorphic and photophilous. This information is useful for development of methods of its cultivation. For the purpose of studying the intraspecific diversity of collection samples of *P. fruticosa* the genetic analysis was carried out. The obtained material is necessary for further work on specification of taxonomical structure of the genus *Dasiphora*, including in the region.

Keywords: *Pentaphylloides fruticosa*, biological features, genetic characteristics, middle taiga subzone of the Komi Republic

Коллекции генетических ресурсов растений, в том числе редких и исчезающих видов, сохраняемых в ботанических садах, имеют большое значение, являясь основой для научных исследований. Их создание и сохранение считается необходимым условием надежной консервации и эффективного использования генетических ресурсов. Изучение этих видов на молекулярно-генетическом уровне позволит решить главную проблему в сохранении

биоразнообразия – отбор наиболее типичных представителей популяций, а также таксономическую дифференциацию объектов исследования [1], но вместе с тем и привлечение образцов из популяций растений со специфическими характеристиками генотипов [2]. Анализ ДНК напрямую раскрывает геном и может дать устойчивые характеристики растения, нейтральные по отношению к среде обитания и пригодные для идентификации генотипов,

регистрации и маркирования хозяйственно-ценных генов и признаков [3]. Ключевую роль в этом играют оценка биоразнообразия, представленного в коллекции, а также характер и уровень генетического разнообразия растений каждого образца коллекции.

На сегодняшний день актуальной остается проблема получения лекарственного сырья, особенно для северных районов России. Одним из ценных сырьевых растений, всесторонне изучаемых в настоящее время как кормовое, лекарственное и декоративное, является *Pentaphylloides fruticosus* (L.) O.Schwarz – курильский чай кустарниковый – из семейства Rosaceae Juss. реликтовое редкое растение северо-востока европейской части России. Он включен в Красную книгу Республики Коми [4], имеет статус 2(V) – редкий уязвимый вид с сокращающейся численностью. Вид произрастает только в Северном полушарии и имеет дизъюнктивный ареал, состоящий из азиатской, европейской и североамериканской частей [5]. Для более активного введения в культуру *P. fruticosus* недостаточно изучены некоторые вопросы его биологии (онтогенез, процессы репродукции и др.).

Целью настоящих исследований являлось изучение биологии развития и генетическая характеристика интродуцированных растений разных образцов *P. fruticosus* в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми.

Материал и методы

Исследования проводились в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра УрО РАН, расположенном в 8 км к югу от г. Сыктывкара (62° с.ш., 50° в.д.) – подзона средней тайги. Климатические условия в районе исследований весьма суровые. Сезоны года отличаются большой неравномерностью по продолжительности, наиболее длительным является зимний. Вегетационный период начинается в последней декаде апреля, когда среднесуточная температура воздуха становится выше +5°C. Его продолжительность составляет 150 дней, сумма суточных температур за этот период – 1800°C. Продолжительность периода активной вегетации со среднесуточными температурами +10°C изменяется от 90 до 110 дней, сумма суточных температур в этот период – 1450°C. Территория относится к достаточно увлажненному району, среднегодовая сумма осадков – 500–600 мм, из которых 400–450 мм выпадает в теплый период года [6]. Почвы на участке Ботанического сада дерново-подзолистые, глееватые, среднекультуренные, суглинистого механического состава. Материалом для исследования (в 2007 – 2015 гг.) послужили растения пяти образцов *P. fruticosus* различного географического происхождения (Горно-Алтайск – природный образец, Новосибирск (Центральный сибирский ботанический сад – ЦСБС), три образца местной репродукции разного возраста (четвертого, седьмого и десятого годов жизни) и двух образцов, собранных в Интинском районе Республики Коми на правом и левом берегах р.Лемвы, где для сохранения основной части популяции данного вида организован памятник природы

«Лемвинский» (самое северное островное местонахождение растений *P. fruticosus* в Европе).

Определение возрастных состояний проводили согласно классификации Т.А.Работнова [7], дополненной методиками А.А.Уранова [8] и Л.А.Жуковой [9]. При описании цветка руководствовались «Атласом по описательной морфологии высших растений. Цветок» [10]. Для изучения анатомо-морфологических признаков листа *P. fruticosus* фиксировали листья в полевых условиях в период цветения (конец июля). Определение количественных показателей проводили в лабораторных условиях, на временных препаратах, сделанных при помощи вибрационного микротомы для мягких тканей [11]. Изучали препараты с использованием микроскопа ZEISS Axiovert 200 м. Генетический анализ растительных проб образцов *P. fruticosus* проведен сотрудниками Центра коллективного пользования «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Степень идентичности определялась как доля (в процентах) одинаковых нуклеотидов, занимающих одни и те же позиции у каждой из сравниваемых нуклеотидных последовательностей. За высокую степень идентичности принимали 99–100%-ный уровень.

Результаты и обсуждение

P. fruticosus – сильно ветвящийся невысокий кустарник, 20–150 см высоты, шаровидной формы с перистыми желтовато-зелеными листьями, состоящими обычно из пяти, реже трех–семи ланцетных, волосистых с обеих сторон листочков. Ветви покрыты серо-бурой отслаивающейся корой. Молодые побеги цилиндрические, опушенные. Золотисто-желтые цветки обычно в щитках или небольших рыхлых верхушечных кистях. Плоды состоят из отдельных сухих волосистых семян, иногда серповидно изогнутых. Растет на хорошо освещенных местах по берегам рек, на лугах, в кустарниковых зарослях и на каменистых склонах в центральных областях европейской части России, на Кавказе, в Сибири и на Дальнем Востоке. Встречается в Западной Европе, Китае, Монголии, Японии и в Северной Америке [12]. В Республике Коми произрастает на Приполярном Урале – верхнее и среднее течение рек Щугер, Кожим и Лемва [4].

P. fruticosus хорошо размножается как семенами, так и черенкованием, достаточно зимостоек [13]. Для изучения онтогенеза семена местной репродукции образца из Горно-Алтайска в мае предварительно высевались в теплицу для получения рассады. В имматурном онтогенетическом состоянии растения были перенесены в открытый грунт. Длительность онтогенетических состояний у особей *P. fruticosus* в культуре сокращается по сравнению с природными условиями. Описание его онтогенеза в природе в Горном Алтае сделано Л.М. Шафрановой [14]. Е.К. Комаревцевой [15] была определена длительность онтогенетических состояний: р – до года, j – 2–4 года, im – 3–5 лет, v – 20–30 лет. При интродукции в среднетаежную подзону Республики Коми их продолжительность значительно сократилась: р – 11 – 13 дней, j – 20–30 дней, im – 20–30 дней, в виргинильное онтогенетическое состояние (v) боль-

шая часть растений переходит в середине сентября и находится в нем до середины июля следующего вегетационного периода (второго года жизни). В природе *P. fruticosa* зацветает в возрасте 12–20 лет [15]. Нами установлено, что в культуре в первый год жизни особей цветение наступает, когда вегетативная сфера еще не совсем сформировалась. Наблюдается промежуточное состояние, когда наряду с появлением генеративных органов остаются признаки, характерные для растений виргинильного онтогенетического состояния. Основная масса растений вступает в генеративный период со второго года жизни. Вегетация на второй и последующие годы жизни начинается в начале мая. Цветение продолжительное и обильное – с последней декады июня и до октября. Цветки в диаметре до 2,9 см. У растений третьего года жизни до пяти – семи осей возобновления, к шестому году, когда кусты значительно разрастаются, их уже насчитывается до 20–25. На трех- и шестилетних растениях до 147 и 590 цветков на одной оси соответственно. В течение всего периода цветения куст выглядит очень декоративно, поэтому *P. fruticosa* рекомендуется для использования в зеленом строительстве. Растения ежегодно формируют зрелые семена, сбор которых проводится с середины августа.

Для *P. fruticosa* характерен половой полиморфизм. Известно, что данный вид образует цветки трех типов: мужские, женские и обоеполюе. По степени половой дифференциации в естественных условиях Горного Алтая выделены следующие популяции: мономорфные (состоящие из особей с обоеполюми цветками) и гетероморфные, куда входят либо только мужские и женские (диэцичные ценопопуляции), либо мужские, женские и обоеполюе особи (триэцичные ценопопуляции). Любая особь имеет цветки только одного полового типа [16]. Однако сведения по изучению процессов репродукции *P. fruticosa* на Северо-Востоке европейской части России немногочисленны. Объектом для исследований послужил образец *P. fruticosa*, привлеченный из Горно-Алтайска. Изучение структуры соцветий – одна из самых сложных областей морфологии. Исследователи, изучавшие этот вид в природе, отмечают, что цветки собраны в небольшие рыхлые верхушечные кисти или щитки [17], или в немногочетковые соцветия [15]. Наблюдения за растениями *P. fruticosa* в условиях интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми показали, что в первые годы жизни они образуют в основном единичные цветки. В последующие годы – соцветия сложные в многоярусных дихазиях, очень редко – одиночные цветки. Главная ось заканчивается цветком (закрытые соцветия), также как и боковые оси обладают ограниченным ростом (монотелические соцветия).

Растения среднего и старого генеративного онтогенетических состояний завершают цветение уже к началу сентября. Распускание цветков в соцветии происходит в течение длительного периода, и они находятся на разных этапах развития. При этом бутоны в основании соцветия могут не распус-

таться в течение периода вегетации. Цветок за счет удлинения цветоножки всегда оказывается выше бутонов или уже отцветших цветков. Продолжительность цветения отдельного цветка – от одного до пяти дней. Цветки растений разных образцов *P. fruticosa*, выращиваемых в Ботаническом саду, в диаметре от 2,6 до 3,4 см, обоеполюе, актиноморфные, в основном пентамерные (рис. 1), гетерохламидные (рис. 2). Чашечка двойная раздельнолистная, подпестичная, зеленого цвета неопушенная.



Рис. 1. Цветок *Pentaphylloides fruticosa*.
Fig. 1. *Pentaphylloides fruticosa* flower.



Рис. 2. Двойная чашечка (лепестки удалены).
Fig. 2. A double cup (petals are removed).

Чашелистики внешнего круга продолговато-линейные с заостренной вершиной, 4,5 – 7,7 мм длиной и 1 – 2,3 мм шириной. Венчик состоит из внешнего и внутреннего кругов, несущих обычно по пять лепестков желтого цвета. Внутренние лепестки треугольные или ланцетовидные, желтовато-зеленые 6,6 – 7,9 мм длиной и 3,2 – 4,7 мм шириной. Лепестки гладкие, округлые или яйцевидные длиной 8,2–13,2 мм и шириной 9,1–14 мм. Венчик опадает после отцветания цветка, чашечка, увядая, остается при плоде. Двойной околоцветник и тычинки сростаются с цветоложем и образуют блюдцевидный гипантий. Андроцей свободный, состоит из 22–33 прямых и отогнутых тычинок (рис. 3), прикреплен-



Рис. 3. Андроцей и гинецей *Pentaphylloides fruticosa* в закрытом бутоне перед опылением.
Fig. 3. Androecium and gynoecium *Pentaphylloides fruticosa* in closed bud before pollination.

ных основанием, неравных, длиннее гинецея, подпестичных. Тычиночная нить цилиндрическая, голая, длиной 1,1 – 2,7 мм. Связник (треугольный или яйцевидный) продолжает тычиночную нить. Пыльники по длине не равные, короче тычиночных нитей, сердцевидной или яйцевидной формы. Они достигают максимального размера перед опылением в закрытом бутоне. При их раскрытии пыльца попадает внутрь цветка. Гинецей апокарпный, из 34 – 62 пестиков (рис. 4). Пестик представлен одним плодолистиком. Он состоит из верхней, одногнездной завязи яйцевидной формы, стилодия и рыльца с густым опушением. После отцветания увядшие стилодии остаются на завязи.



Рис. 4. Гинецей *Pentaphylloides fruticosa*.
Fig. 4. Gynoecium *Pentaphylloides fruticosa*.

Для *P. fruticosa* характерен утренний максимум раскрытия цветков, приходящийся на время восхода солнца. Цветки распускаются однократно, цветут от одного до пяти дней в зависимости от метеоусловий. Согласно данным литературы, *P. fruticosa* относится к энтомофилам. Желтая окраска лепестков – одно из приспособлений к ксеногамному опылению насекомыми. В Горном Алтае цветки посещают 56 видов насекомых из пяти отрядов – перепончатокрылых (17 видов), двукрылых (28 видов), полужесткокрылых (3 вида), жесткокрылых (6

видов) и сетчатокрылых (2 вида), 39 видов отнесены к опылителям [18].

В 2011 г. проведено наблюдение за опылением в цветках *P. fruticosa*. Установлено, что высыпание пыльцы происходит в бутонах (клеистогамия), она высыпается из пыльников и оседает на рыльце (рис. 5), которое к этому моменту увлажняется. В цветках нет временного разобщения в функционировании мужских и женских генеративных органов (одновременное созревание пыльников и рылец) – адихогамное развитие. Явление клейстогамии представляет крайнюю форму автогамии и встречается довольно редко, если не является обязательным. В основном клейстогамия вы-



Рис. 5. Опыление в закрытом бутоне.
Fig. 5. Pollination in closed bud.

зывается неблагоприятными условиями внешней среды. Наблюдения проведены в разные периоды вегетационного сезона (в середине июля и начале октября). В июле, в период сухой жаркой погоды, ярко окрашенный венчик растений привлекал насекомых, которые активно посещали цветки в течение всего дня. В начале октября опыление цветков насекомыми было минимальным. Однако, чтобы подтвердить явление клейстогамии необходимо проводить дополнительные исследования.

Наличие многопорядковых соцветий, высокое обилие цветков и их последовательное цветение в течение длительного периода приводят к образованию фертильных семян и самосеву у *P. fruticosa*. Способность интродуцентов к размножению и самовозобновлению служит одной из характеристик успешности интродукции, а устойчивость репродуктивных органов растений к неблагоприятным факторам внешней среды является важнейшим показателем онтогенетической адаптации.

Лист растения в наибольшей степени связан с окружающей средой, поэтому его строение сильнее отражает изменения условий среды. Внешнее разнообразие листьев сопровождается таким же разнообразием их анатомического строения, которое связано как с таксономическим положением растений, так и с приспособлением их в процессе эволюции к различным местообитаниям [19]. Размеры листовой пластинки *P. fruticosa* в период цветения от 2 до 3 см длиной и от 3 до 3,5 см шириной. Ее толщина 10–16 мкм. Покровная ткань представ-

лена эпидермой с утолщенными наружными стенками клеток. Эпидерма одно-двухслойная, из крупных клеток неправильной формы. Их размеры на адаксиальной стороне от 2,25 до 1,2 мкм, на абаксиальной – от 1,0 до 0,7 мкм. Эпидерма с обеих сторон имеет волоски, причем с адаксиальной стороны листа их меньше. Между верхним и нижним эпидермисом находится основная фотосинтезирующая ткань – мезофилл, которая дифференцирована на палисадную и губчатую. Свет – ведущий экологический фактор, влияющий на нормальное развитие и функционирование фотосинтетического аппарата. Для выявления действия светового фактора на формирование ассимиляционного аппарата основное внимание уделяется толщине мезофилла, развитию палисадной и губчатой ткани. Мезофилл листа у растений *P. fruticosa* – дорсивентральный, что характерно для мезоморфных растений. Палисадная паренхима хорошо выражена и состоит из двух–трех слоев клеток, которые вытянуты в направлении, перпендикулярном поверхности эпидермиса, и имеют призматическую форму. Размеры столбчатого мезофилла от 4,2 до 6,5 мкм, губчатого от 2,7 до 3,7 мкм. Губчатая паренхима имеет высокий парциальный объем межклетников. Структурный тип листа представляет достаточно консервативный признак и не затрагивается при изменении экологических условий произрастания растений, меняются только его отдельные показатели, такие как толщина листа, мезофилла, коэффициент палисадности [20]. Анатомическое строение листовой пластинки *P. fruticosa* характеризует его как типично мезоморфное и светолюбивое растение, что следует учитывать при культивировании ценного лекарственного и декоративного растения.

Дана генетическая характеристика коллекционных образцов *P. fruticosa*. Получены последовательности рибосомальной ДНК (общая длина ITS-участков варьировала от 585 до 600 п.н.). Анализ сходства ITS-фрагментов рибосомальной ДНК коллекционных образцов *P. fruticosa* Ботанического сада Института биологии с идентичными последовательностями, депонированными в базе данных GenBank [21], показал, что все представленные образцы имеют общую видовую принадлежность к *Potentilla fruticosa* (синонимы: *Pentaphylloides fruticosa*, *Dasiphora fruticosa*, *Dasiphora fruticosa* var. *albicans*) рода *Dasiphora* L. (*Potentilla*) (см. таблицу). Степень идентичности полученных сиквенсов соответствует 99–100%-ному уровню последовательности нуклеотидов из NCBI-GenBank. Отмечена высокая гомология (99 %) последовательностей природного образца *P. fruticosa*, полученного из Горно-Алтайска, и коллекционных экземпляров ЦСБС с нуклеотидными последовательностями видов *Dasiphora davurica*, *Dasiphora glabra* и *Dasiphora phyllocalyx*. В базе данных последовательность природного образца *P. fruticosa* из Интинского района Республики Коми имеет гомологи по шести сиквенсам вида *Potentilla fruticosa* (*Dasiphora fruticosa*, *Pentaphylloides fruticosa*), а также вида *Dasiphora davurica* со степенью сходства в 99 %. Полученные

Результаты анализа 99 %-го сходства ITS-последовательностей между коллекционными образцами Ботанического сада ИБ и идентичными образцами, зарегистрированными в базе данных GenBank

The analysis of 99% similarity of ITS-sequences between collection samples of the Botanical Garden of the Institute of Biology and identical samples registered in the GenBank database

Виды рода <i>Pentaphylloides Hill</i> в базе данных GenBank	Образцы <i>Pentaphylloides fruticosa</i> в коллекции Ботанического сада Института биологии		
	Горный Алтай (природный образец)	ЦСБС	Интинский р-н, Республика Коми (природный образец)
<i>P. fruticosa</i>	+	+	+
<i>P. davurica</i>	+	+	+
<i>P. glabra</i>	+	+	-
<i>P. phyllocalyx</i>	+	+	-

(«+» — есть сходство, «-» — нет сходства)

(“+” – similarity, “-” – no similarity)

результаты по рибосомальным ITS последовательностям в дальнейшем послужат материалом для составления филогении у *Dasiphora* L., а также являются новыми дополнительными информативными маркерами для занесения их в базу данных NCBI-GenBank.

Заключение

Изучены биологические особенности растений образцов *P. fruticosa* разного географического происхождения при интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми. Установлено, что продолжительность онтогенетических состояний у особей в условиях культуры сокращается по сравнению с природными. Так, если по данным Е.Л. Комарцевой (2005) растения *P. fruticosa* в естественных местообитаниях вступают в фазу цветения на 12–20-е годы жизни, то при интродукции на Севере это может происходить в первый год жизни. При этом отмечено промежуточное онтогенетическое состояние, когда, наряду с цветением, имеются признаки виргинильного онтогенетического состояния. В результате сравнительного морфологического анализа выявлены особенности строения цветка и прослежен процесс опыления интродуцируемых образцов. Растения изученных образцов ежегодно формируют фертильные семена, что говорит о возможности интродуцентов к самовозобновлению и устойчивости их репродуктивных органов к новым почвенно-климатическим условиям. Это является одним из важнейших показателей онтогенетической адаптации. Отмечено, что анатомическое строение листовой пластинки *P. fruticosa* характеризует растение как типично мезоморфное и светолюбивое, что является необходимой информацией для разработки приемов его выращивания.

С целью изучения внутривидового разнообразия коллекционных образцов *P. fruticosa* проведен их генетический анализ. Сравнение последовательностей их ITS-фрагментов рибосомной ДНК с данными NCBI-GenBank установлено, что все ис-

следуемые растения идентифицируются на 99 – 100%-ном уровне как *P. fruticosa*, природный образец *P. fruticosa* из Горно-Алтайска и коллекционные экземпляры ЦСБС гомологичны (99%) *Dasiphora davurica*, *Dasiphora glabra* и *Dasiphora phyllocalyx*. Природный образец *P. fruticosa* из Интинского района Республики Коми имеет высокую степень генетического родства с видом *Dasiphora davurica*. Полученный материал необходим для дальнейшей работы по уточнению таксономического состава рода *Dasiphora*, в том числе и в регионе.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Некоторые аспекты репродуктивной биологии ресурсных видов растений в культуре на европейском Северо-Востоке России» № 115012860039.

Авторы выражают искреннюю благодарность научным сотрудникам Центра коллективного пользования «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН к.б.н. Е.А.Юшковой, к.б.н. И.С.Боднар, к.б.н. Д.М.Шадрину за выполнение генетической характеристики коллекционных образцов *Pentaphylloides fruticosa*.

Литература

1. Оценка молекулярно-генетического полиморфизма редких и охраняемых видов растений Республики Беларусь / О.В.Дзюбан, З.Е.Грушецкая, В.Н.Тихомиров, В.Д.Поликсенова, В.И.Парфенов // Актуальные проблемы генетики и молекулярной биологии в рамках фестиваля науки: Тез. докладов Всерос. молодежной конференции «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России». Уфа, 2012. 68 с.
2. Боронникова С.В. Молекулярно-генетический анализ генофондов редких и исчезающих видов растений Пермского края: Автореф. дис. ... доктора биол. наук. Уфа, 2009. 44 с.
3. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н., Прудникова Е.Г. Применение ПЦР-метода для маркирования сельскохозяйственных растений // Вестник ОрелГАУ. 2009. Т.18. №3. С. 32–35.
4. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 791 с.
5. Юзепчук С.В. Лапчатка – *Potentilla* L. // Флора СССР. М.; Л., 1941. Т. 10. С. 68–223.
6. Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. М., 1997. 116 с.
7. Работнов Т.А. Методы определения возраста и длительности жизни у травянистых растений // Полевая геоботаника. М.; Л., 1960. Т.2. 500 с.
8. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. М., 1967. С. 3–8.
9. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола, 1995. 224 с.
10. Федоров А.А., Артющенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Цветок. Л., 1975. С.177.
11. Скупченко В.В. Вибрационная микротомия мягких тканей. Сыктывкар, 1979. 56 с. (Сер. препр. сообщений «Новые научные методики» / Коми филиал АН СССР; Вып. 2).
12. Деревья и кустарники СССР / Под ред. П.И.Лапина. М., 1966. С. 395.
13. Скупченко Л.А., Мишуров В.П., Волкова Г.А., Портнягина Н.В. Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми (Итоги работы Ботанического сада за 50 лет; Т. III). СПб., 2003. 214 с.
14. Шафранова Л.М. Жизненные формы и морфогенез *Potentilla fruticosa* L. в различных условиях произрастания // Бюл. МОИП. 1964. Т. 71. Вып. 4. С. 101–110.
15. Комаревцева Е.К. Онтогенез и структура популяций *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) Горного Алтая // Растит. ресурсы. 2005. Т. 41. Вып. 1. С. 27–34.
16. Годин В.Н. Половая структура ценопопуляций *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) в естественных условиях Горного Алтая // Ботан. журнал. 2002. Т. 87. № 9. С.92–99.
17. Иванова З.Я. Курильский чай. М., 2005. 56 с.
18. Годин В.Н. Половой полиморфизм как фактор адаптации *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz в Алтае-Саянской горной области: Автореф. дис. ... доктора биол. наук. Новосибирск, 2009. 31 с.
19. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений / Т.И.Серебрякова, Н.С.Воронин, А.Г.Еленевский, Т.Б.Батыгина, Н.И.Шорина, Н.П.Савиных. М., 2007. 543 с.
20. Оганезова Г.Г. Экологический тип листа и история происхождения некоторых лилейных // Современные проблемы экологической анатомии растений: Материалы I Всесоюз. совещ. по экологической анатомии растений. Ташкент, 1987. С. 66–69.
21. GenBank Home. 2015; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>.

References

1. Ocenka molekularno-geneticheskogo polimorfizma redkih i ohranjaemykh vidov rastenij Respubliki Belarus' [Assessment of molecular and genetic polymorphism of rare and protected species of plants of the Republic of Belarus] / Dzyuban O.V., Grushetskaya Z.E., Tikhomirov V.N., Poliksenova V.D., Parfenov V.I. // Actual problems of genetics and molecular biology in the frames of the festival of science: Abstracts of reports of All-Russia Youth Conf. "Research and sci.-pedagog. personnel of innovative Russia". Ufa, 2012. 68 p.
2. Boronnikova S.V. Molekularno-geneticheskij analiz genofondov redkih i ischezajushchih vidov rastenij Permskogo kraja [Molecular and genetic analysis of gene pools of rare and endangered species of plants of Perm Region]: Abstract of diss. ... Dr. Sci. (Biology). Ufa, 2009. 44 p.
3. Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N., Prudnikova E.G. Primenenie PCR-metoda dlja markirova-

- nija sel'skhozjajstvennyh rastenij [Application of the PTsR-method for marking of agricultural plants] // Vestnik OrelGAU [Bull. of Orel Agr. Univ.]. 2009. Vol. 18. № 3. P. 32 – 35.
4. *Krasnaja kniga* Respubliki Komi [The Red Book of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2009. 791 p.
5. *Yuzepchuk S.V.* Potentilla – Potentilla L. [Lapchatka – Potentilla L.] // Flora of the USSR. Moscow; Leningrad, 1941. Vol. 10. P. 68-223.
6. *Atlas po klimatu i gidrologii* Respubliki Komi [The atlas on climate and hydrology of the Komi Republic]. Moscow, 1997. 116 p.
7. *Rabotnov T.A.* Metody opredelenija vozrasta i dlitel'nosti zhizni u travjanistyh rastenij [Methods of definition of age and longevity in grassy plants] // Polevaja geobotanika [Field geobotany]. Moscow; Leningrad, 1960. Vol.2. 500 p.
8. *Uranov A.A.* Ontogenez i vozrastnoj sostav populacij [Ontogenesis and age composition of populations] // Ontogenez i vozrastnoj sostav populacij cvetkovyh rastenij [Ontogenesis and age composition of flowering plants]. Moscow, 1967. P. 3-8.
9. *Zhukova L.A.* Populjacionnaja zhizn' lugovyh rastenij [Population life of meadow plants]. Ioshkar-Ola, 1995. 224 p.
10. *Fedorov A.A., Artyushenko Z.T.* Atlas po opisatel'noj morfologii vysshih rastenij. Cvetok. [The atlas on descriptive morphology of the higher plants. Flower]. Leningrad, 1975. P.177.
11. *V.B.Skupchenko.* Vibracionnaja mikrotomija mjagkoj tkani: [Vibrating microtomy of soft tissues]: Syktyvkar, 1979. 55 p. (Series of preprints "New scientific techniques" / (Komi Branch, USSR Ac.Sci.; Issue 2).
12. *Derev'ja i kustarniki SSSR* [Trees and bushes of the USSR] / Ed. P.I.Lapin. Moscow, 1966. P. 395.
13. *Skupchenko L.A., Mishurov V.P., Volkova G.A., Portnyagina N.V.* Introdukcija poleznyh rastenij v podzone srednej tajgi Respubliki Komi (Itogi raboty Botanicheskogo sada za 50 let) [Introduction of useful plants in the middle taiga subzone of the Komi Republic (Results of the Botanical Garden in 50 years); Vol. III]. St.Petersburg, 2003. 214 p.
14. *Shafranova L.M.* Zhiznennye formy i morfogenez Potentilla fruticosa L. v razlichnyh uslovijah proizrastanija [Vital forms and morphogenesis of Potentilla fruticosa L. in various conditions of growth] // Bull. MOIP. 1964. Vol. 71. Issue 4. P. 101-110.
15. *Komarevtseva E.K.* Ontogenez i struktura populacij Pentaphylloides fruticosa (Rosaceae) Gornogo Altaja [Ontogenesis and structure of populations of Pentaphylloides fruticosa (Rosaceae) of Mountain Altai] // Rastitel'nye resursy [Plant resources]. 2005. Vol. 41. Issue 1. P. 27-34.
16. *Godin V.N.* Polovaja struktura cenopopulacij Pentaphylloides fruticosa (Rosaceae) v estestvennyh uslovijah Gornogo Altaja [Sexual structure of coenopopulations of Pentaphylloides fruticosa (Rosaceae) under natural conditions of Mountain Altai] // Botanical J. 2002. Vol. 87. № 9. P.92-99.
17. *Ivanova Z.Ya.* Kuril'skij čaj [Pentaphylloides fruticosa]. Moscow, 2005. 56 p.
18. *Godin V.N.* Polovoj polimorfizm kak faktor adaptacii Pentaphylloides fruticosa (L.) O. Schwarz v Altae-Sajanskoj gornoj oblasti [Sexual polymorphism as a factor of adaptation of Pentaphylloides fruticosa (L.) O. Schwarz in Altai-Sayansk mountain area]: Abstract of diss. ... Dr.Sci. (Biology). Novosibirsk, 2009. 31 p.
19. *Botanika s osnovami fitocenologii: Anatomija i morfologija rastenij* [Botany with phytoecology fundamentals: Anatomy and morphology of plants] / T.I.Serebryakova, N.S.Voronin, A.G.Elenevsky, T.B.Batygina, N.I.Shorina, N.P.Savinykh. Moscow, 2007. 543 p.
20. *Oganezova G.G.* Jekologicheskij tip lista i istorija proishozhdenija nekotoryh lilejnyh [Ecological type of a leaf and the history of origin of some Liliaceae] // Sovremennye problemy jekologicheskij anatomii rastenij [Modern problems of ecological anatomy of plants]: Mater. of I All-Union meeting on ecological anatomy of plants. Tashkent, 1987. P. 66-69.
21. *GenBank Home.* 2015; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>.

Статья поступила в редакцию 30.03.2016.

УДК 582.475:581.557.24-141.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОТИПОВ И ЖИЗНЕННОЙ АКТИВНОСТИ ЭКТОМИКОРИЗ ЕЛИ СИБИРСКОЙ МЕТОДАМИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И рДНК-АНАЛИЗА

Т.А. СИЗОНЕНКО, Д.М. ШАДРИН, Я.И. ПЫЛИНА

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

tvor.83@mail.ru

Определены морфотипы эктомикориз ели сибирской в подзоне средней тайги Республики Коми и идентифицированы микобионты в них с использованием молекулярных методов выделения ДНК непосредственно из микоризных окончаний и последующим секвенированием ITS-региона рибосомных генов яДНК. Выделено 10 морфотипов эктомикориз ели, для четырех из которых микобионты идентифицированы до вида. Для всех морфотипов дана характеристика флуоресцентной активности грибного чехла, сети Гартига, коровой паренхимы и проводящего цилиндра. Выявленные методом ДНК-идентификации грибные симбионты *Tomentella bryophila*, *Tomentella sublilacina*, *Cortinarius hemitrichus* образовывали эктомикоризы со средней степенью флуоресцентной активности. Аскомицет *Cenococcum geophilum* формировал грибные чехлы G-подтипа с высокой флуоресценцией.

Ключевые слова: эктомикориза, средняя тайга, микобионт, *Picea obovata*, молекулярная идентификация, флуоресцентная активность, грибной чехол

T.A. SIZONENKO, D.M. SHADRIN, YA.I. PYLINA. DEFINITION OF SIBERIAN SPRUCE ECTOMYCORRHIZAL MORPHOTYPES AND VITALITY BY FLUORESCENCE AND RDNA SEQUENCE ANALYSIS

Ectomycorrhizae play a key role in functioning of the forest ecosystems where they are the major consumers of carbon. *Picea obovata* is the main forest forming species in the European Northeast of Russia, forming ectomycorrhizae with high diversity of fungi species. Our pioneer study to identify *Picea obovata* ectomycorrhizae morphotypes was based on examining ectomycorrhizal roots and further subjecting them to DNA extraction, amplification and sequencing of ITS region of rDNA. Ectomycorrhizal root tips of Siberian spruce were sampled in bilberry-sphagnum spruce forest of European Russia (Komi Republic) during one growing season. We estimated ten mycorrhizal morphotypes, four species of ectomycorrhizal fungi were identified. One of the methods of studying the physiological activity of ectomycorrhizae is to determine the fluorescence intensity of live cells by fluorescein diacetate (FDA). Fluorescence activity of ectomycorrhizal covers depends on physiological condition of trees and species composition of fungi forming mycorrhiza. To access the activity we used ten ectomycorrhizal types of *Picea obovata* after staining the tissues of the ectomycorrhizae with FDA. Using fluorescence microscopy we revealed differences between ectomycorrhizal types in the FDA-hydrolyzing activity of various tissue layers of mycorrhizas: cortex, fungal cover, Hartig net and stele. Cortex and stele of all mycorrhizal morphotypes were mainly characterized by bright coloration indicating the successful functioning of fine spruce roots in the plant community. Identified by DNA-identification fungal symbionts *Tomentella bryophila*, *Tomentella sublilacina*, *Cortinarius hemitrichus* formed ectomycorrhizae with an average fluorescent activity. All main tissues of coniferous in ectomycorrhizas of *Cenococcum geophilum* were characterized by higher fluorescence activity. Ectomycorrhizal morphotypes with fungal covers H and C were also highly active. The thickness of fungal covers of highly active ectomycorrhizae was maximal.

Keywords: ectomycorrhiza, middle taiga, micobiont, *Picea obovata*, fluorescence activity, molecular identification, ITS1, ITS2

Введение

Около 8 тыс. видов высших растений и 7–10 тыс. видов грибов планеты образуют микоризу, участ-

вующую в круговороте биогенных элементов, активизации минерального питания, оптимизации метаболизма растений, устойчивости к засухе, патогенам, засолению, тяжелым металлам [1]. У большинс-

тва древесных растений формируется эктомикориза, структурно представляющая собой корень высшего растения, который покрывает грибной чехол, и в его коровую паренхиму по межклетникам проникают гифы гриба, образуя сеть Гартига.

У ели сибирской, основного лесобразующего вида на европейском Северо-Востоке России, микоризу формируют 150 и более видов микобионтов [2]. В природных условиях визуально довольно сложно идентифицировать грибы, являющиеся микоризообразователями у разных древесных пород. Известно, что грибы, образующие плодовые тела, в микоризах встречаются редко и составляют 20–30% от общего обилия. Остальные 70–80% микоризообразователей составляют грибы, не образующие плодовых тел, и которые привыкли считать деструктивными сапротрофами либо эндифитами, или даже паразитами [3, 4]. Такие распространенные виды, как *Suillus bovinus* (L.) Kuntze и *Paxillus involutus* (Batsch) Fr., образующие большое количество плодовых тел, в эктомикоризах составляют только 7.4 и 11% от общего обилия грибов соответственно [5]. И наоборот, грибы рода *Tomentella* с малозаметными плодовыми телами встречаются у 60% эктомикориз [6–8]. Поэтому в последнее время для идентификации микобионтов из микориз широко применяются молекулярные методы исследования, результаты которых соотносятся с макро- и микропризнаками строения микориз [9–11].

Возрастные изменения в микоризных корнях можно изучать с помощью флуоресценции после окрашивания микориз диацетатом флуоресцеина. По степени окрашивания микоризных корней деревьев диацетатом флуоресцеина можно оценить физиологическое состояние этих органов и состояние растений в целом. Типы микориз, образованные разными видами грибов, различаются по степени флуоресценции сети Гартига, грибного чехла и стелы [12].

Цель работы – таксономическая идентификация микобионтов и выявление флуоресцентной активности разных морфотипов эктомикориз ели сибирской в условиях средней подзоны тайги.

Материал и методы

Материал собран в 2014 г. в ельнике чернично-сфагновом на территории заказника «Ляльский» Республики Коми, расположенном в подзоне средней тайги (62°17' с.ш., 50°40' в.д.). Ельник чернично-сфагновый сформирован на торфянисто-подзолисто-глеевой почве, супесчаной, подстилаемой суглинками [13].

Образцы корней с лесной подстилкой размером 10 см × 10 см, глубиной 10 см отбирали в течение вегетационного сезона, хранили в холодильнике в полиэтиленовых пакетах при температуре +4°C и анализировали не более 10 суток [12]. Точки отбора проб были приурочены к взрослым деревьям ели в пределах границы проекции кроны. Всего в течение сезона было отобрано 20 почвенных проб. Корни очищали и отмывали в воде. Разделение микоризных окончаний на морфотипы производили с использованием бинокля на основании харак-

тера ветвления, цвета и формы окончаний, наличия ризоморф или свободного мицелия.

Поперечные срезы эктомикориз толщиной 8–10 мкм готовили на вибрационном микротоме для мягких тканей [14] и окрашивали диацетатом флуоресцеина (FDA, Sigma, 0.01 мг/мл в фосфатном буфере, pH 7.5) в течение 5 мин. в темноте [12]. Срезы после окрашивания промывали три раза в фосфатном буфере и просматривали под микроскопом Axiovert 200 M (Carl Zeiss, Германия), используя ртутную лампу HBO 100 W/2 и зеленый светофильтр. Всего было просмотрено 602 среза эктомикориз. Жизненное состояние микоризных корней оценивали визуально по интенсивности окрашивания клеток грибного чехла, сети Гартига, проводящего цилиндра и коровой паренхимы. Ярко-зеленый цвет характерен для активно функционирующих клеток, зеленый – среднеактивных, желто-зеленый – низкоактивных и коричневый свидетельствует об их старении и отмирании. В коровой паренхиме отмечали встречаемость таниновых клеток, имеющих коричневые клеточные стенки. При описании типа грибного чехла и его структуры использовали классификацию И.А. Селиванова [15].

Тотальная ДНК грибов была выделена с помощью набора «Quiagen» (Германия), согласно инструкциям производителя. Выделенную ДНК хранили при температуре -20 °C. Амплификацию фрагмента проводили в реакционной смеси объемом 25 мкл, содержащей 5 мкл ScreenMix («Евроген», Россия), 5 мкл каждого праймера (0.3 мкМ) («Евроген», Россия), 9,0 мкл воды без нуклеаз («Ambion», США) и 1,0 мкл геномной ДНК (1÷100 нг). Для амплификации фрагмента ITS1-5.8S-ITS2 использовали праймеры itsOF-T 5'-acttggtcatttagaggaagt-3' в комбинации с универсальным для грибов праймером ITS-4 5'-tcctccgcttattgatagc-3', со специфичным для базидиомицетов праймером ITS4B 5'-caggagactgtacacgtccag-3' и специфичным для грибов р. *Tomentella* - ITS4-Tom 5'-aactcggacgaccagaggca-3'. Амплификацию проводили в термоциклере Swift MiniPro («ESCO», Сингапур) по следующей схеме: предварительная денатурация – 5 мин. при 95°C; 35 циклов: денатурация – 30 с при 94°C, отжиг – 30 с при 59°C, элонгация – 40 с при 72°C и финальная элонгация – 2 мин. при 72°C. Продукты реакции амплификации разделяли методом электрофореза в 1.3%-ном агарозном геле в 1х триацетатном буферном растворе, окрашивали бромистым этидием, для визуализации использовали трансиллюминатор UVT-1 («Биоком», Москва). В качестве маркера длины фрагментов ДНК использовали 100 bp Ladder DNA marker (100 bp-3000 bp) («Thermo Scientific», ЕС), для очистки полученного продукта – набор QIAquick Gel Extraction Kit (Qiagen, Германия). Количество выделенной ДНК и ПЦР-продукта определяли на анализаторе жидкости «Флюорат-02-Панорама» (ООО «Люмэкс», Россия). Секвенирование проводилось с использованием набора реагентов ABI Prism Big-Dye Terminator v. 1,1 на приборе ABI PRISM 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, США) на базе ЦКП «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Идентификацию таксонов эктомикоризных грибов, выделенных из микоризных окончаний до видового уровня, проводили с использованием BlastN алгоритма сравнения гомологичных последовательностей с ресурсами доступных баз данных GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) и UNITE (<https://unite.ut.ee/>). В анализ вовлекались лишь последовательности, отвечающие требованиям хорошего качества. При определении границ изучаемых таксонов опирались на установленный для ITS грибов нижний порог, равный 97–98% [16, 17]. Полученные последовательности были депонированы в GenBank.

Статистическую обработку данных проводили, используя пакет программ Microsoft Excel 2003, STATISTICA 10 (лицензия Института биологии Коми НЦ УрО РАН). В работе (таблицах и рисунках) указаны средние арифметические значения и их стандартные отклонения.

Результаты и обсуждение

У хвойных описано достаточно высокое разнообразие морфотипов эктомикориз [9 – 11]. Предварительная идентификация эктомикориз по морфологическим признакам может существенно упростить молекулярную идентификацию [8, 18]. Однако определение морфотипов эктомикориз не всегда является простой задачей, поскольку часто из-за возраста, условий окружающей среды, недостаточной сохранности эктомикориз их цвет, форма и строение могут изменяться, и вследствие этого идентификация микобионта затрудняется [7, 8, 18, 19]. В частности, нами обнаружено, что темные коричневые микоризы часто приурочены к их стареющим частям и вывить микобионта в таком случае сложно или невозможно. В то же время наличие выраженных диагностических морфологических признаков, таких как шаровидные склеротии и ризоморфы *Paxillus involutus*, или коралловидные ответвления *Suillus bovinus*, или красноватый оттенок *Tomentellopsis submollis* (Svrček) Hjortstam способствуют успешной идентификации [5].

Всего в ходе полевых работ было отобрано 50 образцов микоризных окончаний ели сибирской. Из них только для семи образцов удалось успешно выделить ДНК грибов, провести амплификацию и секвенирование ITS-региона. Проведенная с помощью алгоритма BLAST идентификация полученных нуклеотидных последовательностей выявила присутствие в микоризных окончаниях семи таксонов, идентифицированных до вида или рода. Из них есть виды, не относящиеся к микоризообразователям, и нами они исключены из анализа. К ним относятся сапротрофы рода *Hemimycena*, паразиты или эндофиты *Blastobotrys raffinosisfermentans* Kurtzman [20], *Itersonilia perplexans* Derx [21], *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel [22]. Их присутствие в пробах было обусловлено, вероятно, наличием свободного мицелия сапротрофных грибов, прилегающего к микоризному окончанию, либо наличием паразитов или эндофитов в тканях корня. Встреченные нами основные морфотипы микориз приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество и процентное соотношение разных подтипов грибных чехлов и морфотипов эктомикориз ели в сезонной динамике

Table 1

Number and % ratio of different subtypes of fungal covers and morphotypes in ectomycorrhizas of *Picea obovata* during the seasonal dynamics

Подтип эктомикоризы	Вид микобионта или внешнее описание (номер в Генбанке)	Количество эктомикориз, шт.					Проценты от общего количества, %
		Май	Июнь	Июль	Сентябрь	Итого	
A	<i>Cortinarius hemitrichus</i> (KU711841)	26	0	0	1	27	4,5
B	<i>Tomentella subulilacina</i> (KU711839)	120	82	52	128	382	63,5
Bч	Темные гладкие	30	8	0	27	65	10,8
C	С желтыми ризоморфами	0	0	37	0	37	6,2
F	Коричневые гладкие	2	1	0	0	3	0,5
Fч	<i>Tomentella bryophila</i> (KU711840)	0	3	0	13	16	2,7
G	<i>Cenococcum geophilum</i>	17	17	0	0	34	5,6
H	С белым мицелием	14	0	0	0	14	2,3
Q	С белым пушистым мицелием	7	0	0	0	7	1,2
RS	Коричневые темные	13	1	0	3	17	2,7
Итого		229	112	89	172	602	100

Было определено 10 подтипов грибных чехлов по И.А. Селиванову [15]: A, B, C – плектенхиматические, F, G, H – псевдопаренхиматические, Q – двойные, RS – бесструктурные. У подтипов B и F выделяли чехлы светлого (B и F) и темного цвета (Bч и Fч).

Основные выделенные таксоны принадлежат к отделу *Basidiomycota* и один таксон – к *Ascomycota*. Наиболее часто (около 63%) встречались микоризы, сформированные *Tomentella subulilacina* (Ellis & Holw.) Wakef. и характеризующиеся образованием грибного чехла B-подтипа (табл. 1, рис. 1б). Согласно исследованиям других авторов, микоризы, образуемые данным видом гриба, коричневые с большим количеством отходящих от грибного чехла гиф [23]. Количество эктомикориз с грибными чехлами подтипов A, C и G составляло от 4,5 до 6,2 %. *Cortinarius hemitrichus* (Pers.) Fr. образовывал микоризу с грибным чехлом подтипа A белого цвета с обильными ризоморфами, что подтверждают данные литературы для этого рода гриба [23]. Микобионт, образующий чехол C-подтипа, нам не удалось идентифицировать молекулярным методом, он характеризовался образованием желтого обильного мицелия на поверхности грибного чехла с отходящими от него гифами (рис. 1в). Чехол G-подтипа был образован, вероятно, *Cenococcum geophilum* Fr., так как в литературе это достаточно известный



Рис. 1. Морфотипы эктомикориз, образованные разными микобионтами: а – *Tomentella bryophila*; б – *Tomentella sublilacina*; в – неизвестный таксон, образующий чехол подтипа С; г – *Cortinarius hemitrichus*; д – неизвестный таксон, образующий чехол подтипа Н; е – *Cenococcum geophilum*. Масштабная линейка соответствует 2 мм.

Fig. 1. Morphotypes of ectomycorrhizas formed by different mycobionts: а – *Tomentella bryophila*, б – *Tomentella sublilacina*, в – unknown taxon, forming mantle of C type, г – *Cortinarius hemitrichus*, д – unknown taxon, forming mantle of H type, е – *Cenococcum geophilum*. 2 mm scale.

и легкоузнаваемый морфотип микоризы, имеющий темный чехол с отходящими от него жесткими плотными гифами [23]. Этот космополитный аскомицет появляется в микоризах при неблагоприятных условиях, так как обладает высокой устойчивостью к негативным условиям среды, в частности, к засухе [24, 25]. Также нами был определен микобионт, формирующий грибной чехол подтипа F_ч темного цвета, им оказался базидиомицет *Tomentella bryophila* (Pers.) M.J. Larsen, который составлял небольшую долю морфотипов во всем разнообразии эктомикориз в течение сезона. Данный гриб формирует микоризу коричневого цвета, с возрастом он становится темно-коричневым. Отходящие от чехла гифы многочисленны, коричневые, прочные, толстостенные [26]. Еще три морфотипа, составляющие небольшую долю в общем количестве микориз, не были идентифицированы и формировали грибные чехлы подтипов Н, Q, RS.

Проведен флуоресцентный анализ выделенных морфотипов эктомикориз ели сибирской, и выявлена флуоресцентная активность грибного чехла,

сети Гартига, проводящего цилиндра и коровой паренхимы.

Известно, что характеристика состояния корня растения в большой степени зависит от активности стелы или проводящего цилиндра [12]. В сезонной динамике проводящий цилиндр эктомикориз характеризовался высокой флуоресценцией (табл. 2). Эктомикоризы с грибными чехлами подтипов Н, G, C и A отличались ярко окрашенным проводящим цилиндром. Наименее активна стела была у чехлов подтипа RS. По степени снижения флуоресценции проводящего цилиндра можно выделить следующий ряд: Н>С>F_ч>G>А>В>В_ч>F>Q>RS.

Ранее нами показана высокая корреляция между интенсивностью флуоресцентного окрашивания грибного чехла и сети Гартига у эктомикориз ели [27]. Коровая паренхима и грибной компонент, включающий чехол и сеть Гартига, отличались высокой степенью флуоресценции в июне и июле, низкой – в мае. Коровая паренхима была активна у грибных чехлов подтипов Н, F, В и С, грибной чехол и сеть Гартига – у чехлов подтипов Н, G, F и С. По

Таблица 2
Сезонная динамика встречаемости (%)
эктомикориз с разной интенсивностью
флуоресценции тканей

Table 2
Seasonal dynamics of occurrence (%)
of ectomycorrhizas with different intensity
of tissue fluorescence

Ткани микориз	Ярко- зеленый (++)	Зеленый (+)	Желто- зеленый (+/-)	Коричне- вый (-)
Май				
Грибной чехол	41	95	48	45
Сеть Гартига	44	93	47	45
Коровая паренхима	84	126	9	10
Проводящий ци- линдр	150	73	5	1
Июнь				
Грибной чехол	41	59	8	2
Сеть Гартига	48	52	8	2
Коровая паренхима	83	27		
Проводящий ци- линдр	97	13	0	0
Июль				
Грибной чехол	17	52	14	6
Сеть Гартига	19	51	13	6
Коровая паренхима	53	35	0	0
Проводящий ци- линдр	76	13	0	0
Сентябрь				
Грибной чехол	35	106	22	7
Сеть Гартига	35	106	22	7
Коровая паренхима	70	88	7	5
Проводящий ци- линдр	114	52	4	0

степени снижения флуоресцентной активности формируется следующий ряд: для коровой паренхимы $H > F > B > C > B_4 > F_4 > G > A > Q > RS$, сети Гартига $H > G > F > C > B > B_4 > F_4 > A > Q > RS$, грибного чехла $H > G > C > F > B > F_4 > A > B_4 > Q > RS$.

В целом, по степени флуоресценции наиболее активными являлись микоризы с грибными чехлами подтипов H, G, F, C (табл. 3). Чаще всего в коричневый цвет были окрашены эктомикоризы с двойными (Q) и бесструктурными (RS) грибными чехлами. При этом микоризы, образованные идентифицированными микобионтами *Tomentella bryophila*, *Tomentella subulacina*, *Cortinarius hemitrichus*, обладали средней активностью.

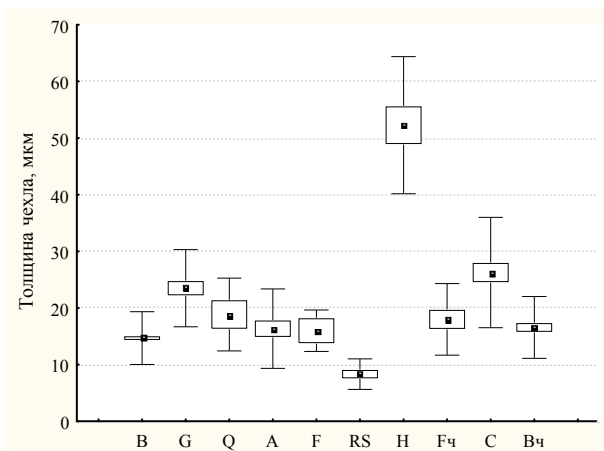


Рис. 2. Толщина грибных чехлов разных подтипов эктомикориз ели сибирской.
Fig. 2. Thickness of fungal covers in different subtypes of ectomycorrhizas of spruce (*Picea obovata*).

Таблица 3
Флуоресцентная активность разных типов
эктомикориз и их соотношение (%)
с мая по сентябрь

Table 3
Fluorescent activity of different types
of ectomycorrhizas and their ratio (%)
from May to September

Подтип эктомикоризы	Ярко- зеленый (++)	Зеленый (+)	Желто- зеленый (+/-)	Коричне- вый (-)
Грибной чехол				
A	11,1	66,7	3,7	18,5
B	17,5	49,5	22,3	10,7
B ₄	10,8	86,2	1,5	1,5
C	43,2	43,2	5,4	8,2
F	33,3	66,7	0	0
F ₄	12,5	87,5	0	0
G	79,4	17,6	0	3,0
H	100	0	0	0
Q	0	85,7	14,3	0
RS	0	35,3	11,8	52,9
Сеть Гартига				
A	11,1	66,7	3,7	18,5
B	18,9	48,4	22,0	10,7
B ₄	17,0	80,0	1,5	1,5
C	46,0	43,2	2,7	8,1
F	66,7	33,3	0	0
F ₄	12,5	87,5	0	0
G	82,4	14,7	0	2,9
H	100	0	0	0
Q	0	85,7	14,3	0
RS	0	35,3	11,8	52,9
Коровая паренхима				
A	18,5	74,1	0	7,4
B	51,8	41,9	3,7	2,6
B ₄	43,1	55,4	1,5	0
C	48,65	48,65	0	2,7
F	66,7	33,3	0	0
F ₄	37,5	62,5	0	0
G	22,0	12,0	0	0
H	92,9	7,1	0	0
Q	0	100	0	0
RS	11,8	64,7	5,9	17,6
Проводящий цилиндр				
A	81,5	18,5	0	0
B	71,5	26,1	2,4	0
B ₄	69,2	30,8	0	0
C	89,2	10,8	0	0
F	66,7	33,3	0	0
F ₄	87,5	12,7	0	0
G	85,3	14,7	0	0
H	92,9	7,1	0	0
Q	0	100	0	0
RS	52,9	41,2	0	5,9

Существует мнение, что разные типы чехлов представляют собой последовательный ряд возрастных изменений эктомикоризы, в связи с этим наиболее «молодыми» являются плектенхиматические типы чехлов, наименее – бесструктурные [28, 29]. Самыми развитыми являются чехлы псевдопаренхиматического и двойного сложения. Максимальной толщиной обладали грибные чехлы подтипов H, G, Q и C (рис. 2). Если предположить, что самые толстые грибные чехлы развиваются при наиболее активной коровой паренхиме, поскольку она является поставщиком необходимых для его формирования веществ, то можно отметить, что весьма развитыми являлись чехлы у микориз с коровой паренхимой высокой флуоресценции, наименее – с коричневой (рис. 3). Максимальной толщиной обладали чехлы с ярко-зеленым окрашиванием, мини-

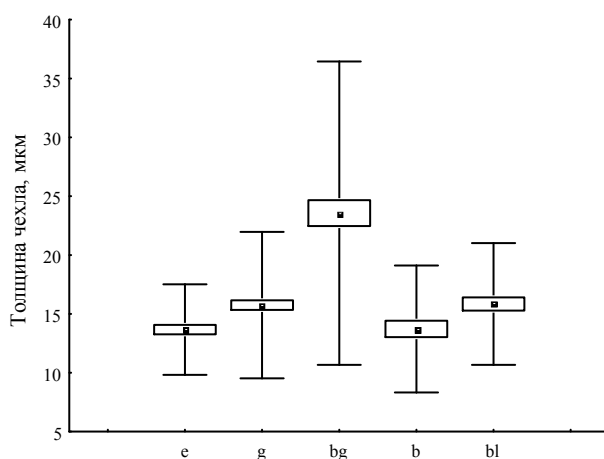


Рис. 3. Флуоресцентное окрашивание грибных чехлов эктомикориз ели различной толщины (е – желто-зеленый, g – зеленый, bg – ярко-зеленый, b – коричневый, bl – черный).

Fig. 3. Fluorescent staining of fungal covers of *Picea obovata* ectomycorrhizas of different thickness (e – yellow-green, g – green, bg – bright-green, b – brown, bl – black).

мальной – с коричневым и желто-зеленым окрашиванием. Согласно нашим данным, какой-либо связи между толщиной чехла и активностью коровой паренхимы не наблюдалось, однако в более развитых чехлах наблюдали меньшее количество таниновых клеток, что свидетельствует о лучшем функционировании эктомикоризы и согласуется с данными других авторов, которые установили максимальное количество таниновых клеток в микоризах с наименее развитыми бесструктурными чехлами [30].

Закключение

Таким образом, у ели сибирской в ельнике чернично-сфагновом подзоны средней тайги выделено 10 морфотипов эктомикориз, для четырех из которых идентифицированы микобионты. Выявленные методом ДНК-идентификации грибные симбионты *Tomentella bryophila*, *Tomentella sublilacina*, *Cortinarius hemitrichus* образовывали эктомикоризы со средней степенью флуоресцентной активности. *Сенососсит геопхилум* формировал грибные чехлы G-подтипа с высокой флуоресценцией. Также высокоактивны были морфотипы с грибными чехлами H и C. Толщина грибного чехла в указанных типах эктомикориз была максимальна. Все полученные данные являются предварительными. Для выявления полного набора эктомикоризных грибов, консортивно связанных с елью сибирской, требуются дальнейшие исследования.

Литература

1. Taylor A.F.S., Alexander I.J. The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world // Mycologist. 2005. № 19. P. 102–112.
2. Шубин В.И. Особенности организации макромицетов-симбиотрофов в лесных экосистемах // Грибные сообщества лесных экоси-

- стем. М.–Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. Т. 2. С. 272–286.
3. Gardes, M., Bruns T.D. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views // Can. J. Bot. 1996. Vol. 74. P. 1572–1583.
4. Jonsson L., Dahlberg A., Nilsson M. et al. Ectomycorrhizal fungal communities in late-successional Swedish boreal forests and composition following wildfire // Mol. Ecol. 1999. Vol. 8. P. 205–217.
5. Nieto M.P., Carbone S.S. Characterization of juvenile maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) ectomycorrhizal fungal community using morphotyping, direct sequencing and fruitbodies sampling // Mycorrhiza. 2009. Vol. 19. P. 91–98.
6. Kõljalg U., Dahlberg A., Taylor A.F.S. et al. Diversity and abundance of resupinate thelephoroid fungi as ectomycorrhizal symbionts in Swedish boreal forest // Mol. Ecol. 2000. Vol. 9. P. 1985–1996.
7. Horton T.S., Bruns T.D. The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology: peeking into the black-box // Mol. Ecol. 2001. Vol. 10. P. 1855–1871.
8. Wurzbarger N., Bidartondo M.I., Bledsoe C.S. Characterization of *Pinus* ectomycorrhizas from conifer and pygmy forest using morphotyping and molecular methods // Can. J. Bot. 2001. Vol. 79. P. 1211–1216.
9. Agerer R. (ed.). Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag, Schwabisch Gmund, 1987–2008. Vol. I – VI.
10. Roman M., Claveria V., Miguel M. A revision of the descriptions of ectomycorrhizas published since 1961 // Mycol. Res. 2005. Vol. 109 (10). P. 1063–1104.
11. Courty P.-E., Buée M., Diedhiou A.G. et al. The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem process: New perspectives and emerging concepts // Soil Biol. Biochem. 2010. Vol. 42. P. 679–698.
12. Qian X. M., Kottke I., Oberwinkler F. Influence of liming and acidification on the activity of the mycorrhizal communities in a *Picea abies* (L.) Karst. stand. // Plant Soil. 1998. Vol. 199. P. 99–109.
13. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Отв. ред. К.С. Бобкова, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
14. Скупченко В.Б. Вибрационная микротомия мягких тканей. Сыктывкар, 1979. 56 с. (Сер. препр. «Новые научные методики» / Коми фил. АН СССР; Вып. 2).
15. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.
16. Kõljalg U., Nilsson R. H., Abarenkov K. et al. Towards a unified paradigm for sequence-based identification of fungi // Mol. Ecol. 2013. Vol. 22. P. 5271–5277.

17. Smith M.E., Gryganskyi A., Bonito G. et al. Phylogenetic analysis of the genus *Modicella* reveals an independent evolutionary origin of sporocarp-forming fungi in the *Mortierellales* // Fungal Biol. Genetics. 2013. Vol.61. P. 61 – 68.
18. Sakakibara S. M., Jones M. D., Gillespie M. et al. A comparison of ectomycorrhiza identification based on morphotyping and PCR-RFLP analysis // Mycol. Res. 2002. Vol. 106. P. 868–878.
19. Burke D.J., Martin K.J., Rygielwicz P.T., Topa M.A. Ectomycorrhizal fungi identification in single and pooled root samples: terminal restriction fragment length polymorphism (TRFLP) and morphotyping compared // Soil Biol. Biochem. 2005. Vol. 37. P. 1683–1694.
20. Kurtzman C.P. *Blastobotrys americana* sp. nov., *Blastobotrys illinoisensis* sp. nov., *Blastobotrys malaysiensis* sp. nov., *Blastobotrys muscicola* sp. nov., *Blastobotrys peoriensis* sp. nov. and *Blastobotrys raffinosisfermentans* sp. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2007. Vol. 57(5). P. 1154–1162.
21. Horita H., Yasuoka S. Black streak of edible burdock caused by *Itersonilia perplexans* in Japan // J. Gen. Plant. Pathol. 2002. Vol. 68. P. 277–283.
22. De Miccolis Angelini R.M., Habib W., Rotolo C., Pollastro S., Faretra F. Selection, characterization and genetic analysis of laboratory mutants of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) resistant to the fungicide boscalid // Eur. J. Plant. Pathol. 2010. Vol. 128. P. 185–199.
23. Agerer R. Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae // Mycol. Progress. 2006. Vol. 5. P. 67–107.
24. Pigott C.D. Survival of mycorrhiza formed by *Cenococcum geophilum* Fr. in dry soils // New Phytol. 1982. Vol. 92. P. 295–304.
25. Matsuda Y., Noguchi Y., Ito S.-I. Ectomycorrhizal fungal community of naturally regenerated *Pinus thunbergii* seedlings in a coastal pine forest // J. For. Res. 2009. Vol.14. P. 335–341.
26. Jakucs E., Erős-Honti Z., Seress D., Kovács G.M. Enhancing our understanding of anatomical diversity in *Tomentella* ectomycorrhizas: characterization of six new morphotypes // Mycorrhiza. 2015. Vol. 25. P. 419–429.
27. Сизоненко Т.А. Сезонная динамика флуоресцентной активности и структуры эктомикорризы ели сибирской в условиях средней тайги // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49. № 5. С. 297–304.
28. Семенова Л.А. Морфология сосны обыкновенной в спелых лесах // Микоризные грибы и микоризы лесообразующих пород Севера. Петрозаводск, 1980. С.103–132.
29. Веселкин Д.В. Реакция эктомикорризы *Pinus sylvestris* L. на техногенное загрязнение различных типов // Сибирский экологический журнал. 2005. № 4. С. 753–761.
30. Веселкин Д.В. Морфологическая изменчивость и адаптивное значение эктомикорризы хвойных (*Pinaceae* Lindl.): Автореф. дис... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2013. 44 с.

References

1. Taylor A.F.S., Alexander I.J. The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world. Mycologist. 2005. № 19. P. 102–112.
2. Shubin V.I. Osobennosti organizatsii makromitsetov-simbiotrofov v lesnykh ekosistemakh [Peculiarities of organization of symbiotrophic macromycetes in forest ecosystems] // Gribnye soobshchestva lesnykh ekosistem [Fungal communities in forest ecosystems]. Moscow–Petrozavodsk: Karelian Sci. Centre, RAS. 2004. Vol. 2. P. 272 – 286.
3. Gardes, M., Bruns T.D. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views // Can. J. Bot. 1996. Vol. 74. P. 1572–1583.
4. L.Jonsson, A.Dahlberg, M.Nilsson et al. / Ectomycorrhizal fungal communities in late-successional Swedish boreal forests and composition following wildfire // Mol. Ecol. 1999. Vol. 8. P. 205–217.
5. Nieto M.P., Carbone S.S. Characterization of juvenile maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) ectomycorrhizal fungal community using morphotyping, direct sequencing and fruitbodies sampling // Mycorrhiza. 2009. Vol.19. P.91–98.
6. Kõljalg U., Dahlerg A., Taylor A.F.S. et al. Diversity and abundance of resupinate thelephoroid fungi as ectomycorrhizal symbionts in Swedish boreal forest // Mol. Ecol. 2000.Vol. 9. P. 1985–1996.
7. Horton T.S., Bruns T.D. The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology: peeking into the black-box // Mol. Ecol. 2001. Vol. 10. P. 1855–1871.
8. Wurzbarger N., Bidartondo M.I., Bledsoe C.S. Characterization of *Pinus* ectomycorrhizas from conifer and pygmy forest using morphotyping and molecular methods // Can. J. Bot. 2001. Vol. 79. P. 1211–1216.
9. Agerer R. (ed.). Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag, Schwabisch Gmund. 1987–2008. Vol. I – VI.
10. Roman M., Claveria V., Miguel M. A revision of the descriptions of ectomycorrhizas published since 1961 // Mycol. Res. 2005. Vol. 109 (10). P. 1063–1104.
11. Courty P.-E., Buée M., Diedhiou A.G. et al. The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem process: New perspectives and emerging concepts // Soil Biol. Biochem. 2010. Vol. 42. P. 679–698.
12. Qian X.M., Kottke I., Oberwinkler F. Influence of liming and acidification on the activity of the mycorrhizal communities in a *Picea abies* (L.) Karst. stand. // Plant Soil. 1998. Vol. 199. P. 99–109.
13. Korennye elovye lesa Severa: bioraznoobrazie, struktura, funktsii [Virgin spruce forests of the North: biodiversity, structure, functions]. Eds. K.S. Bobkova, E.P. Galenko. St.Petersburg: Nauka, 2006. 337 p.
14. Skupchenko V.B. Vibratsionnaya mikrotomiya myagkikh tkanei [Vibrating microtome of soft

- tissues]. Syktyvkar, 1979. 56 p. (Series of preprints "New Sci. Methods") / Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 5).
15. Selivanov I.A. Mikosimbiozifikatsiya kak forma konsortivnykh svyazey v rastitel'nom pokrove Sovetskogo Soyuzha [Mycosymbiotrophy as a form of consorting relations in the vegetation of the Soviet Union]. Moscow: Nauka, 1981. 232 p.
16. Kõljalg U., Nilsson R.H., Abarenkov K. et al. Towards a unified paradigm for sequence-based identification of fungi // Mol. Ecol. 2013. Vol. 22. P. 5271–5277.
17. Smith M.E., Gryganskyi A., Bonito G. et al. Phylogenetic analysis of the genus *Modicella* reveals an independent evolutionary origin of sporocarp-forming fungi in the *Mortierellales* // Fungal Biol. Genetics. 2013. Vol. 61. P. 61 – 68.
18. Sakakibara S.M., Jones M.D., Gillespie M. et al. A comparison of ectomycorrhiza identification based on morphotyping and PCR-RFLP analysis // Mycol. Res. 2002. Vol. 106. P. 868–878.
19. Burke D.J., Martin K.J., Rygielwicz P.T., Topa M.A. Ectomycorrhizal fungi identification in single and pooled root samples: terminal restriction fragment length polymorphism (TRFLP) and morphotyping compared // Soil Biol. Biochem. 2005. Vol. 37. P. 1683–1694.
20. Kurtzman C.P. *Blastobotrys americana* sp. nov., *Blastobotrys illinoisensis* sp. nov., *Blastobotrys malaysiensis* sp. nov., *Blastobotrys muscicola* sp. nov., *Blastobotrys peoriensis* sp. nov. and *Blastobotrys raffinosisfermentans* sp. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2007. Vol. 57(5). P. 1154–1162.
21. Horita H., Yasuoka S. Black streak of edible burdock caused by *Itersonilia perplexans* in Japan // J. Gen. Plant. Pathol. 2002. Vol. 68. P. 277–283.
22. De Miccolis Angelini R. M., Habib W., Rotolo C., Pollastro S., Faretra F. Selection, characterization and genetic analysis of laboratory mutants of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) resistant to the fungicide boscalid // Eur. J. Plant. Pathol. 2010. Vol. 128. P. 185–199.
23. Agerer R. Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae // Mycol. Progress. 2006. Vol. 5. P. 67–107.
24. Pigott C.D. Survival of mycorrhiza formed by *Cenococcum geophilum* Fr. in dry soils // New Phytol. 1982. Vol. 92. P. 295–304.
25. Matsuda Y., Noguchi Y., Ito S.-I. Ectomycorrhizal fungal community of naturally regenerated *Pinus thunbergii* seedlings in a coastal pine forest // J. For. Res. 2009. Vol. 14. P. 335–341.
26. Jakucs E., Erős-Honti Z., Seress D., Kovács G. M. Enhancing our understanding of anatomical diversity in *Tomentella* ectomycorrhizas: characterization of six new morphotypes // Mycorrhiza. 2015. Vol. 25. P. 419–429.
27. Sizonenko T.A. Sezonnaya dinamika fluorestsentnoi aktivnosti i struktury ektomikoriz eli sibirskoi v usloviyakh srednei taigi [Seasonal dynamics of fluorescence activity and structure of siberian spruce ectomycorrhizae in the middle taiga] // Mikologiya i fitopatologiya [Mycology and Phytopathology]. 2015. Vol. 49. №. 5. P. 297 – 304.
28. Semenova L.A. Morfologiya sosny obyknovennoy v spelykh lesakh [Morphology of mycorrhizae of Scots pine in mature forests] // Mikoriznye griby i mikorizy lesoobrasuyushchikh porod Severa [Mycorrhizal fungi and mycorrhizae of tree species of the North]. Petrozavodsk, 1980. P. 103 – 132.
29. Veselkin D.V. Reakciya ektomikoriz *Pinus sylvestris* L. na tekhnogennoe zagryaznenie razlichnykh tipov [Reaction of the ectomycorrhizae of *Pinus sylvestris* L. on industrial pollution of various types] // Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal [Contemporary Problems of Ecology]. 2005. № 4. P. 753 – 761.
30. Veselkin D.V. Morfologicheskaya izmenchivost' i adaptivnoe znachenie ektomikoriz khvoynykh (*Pinaceae* Lindl.) [Morphological variability and adaptive significance of conifers ectomycorrhizae (*Pinaceae* Lindl.)]. Abstract of diss... Dr.Sci. (Biology). Ekaterinburg, 2013. 44 p.

Статья поступила в редакцию 10.05.2016.

УДК 581.19:635.265

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБОГАЩЕННОГО СЕЛЕНОМ РАСТЕНИЯ *ALLIUM SCHOENOPRASUM* L. И ОЦЕНКА ЕГО СПОСОБНОСТИ ОКАЗЫВАТЬ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЕ ДЕЙСТВИЕ У МЫШЕЙ С ПЕРЕВИВАЕМЫМИ ОПУХОЛЯМИ

Т.И. ШИРШОВА*, И.В. БЕШЛЕЙ*, Н.В. МАТИСТОВ*, В.П. ДЕРЯГИНА**, Н.И. РЫЖОВА**

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

**НИИ канцерогенеза ФГБУ Российского онкологического научного центра им. Н.Н. Блохина Минздрава России, г. Москва
beshley@ib.komisc.ru

Изучено влияние неорганических форм селена на морфологические и биохимические показатели растений *Allium schoenoprasum*, зависящее от метода введения селената натрия и его концентрации. Показано ингибирующее воздействие избытка Se на рост растений, а также на аккумуляцию микро- и макроэлементов. Результаты исследования действия экстрактов шнитт-лука и его селенобогатой формы на метастазирующую эпидермоидную карциному легких Льюиса у мышей выявили способность слабо усиливать резистентность организма мышей по отношению к перевиваемым опухолям.

Ключевые слова: *Allium schoenoprasum*, селен, карцинома легких Льюиса

T.I.SHIRSHOVA, I.V.BESHLEY, N.V. MATISTOV, V.P. DERYAGINA, N.I. RYZHOVA. MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL FEATURES OF SELENIUM-ENRICHED PLANT *ALLIUM SCHOENOPRASUM* L. AND EVALUATION OF ITS ABILITY TO EXERT ANTITUMOR ACTIVITY IN MICE WITH TRANSPLANTABLE TUMORS

The influence of selenium inorganic forms on the morphological and biochemical parameters of *Allium schoenoprasum* plant was studied. Phenological observations showed that seed treatment with a solution of sodium selenate affected the growth rate of plants at early stages of ontogenesis by increasing the germination rates and germinating capacity compared to control. The additional introduction of selenium influenced the morphology of developing plants and resulted in reduction in the length of roots, increasing in the length of bulbs depending on the concentration of sodium selenate. In the leaves of selenium-enriched chives of the first year of life the decrease in the content of trace elements compared to control, especially significant for iron, aluminum and manganese, was observed. For plants of the second year of life such effect was not found. The additional introduction of Se generally did not affect the content of total nitrogen in leaves of chives, however, there was the decrease in the mass fraction of nitrogen of amino acids compared to control. The results of the study of antitumor action of the aqueous suspension of the selenium-enriched forms of onion showed that in conditions of its preventive regular intake in male mice BDF there occurs weak growth inhibition of solid carcinoma Lewis in the early stages of tumor development (18,0-31,2 %). It is established that the inhibitory effect (defined both as change of volume and reduction of tumor mass) of selenium-enriched forms of onion compared to onions grown traditionally, was absent.

Keywords: *Allium schoenoprasum*, selenium, Lewis lung carcinoma

Республика Коми, как и многие районы России, относится к селенодефицитным регионам, поэтому проблема недостатка селена (Se) у населения стоит достаточно остро [1, 2]. Одним из современных методов решения этой проблемы является производство продуктов питания с повышенным содержанием Se, в том числе – повышение селенового статуса овощных культур [3, 4]. В литературе неоднократно отмечались высокие антиоксидант-

ные свойства многолетних луков, обусловленные как наличием особых органических форм Se, так и высокими концентрациями витамина С и флавоноидов. Потребность в витаминах и других микроэлементах для населения северных регионов, особенно остро ощущаемая ранней весной, может быть решена за счет более широкого использования луков, биологическая и фармакологическая ценность которых несомненна, это подтверждается

результатами исследований, которые приняли в последнее время более широкий и глубокий характер. Как показали наши исследования, шнитт-лук (*Allium schoenoprasum*), который в Республике Коми растет повсеместно и давно введен в культуру, является аккумулятором Se в биодоступных для человека формах [5, 6].

К настоящему времени получены экспериментальные и эпидемиологические доказательства того, что некоторые биологически активные вещества (БАВ), входящие в состав лука, могут подавлять пролиферацию опухолевых клеток разного генеза, а также снижать риск развития неоплазий некоторых органов, например, толстой кишки и желудка, репродуктивных органов [7–10]. Разработано несколько способов получения препаратов с противоопухолевым действием, содержащих эфирные масла чеснока и лука репчатого [11]. Французскими и японскими учеными был выявлен цитотоксический эффект стероидных гликозидов, выделенных из лука *A. schoenoprasum*, на клеточных линиях опухолей толстой кишки человека НСТ-116 и НТ-29 [12].

Многочисленные результаты экспериментальных, эпидемиологических и клинических исследований показывают, что Se проявляет противоопухолевую активность [13–16]. Полагают, что основной биологической ролью Se является его участие в синтезе антиоксидантных ферментов: глутатионпероксидазы I-IV, селензависимой пероксидазы нейтрофилов, селенопротеинов Р и W, 5'-йодотиронин дейодиназы, тиоредоксин-редуктазы [17, 18]. Эти ферменты участвуют в устранении индуцированных перекисями и гидроперекисями окислительных повреждений (предотвращая аутоокисление липидных мембран), в регуляции внутриклеточной передачи сигнала, а также в обмене тиреоидных гормонов. В настоящее время выявлены новые свойства Se, объясняющие множество возможных механизмов его противоопухолевого действия. Показано, что этот микроэлемент участвует в метаболизме канцерогенов, в репарации ДНК, в индукции апоптоза в опухолевых клетках, влияет на ангиогенез, а также активность эффекторных клеток специфического и неспецифического противоопухолевого иммунитета [18–21]. Полагают, что органический Se, особенно если он поступает в организм с растительными продуктами, имеет преимущество перед неорганическим: органический Se хорошо всасывается, имеет малую токсичность, а его концентрация в тканях и жидкостях поддерживается на более высоком уровне [17, 22, 23]. Считают, что противоопухолевые эффекты Se проявляются преимущественно на ранней стадии развития канцерогенного процесса. На культурах опухолевых клеток и на моделях химического канцерогенеза было показано, что селенобогатые чеснок, лук, капуста брокколи вызывают значимый дозозависимый антипрофелиративный эффект, и в некоторых случаях он был более выраженный, чем используемые в эквивалентных дозах неорганический и органический Se [22, 23].

Задачи настоящего исследования – изучение влияния неорганических форм Se на морфологи-

ческие и биохимические показатели растений *Allium schoenoprasum*, оценка способности обогащенного Se лука повышать противоопухолевую резистентность организма к трансплантируемым опухолевым клеткам и оказывать противоопухолевое действие у мышей с растущими перевиваемыми опухолями.

Материал и методы исследования

Для экспериментального повышения содержания Se в шнитт-луке использовали семена из коллекции ботанического сада. Сбор производили в сентябре 2011 г. Семена сушили в термостате при 35°C и постоянном вентилировании, намачивали в 0,001- и 0,005 %-ном водном растворе селената натрия, проращивали в полиэтиленовых ящиках, заполненных торфяно-песчаной смесью. Лабораторную всхожесть семян определяли по методике Николаевой с соавторами [24]. Высаженные растения подкармливали селенатом натрия из расчета 0,5 и 1,5 мг/кг почвы. Для проведения эксперимента брали по 500 семян для каждой из семи групп в трех повторностях. Первую группу, семена которой не подвергались обработке селенатом натрия, использовали в качестве контроля (табл. 1). За жизнеспособностью и всхожестью семян наблюдали в течение 21 дня. Измерения параметров морфологических признаков проростков (диаметр и высота лукович, длина корней, высота листьев и цветоноса) проводили через три месяца после посадки семян в грунт. Первичный материал обработан методами математической статистики с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Методы обработки семян и развивающихся растений Allium schoenoprasum растворами селената натрия

Table 1

Methods of treatment of seeds and developing plants of Allium schoenoprasum with solutions of sodium selenate

Номер образ-ца	Намачива-ние семян в 0,001 %-ном растворе Na ₂ SeO ₄	Намачива-ние семян в 0,005 %-ном растворе Na ₂ SeO ₄	Однократная подкормка растений 1,5 мг Na ₂ SeO ₄ /кг почвы	Трехкратная подкормка растений 0,5 мг Na ₂ SeO ₄ /кг почвы
1	контроль			
2	–	–	X	–
3	–	–	–	X
4	–	X	–	–
5	–	X	X	–
6	X	–	–	–
7	X	–	X	–

Примечание: X – действие, проводимое над объектом.
Note: X – the action carried out on the object.

Анализ элементного состава проводили в Центре коллективного пользования «Хроматография» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Металлы в кислоторастворимой форме определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Spectro CirosCCD (Spectro Analytical Instrument GmbH, Германия), серу – с использованием газовой хроматографии на элементном анализаторе EA 1110, модель CHNS-O (CE

Instruments, Италия). Содержание элементов в воздушно-сухой почве устанавливали по стандартной методике [25]. Результаты приведены в мг/кг. Se в растениях определяли флуорометрическим методом [26] с использованием референс-стандартов в трех повторностях в НИИ питания РАМН (д.б.н. Н.А.Голубкина, Москва), валовое содержание Se в почве – методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием проточно-инжекционной системы. О накоплении макро- и микроэлементов судили по величине коэффициента биологического накопления (КБН), который рассчитывали по формуле:

$$\text{КБН} = \frac{\text{Содержание элемента в сухой биомассе}}{\text{Содержание элемента в почве}}$$

Исследования противоопухолевой активности проводили в НИИ канцерогенеза Российского онкологического научного центра им. Н.Н. Блохина РАМН (к.б.н. В.П. Дерягина, к.б.н. Н.И. Рыжова, Москва).

В качестве объекта исследования использовали растения *A. schoenoprasum* L., выращенные из семян, прошедших намачивание в 0,001 %-ном водном растворе селената натрия Na_2SeO_4 (СЛSe1), а также растений, получивших дополнительное содержание Se при корневой подкормке селенатом натрия из расчета 1,5 мг Se на кг почвы (СЛSe2). Для сравнения брали растения шнитт-лука, не получившие дополнительно Se (СЛ), содержание микроэлемента в котором составляло 80 ± 7 мкг/кг сухого вещества. Листья лука измельчали и сушили при комнатной температуре и постоянном вентилировании. Содержание БАВ и микро-нутриентов в листьях лука приведено в таблице ранее опубликованной статьи [27]. Содержание Se в образцах СЛSe1 и СЛSe2 составляло 96 ± 9 и 570 ± 43 мкг/кг сухого вещества соответственно.

Для приготовления суспензии в коническую колбу на 50 мл помещали 750 мг мелко измельченного высушенного лука, добавляли дистиллированную воду, интенсивно перемешивали и доводили до метки водой. Суспензию готовили ежедневно. Опыты проводили на 40 мышах-самцах BDF (F_1 (C57Bl/6xDBA/2) в возрасте трех месяцев, массой 30–32 г, разводки питомника «Столбовая». Штамм метастазирующей эпидермоидной карциномы легких Льюиса (КЛ) получали из банка Российского онкологического научного центра им. Н.Н. Блохина. Использовали две–три пассажи опухоли *in vivo*. Мышей содержали в условиях вивария на брикетированном комбикорме с содержанием в нем Se – 75 ± 6 мкг/кг. Инокуляцию опухолевых клеток КЛ проводили п/к по 5×10^6 клеток на мышь в правую подмышечную область. Мышей распределили на четыре группы по 10 животных в каждой: 1 группа (контроль) – мыши с перевитой КЛ; мыши 2–4 групп в профилактическом режиме получали перорально пять раз в неделю на протяжении двух недель до перевивки КЛ и после нее в течение всего опыта по 0,5 мл перемешанной водной суспензии лука комнатной температуры из расчета 250 мг вещества на кг массы тела животного (м.т.ж.). Мыши 3 и 4 групп, потреблявшие суспензию обогащенного Se лука,

дополнительно, при каждом пероральном введении, получали с растением 0,024 мкг Se/кг м.т.ж. и 0,1225 мкг Se/кг м.т.ж., соответственно.

Ингибирующий эффект тестируемых веществ оценивали по торможению роста опухоли (ТРО), определяемому по объему и массе опухолей у животных опытных групп по сравнению с контрольной группой

$$\text{ТРО} = [(V_{\text{оп}} - V_{\text{к}}) / V_{\text{к}}] \times 100 \%,$$

где $V_{\text{к}}$ – средний объем опухоли в контрольной группе, $V_{\text{оп}}$ – средний объем опухоли в опытной группе (мм^3).

Объем опухолей вычисляли по формуле согласно методическим рекомендациям [28]. Минимально значимый критерий эффективности действия вещества, определяемый по объему, должен соответствовать показателю $\text{ТРО} > 50 \%$.

В конце эксперимента мышей усыпляли под эфирным наркозом. После вскрытия животных выделяли опухоли и уточняли их массу. Результаты изучения влияния субстанций на рост КЛ приведены в таблице в конце статьи.

Проверку значимости различий между данными (представленными в таблице как среднearифметическое $\pm$ выборочное стандартное отклонение) проводили с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Экспериментальное повышение селенового статуса шнитт-лука, как показали наши исследования, влияет на биохимические и морфологические показатели развивающегося растения. Были выявлены наиболее эффективные способы введения селената натрия для накопления Se в концентрациях, не превышающих ПДК (табл. 1).

Фенологические наблюдения показали, что обработка семян раствором селената натрия влияла на темпы роста растений на начальных этапах онтогенеза, увеличив скорость их прорастания и всхожесть по сравнению с контролем. Максимальная всхожесть отмечена для образцов 6 и 7 после намачивания в 0,001 %-ном, а также для образцов 4, 5 после намачивания в 0,005 %-ном растворе селената натрия. Семена контрольной группы (обр. 1–3) имели самую низкую всхожесть (рис. 1).

Установлено влияние селената натрия на активность ростовых процессов и изменение морфологических признаков растений: проведенные через три месяца после посадки промеры длины корней, луковиц и листьев показали значительные отличия в морфологии луковиц (табл. 2).

В контроле (обр. 1) луковицы имели округлую форму длиной 1 см, а растения, выращенные из семян после намачивания или подкормки растворами селената натрия – вытянутые луковицы, максимальная длина которых составила 5,3 см (обр. 5, получивший максимальную дозу селената натрия). Отличий в морфологии луковиц, выращенных из семян после намачивания в растворах селената разных концентраций (обр. 4, 6), не обнаружено; длина их составила 3,2 и 3,3 см соответственно. На изменение морфологии луковиц и корней оказыва-

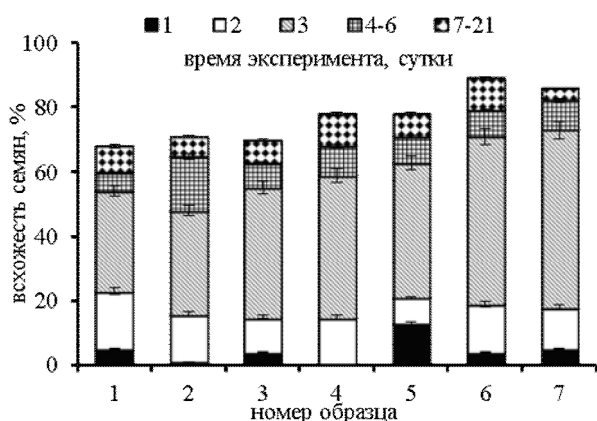


Рис. 1. Всхожесть семян *Allium schoenoprasum*.
Fig. 1. Germination of seeds of *Allium schoenoprasum*.

Таблица 2

Длина различных частей селенобогатого *Allium schoenoprasum* первого года вегетации, см

Table 2

The length of different parts of selenium-enriched *Allium schoenoprasum* of the first year of vegetation, cm

Номер образца *	Часть растения	
	Корень	Луковица
1	7,5±1,5	1,0±0,3
2	6,1±0,9	3,0±0,5
3	5,9±1,3	3,5±0,6
4	7,2±1,3	3,2±0,4
5	5,0±1,0	5,3±0,7
6	5,6±1,0	3,3±0,4
7	4,8±0,7	3,1±0,2

Примечания: $\pm \Delta$ – доверительный интервал абсолютной погрешности при $P = 0.95$; * Здесь и далее номера образцов соответствуют приведенным в табл.1.

Notes: $\pm \Delta$ - the confidence interval of absolute error at $P = 0.95$; * Here and further the sample numbers correspond to the samples shown in Table.1.

ло влияние количество подкормок: при однократной подкормке (1,5 мг/кг почвы) морфологические изменения были менее значительные, чем при трехкратной подкормке (0,5 мг/кг почвы). Максимальная длина корней обнаружена у контрольного образца, минимальная – у обр. 5 и 7, для которых была проведена стратификация в растворах селената и последующая однократная подкормка 1,5 мг/кг почвы. Повышение содержания Se намачиванием семян в растворах селената натрия, а также внесение его в почву оказывало влияние на морфологию развивающегося растения – приводило к уменьшению длины корней, увеличению длины лукович в зависимости от концентрации селената натрия. На длину листа растений первого года жизни селенат натрия оказывал незначительное влияние, наиболее существенные морфологические различия проявились на второй год (рис. 2).

Наибольшая длина листа была у растений, получивших Se при корневой подкормке (обр. 2, 3). Наименьшая длина листа и в этом случае была у

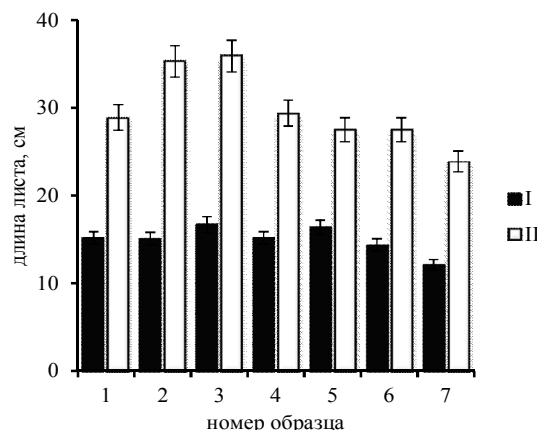


Рис. 2. Длина листа *Allium schoenoprasum* первого (I) и второго (II) года вегетации.

Fig. 2. Leaf length of *Allium schoenoprasum* of the first (I) and second (II) year of vegetation.

обр. 7, что подтверждает мнение об ингибирующем влиянии избытка Se на рост растений [29, 30]. В литературе имеются сведения, что при внесении в почву 2 мг/кг Se наблюдалось снижение урожайности некоторых сельскохозяйственных культур. Установлены критические концентрации Se в побегах, ингибировавшие рост растений, мкг/г: для капусты сарептской *Brassica juncea* Czern L. – 105, кукурузы – 41, риса и пшеницы – 19. В дозе свыше 1,5 – 3 мг/кг почвы Se накапливался в этих растениях до токсичного для потребления животными уровня – больше 5 мг/кг биомассы [31]. Установлено, что при концентрации Se в почве свыше 0,5 мг/кг продукция растениеводства токсична для животных [32]. Имеется мнение, что селенаты и селениты, которые быстро поглощаются и включаются в метаболизм, токсичны для растений [33].

До настоящего времени нет четкого понимания взаимного влияния макро- и микроэлементов, зависимости их содержания в растении от дополнительного введения Se тем или иным образом. Отличные результаты были получены в Финляндии, где использование удобрений с содержанием селената натрия позволило более чем вдвое увеличить потребление населением этого микроэлемента. Это дало возможность достичь уровня, отвечающего максимальной активности селенозависимой глутатионпероксидазы тромбоцитов [34]. Кроме того, было отмечено, что использование селената натрия как компонента удобрений снизило аккумуляцию тяжелых металлов во всех звеньях пищевой цепи [5].

В наших экспериментах дополнительное введение Se приводило к существенным изменениям. В листьях растений первого года вегетации его содержание во всех случаях возросло многократно, особенно в образцах 4–7, где оно значительно превысило ПДК, и, следовательно, такие растения становятся токсичными для человека (табл. 3).

Как показали наши исследования, слишком высокие концентрации вводимого Se влияют не только на его содержание в растении, но и на онтогенез и морфологические показатели. Например, рас-

Таблица 3
**Содержание селена в листьях
Allium schoenoprasum первого и второго года
 вегетации, мг/кг сухого вещества**

Table 3
**The content of selenium in the leaves
 of *Allium schoenoprasum* of the first and second
 year of vegetation, mg/kg of dry matter**

Номер образца	Первый год вегетации		Второй год вегетации	
	Содержание	КБН	Содержание	КБН
1	0,04	0,3	0,10±0,05	0,8
2	1,9±1,0	12,7	0,10±0,05	1,0
3	1,9±1,0	5,3	0,10±0,05	0,4
4	8,0±4,0	50,0	0,18±0,09	1,8
5	17,0±8,0	77,3	0,51±0,26	3,4
6	6,0±3,0	27,3	0,35±0,18	2,2
7	70±40	333,3	2,2±1,1	22,0

тения (обр. 7, табл. 1), получившие максимальное количество Se в результате намачивания семян и однократной подкормки 1,5 мг/кг почвы, по всем показателям отличались от других: избыток Se ингибировал рост растения – они имели минимальную длину корней и листьев по сравнению с другими образцами. На второй год вегетации содержание Se в контроле возросло с 0,04 до 0,1 мг/кг (в 2,5 раза), но в экспериментальных образцах оно существенно упало. Однако высокие значения КБН в большинстве растений сохранились (табл. 3). Полученные результаты свидетельствуют о том, что шнитт-лук очень хорошо аккумулирует Se и может накапливать его в количествах, значительно превышающих ПДК.

Дополнительное введение Se оказывало ингибирующее действие на усвоение растением других микроэлементов, особенно в растениях первого года вегетации. В листьях селенобогатенного шнитт-лука первого года жизни наблюдали снижение содержания микроэлементов по сравнению с контролем, особенно значительное для железа, алюминия и марганца. Для растений второго года жизни такой эффект не был обнаружен (табл. 4).

Дополнительное введение Se влияло и на содержание макроэлементов. В листьях растений с экспериментально повышенным содержанием Se в первый год вегетации наблюдалось снижение концентрации кальция, магния, калия и фосфора по сравнению с контролем (табл. 5). На второй год жизни содержание кальция, магния и калия в контроле уменьшилось, а фосфора и серы возросло. Дополнительное введение Se в основном не влияло на содержание общего азота в листьях шнитт-лука. Однако массовая доля азота аминокислот по сравнению с контролем снижалась (обр. 1, табл. 6).

Результаты исследования противоопухолевого действия Se-обогащенных форм лука приведены в табл. 7. Анализ данных показал, что в условиях профилактического регулярного поступления в

организм водной суспензии лука происходит слабая задержка роста солидной КЛ на ранних сроках развития опухоли (в течение двух недель). Показатель ТРО на этот срок составил 24,1–26,4 % и был статистически достоверным ($p < 0,05$). При потреблении мышами суспензии лука, выращенного в условиях корневой подкормки селенатом натрия (гр. 4), определяли снижение объемов опухолей у мышей на 18,0–31,2 %, причем различие с контрольной группой на 11-е и 18-е сутки роста КЛ было статистически значимое ($p < 0,01$). Однако на поздних сроках роста опухолей ингибирующее влияние лука, обогащенного Se, не проявлялось. Масса опухолей, выделенных на 25-е сутки роста КЛ у мышей, потреблявших суспензию лука, в том числе полученного из обогащенного Se растения, статистически не отличалась от показателя контроля. Следует отметить, что в группах животных, которым вводили суспензии лука, не регистрировали их гибели, в то время как в контрольной группе погибло одно животное. Полученные результаты показали, что ингибирующий эффект (определяемый как по изменению объемов опухоли, так и по снижению массы опухоли) селенобогатенных форм лука по сравнению с луком, выращенным традиционно, отсутствовал.

В наших ранних работах [27, 35] было показано, что водные и водно-спиртовые экстракты листьев шнитт-лука, полученные после фильтрации выдержанной в термостате водной или водно-спиртовой суспензии сухого растения, проявляют тенденцию к ингибированию роста подкожно перививаемой карциномы Эрлиха (КЭ) у мышей-самцов BDF на стадии ее интенсивного развития. Изучение влияния субстанций, обогащенных стероидными гликозидами, полученных из шнитт-лука, показало, что насыщение организма мышей стероидными гликозидами до перевивки КЭ и во время роста КЭ не повлияло на резистентность организма к опухолевым клеткам, не сказалось на латентном периоде формирования опухолевых узлов и скорости роста опухоли. Тестирование в лечебном режиме выявило стимулирующий эффект спироаноловых гликозидов в отношении роста КЭ. В то же время при терапии фураностаноловыми гликозидами отмечалось слабое торможение роста опухолей, определяемое как по объему, так и массе опухолей [35]. Таким образом, результаты исследований показали, что суспензии листьев лука, а также полученная из него субстанция, обогащенная фураностаноловыми гликозидами, могут в определенной мере сдерживать рост перививаемых опухолей. Результаты проведенного исследования выявили способность экстрактов лука и его селенобогатенной формы слабо усиливать резистентность организма мышей по отношению к перививаемым опухолям КЛ.

При анализе литературных данных также прослеживается дозо-зависимый характер ингибирующего бластомогенез действия Se-содержащих растений, который проявлялся при скормливания животным корма, содержащего 1–3 мг Se/кг [13]. Тестируемые авторами Se-обогащенные растительные

Таблица 4

Содержание некоторых микроэлементов в листьях Allium schoenoprasum с повышенным селеновым статусом первого (числитель) и второго (знаменатель) года вегетации, мг/кг сухого вещества

Table 4

The content of some microelements in the leaves of Allium schoenoprasum with high selenium status of the first (numerator) and second (denominator) year of vegetation (mg/kg of dry matter)

Элементы	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	7
Fe	770 ± 220 64 ± 18	760 ± 210 57 ± 16	320 ± 90 71 ± 20	340 ± 100 61 ± 17	440 ± 120 64 ± 18	390 ± 110 73 ± 20	220 ± 60 55 ± 15
Al	1070 ± 280 54 ± 14	1120 ± 290 40 ± 10	450 ± 120 45 ± 12	510 ± 130 45 ± 12	670 ± 170 58 ± 15	570 ± 150 69 ± 18	320 ± 90 45 ± 12
Cu	$5,6 \pm 1,1$ $3,0 \pm 0,6$	$7,4 \pm 1,5$ $3,2 \pm 0,6$	$4,3 \pm 0,9$ $4,5 \pm 0,6$	$6,2 \pm 1,2$ $4,0 \pm 0,6$	$5,7 \pm 1,1$ $3,0 \pm 0,6$	$4,4 \pm 1,0$ $3,0 \pm 0,6$	$4,1 \pm 0,8$ $2,9 \pm 0,6$
Zn	19 ± 4 18 ± 4	16 ± 3 18 ± 4	17 ± 3 24 ± 5	17 ± 3 22 ± 4	18 ± 4 16 ± 3	17 ± 3 17 ± 3	17 ± 3 15 ± 3
Mn	42 ± 12 18 ± 6	36 ± 11 19 ± 6	23 ± 7 27 ± 8	25 ± 7 22 ± 7	26 ± 8 16 ± 5	25 ± 7 18 ± 5	19 ± 6 16 ± 5
Cr	$2,5 \pm 0,5$ $0,29 \pm 0,06$	$2,7 \pm 0,5$ $0,44 \pm 0,08$	$1,45 \pm 0,29$ $2,4 \pm 0,5$	$1,39 \pm 0,28$ $0,24 \pm 0,05$	$1,7 \pm 0,3$ $0,23 \pm 0,06$	$1,6 \pm 0,3$ $0,17 \pm 0,03$	$1,20 \pm 0,24$ $0,37 \pm 0,07$
Ni	$7,8 \pm 2,7$ $0,9 \pm 0,3$	$8,1 \pm 2,8$ $1,2 \pm 0,4$	$4,2 \pm 1,5$ $2,3 \pm 0,8$	$4,0 \pm 1,4$ $1,3 \pm 0,4$	$4,4 \pm 1,5$ $0,84 \pm 0,29$	$4,8 \pm 1,7$ $0,83 \pm 0,29$	$3,7 \pm 1,3$ $1,0 \pm 0,4$
Pb	$2,5 \pm 0,6$ $0,5$	$2,3 \pm 0,6$ $0,5$	$1,3 \pm 0,3$ $0,64 \pm 0,18$	$1,4 \pm 0,3$ $0,5$	$1,3 \pm 0,3$ $0,5$	$0,94 \pm 0,24$ $0,5$	$0,88 \pm 0,22$ $0,5$
Cd	$0,14 \pm 0,07$ $0,1$	$0,12 \pm 0,06$ $0,1$	$0,1 \pm 0,06$ $0,13$	$0,12 \pm 0,06$ $0,1$	$0,11 \pm 0,06$ $0,1$	$0,11 \pm 0,06$ $0,1$	$0,12 \pm 0,06$ $0,1$
Co	$0,43 \pm 0,01$ $0,1$	$0,42 \pm 0,01$ $0,1$	$0,18 \pm 0,01$ $0,1$	$0,21 \pm 0,01$ $0,1$	$0,24 \pm 0,01$ $0,1$	$0,22 \pm 0,01$ $0,1$	$0,15 \pm 0,01$ $0,1$
Mo	10 ± 4 $0,38 \pm 0,15$	$7,2 \pm 2,9$ $0,16 \pm 0,06$	10 ± 4 $0,55 \pm 0,22$	11 ± 4 $0,24 \pm 0,10$	8 ± 3 $0,13 \pm 0,05$	12 ± 5 $0,9 \pm 0,4$	20 ± 8 $1,2 \pm 0,5$
Ba	15 ± 4 $8,0 \pm 2,4$	14 ± 4 $9,2 \pm 2,8$	$9,6 \pm 2,9$ 12 ± 3	10 ± 3 11 ± 3	11 ± 3 12 ± 4	10 ± 3 $8,2 \pm 2,5$	$7,2 \pm 2,2$ $8,9 \pm 2,7$
V	$2,1 \pm 0,5$ $0,1$	$2,1 \pm 0,5$ $0,1$	$0,92 \pm 0,23$ $0,1$	$1,02 \pm 0,25$ $0,1$	$1,3 \pm 0,3$ $0,1$	$1,13 \pm 0,28$ $0,1$	$0,65 \pm 0,16$ $0,1$
Sr	36 ± 11 24 ± 7	29 ± 9 28 ± 8	28 ± 8 35 ± 11	26 ± 8 31 ± 9	27 ± 8 27 ± 8	28 ± 8 26 ± 8	25 ± 7 28 ± 8
As	$0,04 \pm 0,01$ $0,1$	$0,31 \pm 0,01$ $0,1$	$0,15 \pm 0,01$ $0,1$	$0,14 \pm 0,01$ $0,1$	$0,19 \pm 0,01$ $0,1$	$0,19 \pm 0,01$ $0,1$	$0,12 \pm 0,01$ $0,1$

продукты – брокколи, чеснок, лук, спирулина – содержали более высокие уровни этого незаменимого микроэлемента, достигающие 28 мг/кг сухого вещества (лук) или 1 г/кг (чеснок, спирулина) [13, 19, 21–23]. В нашем случае при потреблении мышами суспензии лука, содержащего Se в максимальной концентрации – 570 мкг Se/кг, поступление микроэлемента в организм мышей было существенно меньше количеств, при которых исследователи отмеча-

ли устойчивый и продолжительный противоопухолевый эффект. Можно ожидать, что при более высоких уровнях накопления Se в луке профилактическое действие растения будет более выраженным. Однако содержание Se в растении должно строго контролироваться, так как его высокие концентрации в суспензии могут вызвать отрицательный эффект. Известно, что доминирующей формой присутствия Se в растениях является аминокислота селе-

Таблица 5

Содержание макроэлементов в листьях *Allium schoenoprasum* с экспериментально повышенным селеновым статусом первого и второго года вегетации, мг/кг сухого вещества

Table 5

The content of macroelements in the leaves of *Allium schoenoprasum* with experimentally increased selenium status of the first and second year of vegetation, mg/kg of dry matter

Номер образца	Ca	Mg	K	P	S
1	9200 ± 2800	2800 ± 800	14000 ± 6000	2600 ± 800	2600 ± 800
	6700 ± 2000	1500 ± 400	13000 ± 5000	2900 ± 900	3600 ± 1100
2	7200 ± 2200	2100 ± 600	10000 ± 4000	2100 ± 600	1900 ± 600
	7600 ± 2300	1600 ± 500	15000 ± 6000	3200 ± 1000	4300 ± 1300
3	7400 ± 2200	1800 ± 500	11000 ± 4000	2200 ± 700	2100 ± 600
	9700 ± 2900	1500 ± 400	19000 ± 8000	4300 ± 1300	5000 ± 1500
4	6900 ± 2100	1900 ± 600	11000 ± 4000	2200 ± 700	2700 ± 800
	8600 ± 2600	1800 ± 500	16000 ± 6000	3600 ± 1100	4500 ± 1400
5	7000 ± 2100	2000 ± 600	11000 ± 4000	2400 ± 700	3500 ± 1100
	7200 ± 2100	1400 ± 400	15000 ± 6000	2700 ± 800	3400 ± 1000
6	7400 ± 2200	2100 ± 600	1100 ± 4000	2200 ± 700	2800 ± 800
	7400 ± 2200	1300 ± 400	14000 ± 5000	2900 ± 900	4000 ± 1200
7	7200 ± 2200	1700 ± 500	12000 ± 5000	2300 ± 700	3700 ± 1100
	8700 ± 2600	1300 ± 400	15000 ± 6000	2900 ± 900	4800 ± 1400

Примечание: числитель – содержание элементов в первый год вегетации; знаменатель – содержание элементов во второй год вегетации.

Note: the numerator – the content of elements in the first year of vegetation; the denominator – the content of elements in the second year of vegetation.

Таблица 6

Содержание общего азота и азота аминокислот в листьях *Allium schoenoprasum* с экспериментально повышенным содержанием селена

Table 6

The content of total nitrogen and nitrogen of amino acids in the leaves of *Allium schoenoprasum* with experimentally increased content of selenium

Номер образца	Массовая доля общего азота в сухом веществе, %	Массовая доля азота аминокислот от общего азота, %
1	1,8±0,3	56,3
2	2,2±0,4	49,2
3	2,2±0,4	50,5
4	1,9±0,3	53,2
5	1,8±0,3	48,2
6	1,9±0,3	51,6
7	1,8±0,3	47,4

нометионин. Антисканцерогенное действие селенометионина предположительно обусловлено его способностью к ферментативному расщеплению при помощи фермента метиониназы до метилселенола (CH_3SeH), который является критическим метаболитом, модулирующим экспрессию ряда генов,

способных вызывать задержку клеточного цикла в G1 фазе и инициировать апоптоз в опухолевых клетках [36]. Показано, что время полураспада поступившего в организм селенометионина, расходуемого на образование биологически активных соединений Se, составляет 252 дня, т.е. селенометионин многократно расходуется в организме [5, 37]. Следовательно, он может накапливаться, вызывая токсикозы и другие негативные проявления. Кроме того, при наличии в луке высоких концентраций различных БАВ могут проявляться синергические эффекты.

Следует добавить, что для более полного и всестороннего изучения противоопухолевого потенциала Se-обогащенных форм лука целесообразно проведение исследований в длительных хронических экспериментах на моделях химического канцерогенеза, которые позволят выявить профилактическое действие на всех стадиях опухолевого процесса.

Закключение

Выявлены наиболее эффективные способы экспериментального повышения содержания Se в луке *Allium schoenoprasum*. Показано влияние неорганических форм Se на морфологические и биохимические показатели растений *Allium schoenoprasum*, зависящее от метода введения селената нат-

Таблица 7

Влияние суспензий селенобогатенного Allium schoenoprasum на рост перевиваемой карциномы легких Льюиса у мышей

Table 7

The influence of suspensions of selenium-enriched Allium schoenoprasum (chive) on the growth of transplantable lung carcinoma Lewis in mice

Группа, доза вещества (дополнительное поступление Se)	Средний объем опухоли, мм ³ (сутки после перевивки опухоли)					Масса опухоли, мг
	7	11	14	18	21	
1 Контроль	117 ± 50 n=10	2871 ± 658 n=10	3877 ± 948 n=9	6409 ± 1735 n=9	8819 ± 2471 n=9	7603 ± 1159 n=8
2 СЛ 250 мг/кг м.т.ж. (0,02 мкг Se/кг м.т.ж.)	123 ± 51 n=10	2113 ± 552* (-26,4 %)*** n=10	2942 ± 479* (-24,1 %)*** n=10	5304 ± 812 (-17,2 %)*** n=9	8580 ± 1370 n=9	7250 ± 1243 n=9
3 СЛSe1 250 мг/кг м.т.ж. (0,024 мкг Se/кг м.т.ж.)	85 ± 15 n=9	2327 ± 519 (-18,9 %)*** n=9	3256 ± 533 (-16 %)*** n=9	5143 ± 1249 (-19,8 %)*** n=9	7375 ± 1236 (-16,4 %)*** n=9	7970 ± 1021 n=9
4 СЛSe2 250 мг/кг м.т.ж. (0,1225 мкг Se/кг м.т.ж.)	93 ± 53 n=10	2054 ± 437** (-28,5 %)*** n=9	3144 ± 577 (-18,9 %)*** n=9	4411 ± 952** (-31,2 %)*** n=9	7396 ± 1821 (-16,1 %)*** n=9	8242 ± 890 n=9

Примечания: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ – достоверность различия по отношению к контролю по критерию Стьюдента; *** – в скобках указан % ингибирования; СЛ – суспензия лука; СЛSe1 и СЛSe2 – суспензия лука, обогащенного Se; n – число животных; м.т.ж. – масса тела животного.

Notes: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ – the accuracy of the difference relative to the control according to Student's test; *** – in brackets - % of inhibition; SC – suspension of chive; SCSe1 and SCSe2 – suspension of selenium-enriched chive; b.w.a. – animal body weight; n – number of animals.

рия и его концентрации: обработка семян раствором селената натрия влияла на темпы роста растений на начальных этапах онтогенеза, увеличив скорость их прорастания и всхожесть по сравнению с контролем, приводила к изменению морфологии луковиц и корней, длины листа. Определено ингибирующее влияние избытка Se на рост растений, а также на аккумуляцию микро- и макроэлементов.

Результаты исследования действия экстрактов шнитт-лука и его селенобогатенной формы на метастазирующую эпидермоидную карциному легких Льюиса у мышей выявили способность слабо усиливать резистентность организма мышей по отношению к перевиваемым опухолям КЛ. Это требует более полного и всестороннего изучения противоопухолевого потенциала Se-обогащенных форм лука в длительных хронических экспериментах на моделях химического канцерогенеза, которые позволят установить профилактическое действие на всех стадиях опухолевого процесса.

Литература

1. Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям / Под. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар – СПб., 2009. 264 с.
2. Паршукова О.И. Влияние климато-географических факторов на содержание селена в сыворотке крови жителей европейского Севера // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 1. С. 51–53.
3. Finley J.W., Ip C., Lisk D.J. et al. Cancer-protective properties of high-selenium broccoli // J. Agric. Food Chem. 2001. Vol. 49. P. 2679–2683.
4. Whanger P.D. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance // Journal of the American College of Nutrition. 2002. Vol. 21. N. 3. P. 223–232.
5. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006. 255 с.
6. Шишова Т.И., Голубкина Н.А., Бешлей И.В., Матисов Н.В. Селенодефицит и возможности его сокращения. Аккумулярующие свойства некоторых представителей рода Allium L. по отношению к селену // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2011. №3(7). С. 48–54.
7. Tache S., Ladam A., Corpet D.E. Chemoprevention of aberrant crypt foci in the colon of rats by dietary onion // Eur. J. Cancer. 2007. Vol. 43. N. 2. P. 454–458.
8. Galeone C., Pelucchi C., Dal Maso L. et al. Allium vegetables intake and endometrial cancer risk // Public Health Nutr. 2009. Vol. 12. N. 9. P. 1576–1579.
9. Lazarevic K., Nagorni A., Rancic N. et al. Dietary factors and gastric cancer risk: hospital-based case control study // J. Buon. 2010. Vol. 15. N. 1. P. 89–93.
10. Viry E., Anwar A., Kirsch G. et al. Antiproliferative effect of natural tetrasulfides in human breast cancer cells is mediated through the inhibition of the cell division cycle 25 phosphatases // Int. J. Oncol. 2011. Vol. 38. N. 4. P. 1103–1111.

11. Дейнеко Г.И. Липиды, жирные кислоты и углеводы видов *Allium L.* // Раст. ресурсы. 1985. Т. 21. Вып. 2. С. 221–229.
12. Timitü G., Mitaine-Offer A.-C., Miyamoto T. et al. Structure and cytotoxicity of steroidal glycosides from *Allium schoeno-prasum* // Phytochem. 2013. Vol. 88. P. 61–66.
13. Экспериментальное изучение профилактических свойств обогащенных селеном растительных продуктов на модели перевиваемых опухолей у мышей / В.П. Дерягина, Н.И. Рыжова Н.А. Голубкина, Е.Е. Антошина, Т.Г. Горькова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2011. № 9. С. 49–55.
14. Combs G.F., Gray W.P. Chemopreventive agents: selenium // Pharmacol. Ther. 1998. Vol. 79. P. 179–192.
15. Brozmanová J. Selenium and Cancer: from Prevention to Treatment // Clin. Oncol. 2011. Vol. 24. N. 3. P. 171–179.
16. Vinceti M., Dennert G., Crespi C.M. et al. Selenium for preventing cancer // Cochrane Database Syst. Rev. 2014. Vol. 30. N 3.
17. Гмошинский И.В., Мазо В.К. Селен в питании: краткий обзор // Medicina Altera. 1999. № 4. С. 18–22.
18. Hatfield D.L., Tsuji P.A., Carlson B.A., Gladyshev V.N. Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development // Trends Biochem. Sci. 2014. Vol. 39. N.3. P. 112–120.
19. Ip C., Lisk D.J. Efficacy of cancer prevention by high-selenium garlic is primary dependent on the action of selenium // Cancer. 1995. Vol. 16. P. 2649–2652.
20. Harrison P.R., Lanfear J., Wu L. et al. Mechanisms of chemoprevention and growth inhibition by selenium compounds // Selenium in Biology and Medicine: Proc. of the 6th Intern. Symp. New York: Van Nost-rand Reinhold, 1996. P. 74–82.
21. Ip C. Lessons from basic research in selenium and cancer prevention // J. Nutr. 1998. Vol. 128. N. 11. P. 1845–1854.
22. Davis C.D., Zheng H., Finley J.W. Selenium-enriched broccoli decreases intestinal tumorigenesis in multiple intestinal neoplasia mice // J. Nutr. 2002. Vol. 132, N. 2. P. 307–309.
23. El-Bayomy K., Sinha R., Pinto J.T., Rivlin R.S. Cancer chemoprevention by garlic and garlic-containing sulfur and selenium compounds // J. Nutr. 2006. Vol. 136. N. 3. P. 864–869.
24. Николаева М.Г., Лязгунова И.В., Поздова Л.М. Биология семян. СПб.: НИИ химии СПбГУ, 1999. 233 с.
25. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М., 1990. (Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, РД 52.18.191-89).
26. Alfthan G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. 1984. Vol. 165. P. 187–194.
27. Изучение химического состава листьев *A. schoenoprasum L.* и ингибирующего действия их экстрактов на опухолевый рост у мышей / Т.И.Ширшова, И.В.Бешлей, В.П.Дерягина, Н.И.Рыжова, Н.В.Матистов // Хим.-фарм. журн. 2012. Т. 46. № 11. С. 30–33.
28. Трещалина Е.М., Жукова О.С., Герасимова Г.К. и др. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М.: Медицина, 2005. С. 637–651.
29. Биологически активные соединения овощей / Н.А.Голубкина, С.М.Сирота, В.Ф.Пивоваров, А.Я.Яшин, Я.И.Яшин М.: ВНИИССОК, 2010. 200 с.
30. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2011. 368 с.
31. Rani N., Dhillon K.S., Dhillon S.K. Critical levels of selenium in different crops grown in an alkaline silty loam soil treated with selenite-Se // Plant Soil. 2005. Vol. 277. P. 367–374.
32. Dhillon S.K., Dhillon K.S. Pools of selenium in some Indian soils at field capacity and submerger moisture regimes // Aust. J. Soil Res. 2004. Vol. 42. P. 247–257.
33. Wu L., Huang Z.Z., Burau R.G. Selenium accumulation and selenium-salt co-tolerance in five grass species // Crop Sci. 1988. Vol. 28. P. 517–522.
34. Aspila P. The history of selenium supplemented fertilization in Finland // Twenty years of selenium fertilization: Proceedings of workshop. Helsinki, 2005. P. 8–13.
35. Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Дерягина В.П., Рыжова Н.И. Компонентный состав стероидных гликозидов, выделенных из соплодий *Allium schoenoprasum L.*, и оценка их влияния на рост перевиваемых опухолей у мышей // Хим.-фарм. журн. 2014. Т. 48. № 5. С. 28–31
36. Zeng H., Briske-Anderson M., Wu M., Moyer M.P. Methylselenol, a selenium metabolite, plays common and different roles in cancerous colon HCT116 cell and noncancerous NCM460 colon cell proliferation // Nutrition and Cancer. 2012. Vol. 64. P. 128–135.
37. Swanson C.A., Patterson B.H., Levander O.A., Vellon C.Z. (75Se)selenium amino acids metabolism//Biofactors. 1991. Vol.10. P. 257–262.

References

1. *Problemy adaptatsii cheloveka k ekologicheskim i sotsial'nym usloviyam* [The problems of human adaptation to environmental and social conditions] / Ed. E.R.Boyko. Syktyvkar–St.Petersburg, 2009. 264 p.
2. *Parshukova O.I. Vliyanie klimato-geograficheskikh faktorov na sodержание selena v syvorotke krovi zhtelej Evropeyskogo Severa* [Influence of climatic and geographical factors on the selenium content in the blood serum of inhabitants of the European North] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2010. № 1. P. 51–53.

3. *Finley J.W., Ip C., Lisk D.J. et al.* Cancer-protective properties of high-selenium broccoli // *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49. P. 2679–2683.
4. *Whanger P.D.* Selenocompounds in plants and animals and their biological significance // *J. of American College of Nutrition.* 2002. Vol. 21. No. 3. P. 223–232.
5. *Golubkina N.A., Papazyan T.T.* Selen v pitanii. Rasteniya, zhivotnye, chelovek [Selenium in the diet. Plants, animals, people]. Moscow: Pechatntiy gorod, 2006. 255 p.
6. *Shirshova T.I., Golubkina N.A., Beshley I.V., Matistov N.V.* Selenodefitsit i vozmozhnosti ego sokrashcheniya. Akkumuliruyushchie svoystva nekotorykh predstaviteley roda *Allium* L. po otnosheniyu k selenu [Selenium deficiency and possibilities of its reduction. Accumulating properties of some members of *Allium* L. genus in relation to selenium] // *Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS.* 2011. № 3 (7). P. 48–54.
7. *Tache S., Ladam A., Corpet D.E.* Chemoprevention of aberrant crypt foci in the colon of rats by dietary onion // *Eur. J. Cancer.* 2007. Vol. 43. No. 2. P. 454–458.
8. *Galeone C., Pelucchi C., Dal Maso L. et al.* *Allium* vegetables intake and endometrial cancer risk // *Public Health Nutr.* 2009. Vol. 12. No. 9. P. 1576–1579.
9. *Lazarevic K., Nagorni A., Rancic N. et al.* Dietary factors and gastric cancer risk: hospital-based case control study // *J. Buon.* 2010. Vol. 15. No. 1. P. 89–93.
10. *Viry E., Anwar A., Kirsch G. et al.* Antiproliferative effect of natural tetrasulfides in human breast cancer cells is mediated through the inhibition of the cell division cycle 25 phosphatases // *Int. J. Oncol.* 2011. Vol. 38, No. 4. P. 1103–1111.
11. *Deyneko G.I.* Lipiny, zhirnie kisloty i uglevody vidov *Allium* L. [Lipids, fatty acids and carbohydrates of *Allium* L. species] // *Rast. resursy* [Plant resources]. 1985. Vol. 21. Issue 2. P. 221–229.
12. *Timitü G., Mitaine-Offer A.-C., Miyamoto T. et al.* Structure and cytotoxicity of steroidal glycosides from *Allium schoenoprasum* // *Phytochem.* 2013. Vol. 88. P. 61–66.
13. Eksperimental'noe izuchenie profilakticheskikh svoystv obogashchennikh selenom rastitel'nykh produktov na modeli perevivaemykh opukholey u myshey [Experimental study of the prophylactic properties of selenium-enriched plant foods on the model of transplantable tumors in mice] / *V.P.Deryagina, N.I.Ryzhova, N.A.Golubkina, E.E.Antoshyna, T.G.Gor'kova.* // *Voprosy biologicheskoy, midsitsinskoy i farmatsevticheskoy khimii* [Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry]. 2011. № 9. P. 49–55.
14. *Combs G.F., Gray W.P.* Chemopreventive agents: selenium // *Pharmacol. Ther.* 1998. Vol. 79. P. 179–192.
15. *Brozmanová J.* Selenium and Cancer: from Prevention to Treatment // *Clin Oncol.* 2011. Vol. 24. No. 3. P. 171–179.
16. *Vinceti M., Dennert G., Crespi C.M. et al.* Selenium for preventing cancer // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2014. Vol. 30. No. 3.
17. *Gmshinsky I.V., Mazo V.K.* Selen v pitanii: kratkiy obzor [Selenium in nutrition: an overview] // *Medicina Altera.* 1999. № 4. P. 18–22.
18. *Hatfield D.L., Tsuji P.A., Carlson B.A., Gladyshev V.N.* Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development // *Trends Biochem. Sci.* 2014. Vol.39. No. 3. P. 112–120.
19. *Ip C., Lisk D.J.* Efficacy of cancer prevention by high-selenium garlic is primary dependent on the action of selenium // *Cancer.* 1995. Vol. 16. P. 2649–2652.
20. *Harrison P.R., Lanfear J., Wu L. et al.* Mechanisms of chemoprevention and growth inhibition by selenium compounds // *Selenium in Biology and Medicine: Proc. of the 6th Intern. Symp.* New York: Van Nostrand Reinhold, 1996. P. 74–82.
21. *Ip C.* Lessons from basic research in selenium and cancer prevention // *J. Nutr.* 1998. Vol. 128. No. 11. P. 1845–1854.
22. *Davis C.D., Zheng H., Finley J.W.* Selenium-enriched broccoli decreases intestinal tumorigenesis in multiple intestinal neoplasia mice // *J. Nutr.* 2002. Vol. 132. No. 2. P. 307–309.
23. *El-Bayomy K., Sinha R., Pinto J.T., Rivlin R.S.* Cancer chemoprevention by garlic and garlic-containing sulfur and selenium compounds // *J. Nutr.* 2006. Vol. 136. No. 3. P. 864–869.
24. *Nikolaeva M.G., Lyazgunova I.V., Pozdova L.M.* *Biologiya semyan* [Seeds Biology]. St.Petersburg: NII khimii SPbGU [Res.Inst. of Chemistry, St.Petersburg State Univ.], 1999. 233 p.
25. *Metodicheskie ukazaniya.* Metodika vypolneniya izmereniy massovoy doli kislotorastvorimyykh form metallov (medi, svintsa, tsinka, nikelya, kadmiya) v probakh pochvy atomno-absorbtsionnym analizom [Methodical instructions. Methods of measurement performance of the mass fraction of acid-soluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium) in soil samples by atomic absorption analysis. Moscow, 1990. (Gosudarstvenniy komitet SSSR po gidrometeorologii [USSR State Committee for Hydrometeorology], RD 52.18.191-89).
26. *Alfthan G.V.* A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // *Anal. Chim. Acta.* 1984. Vol. 165. P. 187–194.
27. Izuchenie khimi-cheskogo sostava list'ev *A. schoenoprasum* i ingibiruyushchego deystviya ikh ekstraktov na opukholevyy rost u myshey [Chemical composition of *A. schoenoprasum* leaves and inhibitory effect of their extract on tumor growth in mice] / *T.I.Shirshova, I.V.Beshley, V.P.Deryagina, N.I.Ryzhova, N.V.Matistov.* // *Khim.-farm. zhurn.* [Pharm. Chem. J.]. 2012. Vol. 46. № 11. P. 30–33.

28. Treshchalina E.M., Zhukova O.S., Gerasimova G.K. et al. Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farma-kologicheskikh veshchestv [Manual on experimental (preclinical) study of new pharmacological substances]. Moscow: Meditsina [Medicine], 2005. P. 637–651.
29. *Biologicheski aktivnye soedineniya ovoshchey* [Biologically active compounds of vegetables] / N.A. Golubkina, S.M. Sirot, V.F. Pivovarov, A.Ya.Yashin, Ya.I.Yashin. Moscow: VNISSOK, 2010. 200 p.
30. Bityutsky N.P. Mikroelementy vysshikh rasteniy [Microelements of higher plants]. St.Petersburg.: St.Petersburg State Univ. Publ., 2011. 368 p.
31. Rani N., Dhillon K.S., Dhillon S.K. Critical levels of selenium in different crops grown in an alkaline silty loam soil treated with selenite-Se // *Plant Soil*. 2005. Vol. 277. P. 367–374.
32. Dhillon S.K., Dhillon K.S. Pools of selenium in some Indian soils at field capacity and submerged moisture regimes // *Aust. J. Soil Res.* 2004. Vol. 42. P. 247–257.
33. Wu L., Huang Z.Z., Burau R.G. Selenium accumulation and selenium-salt co-tolerance in five grass species // *Crop Sci.* 1988. Vol. 28. P. 517–522.
34. Aspila P. The history of selenium supplemented fertilization in Finland // *Twenty years of selenium fertilization: Proc. of workshop*. Helsinki, 2005. P. 8–13.
35. Shirshova T.I., Beshley I.V., Deryagina V.P., Ryzhova N.I. Komponentnyy sostav steroidnykh glikozidov, vydelennikh iz soplodiy *Allium schoenoprasum* L., i otsenka ikh vliyaniya na rost perevivaemykh opukholey u myshy [The component composition of steroid glycosides extracted from the fruits of *Allium schoenoprasum* L. and assessment of their effects on the growth of transplanted tumors in mice] // *Khim.-farm. zhurn. [Pharm. Chem. J.]*. 2014. Vol. 48. № 5. P. 28–31.
36. Zeng H., Briske-Anderson M., Wu M., Moyer M.P. Methylselenol, a selenium metabolite, plays common and different roles in cancerous colon HCT116 cell and noncancerous NCM460 colon cell proliferation // *Nutrition and Cancer*. 2012. Vol. 64. P. 128–135.
37. Swanson C.A., Patterson B.H., Levander O.A., Vellon C.Z. (75Se)selenium amino acids metabolism // *Biofactors*. 1991. Vol. 10. P. 257–262.

Статья поступила в редакцию 27.09.2016.

УДК 612.66; 616.12-008.331.1

КАРДИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ НА ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА КРЫС ЛИНИИ ВИСТАР В ПЕРИОД ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ В ПРОЦЕССЕ СТАРЕНИЯ

О.В. СУСЛОНОВА, С.Л. СМЕРНОВА, И.М. РОЩЕВСКАЯ

*Отдел сравнительной кардиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
evgeniu2006@inbox.ru*

Методом кардиоэлектротопографии исследовано электрическое поле сердца (ЭПС) на поверхности тела 4-, 12- и 18-месячных крыс линии Вистар в период деполяризации желудочков. В процессе старения у крыс показано достоверное увеличение систолического давления. Структурное и электрическое ремоделирование миокарда у стареющих 12- и 18- месячных крыс приводит к достоверным изменениям параметров ЭПС на поверхности тела по сравнению с 4-месячными животными.

Ключевые слова: электрическое поле сердца, поверхностное картирование, артериальная гипертензия, старение

O.V. SUSLONOVA, S.L. SMIRNOVA, I.M. ROSHCHEVSKAYA. CARDIOELECTRIC FIELD ON THE BODY SURFACE OF WISTAR RATS DURING VENTRICULAR DEPOLARIZATION IN AGING

The spatial and amplitude-temporal parameters of cardiac electric field on the body surface was studied in 4-, 12-, 18-month Wistar rats during ventricular depolarization by the method of electrocardiotopography. Cardioelectric potentials were recorded from 64 subcutaneous needle electrodes uniformly distributed around the chest. It is shown, that systolic pressure in rats from four to eighteen months of postnatal life is increased. Histological research revealed left ventricular hypertrophy in 12-month and hypertrophy of both ventricles in 18-month rats in comparison with 4-month animals. The hypertrophy of the right and left ventricles in 18-month Wistar rats leads to the shift of the heart electrical axis, change of location of the negative extremum on the body surface during maximal ventricular activity, longer duration of ventricular depolarization compared to 4-, 12-month rats. The structural and electrical remodeling of the myocardium in aging 12- and 18-month rats results in the change of the amplitude-temporal parameters of the cardiac electric field on the body surface during depolarization in comparison with 4-month animals.

Keywords: cardiac electric field, body surface mapping, arterial hypertension, aging

Введение

С возрастом в популяции людей распространенность артериальной гипертензии растет [1]. Гипертензия приводит к гипертрофии желудочков, для которой характерны увеличение объема кардиомиоцитов, интерстициального фиброза, связанного с прогрессированием синтеза коллагена [2, 3], клеточным некрозом [4], утолщением стенок миокардиальных сосудов и апоптозом кардиомиоцитов [5, 6].

Наряду со структурными перестройками происходит электрическое ремоделирование миокарда, заключающееся в удлинении потенциала действия, изменении плотности и активности ионных каналов, числа, размера и распределения щелевых контактов. Эти факторы приводят к снижению скорости проведения возбуждения, повышению гетерогенности [7], и тем самым являются субстратами

для возникновения жизнеугрожающих аритмий. Таким образом, изучение возрастных структурно-функциональных изменений сердца представляет несомненный интерес.

Перспективным методом для исследования функционального состояния сердца при формировании артериальной гипертензии (АГ) является поверхностное картирование кардиопотенциалов [8–11].

Цель работы – анализ пространственных и амплитудно-временных параметров ЭПС на поверхности тела крыс линии Вистар в период деполяризации желудочков в процессе старения.

Материал и методы

Методом синхронной многоканальной кардиоэлектротопографии в период деполяризации желудочков исследованы пространственные и ампли-

трудно-временные параметры ЭПС на поверхности тела самцов крыс линии Вистар в возрасте: 4 (n=8), 12 (n=10) и 18 месяцев (n=8) постнатального онтогенеза. Согласно возрастной периодизации, крысы 4, 12, 18 месяцев приблизительно соответствуют возрасту человека 17, 50 и 80 лет [12]. Крыс наркотизировали зоветилом (3,5 мг/100 г веса в/м). Массу тела определяли при помощи лабораторных весов (АСОМЖВ-1, точность 0,05 г, Южная Корея). Систolicкое артериальное давление измеряли непрямим методом в хвостовой артерии устройством для неинвазивной регистрации (СДК-1, Санкт-Петербург). Регистрацию кардиопотенциалов осуществляли от 64 подкожных игольчатых электродов, равномерно распределенных вокруг туловища животного от уровня основания ушей до последнего ребра. Синхронно с униполярными ЭКГ от поверхностных электродов регистрировали биполярные ЭКГ в отведениях от конечностей. Анализ пространственно-временных параметров ЭПС производили по эквивалентным моментным картам. Отсчет времени (в мс) осуществляли относительно R_{II}-пика на ЭКГ во втором отведении от конечностей, до R_{II}-пика время указывали со знаком минус. После окончания эксперимента сердца вырезали, изготавливали поперечные гистологические срезы толщиной 7 мкм на микротоме – криостате (Leica CM 1510S, Germany). Оценивали толщину правого, левого желудочков и межжелудочковой перегородки на уровне папиллярных мышц левого желудочка. Статистическую обработку вариационных рядов и проверку их на нормальность распределения проводили пакетом Statistica 10.0. Данные представлены в виде среднего арифметического $\pm$ стандартное отклонение. Достоверность оценивали критерием Стьюдента для двух независимых выборок. Значения считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Показано достоверное увеличение массы тела и систolicского давления у крыс линии Вистар от четырех до 18 месяцев постнатальной жизни. Гистологически выявлена большая толщина свободной стенки левого желудочка и межжелудочковой перегородки у стареющих 12- и 18-месячных крыс по сравнению с 4-месячными животными. Кроме того, у крыс в возрасте 18 месяцев отмечены выраженный фиброз левого желудочка и большая толщина свободной стенки правого желудочка по сравнению с 4- и 12- месячными животными (табл. 1).

ЭПС на поверхности тела 4-месячных крыс линии Вистар в период деполяризации желудочков формируется за 10 мс, у 12- и 18-месячных крыс достоверно раньше (за 11–12 мс) до пика зубца R_{II}. При этом зона положительных кардиопотенциалов располагается краниально, отрицательных – каудально. В период восходящей фазы зубца R_{II} происходит смещение положительной и отрицательной зон кардиопотенциалов, что приводит к изменению их взаимного расположения – первой инверсии. В результате этого зона положительных кардиопотенциалов занимает каудальную часть вентральной

Таблица 1

Морфофункциональные показатели у крыс линии Вистар

Table 1

Multifunctional parameters in Wistar rats

Параметр	Возраст крыс линии Вистар		
	4 мес.	12 мес.	18 мес.
Масса тела	246,9 $\pm$ 22,4	282,3 $\pm$ 27,6*	337,7 $\pm$ 59,1*§
Систolicское давление	125 $\pm$ 6	148 $\pm$ 20*	184 $\pm$ 21*§
Толщина правого желудочка, мм	1,1 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1*§
Толщина межжелудочковой перегородки, мм	2,5 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,2*	3,2 $\pm$ 0,2*
Толщина левого желудочка, мм	2,5 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,5*	3,5 $\pm$ 0,2*§

Примечание: * - достоверно относительно 4-месячных крыс линии Вистар, § - достоверно относительно 12-месячных крыс линии Вистар.

Not: * - reliable relative to 4-month Wistar rats,

§ - reliable relative to 12-month Wistar rats

Таблица 2

Амплитудно-временные параметры кардиоэлектрического поля на поверхности тела крыс линии Вистар в период начальной желудочковой активности

Table 2

Amplitude-temporal parameters of cardioelectric field on the body surface of Wistar rats during initial ventricular activity

Параметр	Возраст крыс линии Вистар		
	4 мес.	12 мес.	18 мес.
Начало формирования поля, мс	-10,7 $\pm$ 0,5	-10,9 $\pm$ 0,3	-11,7 $\pm$ 0,7*§
Завершение первой инверсии, мс	-4,4 $\pm$ 0,7	-6,2 $\pm$ 0,6*	-5,3 $\pm$ 0,3*§
Завершение второй инверсии, мс	4,8 $\pm$ 0,5	5,5 $\pm$ 0,5*	5,4 $\pm$ 0,5*
Максимальное значение положительного экстремума (max) в период комплекса QRS, мВ	1,26 $\pm$ 0,33	0,81 $\pm$ 0,24*	0,85 $\pm$ 0,17*
Максимальное значение отрицательного экстремума (min) в период комплекса QRS, мВ	-0,93 $\pm$ 0,18	-0,98 $\pm$ 0,23	-0,93 $\pm$ 0,17
Отношение max/min	1,39 $\pm$ 0,46	0,83 $\pm$ 0,21*	0,94 $\pm$ 0,25*
Момент достижения положительным экстремумом своего максимального значения, мс	0,3 $\pm$ 1,4	0,4 $\pm$ 0,7	1,8 $\pm$ 0,4*§
Момент достижения отрицательным экстремумом своего максимального значения, мс	0,1 $\pm$ 0,5	0,1 $\pm$ 0,4	0 $\pm$ 0,5
Длительность деполяризации желудочков, мс	16 $\pm$ 1	16 $\pm$ 1	21 $\pm$ 1*§

Примечание. Условные обозначения те же, что и в табл. 1.

Note: * - reliable relative to 4-month Wistar rats,

§ - reliable relative to 12-month Wistar rats

поверхности грудной клетки, отрицательная – краниальную часть вентральной и всю дорсальную. В период максимальной желудочковой активности, соответствующей R_{II} пику, отрицательный экстремум расположен на ЭПС у 4- и 12-месячных животных каудально в области левого плеча, у 18-месяч-

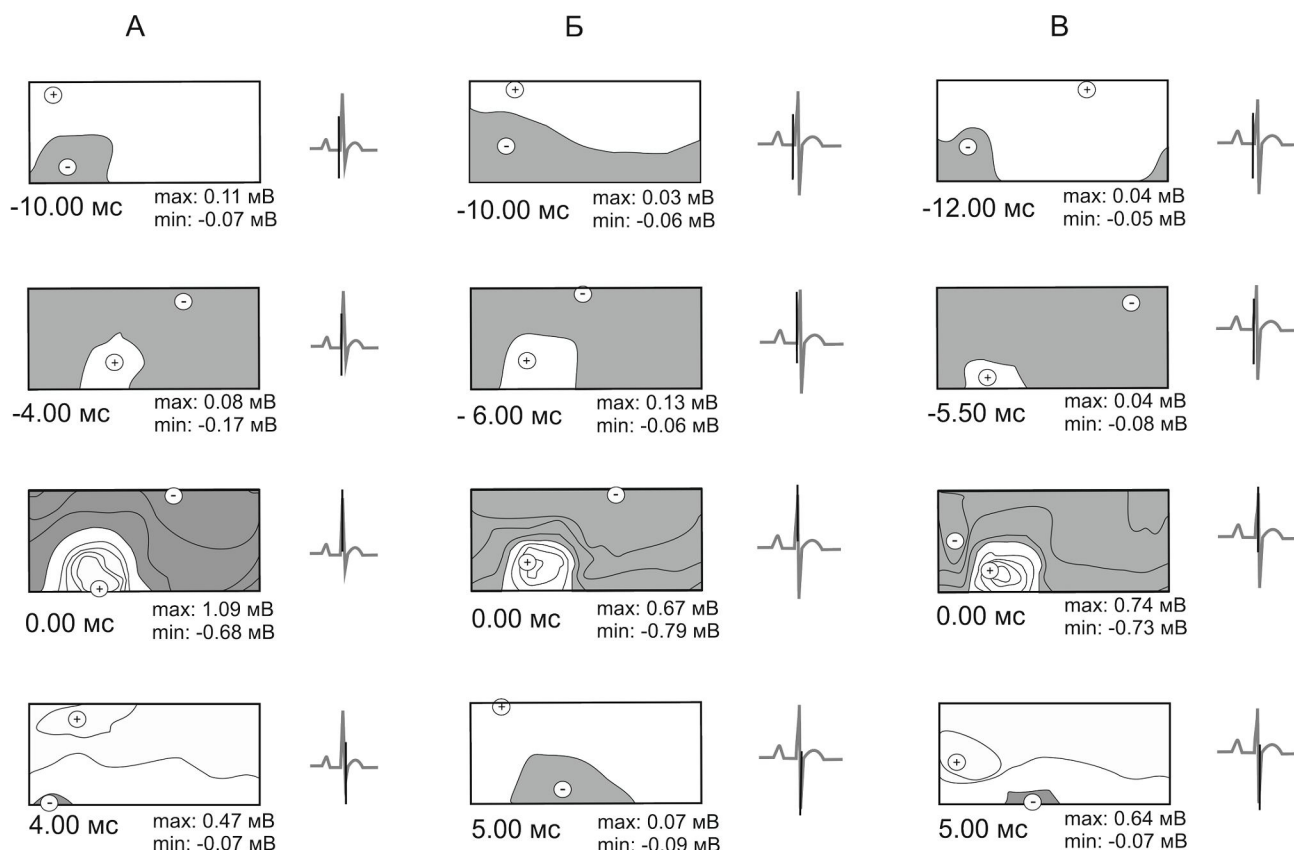


Рис. Эквипотенциальные моментные карты на поверхности тела крыс линии Вистар в период деполяризации желудочков сердца:

А – 4-месячных, Б – 12-месячных, В – 18-месячных крыс.

Примечание: Закрашена область отрицательных кардиоэлектрических потенциалов, не окрашена – положительных. Рядом с каждой картой приведена ЭКГ_{II} с отметкой времени и указаны амплитуды наибольших положительных (max) и отрицательных (min) кардиопотенциалов в соответствующий момент времени. Знаками “+” и “-” обозначено местоположение положительного и отрицательного экстремумов. Шаг изолиний составлял 0,2 мВ. Левая половина каждой карты соответствует вентральной стороне тела, правая – дорсальной.

Fig. Equipotential moment maps on the body surface of Wistar rats during the period of cardiac ventricular depolarization:

A- 4-month, B-12-month, C-18-month rats

Note: The white and dark regions correspond to positive and negative potentials. Each fragment is accompanied by corresponding ECG_{II}, time, and the extreme values (max and min) of cardiopotentials. “+” and “-” signs mark locations of maximal positive and negative cardiopotentials. The equipotential line spacing is 0.2 mV. The left and right side of the map correspond to ventral and dorsal parts of the body.

ных крыс – вентролатерально. Второе смещение зон кардиопотенциалов завершается на восходящей фазе зубца S_{II}. В результате второй инверсии у всех обследованных животных зона положительных потенциалов располагается в краниальной, отрицательных – в каудальной части грудной клетки (см. рисунок).

Показаны достоверные различия в амплитудно-временных параметрах ЭПС на поверхности тела крыс линии Вистар разных возрастных групп (табл. 2).

Анализ пространственной динамики ЭПС на поверхности тела крыс линии Вистар разных возрастных групп показал, что траектории смещения зон положительных и отрицательных кардиопотенциалов сходны в период деполяризации желудочков, за исключением расположения отрицательного экстремума в период максимальной желудочковой

активности у 18-месячных крыс по сравнению с 4- и 12-месячными животными. По-видимому, это связано со смещением сердца в грудном клетке, и его электрической оси у 18-месячных крыс вследствие гипертрофии обоих желудочков. Смещение отрицательного экстремума в период максимальной желудочковой активности в вентролатеральную область ранее было показано у 12-месячных крыс гипертонической линии НИСАГ со сходным уровнем артериального давления [13].

Выявлено увеличение начального этапа деполяризации желудочков (время от начала формирования ЭПС до завершения первой инверсии кардиопотенциалов) у 18-месячных крыс по сравнению с 4- и 12-месячными животными, что, по-видимому, связано с морфологическими изменениями в системе волокон Пуркинье и выраженной гипертрофией обоих желудочков. С возрастом происходит ис-

тончение волокон Пуркинье и уменьшение количества межклеточных контактов между проводящими и рабочими кардиомиоцитами. Это приводит к снижению скорости проведения возбуждения [14]. Показано достоверное снижение амплитуды и более позднее время достижения положительным экстремумом своего максимального значения у 18-месячных крыс по сравнению с 4- и 12-месячными. Кроме того, выявлены признаки значительного преобладания амплитуды отрицательного потенциала (отношение максимальных амплитуд $\max/\min < 0,95$) у 12- и 18-месячных крыс по сравнению с 4-месячными животными. Асимметрия ЭПС с преобладанием отрицательного потенциала показана у больных III стадией гипертонической болезни с выраженной гипертрофией левого желудочка [9].

Выявленная нами гипертрофия левого и правого желудочков у 18-месячных крыс линии Вистар приводит к достоверному увеличению общей длительности деполяризации желудочков по сравнению с 4- и 12-месячными животными.

Выводы

1. В процессе старения крыс линии Вистар показано достоверное увеличение систолического артериального давления, что приводит к умеренной гипертрофии левого желудочка и межжелудочковой перегородки у 12-месячных и выраженной гипертрофии обоих желудочков у 18-месячных животных по сравнению с 4-месячными.

2. Структурное и электрическое ремоделирование миокарда у стареющих 12- и 18-месячных крыс приводит к достоверным отличиям в амплитудно-временных параметрах электрического поля сердца на поверхности тела по сравнению с 4-месячными животными.

Литература

1. *Fagard R.* Epidemiology of hypertension in the elderly // *Am. J. Geriatr. Cardiol.* 2002. Vol. 11. P. 24–27.
2. *Remodeling of the rat right and left ventricles in experimental hypertension* / C.G.Brila, R.Pick, L.B.Tan, J.S.Janicki, K.T. Weber // *Circ. Res.* 1990. Vol. 67. № 6. P. 1355–1364.
3. *Endothelin system-dependent cardiac remodeling in renovascular hypertension* / B.Hocher, I.George, J.Rebstock, A.Bauch, A.Schwarz, H.H.Neumayer, C.Bauer // *Hypertension.* 1999. Vol. 33. № 3. P. 816–822.
4. *Myocyte necrosis is the basis for fibrosis in renovascular hypertensive rats* / M.P.Okoshi, L.S.Matsubara, M.Franco, A.C.Cicogna, B.B.Matsubara // *Braz. J. Med. Biol. Res.* 1997. Vol. 30. № 9. P. 1135–1144.
5. *Effects of combined renovascular hypertension and diabetes mellitus on myocardial cells, non-vascular interstitium and capillaries: a stereological study on rat hearts* / M.Fischer, G.Wiest, I.Tekesin, K.Amann, J.Mann, C.Hasslacher, H.Derks, G.Mall // *Virchows. Arch. a Pathol. Anat. Histopathol.* 1992. Vol. 420. № 6. P. 499–506.

6. *Myocyte loss in early left ventricular hypertrophy of experimental renovascular hypertension* / M.Buzello, C.Boehm, S.Orth, B.Fisher, H.Ehmke, E.Ritz, G.Mall, K.Amann // *Virchows. Arch.* 2003. Vol. 442. №4. P. 364–371.
7. *Janczewski A.M., Spurgeon H.A., Lakatta E.G.* Action potential prolongation in cardiac myocytes of old rats is an adaptation to sustain youthful intracellular Ca^{2+} regulation // *J. Moll. Cell. Cardiol.* 2002. Vol.34. №6. P. 641–648.
8. *Крандычева В.В., Харин С.Н., Шмаков Д.Н., Роцевская И.М.* Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела крыс с гипертрофией левого желудочка сердца при экспериментальной реноваскулярной гипертензии // *Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова.* 2005. Т. 91. № 10. С. 1168–1175.
9. *Ряузова Е.Г.* Электрическая негетомогенность и нестабильность сердечной мышцы у больных с осложненным и неосложненным течением гипертонической болезни: Дис. канд. мед. наук. М.: Российский государственный медицинский университет Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию, 2008. 158 с.
10. *Шорохов Ю.В., Роцевская И.М.* Электрическое поле сердца в период деполяризации желудочков у крыс линии НИСАГ с разной степенью артериальной гипертензии // *Известия Коми НЦ УрО РАН.* 2014. № 2 (18). С. 46–49.
11. *Суслонина О.В., Смирнова С.Л., Роцевская И.М.* Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела 12-месячных гипертензивных крыс линии НИСАГ в период начальной и конечной желудочковой активности // *Международ. журн. прикладных и фундамент. исслед.* 2016. № 8 (ч. 5). С. 732–735.
12. *Гелашвили О.А.* Вариант периодизации биологически сходных стадий онтогенеза человека и крысы // *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2008. № 4 (22). С. 125–126.
13. *Суслонина О.В., Смирнова С.Л., Роцевская И.М.* Пространственно-временные параметры кардиоэлектрического поля на поверхности тела 12-ти месячных нормотензивных крыс линии Вистар и гипертензивных крыс линии НИСАГ в период деполяризации желудочков//*Современные проблемы науки и образования.* 2016. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25923> (дата обращения: 20.12.2016).
14. *Cooper L.L.* Electromechanical and structural alterations in the aging rabbit heart and aorta // *Am. J. Physiol.* 2012. Vol. 302. № 8. P. 1625–1635.

References

1. *Fagard R.* Epidemiology of hypertension in the elderly // *Am. J. Geriatr. Cardiol.* 2002. Vol. 11. P. 24–27.
2. *Remodeling of the rat right and left ventricles in experimental hypertension* / C.G.Brila, R.Pick, L.B.Tan, J.S.Janicki, K.T.Weber. // *Circ. Res.* 1990. Vol. 67. № 6. P. 1355–1364.

3. *Endothelin system-dependent* cardiac remodeling in renovascular hypertension / B.Hocher, I.George, J.Rebstock, A.Bauch, A.Schwarz, H.H.Neumayer, C.Bauer. // Hypertension. 1999. Vol. 33. № 3. P. 816–822.
4. *Myocyte necrosis* is the basis for fibrosis in renovascular hypertensive rats / M.P.Okoshi, L.S.Matsubara, M.Franco, A.C.Cicogna, B.B.Matsubara. // Braz. J. Med. Biol. Res. 1997. Vol. 30. № 9. P. 1135–1144.
5. *Effects of combined* renovascular hypertension and diabetes mellitus on myocardial cells, non-vascular interstitium and capillaries: a stereological study on rat hearts / M.Fischer, G.Wiest, I.Tekesin, K.Amann, J.Mann, C.Hasslacher, H.Derks, G.Mall // Virchows. Arch. a Pathol. Anat. Histopathol. 1992. Vol. 420. № 6. P. 499–506.
6. *Myocyte loss* in early left ventricular hypertrophy of experimental renovascular hypertension / M.Buzello, C.Boehm, S.Orth, B.Fisher, H.Ehmke, E.Ritz, G.Mall, K.Amann // Virchows. Arch. 2003. Vol.442. №4. P. 364–371.
7. *Janczewski A.M., Spurgeon H.A., Lakatta E.G.* Action potential prolongation in cardiac myocytes of old rats is an adaptation to sustain youthful intracellular Ca²⁺ regulation // J. Moll. Cell. Cardiol. 2002. Vol. 34. № 6. P. 641–648.
8. *Krandycheva V.V., Kharin S.N., Shmakov D.N., Roshchevskaya I.M.* Kardioelektricheskoe pole na poverhnosti tela krysa s gipertrofiej levogo zheludochka serdca pri jeksperimental'noj renovaskuljarnoj gipertenzii [Cardiac electric field on the body surface in rats with left ventricular hypertrophy at experimental renovascular hypertension] // Ros. fiziol. zhurn. im. I.M. Sechenova [I.M.Sechenov Physiology J.]. 2005. № 10. P. 1168–1175.
9. *Ryauzova E.G.* Jelektricheskaja negomogenost' i nestabil'nost' serdechnoj myshcy u bol'nyh s oslozhnennym i neoslozhnennym techeniem gipertonicheskoy bolezni [Electrical inhomogeneity and instability of the cardiac muscle in patients with complicated and uncomplicated course of hypertensive disease]: Diss. Cand. Sci. (Medicine). Moscow: Russian State Medical Univ. of Federal Agency for health and social development. 2008. 158 p.
10. *Shorokhov Yu.V., Roshchevskaya I.M.* Jelektricheskoe pole serdca v period depoljarizacii zheludochkov u krysa linii NISAG s raznoj stepen'ju arterial'noj gipertenzii [Cardiac electric field during ventricular depolarization of ISIAH rats with various degree of arterial hypertension] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]. 2014. № 2(18). P. 46–49.
11. *Suslonova O.V., Smirnova S.L., Roshchevskaya I.M.* Kardioelektricheskoe pole na poverhnosti tela 12-ti mesjachnyh gipertenzivnyh krysa linii NISAG v period nachal'noj i konechnoj zheludochkovoj aktivnosti [Cardioelectric field on the body surface of 12-month hypertensive ISIAH rats during initial and final ventricular activity] // Mezhdunar. zhurn. prikladnyh i fundament. issl. [Intern. J. of Applied and Fundam. Res.]. 2016. № 8 (5). P. 732–735.
12. *Gelashvili O.A.* Variant periodizacii biologicheskij shodnyh stadij ontogeneza cheloveka i krysa [Variant of periodization of biologically similar stages of human and rat ontogenesis] // Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal [Saratov J. of Medical Sci. Res.]. 2008. № 4 (22). P. 125–126.
13. *Suslonova O.V., Smirnova S.L., Roshchevskaya I.M.* Prostranstvenno-vremennye parametry kardioelektricheskogo polja na poverhnosti tela 12-ti mesjachnyh normotenzivnyh krysa linii Vistar i gipertenzivnyh krysa linii NISAG v period depoljarizacii zheludochkov [The spatial-temporal parameters of cardiac electric field on the body surface of 12-month Wistar and ISIAH rats during ventricular depolarization] // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern problems of science and education]. 2016. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25923> (accessed: 20.12.2016).
14. *Cooper L.L.* Electromechanical and structural alterations in the aging rabbit heart and aorta // Am. J. Physiol. 2012. Vol. 302. № 8. P. 1625-1635.

Статья поступила в редакцию 05.04.2017.

УДК 551.791:552.5:56(470.1)

БИОСТРАТИГРАФИЯ ВЕРХНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Д.В. ПОНОМАРЕВ, Л.Н. АНДРЕИЧЕВА

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
dvponomarev@inbox.ru, andreicheva@geo.komisc.ru

Проведена ревизия материалов по биостратиграфии (копытный лемминг, *Dicrostonyx* и узкочерепная полевка, *Microtus gregalis*) верхнего неоплейстоцена Северо-Востока Европы. Осуществлена взаимопроверка биостратиграфического метода с литологическими и палинологическими данными в определении возраста геологических тел. Предложены возрастные биохронологические критерии по эволюционно-морфологическому уровню развития зубов копытного лемминга и узкочерепной полевки.

Ключевые слова: верхний неоплейстоцен, корреляция, копытный лемминг, узкочерепная полевка, возраст, биостратиграфия

D.V. PONOMAREV, L.N. ANDREICHEVA. BIOSTRATIGRAPHY OF THE UPPER NEOPLEISTOCENE IN THE NORTHEASTERN EUROPEAN RUSSIA

We revised materials on the biostratigraphy (collared lemming, *Dicrostonyx* and narrow-headed vole, *Microtus gregalis*) of the Upper Pleistocene in the northeastern Europe. Biostratigraphic method is tested by lithological and palynological data for determining the age of geological bodies. Age biochronological criteria for the evolutionary-morphological level of teeth development in collared lemming and narrow-headed vole were suggested. It was found that morph 2 *D. gulielmi*, as well as high (about 50%) portion of *gregaloid* morphotype among the first lower molars of *M. gregalis* is characteristic for the Early Valdai. Lemmings of the morphs 2 and 3 of *D. gulielmi* lived during the Middle Valdai; morph 3 *D. gulielmi* and *D. ex gr. gulielmi-torquatus* – during the Last Glacial Maximum. *D. gulielmi* morph 3, *D. ex gr. gulielmi-torquatus*, *D. torquatus* morphs 1 and 2 are typical for the Late Glacial; morphs 1 and 2 *D. torquatus* – for the Early Holocene, and morph 3 *D. torquatus* – for the Late Holocene and the Present. Low (less than 25%) portion of *gregaloid* morphotype of m1 is typical for the Middle-Late Valdai and Recent narrow-headed voles.

Keywords: the Upper Neopleistocene, correlation, collared lemming, narrow-headed vole, geological age, biostratigraphy

Введение

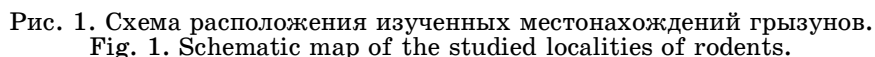
Наряду с литологическими особенностями морен и ориентировкой удлинённых обломков пород в них, спорово-пыльцевыми спектрами межморенных отложений и геохронометрическими данными, остатки микромаммалий являются одним из основных стратиграфических критериев расчленения и корреляции неоплейстоценовых отложений. Каждый из традиционных методов не позволяет получить единственную по своим качествам характеристику, указывающую на стратиграфическую приуроченность горизонта. Поэтому большое значение приобретают геохронометрические датировки, без применения которых решать задачи четвертичной хронологии сейчас невозможно. К сожалению, мел-

кие млекопитающие эволюционировали мозаично, не синхронно на больших территориях. Кроме того, за последние 200 тыс. лет только у копытного лемминга эволюция привела к заметному изменению морфологии, которое можно использовать в биостратиграфии, а в большинстве случаев «разрешающая способность» микромаммалий намного меньше.

На севере европейской части России в неоплейстоценовых аллювиальных отложениях встречаются остатки только трёх видов грызунов – копытного (*Dicrostonyx*) и сибирского (*Lemmus sibiricus*) леммингов и узкочерепной полевки (*Microtus gregalis*). Среди этих массовых видов наибольшее значение имеют остатки копытного лемминга. В эволюции сибирского лемминга не обнаружено заметных трендов, которые можно было бы использовать

В работе предпринята попытка ревизии био-стратиграфии верхнего неоплейстоцена Северо-Востока Европы с акцентом на анализ геологических данных и их сопоставление с результатами морфологического изучения остатков копытного лемминга и узкочерепной полёвки. Авторы не выводят относительный возраст только из морфологии грызунов, а оценивают все стратиграфические признаки независимо друг от друга, осуществляя взаимопроверку методов в определении возраста геологических тел. Кроме того, важно в целом определить возможности стратиграфического метода. На рис. 1 показана схема расположения местонахождений копытных леммингов позднего неоплейстоцена.

В статье использована региональная стратиграфическая схема Тимано-Печоро-Вычегодского ре-



гиона, горизонты которой сопоставляются с подразделениями стратиграфической схемы четвертичных отложений Восточно-Европейской платформы [13]. Печорский ледниковый горизонт = днепровский, родионовский межледниковый горизонт = шкловский, вычегодский ледниковый горизонт = московский, сулинский межледниковый = микулинский, лайский = подпорожский (ранневалдайский), бызовской = ленинградский (средневалдайский), полярный = ошашковский (поздневалдайский).

Морфология копытного лемминга и узкочерепной полёвки

Методики морфологических исследований, описание ископаемого материала, а также собственно результаты палеонтологических исследований приведены в последних публикациях по эволюции трех видов грызунов в регионе – сибирского лемминга, копытного лемминга и узкочерепной полёвки [1, 2, 14]. Здесь дается краткая информация о трендах в морфологической эволюции копытного лемминга и узкочерепной полёвки.

Основная тенденция в эволюционном преобразовании морфологии коренных зубов у копытных леммингов хорошо известна и детально описана [10, 11, 15 – 22]. Она заключается в появлении дополнительных элементов на коренных зубах, что обеспечивает лучшее перетирание корма в процессе специализации группы к питанию грубыми растительными кормами [11]. В неоплейстоцене севера Евразии в роде *Dicrostonyx* выделяются несколько видов копытных леммингов: *D. gulielmi* Sanford, 1870; *D. henseli* Hinton, 1910; *D. simplicior* Fejfar, 1966; *D. renidens* Zazhigin, 1974; *D. okaensis* Alexandrova, 1982; *D. meridionalis* Smirnov et Borodin, 1986 и *D. torquatus*. Ископаемые виды диагностируются по морфотипическим характеристикам коренных зубов: соотношению архаичных, древних морфотипов и продвинутых, прогрессивных фенотипов [10, 11, 15–22]. В вопросах таксономии рода в настоящее время среди исследователей нет единодушия. Авторы придерживаются широко распространенной точки зрения, которую можно представить следующим образом: среднеплейстоценовые лемминги относятся к виду *D. simplicior* (среди M1 и M2 преобладает морфотип *simplicior*), позднеплейстоценовые – к виду *D. gulielmi* (среди M1 и M2 преобладает морфотип *henseli*), а современные – к *D. torquatus* (M1 и M2 морфотипа *torquatus*) [11, 19, 22, 23]. При этом *D. henseli* и *D. gulielmi* считаются синонимами.

Альтернативной точки зрения придерживается В.С. Зажигин [18], который относит среднеплейстоценовых леммингов к *D. Henseli* на том основании, что M1 и M2 копытных леммингов с упрощенными морфотипическими характеристиками, типичными для среднего неоплейстоцена, были впервые включены М. Хинтоном в диагноз вида. Кроме того, он указывает на то, что М. Хинтон показал морфологическую идентичность моляров *D. gulielmi* и *D. torquatus*. Таким образом, В.С. Зажигин [18] раннеплейстоценовых леммингов выделяет

как *D. simplicior*, леммингов среднего неоплейстоцена – как *D. henseli*, а позднеплейстоценовых и современных – как *D. torquatus*, при этом *D. gulielmi* и *D. torquatus* считаются синонимами. Основным отличием *D. henseli* от *D. simplicior* является усложнение (появление дополнительного элемента) переднего треугольника m3.

Известно, что у копытных леммингов выделение эволюционных стадий наиболее надежно по строению M1 и M2 [10, 11, 15 – 22], в то время как для нижних моляров характерна более высокая индивидуальная изменчивость, скрывающая межвидовые различия. Кроме того, разработана и успешно применяется специальная методика для количественной оценки степени развитости новообразованных структур на этих зубах [11, 20]. Поэтому именно на таких зубах, в основном, проводились филогенетические построения, и на их изучение были направлены усилия предшественников и авторов данной работы, что обусловлено не только фактическими закономерностями эволюции группы, но и соображениями удобства.

Эволюция формы жевательной поверхности первого и второго верхних моляров копытных леммингов на Северо-Востоке европейской части России недавно изучалась Д.В. Пономаревым и А.Ю. Пузаченко [14]. Эволюционные изменения жевательной поверхности первого и второго верхних моляров современных и средне-позднеплейстоценовых *Dicrostonyx* (32 выборки) из местонахождений крайнего Северо-Востока Европы исследовались традиционными морфотипическими методами с применением многомерного анализа и информационно-статистических техник. Эволюционная история описывалась в виде смены стадий развития зубной системы, как было предложено Н.Г. Смирновым и др. [11] по слегка измененной методике. Стадии развития зубной системы представляют собой детальный вариант типизации зубной системы, состоящей из первого и второго верхних зубов, как наиболее быстро эволюционировавших. В этой классификации учитывается разная скорость эволюции этих моляров. Основываясь на четких принципах степени доминирования одного из трех морфотипов M1 и M2 – *simplicior*, *henseli* и *torquatus* (рис. 2), все возможное многообразие соотношений

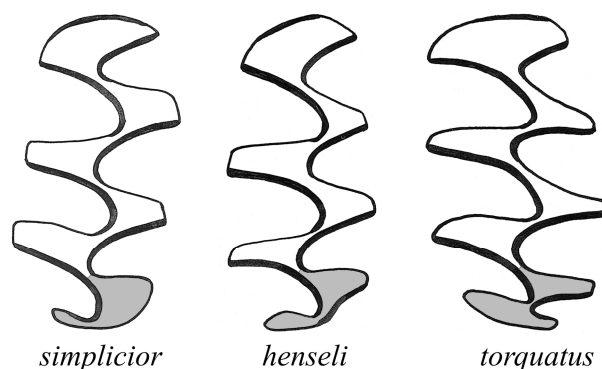


Рис. 2. Морфотипы M1 *Dicrostonyx*. Такие же морфотипы выделяются и у M2.

Fig. 2. *Dicrostonyx* M1 morphotypes. M2 has the same morphotypes.

фенов Н.Г. Смирнов свел к ясным стадиям развития зубной системы, сменяющим друг друга по степени сложности – уменьшению доли «архаичных» (*simplicior*), возрастанию доли промежуточных (*henseli*) и «продвинутых» (*torquatus*) морфотипов. Все изученные выборки относились к одному из видов: *Dicrostonyx simplicior*, *D. gulielmi* или *D. torquatus*. В пределах каждого вида были выделены по три мор-

фы, а кроме видов было предложено различать еще и промежуточные, переходные формы неуказанного таксономического ранга. Эти переходные формы имели наименования, состоящие из двух видовых названий, в зависимости от того, к какому из двух видов («архаичному» или «продвинутому») ближе соотношение трех морфотипов на двух зубах. На рис. 3 показано соотношение морфотипов в

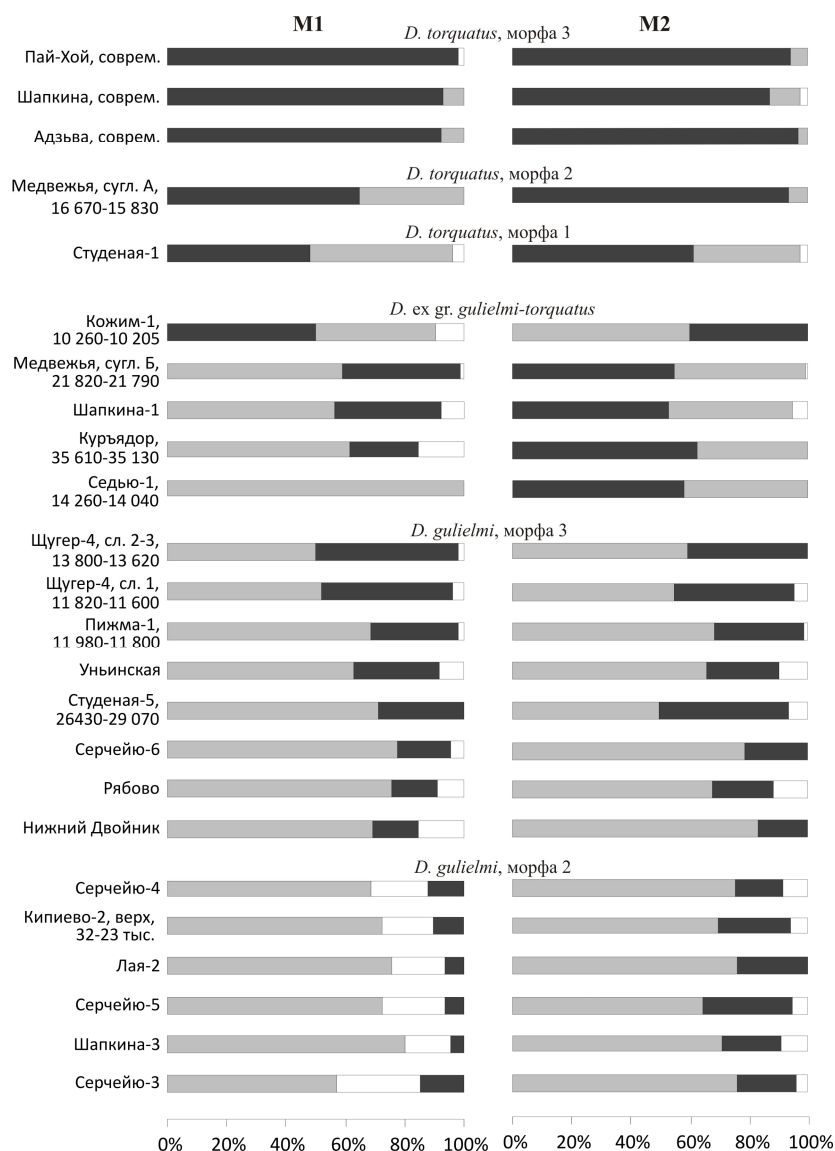


Рис. 3. Выборки *Dicrostonyx*, упорядоченные по стадиям развития зубной системы Н.Г. Смирнова и др. [11] на основании соотношения морфотипов M1 и M2. Три морфы выделяются внутри каждого из трёх хроновидов (*D. simplicior*, *D. gulielmi* и *D. torquatus*), а также промежуточные формы неопределённого таксономического статуса. Морфотип *simplicior* показан белым, *henseli* – серым, *torquatus* – чёрным цветом. Для обозначения морфотипов и стадий см. Морфологическая эволюция копытного лемминга и узкочерепной полевки и рис. 2. Интервал калиброванных радиоуглеродных датировок показан для некоторых местонахождений. Для верхнего горизонта Кипиево показан предполагаемый временной диапазон по палеогенетическим данным [24].

Fig. 3. Studied *Dicrostonyx* samples arranged according to Smirnov et al. [11] stages of dentation development based on the ratio of morphotypes M1 and M2. Three morphs were separated within each of the three chronospecies (*D. simplicior*, *D. gulielmi*, and *D. torquatus*) and also transitional forms of uncertain taxonomic status. The *simplicior* morphotype is shown in white, *henseli* is grey, *torquatus* is black. For the definition of morphotypes and stages see Morphological evolution of collared lemming and narrow-headed vole and Fig. 2. The interval of calibrated radiocarbon dating of ^{14}C is shown for some localities. Assumed time range is shown for Kipievo according to palaeogenetic study of Palkopoulou et al. [24].

выборках *Dicrostonyx*, упорядоченных по стадиям развития зубной системы, согласно схеме классификации, предложенной Н.Г. Смирновым и др. [11]. На рис. 4 приводится сопоставление стадий развития зубной системы копытных леммингов позднего неоплейстоцена с горизонтами стратиграфических схем четвертичных отложений [13], с динамикой климата по данным изотопии кислорода в раковинах бентосных фораминифер и морскими изотопными стадиями [25] и этапами развития ледниковых щитов [26, 27]. В таблице демонстрируются пропорции морфотипов копытных леммингов в изученных местонахождениях.

Основным трендом в морфологической эволюции узкочерепной полевки (*Microtus gregalis*) яв-

лоценовым и современным полевкам Европейского Северо-Востока России, показало очень высокий уровень морфотипической и размерной изменчивости m1 *M. gregalis*, особенно среди поздненеоплейстоценовых выборок. В результате устойчивый временной тренд в изменении пропорций архаичных, *грегалоидных* и продвинутых, *микротидных* морфотипов первого нижнего зуба за последние, предположительно, 50 тыс. лет не был найден. Заметные различия были обнаружены в двух, по нашему мнению, самых древних ранневалдайских выборках из местонахождений Лая-2 и Серчейю-4, в которых высока доля зубов *грегалоидного* морфотипа.

Частоты морфотипов (%) M1 и M2 в изученных современных и поздненеоплейстоценовых выборках *Dicrostonyx*

Frequencies of morphotypes (%) M1 and M2 in studied Recent and Late Neopleistocene samples of *Dicrostonyx*

Выборка	N	M1			N	M2		
		<i>simplicior</i>	<i>henseli</i>	<i>torquatus</i>		<i>simplicior</i>	<i>henseli</i>	<i>torquatus</i>
Пай-Хой, соврем.	59	1.7	—	98.3	66	—	6.1	93.9
Шапкина, соврем.	88	—	6.8	93.2	78	2.6	10.3	87.2
Адзья, соврем.	66	—	7.6	92.4	67	—	3.0	97.0
Кожим-1	32	9.4	40.6	50.0	30	—	60.0	40.0
Щугер-4, сл. 1	27	3.7	51.9	44.4	22	4.5	54.5	40.9
Щугер-4, сл. 2-3	48	2.1	50.0	47.9	37	—	59.5	40.5
Пижма-1	101	2.0	68.3	29.7	96	1.0	68.8	30.2
Седью-1	10	—	100.0	—	19	—	42.1	57.9
Медвежья, сугл. А	17	—	35.3	64.7	15	—	6.7	93.3
Медвежья, сугл. Б	158	1.3	58.9	39.9	163	0.6	44.8	54.6
Шапкина-1	25	8.0	56.0	36.0	19	5.3	42.1	52.6
Уньинская	94	8.5	62.8	28.7	61	9.8	65.6	24.6
Студеная-1, 0-20см	48	4.2	47.9	47.9	39	2.6	35.9	61.5
Студеная-5, 80-100см	35	—	71.4	28.6	32	6.3	50.0	43.8
Курьядор	13	15.4	61.5	23.1	8	—	37.5	62.5
Рябово	99	9.1	75.8	15.2	106	11.3	67.9	20.8
Нижний Двойник	33	15.2	69.7	15.2	18	—	83.3	16.7
Серчейю-4	113	19.5	68.1	12.4	94	8.5	75.5	16.0
Кипиево-2, верх. гор.	40	17.5	72.5	10.0	33	6.1	69.7	24.2
Лая-2	105	18.1	75.2	6.7	83	—	75.9	24.1
Серчейю-5	47	21.3	72.3	6.4	40	5.0	65.0	30.0
Серчейю-6	22	4.5	77.3	18.2	14	—	78.6	21.4
Серчейю-3	74	28.4	56.8	14.9	55	3.6	76.4	20.0
Шапкина-3	45	15.6	80.0	4.4	55	9.1	70.9	20.0

ляется усложнение передней непарной петли (параконида) первого нижнего коренного зуба (m1) [10, 19, 22, 28–38, 39]. Со временем увеличивается доля продвинутых, сложных зубов (*грегалоидно-микротидный* и *микротидный* морфотипы) и уменьшается относительное количество архаичных, простых моляров (*грегалоидный* морфотип). На рис. 5 приведены морфотипы m1 узкочерепной полевки. Недавнее исследование [1], в котором использовались материалы по поздненеоплейстоценовым, го-

Разрезы верхнего неоплейстоцена с местонахождениями костных остатков грызунов

Лайское и бызовское время (ранний и средний валдай). Копытные лемминги из местонахождений Серчейю-3 (обн. 112), Серчейю-4, 5, 6 (обн. 115), Шапкина-3 (обн. 1108), верхнего горизонта Кипиево (обн. 220), Лая-2 (обн. 15), Рябово (обн. 207) и Нижний Двойник имеют очень близкую

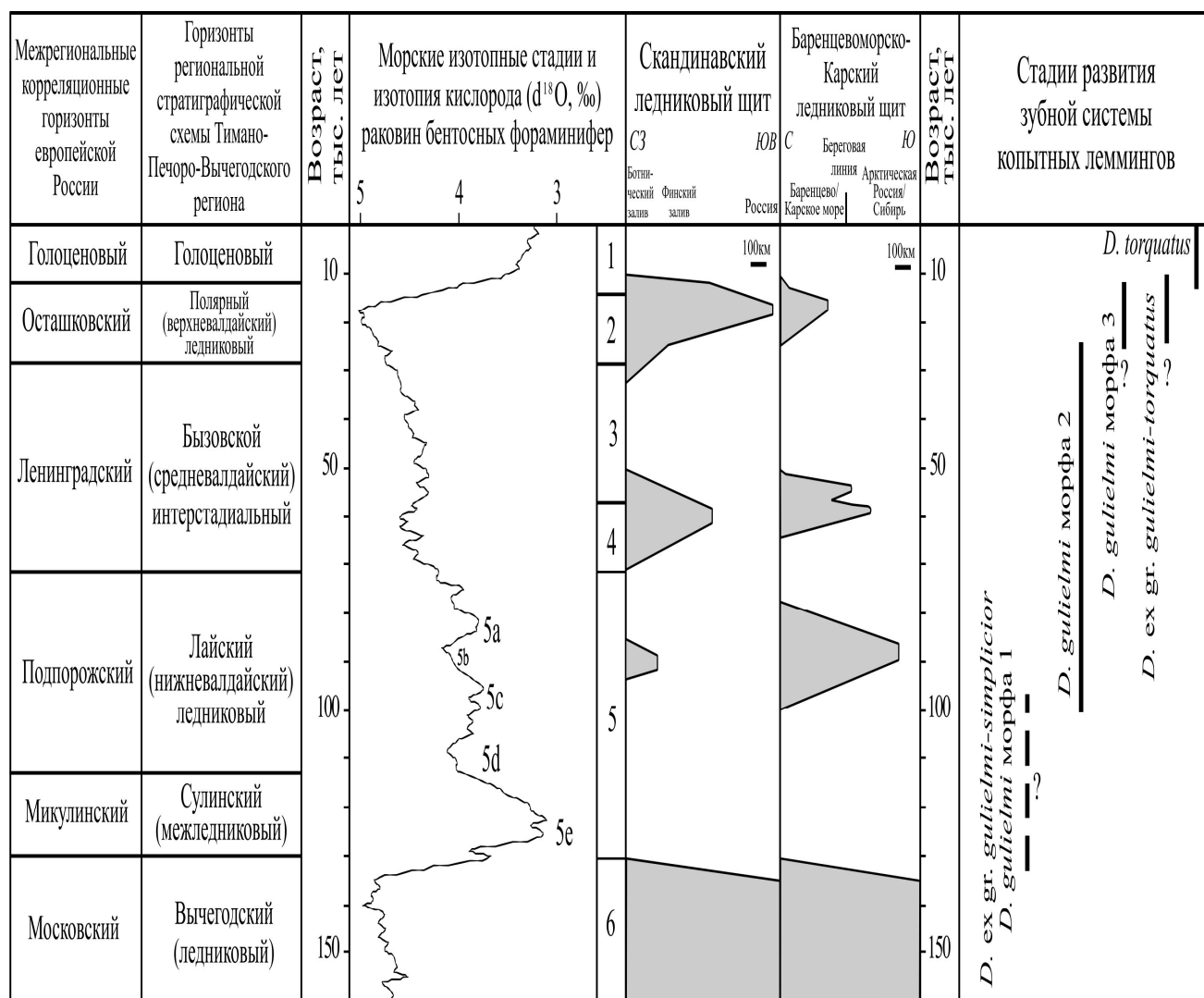


Рис. 4. Сопоставление региональной и межрегиональной стратиграфических схем четвертичных отложений с динамикой климата по данным изотопии кислорода и морскими изотопными стадиями [25], этапами развития ледниковых щитов [26, 27] и стадиями развития зубной системы копытных леммингов. Пунктирная линия – предполагаемый интервал.

Fig. 4. Comparison of regional and interregional stratigraphic charts of Quaternary deposits with climate dynamics according to oxygen isotope and marine isotope stages [25], glacial stages in the development of the shields [26, 27] and evolutionary stages of dentation development in collared lemmings. The dashed line is the supposed interval.



Рис. 5. Морфотипы первого нижнего моляра (m1) *Microtus gregalis*.
Fig. 5. Morphotypes of the first lower molar (m1) of *Microtus gregalis*.

морфологию. Моляры копытных леммингов из местонахождений Рябово, Нижний Двойник и Серчейю-6 относятся к морфе 3 *D. gulielmi*, а остатки из Серчейю-3, 4, 5, Шапкина-3, верхнего горизонта Кипиево и Лаи-2 – к более архаичной морфе 2 этого вида (см. рис. 3).

Учитывая различия в морфологии остатков копытных леммингов, местонахождения этих двух групп, скорее всего, не вполне синхронны, а сформировались в разные эпизоды среднего и раннего валдая. Основываясь только на морфологии моляров, можно было бы местонахождения с остатками леммингов морфы 2 *D. gulielmi* отнести к первому похолоданию раннего валдая (100–80 тыс. лет назад), а местонахождения с морфой 3 – ко второму похолоданию или бызовскому интервалу (примерно 70–30 тыс. лет назад). Принимая во внимание сложную динамику этого отрезка и его продолжительность (примерно в 70 тыс. лет), такое предположение выглядит вероятным. Результаты палеогенетического изучения (цитохром *b* мтДНК) остатков леммингов морфы 2 *D. gulielmi* из верхнего горизонта Кипиево [24] показывают, что эти зверьки принадлежат хронологически дискретной генетической линии ЕА3, носители которой существовали в интервале с 32 до 23 тыс. календарных лет. Таким образом, лемминги морфы 2 *D. gulielmi* с учетом палеогенетических данных обитали в регионе до 23 тыс. календарных лет назад.

Остатки грызунов в местонахождении Серчейю-4 (обн. 115) содержатся в слое горизонтально- и косослоистых песков с гравием мощностью 0.6 м, залегающих выше вычегодской (московской) морены и под галечником с валунами, являющимся, по мнению Б.И. Гуслицера [6], перлювием верхнелепестовоценовой морены (рис. 6). Морфология зубов копытного лемминга позволила Б.И. Гуслицеру оценить возраст местонахождения Серчейю-4 как поздневычегодский. Однако этот вывод выглядит спорным, поскольку морфологически остатки леммингов из этого местонахождения почти не отличаются от моляров из других памятников, относимых им к лайскому времени, таких как Лая-2 (обн. 15) и Серчейю-3, 5 (обн. 112, 115). На основании морфологических особенностей остатков гры-

зунов считаем этот комплекс позднеолейстоценовым (валдайским), а не поздневычегодским.

В местонахождении Серчейю-4 кроме остатков копытного лемминга были найдены моляры узкочерепной полевки. Форма жевательной поверхности первых нижних зубов *M. gregalis* из этого местонахождения более простая, архаичная, по сравнению со всеми другими позднеолейстоценовыми узкочерепными полевками региона, за исключением моляров из Лая-2 [14]. Среди m1 полевок из Серчейю-4 наблюдается высокая (около 50 %) доля *грегалоидного* морфотипа, тогда как в остальных местонахождениях, кроме Лая-2, она не превышает 25 %. На этом основании можно предполагать, что местонахождения Серчейю-4 и Лая-2 древнее остальных позднеолейстоценовых местонахождений и, скорее всего, сформировались в раннем валдае – морская изотопная стадия (МИС) 5a-d.

По морфологии зубной системы (морфа 2 *D. gulielmi*) копытные лемминги местонахождения Лая-2 (обн. 15) сопоставляются с леммингами Серчейю-4 и 5 и по этому признаку датируются интервалом от лайского (ранневалдайского) времени (МИС 5a-d) до начала полярного (позднелепестовоценового) времени (МИС 2). Костеносные косослоистые пески с гравием, окатышами глины и криогенными деформациями мощностью до 1 м залегают в верхней части разреза между двумя слоями валунно-галечных отложений (рис. 6). Эти грубообломочные породы Б.И. Гуслицером [6] интерпретируются как размытые морены: нижележащий слой считается перемытой вычегодской мореной, а вышележащий – перлювием верхнелепестовоценовой морены. По нашему мнению, морена в нижней части разреза печорская, т.к. петрографо-минералогические признаки определенно свидетельствуют о ее формировании за счет терригенного материала Пайхой-Уральско-Новоземельского источника сноса. Обломки пород ориентированы с северо-востока на юго-запад в секторе 25 – 40°. Почти половина (47 %) обломочного материала приходится на известняки и доломиты, на местные мезозойские породы 15 %. В минеральном составе тяжелой фракции также доминируют минералы Северо-Восточной терригенно-

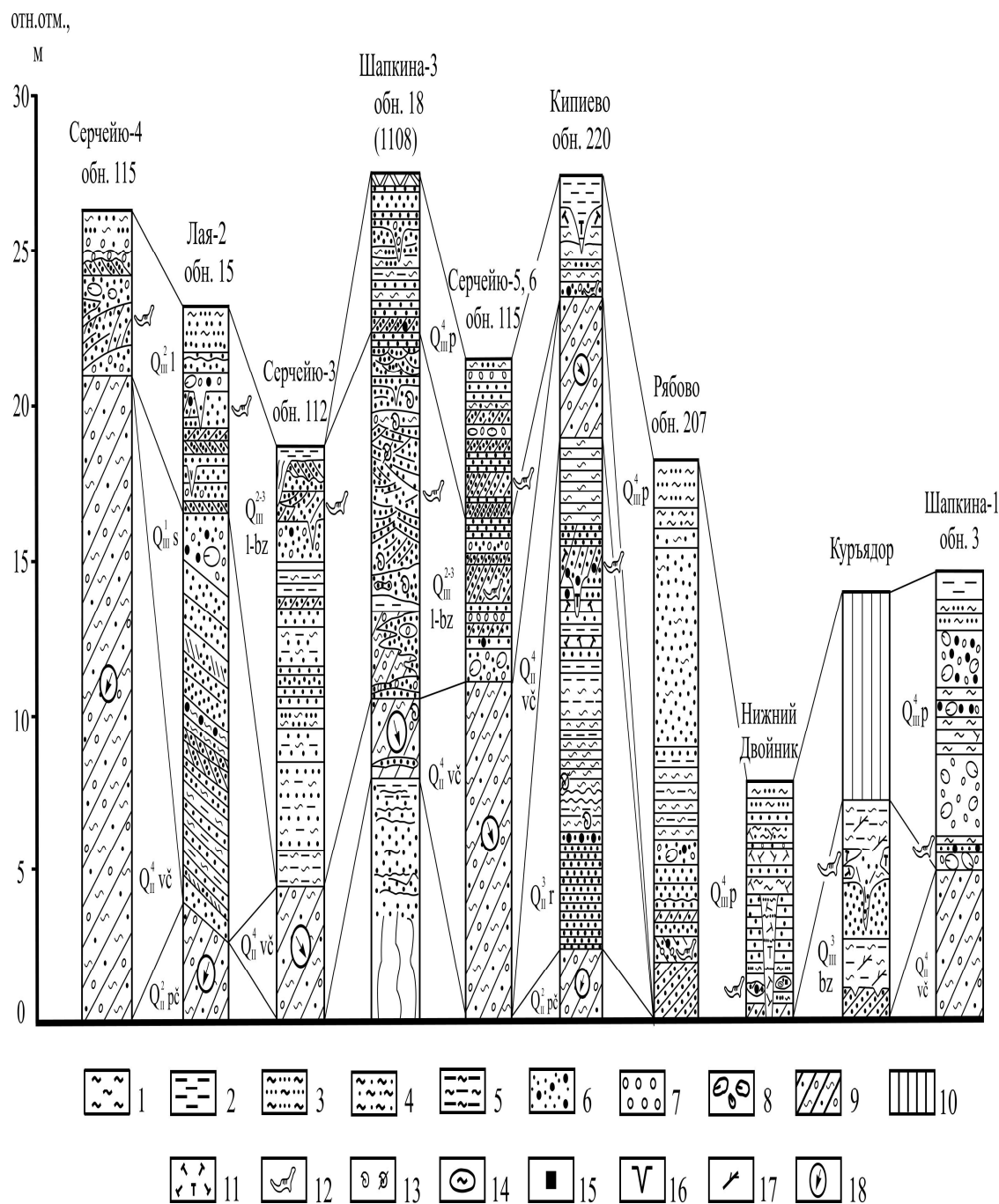


Рис. 6. Корреляция разрезов верхнего неоплейстоцена на Северо-Востоке Европейской части России.

1 – глина; 2 – алеврит; 3 – супесь; 4 – суглинок; 5 – глина алевритистая; 6 – песок и гравий; 7 – галечник; 8 – валуны; 9 – морена; 10 – лёсс; 11 – торф; 12 – костные остатки мелких млекопитающих; 13 – раковины и обломки раковин моллюсков и фораминифер; 14 – глинистые окатыши; 15 – уголь; 16 – криогенные деформации; 17 – растительный детрит; 18 – ориентировка обломков в тилле.

Fig. 6. Correlation of sections of the Upper Neopleistocene deposits in the northeastern part of the European Russia.

1 – clay; 2 – silt; 3 – sandy loam; 4 – loam; 5 – clayey silt; 6 – sand and gravel; 7 – pebbles; 8 – boulders; 9 – moraine; 10 – loess; 11 – peat; 12 – small mammals remains; 13 – shells and fragments of mollusks and foraminifers; 14 – clay pellets; 15 – coal; 16 – ice wedges; 17 – plant detritus; 18 – orientation of rock fragments in the moraine.

минералогической провинции эпидот (35 %) и ильменит (8 %), пирит и сидерит в сумме достигают 12 %, при этом сидерита в два раза больше, чем пирита. В отношении слоев валунно-галечных отложений, подстилающих и перекрывающих костеносные косослоистые пески с гравием, авторы не вполне разделяют точку зрения Б.И. Гуслицера о том, что оба слоя представляют собой горизонты размыва морен. Можно согласиться с тем, что галечник, залегающий ниже костеносного слоя в интервале глубин 7–8.6 м (сл. 17), является перлювием вычегодской морены, учитывая гляциодеформации в подстилающей песчано-алевритовой толще. Что касается полуметрового галечника (сл. 4) над костеносным слоем, то его ледниковый генезис вызывает сомнение. По этой причине о возрасте комплекса ископаемых остатков грызунов можно судить только по их морфологии.

Как и местонахождение Серчейю-4, Лая-2 отличается тем, что здесь вместе с остатками леммингов были найдены моляры *M. gregalis*, которые по соотношению морфотипов m1 (доля *грегалоидных* моляров около 50%) заметно менее эволюционно продвинуты, чем полевки из других позднелепистоценовых местонахождений региона [1]. По этому признаку можно предполагать ранневалдайский (МИС 5a-d) возраст местонахождения Лая-2.

Фаунистические остатки в местонахождении Серчейю-3 (обн. 112) собраны из отложений прируслового аллювия, залегающего в верхней части разреза берегового обнажения 112 (см рис. 6). Нижняя часть разреза сложена осадками вычегодской морены и перекрывающих ее глинистых, алевритовых и песчаных отложений. По соотношению морфотипов и коэффициентам эволюционного уровня моляров копытных леммингов фауна местонахождения Серчейю-3 датируется Б.И. Гуслицером (1981) лайским (ранневалдайским) временем. Вышележащая толща песка и гравия с мерзлотными деформациями имеет, по его мнению, полярный (поздневалдайский) возраст. В этом разрезе установить точный возраст ископаемого комплекса (ранний или средний валдай) можно только геохронометрическими методами.

Комплекс остатков леммингов в местонахождении Шапкина-3 (обн. 1108, обн. 186, по Б.И. Гуслицеру) приурочен к отложениям руслового и прируслового аллювия мощностью 5.5 м в средней части разреза (рис. 6). Аллювий сложен косослоистым грубым песком с гравием, с псевдоморфозами по морозобойным клиньям. О валдайском возрасте (МИС 5a-d-3) комплекса можно судить только по эволюционному уровню (морфа 2 *D. gulielmi*) леммингов. Костеносные отложения подстилаются галечником, который представляет собой перлювий морены, залегающей под этим галечником в 100 м ниже по течению. По петрографическому составу валунно-галечного материала, заключенного в этой морене, он сопоставляется с ледниковыми осадками вычегодского оледенения. Количество обломков карбонатных пород составляет 25 %, доминирующая роль принадлежит светло-серым и белым известнякам (22 %). Обломки магматических и мета-

морфических пород преобладают, составляя 37 %. В группе изверженных пород содержится большое количество руководящих валунов Фенноскандинавии и Северного Тимана: микроклиновых гранитов, гранитов рапакиви, гнейсов, нефелиновых сиенитов, базальтов с агатами. Северо-западный снос обломочного материала подтверждает и ориентировка удлиненных обломков пород с северо-запада на юго-восток по азимуту 300–335° [7, 40].

Комплексы остатков грызунов из местонахождений Серчейю-5 и 6 происходят из разных частей одного слоя (сл. 6), представленного грубозернистыми косослоистыми песками с гравием и галькой мощностью 4.3 м (рис. 6). Этот слой залегаёт в верхней части разреза, низы которого сложены вычегодской мореной. Комплекс остатков *Dicrostonyx* Серчейю-5 собран из нижней, а Серчейю-6 из верхней части сл. 6. Морфологически они отличаются: материал Серчейю-5 представлен морфой 2, а Серчейю-6 – более продвинутой морфой 3 *D. gulielmi* (рис. 3). Эволюционные отличия комплексов согласуются с их стратиграфической позицией, что позволяет исключить переотложение костных остатков. Б.И. Гуслицер [6] считал остатки копытных леммингов из этих местонахождений морфологически идентичными. По эволюционному уровню он датировал их лайским временем, а морфологическое сходство леммингов Серчейю-5, 6 с леммингами из Серчейю-4, которых он считал позднелепистоценовыми, объяснял частичным переотложением. По положению в разрезе нижележащие галечники (слои 7 и 9) Б.И. Гуслицер рассматривал как остатки размывтой вычегодской морены, а диамиктон в основании разреза (сл. 10) датировал печорским временем. Вышележащий галечник с валунами (сл. 4) он диагностировал как продукт размыва верхнелепистоценовой морены, а аллювий (сл. 2) в верхней части разреза имеет полярный (поздневалдайский) возраст [6]. По мнению Л.Н. Андреичевой [9], морена датируется вычегодским временем, галечник (сл. 4) – сулинским, а верхняя песчаная часть разреза имеет лайский возраст. В пользу принадлежности морены к вычегодскому горизонту свидетельствуют ориентировка обломков пород с северо-запада на юго-восток в секторе 300–340° и петрографический состав валунно-галечного материала. В группе карбонатных пород, составляющих 47 %, две трети (29 %) приходится на светлоокрашенные разновидности. Транзитные породы перми и триаса составляют 17 %, кристаллические – 10 %. В минеральном составе тяжелой фракции доминируют минералы Северо-Западной терригенно-минералогической провинции: амфибол (17 %) и гранат (20 %). По нашему мнению, комплексы костных остатков могут датироваться от лайского (МИС 5a-d) до полярного времени (МИС 2), но более точно установить их возраст можно только в результате проведения геохронометрического датирования.

В строении разреза четвертичных отложений у с. Кипиево [41] выделяются четыре комплекса пород: надморенный (слои 1–4), верхний ледниковый (слои 5–6), межледниковый (слои 7–9) и нижний ледниковый (слои 10–11). Остатки леммингов

найжены в отложениях надморенного (сл. 4) и межморенного (сл. 7) комплексов.

Костные остатки грызунов из нижнего горизонта Кипиево (обн. 220) изучались К.И. Исачевым [42] и Н.Г. Смирновым и др. [11], которые определяли леммингов из этого горизонта соответственно, как *D. simplicior* и как стадию *D. simplicior-guilelmi*. В верхнем горизонте найдены остатки копытных леммингов морфы 2 *D. guilelmi*.

Находки двустворок *Unio tertius* и *Unio cf. hybrida* (определение У.Н. Мадерни) в шоколадных глинах (сл. 9) позволили Р.Б. Крапивнеру [43] сделать заключение о позднеогеновом возрасте этого слоя и верхнего горизонта валунных суглинков. В.Л. Яхимович [44] датировала сл. 8 бызовским (средневалдайским), а вышележащий горизонт валунных суглинков – полярным временем на основании радиоуглеродных датировок древесины и торфа из верхней части слоя 8: $28\,580 \pm 500$ (БашГИ-16) и $24\,975 \pm 165$ (БашГИ-17). Б.И. Гуслицер с соавторами в научном отчете 1975 г. приводят еще одну радиоуглеродную датировку древесины из сл. 8 – $42\,400 \pm 700$ (ТА-415), выполненную А.А. Лийва в Институте зоологии и ботаники АН ЭССР.

В спорово-пыльцевых спектрах образцов из слоев 8 и 9 (межморенный комплекс осадков) доминирует древесная растительность (93 %) с преобладанием пыльцы ели, а в шоколадных глинах (сл. 9) найдены пыльцевые зерна лещины и некоторых широколиственных пород. В целом палинологические данные говорят о климате более теплом, чем современный.

Б.И. Гуслицер считал, что нижняя морена имеет печорский, верхняя морена – вычегодский, а разделяющая их толща – родионовский возраст [41, 42]. Костеносные слои датируются им ранневычегодским (нижний горизонт) и концом вычегодского времени (верхний горизонт). В своих построениях он руководствовался, в основном, данными по морфологии зубной системы копытных леммингов и положением горизонтов в разрезе. Радиоуглеродные датировки считались омоложенными, особенно учитывая широкий разброс значений.

По литологическому составу разновозрастные моренные горизонты в обн. 220 существенно отличаются. В петрографическом составе печорской морены (комплекс 4) преобладают карбонатные породы, составляющие 46 %, половина из которых приходится на темноокрашенные известняки и доломиты. Повышено содержание пород, представленных подстилающими породами мезозоя – 25 %. Доли транзитных, а также дальнепринесенных магматических и метаморфических пород равны соответственно 18 и 11 %. Ориентировка длинных осей валунов направлена с северо-востока на юго-запад. Минеральный состав тяжелой фракции характеризуется повышенным содержанием ильменита (10 %) и эпидота (23 %) – минералов Северо-Восточной терригенно-минералогической провинции, а также пирита (8 %) и сидерита (21 %), характерных для подстилающих мезозойских пород.

В петрографическом составе обломочного материала из вычегодской морены (комплекс 2)

преобладают транзитные породы – полимиктовые песчаники и кремнистые породы (23 %), и обломки дальнепринесенных пород (магматических и метаморфических) – 21 %. Карбонатные породы содержатся в количестве 35 % при абсолютном доминировании (29 %) светлоокрашенных разностей. Ориентировка длинных осей обломков направлена с северо-запада на юго-восток в секторе $310\text{--}340^\circ$. Тяжелая фракция представлена пиритом (10 %)-сидеритом (13 %)-эпидотом (15 %)-гранатом (17 %)-амфиболовой (22 %) минеральной ассоциацией. Литологические особенности вычегодской морены подтверждают, что ее формирование происходило за счет материала Северо-Западной терригенно-минералогической провинции.

По мнению А.С. Лаврова и Л.М. Потапенко [45], нижняя морена является вычегодской по комплексам валунов скандинавского происхождения в ней, а верхняя – верхневалдайской по наличию в морене обломков пород Новоземельско-Баренцево-морско-Пайхойского происхождения. Межледниковые отложения считаются ими не родионовскими, а сулинскими, а отложения «надморенного комплекса» – осадками самого низкого, III уровня Нижнепечорского интрагляциального бассейна. Костные остатки мелких млекопитающих в Кипиево, как и в большинстве аллювиальных местонахождений, по их мнению, переотложены, а по поводу кости нерпы в сл. 4 делается предположение о связи интрагляциального бассейна с возрождающимся в процессе распада поздневалдайского ледника Баренцевым морем [45].

Полученные нами результаты изучения литологического состава морен и замеры ориентировки обломков пород в разрезе Кипиево расходятся с заключением А.С. Лаврова и Л.М. Потапенко [45]. Свои стратиграфические построения мы проводим на основе литологических характеристик морен и морфологии зубов копытных леммингов, содержащихся в межморенных отложениях, и вслед за Б.И. Гуслицером [41] и Э.И. Лосевой с коллегами [8] считаем, что верхняя морена имеет вычегодский возраст, а нижняя – печорский. По нашему мнению, эволюционный уровень (*D. simplicior-guilelmi*) леммингов из нижнего горизонта Кипиево хорошо согласуется с положением костных остатков в разрезе, и по морфологии моляров лемминги Кипиево уверенно сопоставляются с комплексами из других ранневычегодских местонахождений – Шапкина-4 и Чулей. Надморенный комплекс осадков, судя по морфологии копытных леммингов из верхнего костеносного горизонта и палеогенетическим данным [24], сформировался в интервале 32–23 тыс. календарных лет назад.

Лемминги из местонахождения Курьядор продвинуты морфологически и представляют стадию развития *D. ex gr. guilelmi-torquatus*, к которой относятся лемминги из бурого суглинка Б Медвежьей пещеры с ^{14}C датой около 18 тыс. лет. Костные остатки получены из алевроитовых отложений средней части разреза (рис. 6). Очень важной особенностью этого местонахождения является то, что кости залегали в погребенных норах. По данным Л.Н. Андреичевой [46], в нижней гумусированной

оторфованной части слоя наблюдаются не только норы, но и скопления копролитов и рассеянные костные остатки грызунов. Погребенные норы заполнены черным гумусом, полуразложившимися растительными остатками, копролитами грызунов и скелетами этих зверьков (в камерах). Норы черного цвета опускаются под углом около 45° и оканчиваются в основании камерой. Они четко выделяются на фоне в основном буровато-серой породы. Отложения этого слоя формировались в среднем валдае, на что указывают спорово-пыльцевые спектры, радиоуглеродные 26.2–39.17 тыс. лет назад (35–43.6 тыс. календарных лет назад) и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датировки 42.8 и 47.8 тыс. лет назад [47]. По данным палинологического исследования [48, 49], выделены шесть фаз развития растительности, в которых в теплые интервалы распространялись северо-таежные и лесотундровые формации, а в периоды похолоданий они сменялись тундровыми ассоциациями со степными ксерофитами. По мнению П.А. Косинцева (устное сообщение), норы могут быть не синхронны вмещающей породе и, соответственно, радиоуглеродная датировка, полученная по растительной органике, не отражает истинный возраст локальной фауны. Вопрос о синхронности остатков млекопитающих вмещающей породе пока остается неясным.

Полярное время – позднеледниковье. Большинство местонахождений полярного времени – это скопления в пещерах с датировками по ^{14}C , в отношении возрастной интерпретации которых практически нет сомнений. Поздневалдайские материалы демонстрируют относительно высокое разнообразие морфотипов леммингов. Следует отметить, что внутри этого узкого временного интервала существовали лемминги с существенно различными уровнями эволюционного развития зубной системы: от морфы 3 *D. gulielmi* до морфы 1 *D. torquatus* (рис. 3). Примечательно, что в наших материалах нет явного преобладания продвинутых моляров в молодых местонахождениях по сравнению с древними. Наоборот, иногда древние комплексы имеют немного более продвинутую морфологию. Например, моляры из Пижмы-1 с возрастом 10 180 лет имеют строение архаичнее, чем форма зубов из горизонта Б бурого скальника Медвежьей пещеры, которые старше их почти на 8 тыс. лет. Вероятно, не только в этом, но и в других временных интервалах наблюдалось высокое разнообразие морфотипов в практически синхронных выборках.

Недавно были опубликованы УМС ^{14}C датировки копытных леммингов из Студеной пещеры на Северном Урале, которые находятся в интервале от 22 470 до 24 790 лет (26 430 – 29 070 кал. лет) [24]. Так как в разрезе Студеной пещеры выделяется только один горизонт с обильными остатками копытного лемминга [10, 36], то с ним, скорее всего, и сопоставляются эти датировки. В наших материалах ему соответствует выборка Студеная-5, моляры которой находятся на стадии развития *D. gulielmi* морфа 3 (рис. 3).

Лемминги из Нижнего Двойника относятся к морфе 3 *D. gulielmi*. Костные остатки получены из

линз косослоистых грубых гравийных песков с включениями обломков каменного угля и глинистых окатышей в слое, представленном чередованием среднезернистых горизонтально- и косослоистых песков и супесей, местами оторфованных мощностью 1.8 м в основании разреза (рис. 6).

В научном отчете Б. И. Гуслицера с коллегами 1975 г. костеносный слой на основании уровня развития зубной системы копытных леммингов датирован поздневычегодским временем. По данным спорово-пыльцевого анализа (палинологи Л.В. Аникиенко и Д.А. Дурягина), костеносные отложения сформировались в условиях холодной (перигляциальной) степи. В составе спорово-пыльцевого комплекса доминирует пыльца трав (91–93 %), представленных злаками (97–99 %). Пыльца древесных пород, среди которых встречены сосна (30–50 %), береза (14–33 %), ива (до 22 %), составляет 6 %. В группе спор сфагновых мхов содержится 70 %, папоротников 25–30 %.

На бечевнике у обнажения Нижний Двойник были собраны кости мамонта, северного оленя и лошади, вымытые, предположительно из слоя с глыбами.

Палинологический анализ отложений торфа, заполняющего морозобойные клинья в костеносном слое, показал преобладание пыльцы древесных пород (59 %), среди которых отмечена пыльца березы (88 %) и ивы (12 %). Среди пыльцы травянистых растений доминируют злаки (70%), встречаются маревые (13 %) и осоковые (5 %). В группе спор определены только зеленые мхи. Кроме того, встречены единичные створки пресноводных диатомей *Eunotia praerupta* и *Stauronius phoenicenterou*.

По данным исследований спор и пыльцы, палинологи делают заключение о накоплении торфа в период временного потепления климата, сменившегося после отложений торфа резким похолоданием, приведшим к образованию морозобойных клиньев. Вышележащие осадки сформировались в пойме реки, в умеренном климате голоцена. В спорово-пыльцевых спектрах из этих отложений преобладает пыльца древесных пород (55–95 %), внизу – березы (80 %), а сверху – ели (70–85 %).

Морфа 3 *D. gulielmi*, к которой относятся лемминги местонахождения Нижний Двойник, типична для позднеледниковых леммингов, так что, на наш взгляд, этот комплекс не древнее последнего ледникового максимума (рис. 4).

Местонахождение Рябово на р.Вычегде (обн. 207) представляет собой скопление костей в основании песчано-глинистой аллювиальной толщи, вложенной в эрозионный врез в толщах вычегодской и печорской морен (рис. 6). Из глинистых отложений, перекрывающих костеносные пески, были изучены палиноспектры, в которых пыльца травянистых растений (32–52 %) и спор (18–54 %) преобладает над пыльцой древесных пород (6–30 %). Выделены шесть палинокомплексов, соответствующие семи фазам развития растительности, произраставшей в климате, значительно более холодном, чем в настоящее время. Чередование относительных потеплений (лесотундра с элементами

крайней северной тайги) и похолоданий (тундра) не приводило к восстановлению зонального типа растительности. Характер смены палинокомплексов типичен для средневалдайских отложений [50].

Морфологически лемминги Рябово продвинуты, они находятся на стадии морфы 3 *D. gulielmi*, которая характерна для позднеледниковых ископаемых комплексов. Основываясь на морфологии моляров, местонахождение следует датировать полярным временем или позднеледниковьем. Как и в случае с другими аллювиальными позднеплейстоценовыми местонахождениями, надежно оценить возраст ископаемого комплекса невозможно без применения геохронометрических данных.

Аллювиальное местонахождение Шапкина-1 (обн. 3, по Б. И. Гуслицеру) расположено в верховье р. Шапкиной. Здесь костные остатки леммингов найдены в песчаных отложениях (сл. 8), залегающих выше морены, которая находится в основании обнажения. Вышележащие галечники по петрографическому составу сопоставляются с верхней мореной, вскрывающейся в ряде обнажений на р. Шапкиной (рис. 6). Морена в нижней части разреза Шапкина-1 обоснованно считается вычегодской, что подтверждается как ее литологией, так и данными термолюминесцентного датирования [40]. Верхняя морена р. Шапкиной, которая вскрывается только в нескольких обнажениях в верхнем и в нижнем течении реки, относится Л.Н. Андреичевой [40] к верхневалдайской по ряду литологических признаков и ориентировке удлиненных обломков. Согласно альтернативной точке зрения [51], самая верхняя морена в низовье р. Шапкиной – средневалдайская (50–60 тыс. лет). Радиоуглеродные даты из отложений под верхней мореной, приводимые А.С. Лавровым и Л.М. Потапенко [45], являются, скорее всего, конечными. Для доказательства поздневалдайского возраста последнего оледенения в этом районе требуются новые геохронометрические данные.

Моляры леммингов местонахождения Шапкина-1 относятся к стадии развития *D. ex gr. gulielmi-torquatus*. Лемминги этой стадии, судя по радиоуглеродным датировкам из местонахождения Кожим-1 и бурого суглинка Б. Медвежьей пещеры, обитали в регионе, как минимум, от 20 до 10 тыс. календарных лет назад. Эти возрастные оценки находят подтверждение в недавно опубликованных результатах палеогенетического изучения (цитохром *b* мтДНК) моляров *Dicrostonyx* из этого местонахождения [24]. Согласно этим данным, лемминги из Шапкина-1 принадлежали хронологически дискретной генетической линии EA5, носители которой обитали в интервале от 20 тыс. календарных лет назад до настоящего времени. Таким образом, костеносный слой и вся перекрывающая его толща сформировались от 20 до 10 тыс. календарных лет назад. Б.И. Гуслицер и др. [7] считали, что грубообломочный горизонт, перекрывающий костеносный слой, сформировался в результате деятельности мощного флювиогляциального потока, образованного в маргинальной зоне последнего ледника во время его дегляциации, т.к. петрографический со-

став грубообломочного материала в этом и в вышележащих слоях аналогичен материалу из верхней морены верховья р. Шапкиной.

Заключение

На основании изотопных и люминесцентных датировок установлено, что эволюция моляров копытных леммингов происходила мозаично и не равномерно (рис. 4). Существовали синхронные популяции леммингов с сильно различающимися по эволюционному уровню зубными системами. В позднеледниковье одновременно обитали лемминги с зубными системами стадий *D. gulielmi* морфа 3, *D. ex gr. gulielmi-torquatus* и морф 1 и 2 *D. torquatus*. Лемминги стадии *D. gulielmi* морфа 2 существовали, как минимум, до 32 тыс. лет назад. Лемминги такой же стадии развития, скорее всего, жили и в раннем валдае, т.е. на 70 тыс. лет раньше. Такое длительное существование стадий развития зубной системы и совместное обитание популяций, находящихся на разных стадиях, значительно корректируют наши представления о возможностях использования остатков копытного лемминга в биостратиграфии. По остаткам узкочерепной полёвки (*m1*) возможно датирование отложений только лайского горизонта (нижнего валдая). Бызовские и полярные осадки (средний и верхний валдай) из-за высокого уровня разнообразия морфотипов и размеров первого нижнего коренного зуба узкочерепных полёвок среднего и позднего валдая, а также у современных животных, практически не расчлняются. Ранневалдайские местонахождения *M. gregalis* заметно отличаются повышенной долей зубов *грегалоидного* морфотипа (около 50%), тогда как в средне- и поздневалдайских комплексах содержание таких моляров не превышает 25%.

Таким образом, местонахождения Серчейю-3, 4, 5, 6, Шапкина-3 датируются средне-поздневалдайским интервалом (МИС 4–2). Формирование местонахождения Нижний Двойник связано, скорее всего, с последним ледниковым максимумом; Рябово – с полярным временем; Шапкина-1 – с полярным интервалом или, что более вероятно, с позднеледниковьем. Ранневалдайский (лайский, МИС 5а-е) возраст можно предполагать только для двух местонахождений – Лая-2 и Серчейю-4, где возраст определяется по морфологии моляров не только копытного лемминга, но и узкочерепной полёвки. Возраст пещерных местонахождений надёжно установлен радиоуглеродными датировками, а ископаемый комплекс Куръядора, вероятно, моложе вмещающей породы и датируется последним ледниковым максимумом.

Для разных интервалов позднего неоплейстоцена можно обозначить возрастные биохронологические критерии: ранний валдай (лайское время, МИС 5а-е) – *D. gulielmi* морфа 2, хотя нельзя исключать и морфу 1 данного вида, а также высокая (около 50%) доля *грегалоидного* морфотипа у *M. gregalis*; средний валдай (бызовское время, МИС 4-3) – морфы 2 и 3 *D. gulielmi*; последний ледниковый максимум – морфа 3 *D. gulielmi*, *D. ex gr. gulielmi-torquatus*; позднеледниковье – *D. gulielmi*

морфа 3, *D. ex gr. gulielmi-torquatus*, морфы 1 и 2 *D. torquatus*; ранний голоцен – морфы 1 и 2 *D. Torquatus*; поздний голоцен и современность – морфа 3 *D. torquatus*. Для всех средне- и поздневалдайских и современных узкочерепных полевок характерна невысокая (менее 25%) доля грегалоидного морфотипа среди m1.

Дальнейший прогресс в биостратиграфических исследованиях возможен при применении геохронометрических данных (OSL, TL, ²³⁰Th/U) для периода древнее возможностей радиоуглеродного метода, что позволит надежно привязать стадии эволюционного развития мелких млекопитающих к точным хронометрическим рубежам.

Авторы благодарят рецензента за ценные замечания.

Работа поддержана Программами фундаментальных исследований УрО РАН №15–18–5–38 и №15–18–5–41.

Литература

1. Ponomarev D., Puzachenko A. Isaychev K. Morphotypic variability of masticatory surface pattern of molars in the recent and Pleistocene *Lemmus* and *Myopus* (Rodentia, Cricetidae) of Europe and Western Siberia // *Acta Zoologica* (Stockholm). 2015. Vol. 96. Issue 1. P. 14–29.
2. Ponomarev D., Puzachenko A. Changes in the morphology and morphological diversity of the first lower molar of narrow-headed voles (*Microtus gregalis*, Arvicolinae, Rodentia) from northeastern European Russia since the Late Pleistocene // *Quaternary International*. 2017. Vol. 436. P. 239–252.
3. Гуслицер Б.И., Исайчев К.И. Позднеднепровский копытный лемминг из межморенных отложений средней Печоры // Особенности геологического строения Северо-Востока европейской части СССР и севера Урала / Тр. VIII геологической конференции Коми АССР. Сыктывкар, 1976. С. 62–67 (Коми филиал АН СССР).
4. Гуслицер Б.И., Исайчев К.И. Копытные лемминги из плейстоценовых отложений р. Лаи// Фанерозой Севера европейской части СССР. Сыктывкар, 1980. С. 81–95. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР; Вып. 33).
5. Гуслицер Б.И., Лосева Э.И. Верхний кайнозой Печорской низменности. Сыктывкар, 1979. 44 с. (Серия препринтов «Научные доклады»/ Коми фил. АН СССР. Вып. 43).
6. Гуслицер Б.И. Сопоставление разрезов плейстоценовых отложений бассейнов Печоры и Вычегды по ископаемым остаткам грызунов// Плиоцен и плейстоцен Волго-Уральской области. М.: Наука, 1981. С. 28–37.
7. Гуслицер Б.И., Дурягина Д.А., Кочев В.А. Возраст рельефообразующих морен в бассейне нижней Печоры и границы распространения последнего покровного ледника // Расчленение и корреляция фанерозойских отложений Европейского Севера СССР. Сыктывкар, 1985. С. 97–107. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР; Вып. 54).
8. Лосева Э.И., Андреичева Л.Н., Дурягина Д.А. и др. Обоснование возраста плейстоценовых горизонтов Европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 1991. 27 с. (Сер. препринтов "Научные доклады"/ Коми НЦ УрО АН СССР. Вып. 273).
9. Андреичева Л.Н. Плейстоцен Европейского Северо-Востока. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 322 с.
10. Кочев В.А. Плейстоценовые грызуны Северо-Востока европейской части России и их стратиграфическое значение. СПб.: Наука, 1993. 112 с.
11. Смирнов Н.Г., Головачев И.Б., Бачура О.П. и др. Сложные случаи определения зубов грызунов из отложений позднего плейстоцена и голоцена тундровых районов Северной Евразии // Материалы по истории и современному состоянию фауны севера Западной Сибири. Челябинск: Рифей, 1997. С. 60–90.
12. Смирнов Н.Г. Новое в четвертичной палеонтологии Европейского Северо-Востока // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XIII Геологического съезда Республики Коми. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 1999. Т. 2. С. 286–288.
13. Решение 2-го Межведомственного стратиграфического совещания по четвертичной системе Восточно-Европейской платформы с региональными стратиграфическими схемами. (Ленинград-Полтава-Москва, 1983 г.)/Под ред. И.И. Краснова и Е.П. Зарриной. Л., 1986. 156 с.
14. Ponomarev D., Puzachenko A. Evolution of occlusal shape of the first and second upper molars of Middle–Late Pleistocene collared lemmings (*Dicrostonyx*, Arvicolinae, Rodentia) in northeast European Russia // *Boreas*. 2015b. Vol. 44. P. 741–759.
15. Агаджанян А.К. Копытные лемминги плейстоцена // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 320–355.
16. Агаджанян А.К. История становления копытных леммингов в плейстоцене // Берингия в кайнозой. Владивосток, 1976. С. 289–295.
17. Зажигин В.С. Ранние этапы эволюции копытных леммингов (*Dicrostonychini*, *Microtinae*, *Rodentia*) – характерных представителей субарктических фаун Берингии // Берингия в кайнозой. Владивосток, 1976. С. 280–288.
18. Зажигин В.С. О копытных леммингах (*Dicrostonyx*, *Microtinae*, *Rodentia*) Ойгос-Яра Восточной Сибири и о видовом статусе среднеплейстоценового вида рода *Dicrostonyx* // Естественная история Российской Восточной Арктики в плейстоцене и голоцене / Под ред. П.А. Никольского и др. М.: ГЕОС, 2003. С. 14–26.
19. Nadachowski A. Late Quaternary rodents of Poland with special reference to morphotype dentition analysis of voles// *Panstwowe wydawnictwo naukowe*, Warszawa, Krakow. 1982. 110 p.

20. Кочев В.А. Определение возраста четвертичных отложений по ископаемым остаткам копытных леммингов. Сыктывкар, 1984. 16 с. (Сер. препринтов "Новые науч. методики"/ Коми фил. АН СССР; Вып. 12).
21. Смирнов Н.Г., Большаков В.Н. Неравномерность темпов усложнения зубной системы копытных леммингов // Доклады Академии наук. 1985. Т. 281. № 4. С. 1017–1020.
22. Смирнов Н.Г., Большаков В.Н., Бородин А.В. Плейстоценовые грызуны севера Западной Сибири. М.: Наука, 1986. 145 с.
23. Sutcliffe A.J., Kowalski K. Pleistocene rodents of the British Isles. Bulletin of the British Museum (Natural History) // Geology. 1976. Vol. 27. P. 31–147.
24. Palkopoulou E., Baca M., Abramson N.I., Sablin M. et al. Synchronous genetic turnovers across Western Eurasia in Late Pleistocene collared lemmings. Global Change Biology. 2016. Vol. 22. Issue 5. P. 1710–1721.
25. Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. Paleoclimatology. 2005. Vol. 20. PA1003. doi:[10.1029/2004PA001071](https://doi.org/10.1029/2004PA001071).
26. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A. et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Reviews, 2004. Vol. 23. P. 1229–1271.
27. Astakhov V.I. Pleistocene glaciations of northern Russia – a modern view // Boreas. 2012. Vol. 42. Issue 1. P. 1–24.
28. Малеева А.Г. Об особенностях изменения во времени некоторых признаков *Microtus* (*Stenocranius*) *gregalis* Pall и *Microtus oeconomus* Pall // Фауна Урала и Европейского Севера. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1977. Вып. 4. С. 25–38.
29. Рековец Л.И. Новый подвид узкочерепной полевки (*Microtus gregalis*) из позднплейстоценовых отложений Украины // Докл. АН УССР. Сер. Б. 1978. № 6. С. 559–563.
30. Рековец Л.И. Микротериофауна деснянско-поднепровского позднего палеолита. Киев: Наукова Думка, 1985. 166 с.
31. Рековец Л.И. Мелкие млекопитающие антропогена юга Восточной Европы. Киев: Наукова Думка, 1994. 372 с.
32. Большаков В.Н., Васильева И.А., Малеева А.Г. Морфотипическая изменчивость зубов полевок. М.: Наука, 1980. 140 с.
33. Зажигин В.С. Грызуны позднего плейстоцена и антропогена юга Западной Сибири. М.: Наука, 1980. 156 с.
34. Историческая экология животных гор Южного Урала / Н.Г.Смирнов, В.Н.Большаков, П.А.Косинцев, Н.К.Панова, Ю.А.Коробейников, В.Н.Ольшванг, Н.Г.Ерохин, Г.В.Быкова. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 244 с.
35. Маркова А.К. Морфологические особенности зубов полевок *Arvicola*, *Lagurus*, *Eolagurus* и *Microtus* (Rodentia, Cricetidae) из микулинских местонахождений Русской равнины / Труды ЗИН АН СССР. 1986. № 149. С. 74–97.
36. Смирнов Н.Г. Разнообразие мелких млекопитающих Северного Урала в позднем плейстоцене и голоцене // Материалы и исследования по истории современной фауны Урала. Екатеринбург, 1996. С. 39–83.
37. Головачев И.Б., Смирнов Н.Г., Добышева Э.В., Пономарев Д.В. К истории современных подвидов узкочерепной полевки // Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Материалы конф. молодых ученых. Екатеринбург, 2001. Вып. 2. С. 49–57.
38. Бородин А.В. Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири (поздний плейстоцен – современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 100 с.
39. Мотузко А.Н. Узкочерепная полевка *Microtus* (*Stenocranius*) *gregalis* Pallas в ископаемых фаунах Белоруссии // Флора и фауна кайнозоя Белоруссии. Мн.: Навука і тэхніка, 1992. С. 133–149.
40. Андрищева Л.Н. Плейстоценовые отложения в бассейне р. Шапкиной (Большеземельская тундра) // Литология и полезные ископаемые. 2007. №1. С. 93–110.
41. Гуслицер Б.И. Возраст валунных суглинков и межморенных отложений в районе с. Кипиево (нижняя Печора) по данным изучения костей грызунов // Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европейской части СССР // Ежегодник – 1972. Сыктывкар, 1973. С. 71–77.
42. Гуслицер Б.И., Исайчев К.И. Возраст роговской свиты Тимано-Уральской области по данным изучения ископаемых остатков копытных леммингов // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 1983. № 52. С. 58–72.
43. Крапивнер Р.Б. Мореноподобные суглинки Печорской низменности – осадки длительно заморающих морей // Известия ВУЗов. Геология и Разведка. 1973. № 12. С. 28–37.
44. Яхимович В.Л. Об абсолютном возрасте аналогов молодого-шекснинских отложений в Предуралье // Материалы Всесоюзного совещания по проблемам «Вариации содержания радиоуглерода в атмосфере Земли и радиоуглеродное датирование» (Вильнюс, 22–24 ноября 1971 г.). Вильнюс: Изд-во Ин-та ботаники АН ЛитССР и Ленинградского физ.-тех. ин-та АН СССР, 1971. С. 233–236.
45. Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. М.: Аэрогеология, 2005. 222 с.
46. Андрищева Л.Н. Палеогеографические обстановки формирования отложений в опорном разрезе верхнего плейстоцена "Курьядор" на Северо-Востоке Европейской России (бассейн р. Вычегды) // Литосфера. 2011. №2. С.122–127.
47. Максимов Ф.Е., Зарецкая Н.Е., Шеботинов В.В., Кузнецов В.Ю. и др. Новые возможности радиоизотопного датирования погребенных органических четвертичных отложений (на примере разреза Курья-дор, долина

р. Верхняя Вычегда) // Доклады Академии наук. 2015. Т. 462. № 6. С. 681–685.

48. Гуслицер Б.И., Дурагина Д.А. Природные обстановки в бассейне верхней Вычегды в средне- поздневалдайское время // Геология и полезные ископаемые Европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар, 1983. С. 27. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР; Вып. 44).
49. Дурагина Д.А., Коноваленко Л.А. Палинология плейстоцена Северо-Востока европейской части России. СПб.: Наука, 1993. 124 с.
50. Гуслицер Б.И., Коноваленко Л.А. Опорный разрез валдайских отложений Рябово на нижней Вычегде // Стратиграфия и палеоэкология палеозоя и кайнозоя Северо-Востока европейской части СССР. Сыктывкар. 1987. С. 57–64. (Тр. Ин-та геологии Коми филиала АН СССР. Вып. 62).
51. Астахов В.И., Мангеруд Я., Свенсен Й.И. Трансуральская корреляция верхнего плейстоцена севера // Региональная геология и металлогения. 2007. № 30–31. С. 190–206.

References

1. Ponomarev D., Puzachenko A. Isaychev K. Morphotypic variability of masticatory surface pattern of molars in the recent and Pleistocene *Lemmus* and *Myopus* (Rodentia, Cricetidae) of Europe and Western Siberia // Acta Zoologica (Stockholm). 2015. Vol. 96. Issue 1. P. 14–29.
2. Ponomarev D., Puzachenko A. Changes in the morphology and morphological diversity of the first lower molar of narrow-headed voles (*Microtus gregalis*, Arvicolinae, Rodentia) from northeastern European Russia since the Late Pleistocene // Quaternary International. 2017, Vol. 436. P. 239–252.
3. Guslitser B.I., Isaychev K.I. Pozdnedneprovskij kopytnyj lemming iz mezhmorenyh otlozhenij srednej Pechory [Late Dneprovian collared lemming from interglacial deposits of the middle Pechora River] // Osobennosti geologicheskogo stroenija Severo-Vostoka Evropejskoj chasti SSSR i severa Urala [Features of geological structure of the northeast of the USSR European part and the north of the Urals] / Proc. of VIII Geol. Conf. of the Komi ASSR. Syktyvkar, 1976. P.62-67. (Komi Branch, USSR Ac. Sci.).
4. Guslitser B.I., Isaychev K.I. Kopytnye lemmini iz plejstocenovyh otlozhenij r. Lai [Collared lemming from the Pleistocene deposits of the River Laya] // Fanerozoj Severa Evropejskoj chasti SSSR [The Phanerozoic of the north of the USSR European part]. Syktyvkar, 1980. P. 81–95. (Proc. of Inst. of Geology, Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 33).
5. Guslitser B.I., Loseva E.I. Verhnij kajnozoy Pechorskoj nizmennosti [The Upper Cenozoic of the Pechora lowland]. Syktyvkar, 1979. 44 p. (Series of preprints "Scientific reports"/ Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 43).
6. Guslitser B.I. Sopostavlenie razrezov plejstocenovyh otlozhenij bassejnov Pechory i Vychegdy po iskopaemym ostatkam gryzunov [Comparison of sections of the Pleistocene deposits in the basins of Pechora and Vychegda by the fossil rodents remains] // The Pliocene and Pleistocene of the Volga-Ural region]. Moscow: Nauka, 1981. P. 28–37.
7. Guslitser B.I., Duryagina D.A., Kochev V.A. Vozrast rel'efoobrazujushhih moren v bassejne nizhnej Pechory i granicy rasprostraneniya poslednego pokrovnogo lednika [The age of the relief-forming moraines in the basin of the lower Pechora and the extent limit of the last glacier covering] // Raschlenenie i korreljacija fanerozojskih otlozhenij Evropejskogo Severa SSSR [The subdivision and correlation of Phanerozoic deposits of the USSR European North]. Syktyvkar. 1985. P. 97–107. (Proc. of Inst. of Geology, Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 54).
8. Loseva E.I., Andreicheva L.N., Duryagina D.A. et al. Obosnovanie vozrasta plejstocenovyh gorizontov Evropejskogo Severo-Vostoka [Substantiation of the age of the Pleistocene horizons of the European northeast]. Syktyvkar, 1991. 27 p. (Series of preprints "Scientific reports") / Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS; Issue 273.
9. Andreicheva L.N. Plejstocen Evropejskogo Severo-Vostoka [The Pleistocene of the European northeast]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2002. 322 p.
10. Kochev V.A. Plejstocenovyje gryzuny severo-vostoka Evropejskoj chasti Rossii i ih stratigraficheskoe znachenie [Pleistocene rodents of the northeast of the European Russia and their stratigraphic significance]. St.Petersburg: Nauka, 1993. 112 p.
11. Smirnov N.G., Golovachev I.B., Bachura O.P. et al. Slozhnye sluchai opredelenija zubov gryzunov iz otlozhenij pozdnego plejstocena i golocena tundrovych rajonov Severnoj Evrazii [Complicated cases of identifying rodent teeth from the Late Pleistocene and Holocene deposits of tundra regions of Northern Eurasia] // Mater. on history and present state of fauna of the North of Western Siberia. Chelyabinsk: Rifei, 1997. P. 60–90.
12. Smirnov N.G. Novoe v chetvertichnoj paleoteriologii Evropejskogo severo-vostoka [Something new in the Quaternary paleotheriology of the European northeast] // Geologija i mineral'nye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii [Geology and mineral resources of the European northeast of Russia]. Mater. of XIII Geol. Congress of the Komi Republic. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 1999. Vol. 2. P. 286–288.
13. Reshenie 2-go Mezhdedomstvennogo stratigraficheskogo soveshhanija po chetvertichnoj sisteme Vostochno-Evropejskoj platformy (Leningrad-Poltava-Moskva, 1983 g.) s regional'nymi stratigraficheskimi shemami [Resolutions of the 2nd Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the Quaternary system of the East European Platform with the regional stratigraphic schemes (Leningrad-Poltava-

- Moscow, 1983)] / Eds. I.I.Krasnov, E.P.Zarri-na. Leningrad, 1986. 156 p.
14. Ponomarev D., Puzachenko A. Evolution of occlusal shape of the first and second upper molars of Middle-Late Pleistocene collared lemmings (*Dicrostonyx*, Arvicolinae, Rodentia) in northeast European Russia // *Boreas*. 2015b. Vol. 44. P. 741–759.
 15. Agadjanian A.K. Kopytnye lemmingi plejstocena [Pleistocene collared lemmings] // *Novejšaja tektonika, novejšie otlozhenija i chelovek* [Neotectonics, recent deposits and man]. Moscow: Moscow State Univ. Publ., 1973. P. 320–355.
 16. Agadjanian A.K. Istorija stanovlenija kopytnyh lemmingov v plejstocene [The history of collared lemmings in the Pleistocene] // *Beringija v kajnozoe* [Beringia in the Cenozoic]. Vladivostok, 1976. P. 289–295.
 17. Zazhigin V.S. Rannie jetapy jevoljucii kopytnyh lemmingov (*Dicrostonychini*, *Microtinae*, Rodentia) – harakternyh predstavitelej subarktičeskikh faun Beringii [Early evolutionary stages of collared lemmings (*Dicrostonychini*, *Microtinae*, Rodentia) as characteristic representatives of Beringian Subarctic fauna] // *Beringija v kajnozoe* [Beringia in the Cenozoic]. Vladivostok, 1976. P. 280–288.
 18. Zazhigin V.S. O kopytnyh lemmingah (*Dicrostonyx*, *Microtinae*, Rodentia) Ojgos-Jara Vostočnoj Sibiri i o vidovom statuse sredneplejstocenovogo vida roda *Dicrostonyx* [On collared lemmings (*Dicrostonyx*, *Microtinae*, Rodentia) of Ojgos-Yar in Eastern Siberia and on taxonomic status of Middle Pleistocene species of *Dicrostonyx* genera] // *Estestvennaja istorija Rossijskoj Vostočnoj Arktiki v plejstocene i golocene* [Natural history of Russian Eastern Arctic in the Pleistocene and Holocene] / Eds. P.A.Nikolsky et al. Moscow: GEOS, 2003. P. 14–26.
 19. Nadachowski A. Late Quaternary rodents of Poland with special reference to morphotypedentition analysis of voles. Panstwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa, Krakow, 1982. 110 p.
 20. Kochev V.A. Opredelenie vozrasta chetvertichnyh otlozhenij po iskopaemym ostatkam kopytnyh lemmingov [Age determination of Quaternary sediments by fossil remains of collared lemmings]. Syktывkar, 1984. 16 p. (Series of preprints “New sci. methods” / Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 12).
 21. Smirnov N. G., Bol'shakov V. N. Neravnomernost' tempov usloznenija zubnoj sistemy kopytnyh lemmingov [Unevenness of complication rates of collared lemmings dentition] // *Doklady Ac. Sci.* 1985. Vol. 281. № 4. P. 1017–1020.
 22. Smirnov N.G., Bol'shakov V.N., Borodin A.V. Plejstocenovyje gryzuny severa Zapadnoj Sibiri [Pleistocene rodents of the north of Western Siberia]. Moscow: Nauka, 1986. 145 p.
 23. Sutcliffe A.J., Kowalski K. Pleistocene rodents of the British Isles. Bulletin of the British Museum (Natural History) // *Geology*. 1976. Vol. 27. P. 31–147.
 24. Palkopoulou E., Baca M., Abramson N.I., Sablin M. et al. Synchronous genetic turnovers across Western Eurasia in Late Pleistocene collared lemmings. *Global Change Biology*. 2016. Vol. 22. Issue 5. P. 1710–1721.
 25. Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*. 2005. Vol. 20. PA1003. doi:[10.1029/2004PA001071](https://doi.org/10.1029/2004PA001071).
 26. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A. et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*, 2004. Vol. 23. P. 1229–1271.
 27. Astakhov V.I. Pleistocene glaciations of northern Russia – a modern view // *Boreas*. 2012. Vol. 42. Issue 1. P. 1–24.
 28. Maleeva A.G. Ob osobennostjah izmenenija vo vremeni nekotoryh priznakov *Microtus* (*Stenocranius*) *gregalis* Pall, i *Microtus oeconomus* Pall. [On the peculiarities of changes of some traits of *Microtus* (*Stenocranius*) *gregalis* Pall. and *Microtus oeconomus* Pall. in time] // *Fauna Urala i Evropejskogo Severa* [Fauna of the Urals and the European North]. Sverdlovsk: Ural Univ. Publ., 1977. Issue 4. P. 25–38.
 29. Rekovets L.I. Novyj podvid uzkočerepnoj polevki (*Microtus gregalis*) iz pozdneplejstocenovyh otlozhenij Ukrainy [New subspecies of narrow-headed vole (*Microtus gregalis*) from the Late Pleistocene deposits of the Ukraine] // *Dokl. Ac. Sci. Series B*. 1978. № 6. P. 559–563.
 30. Rekovets L.I. Mikroteriofauna desnjanskopodneprovskogo pozdnego paleolita [Microtheriofauna of the Desna-Podneprovian Late Palaeolithic]. Kiev: Naukova Dumka, 1985. 166 p.
 31. Rekovets L.I. Melkie mlekopitajushhie antropogena juga Vostočnoj Evropy [Small mammals of the Anthropogene in the south of Eastern Europe]. Kiev: Naukova Dumka, 1994. 372 p.
 32. Bol'shakov V.N., Vasilyeva I.A., Maleeva A.G. Morfotipičeskaja izmenčivost' zubov polevok [Morphotypic variation of molars in voles]. Moscow: Nauka, 1980. 140 p.
 33. Zazhigin V.S. Gryzuny pozdnego pliocena i antropogena juga Zapadnoj Sibiri [Rodents of the Late Pliocene and Anthropogene in the south of Western Siberia]. Moscow: Nauka, 1980. 156 p.
 34. Istoricheskaja jekologija zhivotnyh gor Juzhnogo Urala [Historical ecology of animals of the South Urals] / Smirnov N.G., Bol'shakov V.N., Kosintsev P.A., Panova N.K., Korobejnikov Yu.A., Ol'shvang V.N., Erokhin N.G., Bykova G.V. Sverdlovsk: Ural Br., USSR Ac. Sci., 1990. 244 p.
 35. Markova A.K. Morfologičeskie osobennosti zubov polevok *Arvicola*, *Lagurus*, *Eolagurus* i *Microtus* (Rodentia, Cricetidae) iz mikulinskih mestonahozhdenij Russkoj ravniny [Morphological peculiarities of the teeth of voles *Arvicola*, *Lagurus*, *Eolagurus* and *Microtus* (Ro-

- dentia, Cricetidae) genera from the Mikulian localities of the Russian plain] // Proc. of Zool. Inst., USSR Ac. Sci. 1986. № 149. P. 74–97.
36. Smirnov N.G. Raznoobrazie melkih mlekopitajushchih Severnogo Urala v pozdnem plejstocene i golocene [Small mammals diversity of Northern Urals in Late Pleistocene and Holocene] // Materialy i issledovaniya po istorii sovremennoj fauny Urala [Materials and research on the history of the present fauna of the Urals]. Ekaterinburg, 1996. P. 39–83.
 37. Golovachev I.B., Smirnov N.G., Dobysheva E.V., Ponomarev D.V. K istorii sovremennykh podvidov uzkocherepnoj polevki [On the history of recent subspecies of narrow-headed vole] // Sovremennye problemy populjacionnoj, istoricheskoj i prikladnoj jekologii [Modern problems of population, historical and applied ecology] / Mater. of conf. of young scientists. Ekaterinburg, 2001. Issue 2. P. 49–57.
 38. Borodin A.V. Opredelitel' zubov polevok Urala i Zapadnoj Sibiri (pozdnij plejstocen – sovremennost') [Identification guide of voles molars of the Urals and Western Siberia (Late Pleistocene – Holocene)]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2009. 100 p.
 39. Motuzko A.N. Uzkocherepnaya polevka *Microtus (Stenocranius) gregalis* Pallas v iskopaemykh faunakh Belorussii [The narrow-headed vole *Microtus (Stenocranius) gregalis* Pallas in fossil faunas of Belorussia] // Flora i fauna kainozoya Belorussii [Flora and fauna of the Cenozoic of Belorussia]. Minsk: Navuka i tekhnika, 1992. P. 133–149.
 40. Andreicheva L.N. Plejstocenovyje otlozhenija v bassejne r. Shapkinoy (Bol'shezemel'skaja tundra) [Pleistocene sediments in the Shapkina River basin (Bolshezemel'skaya tundra)] // Litologija i poleznye iskopaemye [Lithology and mineral resources]. 2007. №1. P. 93–110.
 41. Guslitser B.I. Vozrast valunnych suglinkov i mezhmorenykh otlozhenij v rajone s. Kipievo (nizhnaja Pechora) po dannym izuchenija kostej gryzunov [The age of boulder loams and intertill deposits in the surroundings of Kipievo (Lower Pechora), according to the study of fossil remains of rodents] // Geologija i poleznye iskopaemye severo-vostoka Evropejskoj chasti SSSR [Geology and mineral resources of the USSR European northeast] // Yearbook – 1972. Syktyvkar, 1973. P. 71–77.
 42. Guslitser B.I., Isaychev K.I. Vozrast rogovskoj svity Timano-Ural'skoj oblasti po dannym izuchenija iskopaemykh ostatkov kopytnyh lemmingov [The age of Rogovskaya suite in the Timan-Urals region according to the study of fossil remains of collared lemming] // Bull. of Commission for the study of the Quaternary. 1983. № 52. P. 58–72.
 43. Krapivner R.B. Morenopodobnye suglinki Pechorskoj nizmennosti – osadki dlitel'no zamrazajushchih morej [Moraine-like loams of the Pechora lowland – sediments of long freezing seas] // Izvestija VUZov. Geol. i Razvedka [Proc. of the Universities. Geology and exploration]. 1973. № 12. P. 28–37.
 44. Yakhimovich V.L. Ob absoljutnom vuzraste analogov mologo-sheksninskih otlozhenij v Predural'e [On the absolute age of the analogs of the Mologa-Sheksna deposits in the PreUrals] // Mater. of all-Union Conf. "Variations in the content of radiocarbon in the Earth's atmosphere and radiocarbon dating" (Vilnyus, November 22–24, 1971). Vilnyus: Publ. House of Inst. of Botany, Ac. Sci. of Lithuania and Leningrad Phys.-Techn. Inst., USSR Ac. Sci., 1971. P. 233–236.
 45. Lavrov A. S., Potapenko L. M. Neoplejstocen severo-vostoka Russkoj ravniny [Neopleistocene of northeast of the Russian Plain]. Moscow: Aerogeology, 2005, 220 p.
 46. Andreicheva L.N. Paleogeograficheskie obstanovki formirovaniya otlozhenij v opornom razreze verhnego plejstocena "Kurjador" na Severo-Vostoke Evropejskoj Rossii (bassejn r. Vychegdy) [Paleogeographic environments of sedimentation in the "Kuryador" key section of the Upper Pleistocene in the northeast of European Russia (the Vychegda River basin)] // Lithosphere. 2011. Vol. 2. P. 122–127.
 47. Maksimov F.E., Zaretskaja N.E., Shebotinov V.V., Kuznetsov V.Yu. et al. Novye vozmozhnosti radioizotopnogo datirovaniya pogrebennykh organogennykh chetvertichnykh otlozhenij (na primere razreza Kur'jador, dolina r. Verhnaja Vychegda) [A new approach to isotope dating of buried organic-rich deposits with an example from the Kuryador section, upper Vychegda valley] // Doklady Earth Sciences. 2015. Vol. 462. No. 6. P. 681–685.
 48. Guslitser B.I., Duryagina D.A. Prirodnye obstanovki v bassejne verhnej Vychegdy v srednepozdnjevaldajskoe vremja [Natural environments in the Upper Vychegda basin during the Middle and Late Valdai] // Geologija i poleznye iskopaemye Evropejskogo Severo-Vostoka SSSR [Geology and mineral resources of the USSR European northeast]. Syktyvkar, 1983. P. 27. (Proc. of Inst. of Geology, Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 44).
 49. Duryagina D.A., Konovalenko L.A. Palinologija plejstocena severo-vostoka evropejskoj chasti Rossii [Palynology of Pleistocene of North-East of European Russia]. St.Petersburg: Nauka, 1993. 124 p.
 50. Guslitser B.I., Konovalenko L.A. Opornyj razrez valdajskih otlozhenij Rjabovo na nizhnjej Vychegde [The key section of the Ryabovo Valdai deposits in the Lower Vychegda] // Stratigrafija i paleoekologija paleozoya i kainozoya Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR [Stratigraphy and paleoecology of the Paleozoic and Cenozoic of the northeast of the USSR European part]. Syktyvkar. 1987. P. 57–64. (Proc. of Inst. of Geology, Komi Branch, USSR Ac. Sci. Issue 62).
 51. Astakhov V.I., Mangerud J., Svensen J.I. Transural'skaja korreljacija verhnego plejstocena severa [Transuralian correlation of the Upper Pleistocene in the North] // Regional geology and metallogeny. 2007. № 30–31. P. 190–206.

Статья поступила в редакцию 22.02. 2017.

УДК 553.98 (470.13)

СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ ДЕПРЕССИОННЫХ ДОМАНИКОВЫХ И ПОЗДНЕФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГРУБЕШОРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

Л.В. ПАРМУЗИНА, М.С. ИГНАТОВА

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта
yu.m.s@mail.ru*

В статье рассмотрено строение средне-верхнефранских отложений и по результатам комплексного изучения установлено, что доманиковый горизонт в пределах Верхнегрубешорского месторождения представлен стратиграфически полными и стратиграфически сокращенными типами разреза. Формирование доманикового горизонта и верхнефранского подъяруса происходило в пределах поднятия, приуроченного к головному трогу авлакогена. Полученные результаты позволили уточнить возраст залежи в верхнедевонском комплексе и предположить наличие новых залежей – пластовой литологически экранированной, связанной со склоновыми фациями доманикового горизонта, и линзовидной – со сводовыми фациями доманикового горизонта.

Ключевые слова: нефтяное месторождение, авлакоген, доманиковые и позднефранские отложения, стадия дифференцированных опусканий, терригенный материал, палеоподнятие

L.V. PARMUZINA, M.S. IGNATOVA. THE STRUCTURE AND CONDITIONS OF FORMATION OF OIL-BEARING DEPRESSION DOMANIC AND LATE FRASNIAN DEPOSITS OF THE UPPER GRUBESHOR OILFIELD (TIMAN-PECHORA OIL AND GAS PROVINCE)

In tectonic terms, the Upper Grubeshor oil field is located in the southern part of the Shapkin-Yuryakhin swell of Denisov trough of the Pechora-Kolva aulacogen (PKA). The investigated deposits are part of the Upper Devonian lithologic-stratigraphic complex in which the Frasnian and Famennian stages are distinguished. The Frasnian stage which with the oil reservoir in the depression sediments is connected, is divided into the middle one that includes the Domanic and Vetlasyan horizons, and the upper substage represented by the Sirachoy, Evlan and Livonian horizons.

A typical Domanic horizon within the PKA was not drilled. The cross-sections of this type are confined to the head trough of the aulacogen, where drilling was not carried out. In the Timan-Pechora oil and gas province the Domanic horizon is represented by the Domanic suite. In outcrops and the core, the suite is represented by dark gray and black, fine-grained, bituminous, silicified limestones turning into organogenic, pteropodal limestones with interlayers of black, bituminous, platy marls with inclusions and interlayers of black silicide and bituminous shale. Organogenic residues are represented by pteropods, radiolarians. The thickness of the Domanic suite is 10-30 m. It is established that the Domanic horizon within the Upper Grubeshor deposit is represented by stratigraphically complete (wells 2 and 4-Upper Grubeshor are opened) and stratigraphically reduced types of the section (well 1-Upper Grubeshor). In time sections, the wedging is clearly seen.

The formation of the Domanic horizon and the Upper Frasnian substage (the Grubeshor and Upper Grubeshor suites) occurred within the elevation confined to the head trough of the aulacogen, which is classified as rising subject to abrasion with a slow lowering. As a result of the research, the structure of the Domanic horizon and the Upper Frasnian substage was clarified. It is established that the age of the oil pool in the Upper Devonian complex is Sirachoy-Evlan time. The material obtained allows us to assume the presence of new deposits in the Frasnian part of the Upper Devonian complex at the Upper Grubeshor field.

Keywords: oil field, oil pool, aulacogen, Domanic and Late Frasnian deposits, stage of differential subsidence, terrigenous material, paleoraising

В тектоническом отношении Верхнегубешорское нефтяное месторождение находится в южной части Шапкина-Юрьяхинского вала Денисовского прогиба Печоро-Колвинского авлакогена (ПКА), в нефтегазогеологическом – расположено в пределах южной части Шапкина-Юрьяхинского нефтегазоносного района (НГР) Печоро-Колвинской нефтегазоносной области (НГО) Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПНГП) (рис. 1).

ния и закономерностей формирования в депрессионных впадинах верхнего девона залежей углеводородного сырья является актуальным направлением геолого-поисковых работ на нефть и газ в ТПНГП.

Исследуемые отложения входят в состав верхнедевонского литолого-стратиграфического комплекса, в составе которого выделяют франский (начиная с доманикового горизонта) и фаменский яру-

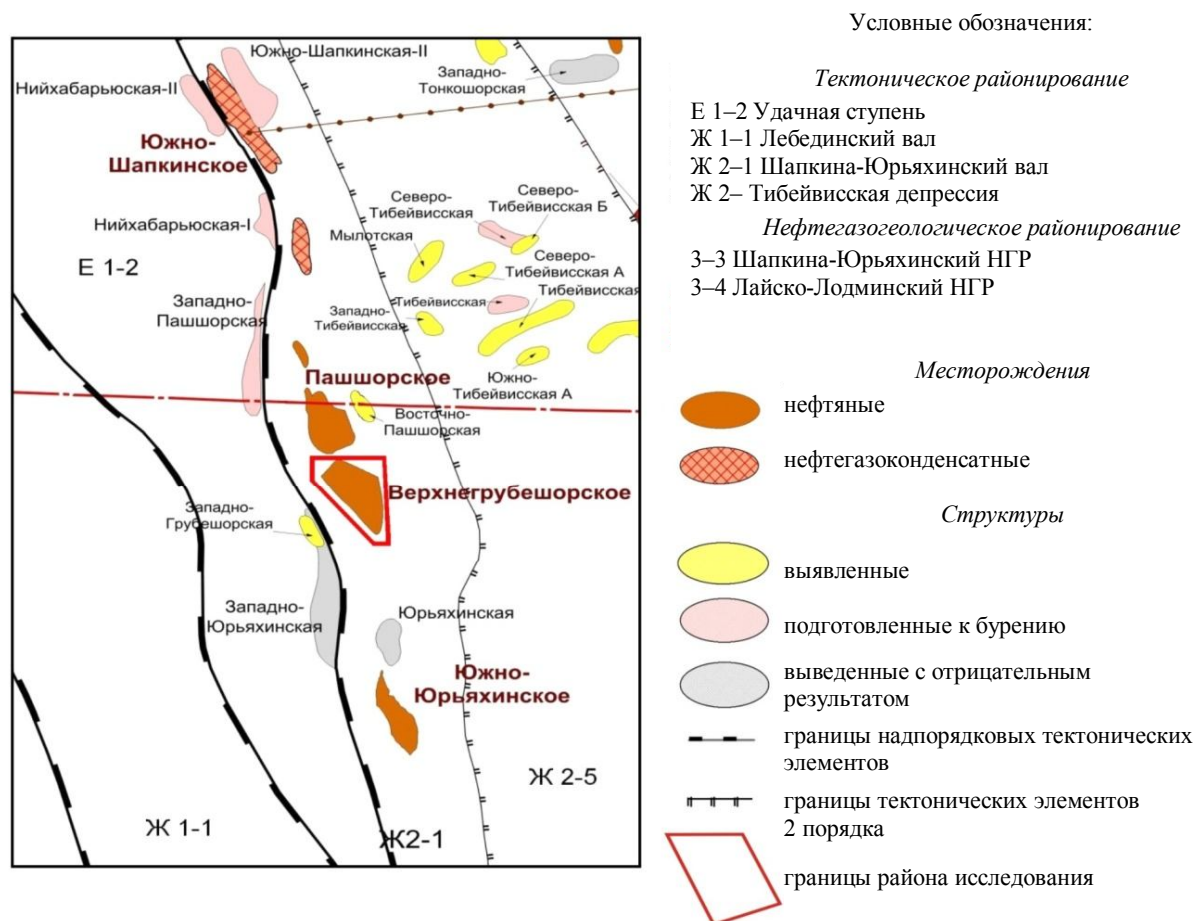


Рис. 1. Обзорная карта района исследований (выкопировка из карты тектонического и нефтегазогеологического районирования ТПНГП).

Fig. 1. Overview map of the study area (a copy from Maps of tectonic and oil and gas geological zoning of the Timan-Pechora oil-and-gas province (TPNGP)).

Верхнегубешорское нефтяное месторождение открыто в 1971 г. и в его пределах было выявлено три залежи: две нижние, связанные с песчаными пластами живетского яруса среднего девона, и верхняя – с карбонатными и терригенно-карбонатными доманикоидными отложениями сирачойского возраста [1].

Обычно депрессионные зоны при нефтегазогеологическом районировании, представляющие собой отрицательные структуры (депрессии и котловины), рассматриваются только как зоны нефтегазообразования в противоположность положительным структурам (валам), которые являются зонами нефтегазонакопления. Поэтому выявление строе-

сы. Франский ярус, с которым связана залежь нефти в депрессионных отложениях, расчленяется на средний (в его состав входят доманиковый и ветласянский горизонты) и верхний подъярус, представленный сирачойским, евлановским и ливенским горизонтами (рис. 2). Формирование исследуемых отложений происходило в пределах ПКА на стадии дифференцированных опусканий [2]. Типичный доманиковый горизонт (доманиковая свита) в пределах ПКА бурением не вскрыт. Разрезы такого типа приурочены к головному трogu авлакогена, где бурение не проводилось.

В ТПНГП доманиковому горизонту соответствует доманиковая свита. В обнажениях и по керну

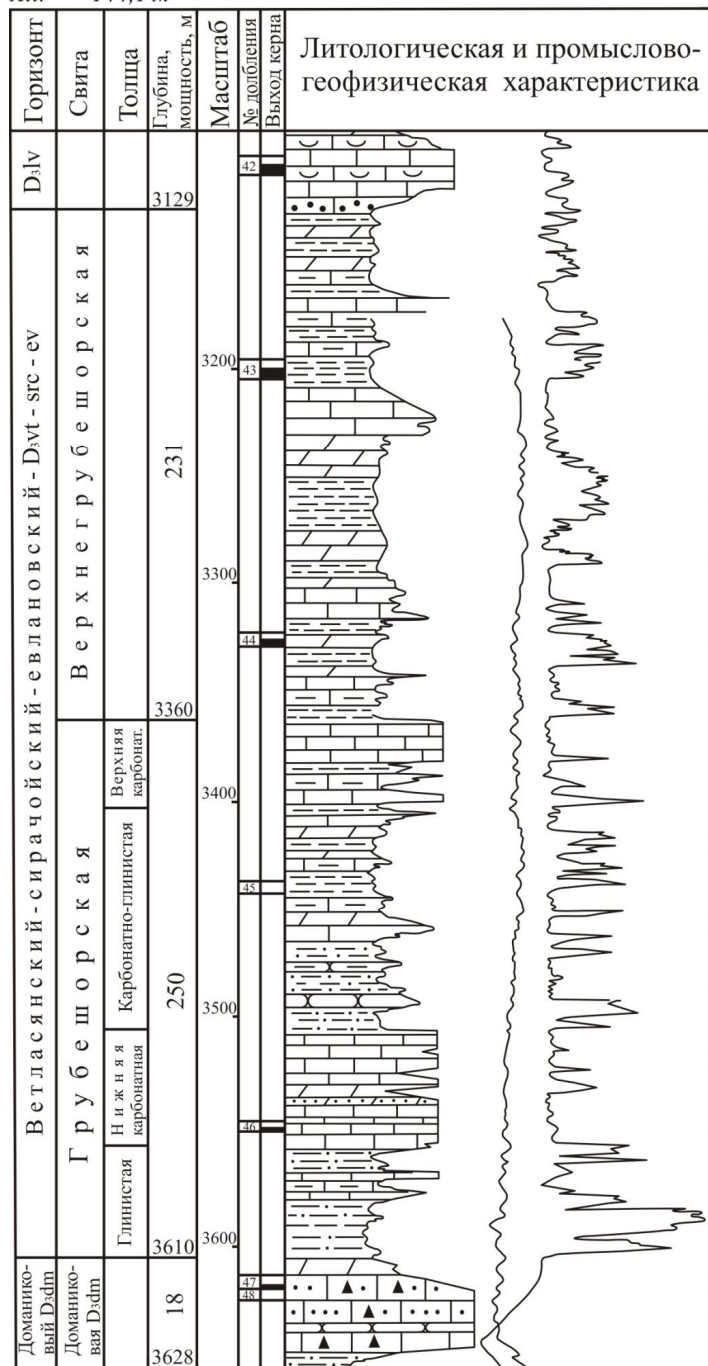


Fig. 2. The Frasnian stage. Domanic and undivided Vetlasyan, Sirachoy and Evlan horizons. Well 1-Upper Grubeshor.

свита сложена известняками темно-серыми и черными, тонкозернистыми, битуминозными, кремненными, переходящими в известняки органогенные, птероподовые с прослоями мергелей черных, битуминозных, плитчатых, с включениями и прослоями черного силицита и битуминозного сланца. Органогенные остатки представлены птероподами, радиоляриями, подчиненное значение имеет дет-

В результате комплексного изучения средне-верхнефранских отложений, проведенного историко-геологическим методом и сейсморазведочными работами, установлено, что доманиковый горизонт в пределах Верхнегрубешорского месторождения представлен стратиграфически полными и стратиграфически сокращенными типами разреза. Стратиграфически полный тип разреза вскрыт скважинами 2- и 4-Верхнегрубешорская, а стратиграфически сокращенный тип разреза – скважиной 1-Верхнегрубешорская (рис. 3). Результаты корреляции подтверждаются данными сейсморазведочных работ. На временных разрезах отчетливо видно подошвенное налегание (рис. 4). Нижняя граница доманикового горизонта очень четко проявляется на кривой КС и проводится в основании высокоомного карбонатного пласта, который является маркирующим реперным подразделением верхнедевонского комплекса ТПНГП.

Стратиграфически полные разрезы до-маникового горизонта в скважинах 2- и 4-Верхнегубешорская керном не охарактеризованы. Разрезы подобного типа изучены на Западно-Соплесском месторождении в скважинах 72/80, 85, 89 и 94-Зап. Соплесс [3]. Они представлены известняками с прослоями песчаников, алевроито-песчаников и алевролитов. Среди известняков в этом типе разреза установлено четыре разновидности: известняки тонкозернистые, известняки тонко-мелкозернистые, известняки спикулово-радиоляриевые и известняки радиоляриевые.

Известняки темно-серые, тонкозернистые, алевроитистые (до 25 %), волнистослоистые, пиритизированные. Слоистость обусловлена неравномерным распределением алевроитового материала и тонкозернистого кальцита. Алевроитовый материал крупнозернистый, с примесью мелкопесчаной размерности, в основном, кварцевого состава. В породах развиты трещины, заполненные тонкозернистым кальцитом.

Известняки темно-серые, тонко-мелкозернистые, слабо-неравномерно доломитизированные, участками переходящие в мелкозернистый известковый доломит, с заметным содержанием (до 30 %) примеси алевроитового материала кварцевого состава с редкими чешуйками мусковита. Текстура пород горизонтально-слоистая, слоистость обусловлена неравномерным распределением главных порообразующих компонентов. По слоистости развиты открытые горизонтальные трещины и редкие вторичные поры выщелачивания.

Известны темно-серые, спикулово-радиоляриевые, линзовидно-слоистые, битуминозные, алевроитистые (10–12 %). Основная масса породы состоит из спикул губок (30%) и радиолярий (40–45%),

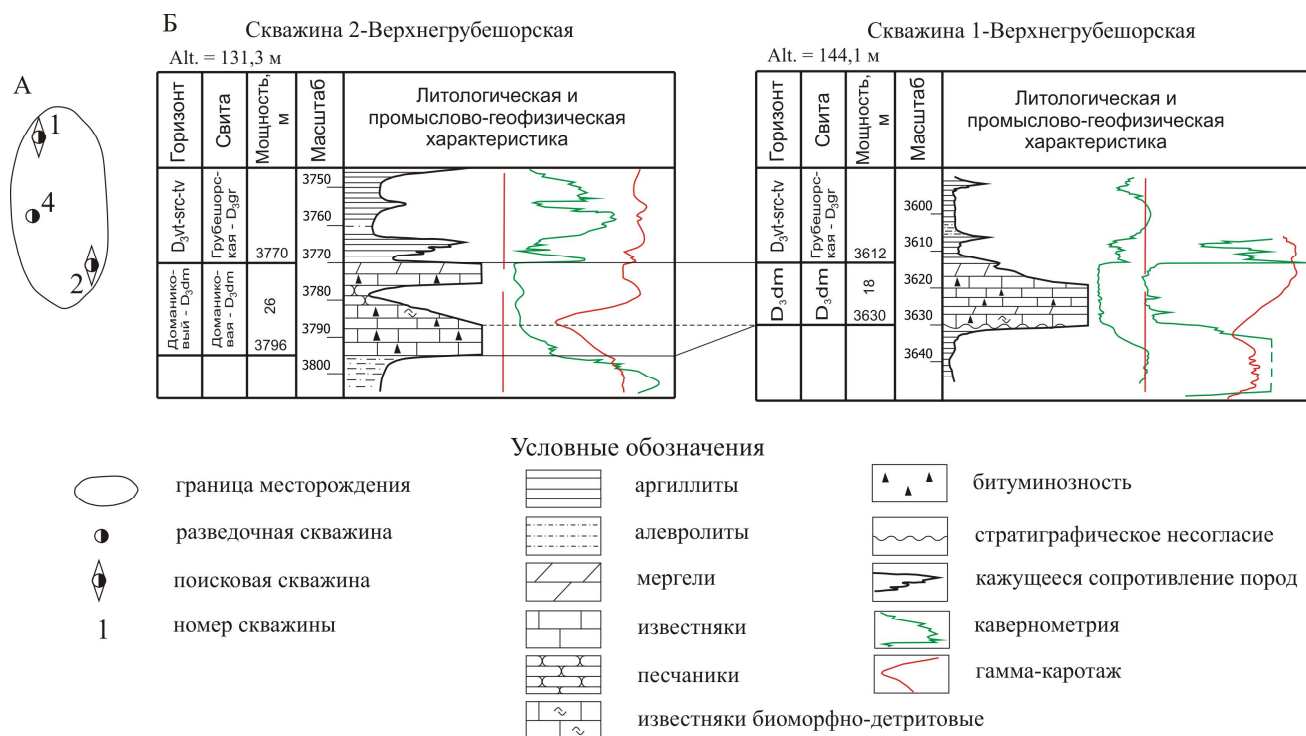


Рис. 3. А – схема расположения скважин на Верхнегрубешорском месторождении; Б – схема сопоставления доманиковых отложений по скважине 2-Верхнегрубешорская и скважине 1-Верхнегрубешорская.
Fig. 3. A – well layout scheme at the Upper Grubeshor field; B – scheme of comparison of virgin deposits by well 2-Upper Grubeshor and well 1-Upper Grubeshor.

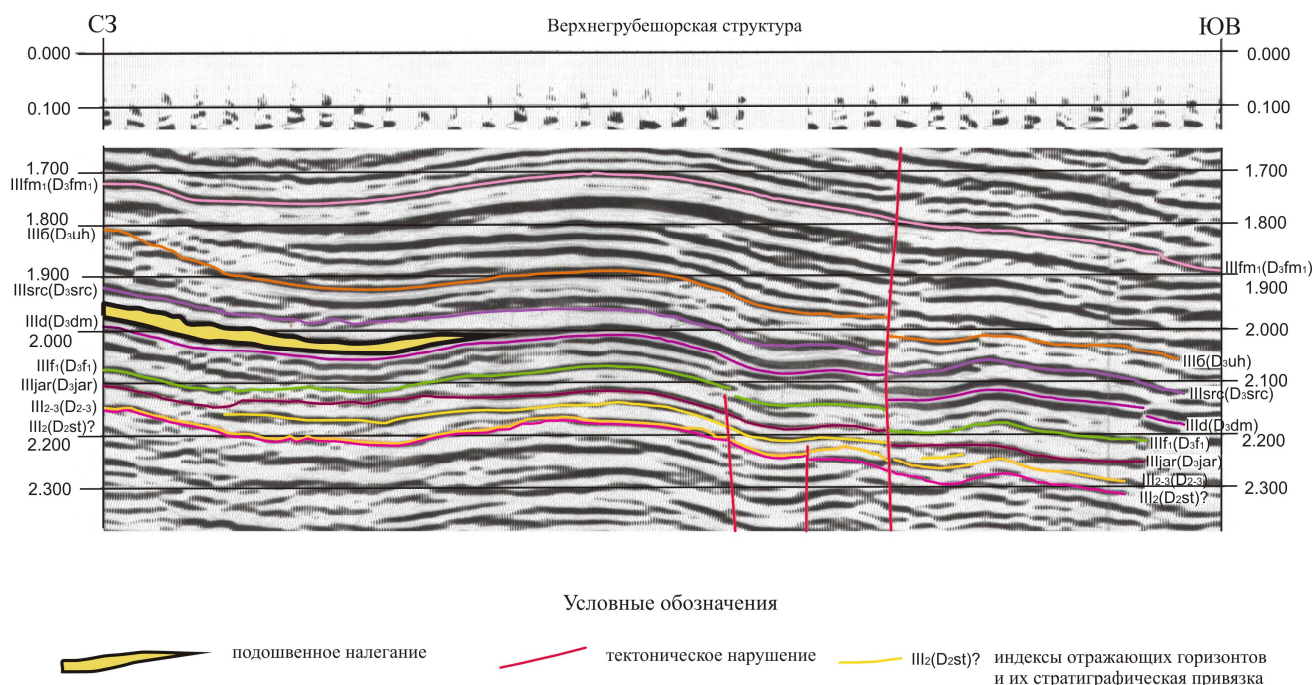


Рис. 4. Временной разрез по линии xln 100. Верхнегрубешорское месторождение.
Fig. 4. Time section along the line xln 100. Upper Grubeshor deposit.

сложенных вторичным мелкозернистым кальцитом. Цемент представлен тонкозернистым кальцитом с примесью опала и пигментирован темно-коричневым органическим веществом. В породах встречаются редкие тентакулиты, единичные обломки иглокожих, выполненные мелко-среднезернистым кальцитом. В цементе присутствует заметная примесь терригенного материала мелкоалевритовой, крупноалевритовой и мелкопесчаной размерности. По составу терригенный материал, в основном, кварцевый с редкими зернами полевых шпатов и чешуек мусковита. В цементе наблюдаются редкие зерна доломита ромбодрической формы.

Известняки темно-серые, радиоляриевые, с глинисто-кремнистым цементом (40–45 %), пигментированным коричневым битумом с прослоями битуминозного мергеля. Текстура пород горизонтально-слоистая. Радиолярии сложены, в основном, кальцитом и составляют 55 % породы. Встречаются радиолярии, сложенные кремнеземом (халцедон, мелкозернистый кварц). Прослои мергелей состоят из тонкозернистого кальцита, опала с примесью глинистого вещества и алевритового материала. Эти прослои интенсивно пигментированы темно-коричневым битумом.

Терригенные породы доманиковой свиты в стратиграфически полных разрезах представлены песчаниками, алевролитами и алевролитопесчаными породами. Песчаники темно-серые, кварцевые, известковистые, неравномернозернистые, мелко-среднезернистые, с обломками глинистых карбонатных пород. Размер зерен в песчаниках варьируется от 0,16 до 0,64 мм, преобладают зерна размером 0,16–0,4 мм. Форма зерен преимущественно угловато-окатанная (50–55 %). Состав обломочной части однородный, кварцевый, с примесью обломков кварца. Цемент (25–30 %) базального, участками порово-пленочного типа; известковый, с примесью глинисто-битуминозного материала. В породах присутствуют редкие остатки организмов, представленные кониконхами. Песчаники пиритизированы, пирит присутствует в виде агрегатов и точечных зерен. Вторая разновидность песчаников – песчаники светло-серые, кварцевые, слабоизвестковистые, неравномернозернистые, мелко-, средне-, крупнозернистые, с редкими зернами белого кварца гравийной размерности. Состав обломочной части однородный, кварцевый, зерна которого часто корродированы цементом. Цемент (5–10 %) по составу глинисто-карбонатный, порово-пленочного типа. Из органических остатков, так же как и в темно-серых песчаниках отмечаются редкие кониконхи.

Алевролиты темно-серые, почти черные, кварцевые, песчаные, битуминозные. Преобладающий размер зерен в породах 0,08–0,06 мм. Форма зерен угловато-окатанная, реже окатанная. Состав обломочной части однородный, кварцевый, с незначительной примесью обломков кварцитов и зерен полевого шпата. В небольшом количестве (1–3 %) в алевролитах присутствуют продолговатые обломки тонкозернистых алевритистых известняков, алевритистых битуминозных аргиллитов и еди-

ничных обломков диабазов. В породах отмечаются редкие остатки кониконх и криноидей.

Алеврито-песчаная порода светло-серого цвета, с редкими обломками карбонатных и глинистых пород, с органическими остатками (< 1 %), пиритизированная, неслоистая. Главную часть породы (60 %) составляет плохо сортированный терригенный материал. Размер зерен меняется от 0,05 до 1,11 мм. Форма их угловато-окатанная и окатанная, иногда зерна корродированы цементом. Минеральный состав терригенной части, в основном, кварцевый, с незначительной примесью обломков кварцитов. Отмечаются единичные раковины кониконх. Цемент базального типа, участками порово-пленочный, по составу цемент карбонатный, с неравномерной примесью битуминозно-глинистого вещества. Порода пиритизирована.

Мощность доманикового горизонта в скважине 2-Верхнегубешорская – 26 м, в скважине 4-Верхнегубешорская – 25 м.

В стратиграфически сокращенном типе разреза доманиковый горизонт в скважине 1-Верхнегубешорская (долб. 47, инт. 3616,0–3618,5 м) представлен известняками темно-серыми, прослоями и участками черными, средне-мелкозернистыми, переходящими в смешанную глинисто-известково-алевритовую породу. Среди известняков установлены две разновидности – известняки средне-мелкозернистые, алевритистые и известняки мелкозернистые, алевритовые.

В шлифах первая разновидность известняков алевритистая, глинистая, окремненная. В основной средне-мелкозернистой массе кальцита неравномерно распределены терригенная примесь (до 15%), глинисто-битуминозный материал и органический детрит (до 10%). В составе обломочного материала преобладает кварц угловатой формы алевритовой размерности, подчиненное значение имеет полевой шпат, чешуйки слюды, акцессорные и рудные минералы (циркон и лейкоксен). В породе отмечается частичное замещение зерен кальцита мелкокристаллическим халцедоном. По трещинам и порам между зерен кальцита отмечаются буроватые примазки глинисто-битуминозного вещества. Органические остатки представлены стилиолинами, иглокожими и остракодами. Порода пиритизирована.

Вторая разновидность известняков окремненная, алевритовая, с органическим детритом и линзовидными включениями алевролита. В основной мелкозернистой кальцитовой массе породы беспорядочно и неравномерно распределены терригенная (до 25 %) глинистая примесь, органический детрит и кремнезем. В составе терригенного материала установлены угловатые зерна алевритовой размерности кварца, полевые шпаты, чешуйки слюды и обломки халцедона. Участками известняк переходит в смешанную глинисто-алевритовую породу и известковистый алевролит. Глинистая примесь образует примазки, иногда заполняет тонкие трещинки. Глинистый материал окрашен битуминозным веществом. По трещинам установлены выделения твердого битума. Кремнезем замещает

мелкозернистый кальцит и сложен микрокристаллическим халцедоном. Органические остатки представлены стилиолинами, остракодами, радиоляриями и иглокожими.

Алевриты (скважина 1-Верхнегубешорская, долб. 47, инт. 3616,0-3618,5 м; долб. 48, инт. 3618,5-3620,0 м) в доманиковом горизонте – темно-серые, глинисто-известковистые, окремненные. Обломочная часть породы (45-50 %) состоит из угловатых зерен кварца и редких полевых шпатов, чешуек мусковита, хлорита и единичных акцессорных минералов. Цемент по составу сложный, преобладающая часть в нем – мелкозернистый кальцит, а подчиненное значение имеет буроватая глинистая масса, пропитанная битуминозным веществом. Глинисто-битуминозный материал часто образует в породе буроватые тонкие прослои и примазки. Органические остатки представлены редкими стилиолинами и радиоляриями. Мощность доманикового горизонта в скважине 1-Верхнегубешорская составляет 18 м.

Таким образом, на Верхнегубешорском месторождении доманиковый горизонт представлен опесчаненным типом разреза, что не характерно для доманиковой свиты ТПНГП, которая, по мнению Т.И. Кушнareвой [4], стерильна от терригенного материала.

Доманиковый горизонт на Верхнегубешорской площади перекрывается мощной депрессионной толщей, которая охватывает нерасчлененные ветласянский, сирачойский и евлановские горизонты. Из известняков этой толщи определены остракоды: *Entomozoe (Richteria) timanica* Mart., *E. (R.) ex gr. Distinct Pol.*, *Rabienites ninae* (Mart.) in litt. В составе этой толщи по литологическим данным и каротажной характеристике выделены две свиты (рис. 2): губешорская и верхнегубешорская [5]. Нижняя свита является депрессионной доманикоидной толщей (скважина 1-Верхнегубешорская, инт. 3610–3360 м), а Верхнегубешорская свита – толщей заполнения (скважина 1-Верхнегубешорская, инт. 3360–3129 м). В составе верхнегубешорской свиты выделено снизу вверх четыре толщи: глинистая, нижняя карбонатная, карбонатно-глинистая и верхняя карбонатная. Глинистая толща четко обособляется по каротажу и в её строении, по-видимому, кроме глинистых пород принимают участие прослои битуминозных известняков и мергелей. Вероятно, нижняя глинистая толща по возрасту отвечает ветласянскому горизонту. Из нижней карбонатной толщи (скважина 1-Верхнегубешорская, долб. 46, инт. 3547,5-3551,0 м) определены остракоды: *Gravia sp.*, *Selebratina sp.*, *Bairdia sp.*, *Acratia aff. Schelonica* Eg. Нижняя карбонатная толща, судя по керну долб. 46, сложена известняками серыми, мелкозернистыми, битуминозными, алевритистыми, с прослоями алевритов и аргиллитов. Известняки представлены тонкозернистым кальцитом со сгустками битуминозного материала, равномерно рассеянного по всей породе. Терригенная примесь (до 15 %) представлена угловатыми зернами кварца алевритовой размерности, полевыми шпатами, чешуйками слюды, хлоритом и акцессорными минералами. Терри-

генный материал часто концентрируется и образует в основной массе известняка мелкие линзы и прослои. В органогенном детрите (до 5–7 %) определены перекристаллизованные створки остракод и брахиопод. Породы пиритизированы. В известняках встречается единично мелкий углефицированный детрит. Глинистые прослои – аргиллит, в составе которого карбонатно-глинистая масса, неравномерно пропитанная дисперсным битуминозным веществом. Карбонатное вещество сложено мелкозернистым кальцитом в виде тонких слоев, а глинистая масса – чешуйками гидрослюда.

Мощность губешорской толщи в скважине 1-Верхнегубешорская – 247 м, в скважине 2-Верхнегубешорская – 278 м, в скважине 4-Верхнегубешорская – 302 м.

Губешорская свита [5] перекрывается верхнегубешорской, которая на каротажной диаграмме выделена в объеме низкоомной глинистой толщи с пачкой известняков. В разрезе свиты преобладают известняки, аргиллиты и толстоплитчатые мергели. Мощность свиты составляет 250 м.

В результате литолого-стратиграфических и сейсмо-геофизических исследований установлено, что формирование доманикового горизонта и верхнефранского подъяруса (губешорская и верхнегубешорская свиты) происходило в пределах поднятия, приуроченного к головному трогу авлакогена. Это палеоподнятие классифицируется как *поднятие, подвергающееся абразии при медленном опускании* [2].

В доманиковое время семилукский этап развития бассейна седиментации в районе скважины 1-Верхнегубешорская существовал остров (рис. 5).

Остров являлся областью денудации, с поверхности которого осуществлялся снос обломочного материала. О наличии области сноса свидетельствует выклинивание нижней части доманикового горизонта (рис. 3, 4). На склонах острова в трансгрессивные отрезки семилукского этапа формировались тонкозернистые органогенно-детритовые, радиоляриевые, битуминозные известняки. Не характерной особенностью этих отложений является примесь терригенного материала. В регрессивные отрезки этого этапа на склонах острова (скважина 2 и 4-Верхнегубешорская) формировались песчаные и алевритовые отложения. В донской этап (позднефранское время) развития бассейна седиментации на стадии дифференцированных опусканий авлакогена остров испытал медленное погружение. При опускании острова до уровня моря его поверхность покрылась обломками, галькой и песком. Когда опускание острова достигло отметки 10 м, вся поверхность его покрылась мелководными образованиями и песком. При опускании острова ниже отметки – 20 м, ниже уровня развития ила, он весь покрылся илом. Над участками склонов поднятий формировались в трансгрессивные отрезки донского этапа битуминозно-кремнисто-карбонатные илы, незначительно обогащенные терригенной примесью, а в регрессивные – глинистые илы. Схема абразии острова, аналогичная описан-

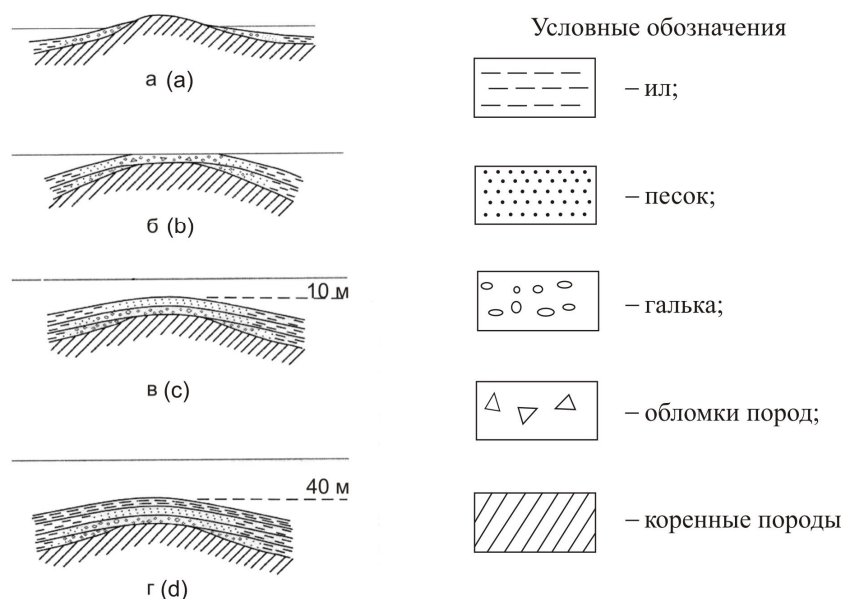


Рис. 5. Схема абразии острова при медленном опускании: а – начало опускания острова; б – опускание острова до уровня моря; в – опускание острова до глубины 10 м; г – опускание острова до глубины 40 м.
Fig. 5. Scheme of abrasion of the island with slow lowering: a – the beginning of the lowering of the island; б – lowering the island to sea level; в – lowering of the island to the depth of 10 m; г – lowering of the island to the depth of 40 m.

ной (рис. 5), охарактеризована Д.В. Наливкиным (1959) [6].

За пределами острова в головном трое в семилукский и донской этапы развития бассейна седиментации формировались битуминозно-кремнисто-карбонатные илы в спокойных застойных условиях осадконакопления.

Закключение

В результате проведенных исследований уточнено строение доманикового горизонта и верхне-франского подъяруса на территории Верхнегубешорского нефтяного месторождения. Установлено, что возраст залежи нефти в верхнедевонском комплексе не сирачойский, а сирачойско-евлановский. Залежь в этих отложениях пластовая сводовая, приурочена к толщам карбонатных пород грубешорской свиты. Водонасыщенная часть разреза скважинами не вскрыта. Нижняя крышка приурочена к нижней глинистой толще грубешорской свиты (ветласянской свиты?), а верхняя – с верхнегубешорской свитой (верхняя часть евлановского горизонта?).

Полученный в ходе работ материал позволяет предположить наличие новых залежей во франской части верхнедевонского комплекса на Верхнегубешорском нефтяном месторождении. Это пластовая литологически экранированная залежь, связанная со склоновыми фациями доманикового горизонта, и линзовидная – со сводовыми фациями доманикового горизонта (район скважины 1-Верхнегубешорская).

Литература

1. Панкратов Ю.А., Коваленко В.С., Елохин В.П. Геологическое строение и предварительная

оценка запасов нефти и газа Верхнегубешорского и Пашшорского месторождений. Ухта : ПГО «Ухтанефтегазгеология», 1980. Т.1. 56 с.

2. Пармузина Л.В. Верхнедевонский комплекс Тимано-Печорской провинции (строение, условия образования, закономерности размещения коллекторов и нефтегазоносность). СПб. : «Недра», 2007. 152 с.
3. Кочетов С.В., Пармузина Л.В. Строение, условия формирования отложений, закономерности размещения коллекторов и нефтегазоносность верхнедевонского комплекса Печоро-Кожвинского мегавала и Среднепечорского поперечного поднятия. СПб. : «Недра», 2013. 144 с.
4. Кушнарева Т.И. Фаменский ярус Тимано-Печорской провинции. М. : «Недра», 1977. 135 с.
5. Пармузина Л.В. Описание, расчленение и корреляция разрезов верхнедевонского комплекса Тимано-Печорской провинции: Монография. СПб. : Недра, 2005. 200 с.
6. Наливкин Д.В. Физико-географическое описание // Геология СССР: Т. 24. Таджикская ССР. Ч. 1 : Геологическое описание. М. : Госгеолтехиздат, 1959. С. 24–43.

References

1. Pankratov Yu.A., Kovalenko V.S., Elokhin V.P. Geologicheskoe stroenie i predvaritel'naya otsenka zapasov nefiti i gaza Verhnegrubeshorskogo i Pashshorskogo mestorozhdeniy [Geology and preliminary assessment of oil and gas reserves of the Upper Grubeshor and Pashshor fields]. Ukhta: PGO "Ukhtaneftegazgeologiya", 1980. Vol. 1. 56 p.
2. Parmuzina L.V. Verhnedevonskiy kompleks Timano-Pechorskoy provintsii (stroenie, usloviya obrazovaniya, zakonomernosti razmeshcheniya

- kollektorov i neftegazonosnost') [The Upper Devonian complex of the Timan-Pechora province (structure, conditions of formation, patterns of distribution of reservoirs and oil-and-gas content)]. St.Petersburg: "Nedra" Publ., 2007. 152 p.
3. Kochetov S.V., Parmuzina L.V. Stroenie, usloviya formirovaniya otlozheniy, zakonomernosti razmeshcheniya kollektorov i neftegazonosnost' verhnedevoevskogo kompleksa Pechoro-Kozhvin-skogo megavala i Srednepechorskogo poperechnogo podnyatiya [Structure, conditions of formation of deposits, patterns of distribution of reservoirs and oil-and-gas content of the Upper Devonian complex of the Pechora-Kozhva megaswell and Mid-Pechora transverse raising]. St.Petersburg: "Nedra" Publ., 2013. 144 p.
 4. Kushnareva T.I. Famenskiy yarus Timano-Pechorskoy provintsi [The Fammenian stage of the Timan-Pechora province]. Moscow: Nedra Publ., 1977. 135 p.
 5. Parmuzina L.V. Opisanie, raschlenenie i korrelyatsiya razrezov verhnedevoevskogo kompleksa Timano-Pechorskoy provintsii [Description, subdivision and correlation of sections of the Upper Devonian complex of the Timan-Pechora province]. St.Petersburg : "Nedra" Publ., 2005. 200 p.
 6. Nalivkin D.V. Phisiko-geograficheskoe opisanie [Physico-geographical description] // Geology of the USSR: Vol. 24. Tajik SSR. Part 1: Geological description. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1959. P. 24-43.

Статья поступила в редакцию 01.03.2017.

УДК 392.8

ОБРАЗ ЛЕБЕДЯ В ТРАДИЦИОННОЙ КУЛЬТУРЕ КОМИ (ЗЫРЯН)

Т.И. ЧУДОВА

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар*
ChudovX@mail.ru

В статье на основе литературных и полевых источников рассматривается символика образа лебедя в повседневных запретах и свадебной обрядности коми (зырян), а также некоторые варианты воплощения его образа в предметах декоративно-прикладного искусства. Рассмотрение традиционных повседневных запретов в контексте свадебной обрядности коми позволяет утверждать, что образ лебедя выступал не только символом невесты, ее чистоты и непорочности, но и символом будущего благополучия семейной пары. Промысловые и кулинарные запреты, связанные с лебедем, находят обоснование в этиологических мифах. В этом контексте ритуальное снятие пищевого табу в ходе свадебной обрядности ижемцев можно трактовать и как символическое жертвоприношение.

Ключевые слова: коми (зыряне), образ лебедя как символ брачных уз

T.I.CHUDOVA. THE IMAGE OF SWAN IN THE TRADITIONAL CULTURE OF THE KOMI (ZYRYANS)

On the basis of literary and field sources the symbolics of the image of Swan in everyday prohibitions and wedding rituals of the Komi (Zyryans) as well as some variants of the embodiment of the image of Swan in the objects of decorative art is considered.

Fishing-hunting practices taking a significant place in the structure of economic activities of the Komis predetermined the preservation of the mythological texts about the origin of the animal world in which creation both demiurges took part. Swan in cosmogonic myths of the Komi (Zyryans) appears in the form of one of ornithomorphic incarnations of the Supreme God, the Creator. Fairy tales and legends emphasize the transformation of Swan, i.e. its ability to take both ornithomorphic and anthropomorphic images. The motivation of fishing-hunting and culinary prohibitions connected with Swan finds reasons in the etiological myths of the Komi (Zyryans). Consideration of traditional everyday prohibitions in the context of wedding rituals of the Komi (Zyryans) suggests that the image of Swan was not only a symbol of the bride, her purity and innocence, but also a symbol of conjugal ties and future well-being of the married couple. Ritual removal of food taboo during the wedding rituals can be interpreted as a symbolic offering during the wedding feast, as a way of unity in one of the two parties of the bride and groom, creating a unified group of relatives by marriage. A dish of whole cooked swan was the attribute of a wedding feast where the bride's uncle on the mother's side or her godfather cut the meat of a swan into pieces and handed it out to each participant of the ritual feast. The main role in the ceremony was given to avunculate, which indicates the ancient origins of this rite, and its replacement by the godfather reflected the Christian traditions. The image of Swan, however, was rarely embodied in the objects of decorative art of the Komi (Zyryans).

Keywords: Komi (Zyryans), image of swan as a symbol of conjugal ties

Промысловая практика, занимая значительный сектор в структуре хозяйственной деятельности коми, предопределила сохранение мифологических текстов о происхождении животного мира, в создании которого приняли участие оба демиурга Ен и Омоль. Лебедь (юсь) в космогонических мифах

коми (зырян) предстает в виде одной из орнитоморфных ипостасей верховного бога-творца Ена. Так, в одном из мифов повествуется о том, что "в первозданном океане плавали гагара и лебедь. Заспорили, чей голос сильнее. Гагара закричала: «Курлык-курлык!» – и спросила, испугался ли лебедь.

Лебедь сказал: «Нет!» – и тихонько издали подал голос. Гагара второй раз начала свое «курлык-курлык». В ответ в отдалении послышались раскаты грома. Сердце гагары затрепетало: в голосе лебедя почувствовала большую силу. В третий раз гагара закричала. В это время грянул гром, и молния ударила под самым боком гагары. Она испугалась, нырнула в воду, еле живой осталась» [1, с. 17]. Анализ орнитохроматической символики в представлениях пермских и обскоугорских народов позволил О.И.Уляшеву особо подчеркнуть, что лебедь как светлое начало маркирован белым цветом и противостоит темному началу в образе гагары [2, с. 239].

Происхождение лебедя отражено в одном из этиологических мифов, текст которого был записан в 1916 г. Д. Фокош-Фуксом от Т.А. Кочанова, жителя д. Фроловская Усть-Куломского района Республики Коми. «Жил-был в давние времена царь. И было у царя три дочери и сын. Пошли они на море купаться, зашли в воду. И оказался в тех местах колдун. Он превратил царских детей в лебедей, и полетели они в поле. С тех пор лебеди расплодились и теперь летают везде. Мы их не едим» [1, с. 60]. Мифологический текст имеет сказочное начало, хотя в нем просматривается этиологический миф о происхождении птицы и мотивируется запрет на потребление мяса лебедя.

Н.Д.Конаков подчеркивал, что лебедь признавался у коми птицей особо чистой, с ярко выраженной женской и брачной символикой [3, с. 407], что подтверждается множеством фольклорных текстов. Так, в одной из коми сказок «Война из-за ржаного зернышка» повествуется о том, как молодая девушка в образе белого лебедя помогает юноше избавиться от злого колдуна, а в конце сказки молодые справляют свадьбу [4, с. 64–76]. В легенде об озере Вад-Ты рассказывается, что дочь лесного царя насильно выдали замуж за водяного. От непривычной жизни девушка в образе лебедя ночами вылетала из воды [5, с. 87]. Реже встречаются тексты о превращении юношей в лебедей. Так, А.С.Сидоров в книге по знахарству, изданной в 1928 г. (переиздана в 1997 г.), приводит быличку, в которой говорится о том, что однажды житель Мыелдина поспорил с ижемцем, за что последний превратил верхневычегодца в лебедя. Три дня превращенный в лебедя человек вел образ жизни птицы, пока ему не вернули человеческий облик [6, с. 31]. Этот текст перекликается со сказкой «Шомвуква», по сюжету которой за нарушение запрета отцом 12 его сыновей были превращены в стаю лебедей [7, с. 17–22]. Фактически, в этих текстах подчеркивается оборотничество лебедя, т.е. его способность принимать как орнитоморфный, так и антропоморфный образы. Локализация фольклорных текстов о лебеде (на европейском Северо-Востоке обитают тундровый или малый лебедь, кликун и шипун: малый лебедь – в тундре, в таежной зоне он встречается на пролете, кликун и шипун – в лесной и тундровой зоне) в традициях коми совпадает с местами его гнездования [8]. Сказочные сюжеты о метаморфозах лебедя распространены, например, среди вепсов [9, с. 55].

Брачная символика образа лебедя ярко проявляется в свадебной обрядности ижемцев, северной группы коми (зырян), которые на свадебный стол подавали целую приготовленную лебедя. Дядя невесты по материнской линии, либо ее крестный отец, делил мясо на кусочки и раздавал каждому участнику обрядового застолья. Главная роль в обряде отводилась брату матери невесты, что свидетельствует о древнейших истоках этого обряда, а замена его крестным отцом отражала христианские традиции. Исключительность этого блюда была призвана подчеркнуть важность и значимость свадебного застолья, выступающего способом единения в одно целое двух партий, создание единого коллектива свойственников [10, с. 131]. Фактически, в свадебном обряде лебедь выступал в роли «демиурга» новой семейной пары, а его образ ассоциировался с символом брачных уз, благополучия семейной пары.

Лебедь у коми (зырян и пермяков) не был объектом охоты, а его мясо находилось под строгим табу [11, с. 323]. Исключение составляло только свадебное застолье, где лебедь выступал символом семейной пары. Мотивировка запрета на убийство лебедя связывалась с неминуемой карой. Так, верхневычегодские охотники строго соблюдали запрет охоты на лебедей, считая, что даже за случайно убитого лебедя виновного ждала неминуемая кара. В исторической памяти населения с. Керчомья Усть-Куломского района Республики Коми сохраняется легенда о стае из 12 лебедей, которая ежегодно прилетала с юга на оз. Вад возле села и покидала озеро только на третий день. По рассказам местных жителей, ранним утром 1996 г., накануне праздника «Пыжа гаж» (Лодочное веселье), приуроченного к Иванову дню, на оз. Вад, как всегда, прилетела стая из 12 лебедей. Но в тот день какой-то заезжий мужчина выстрелил в стаю лебедей. Говорят, сам он потом напился и во время праздничных гуляний утонул в озере. Никто и не заметил, как это произошло. Но с тех пор лебеди больше не прилетали в Керчомью накануне праздника «Пыжа гаж» [12]. Неминуемая кара за убийство лебедя фиксируется в традициях не только коми (зырян), но и вепсов [9, с. 55], карел [13, с. 124], русского населения европейского Севера [14, с. 677] и старообрядцев Забайкалья [15, с. 67–68]. По представлениям коми, убийство лебедя приводит к потере супруги [16], что хорошо согласуется с сюжетами сказок и легенд о метаморфозах девушки-лебедя, которая становится женой главного героя сказки. Широкие рамки бытования во времени и пространстве схожих представлений о лебеде у финно-пермских и русского народов позволяют говорить о том, что они (представления) сложились в глубокой древности у этносов, занимавшихся охотничьим промыслом.

Табу на добычу лебедя и запрет на включение его мяса в рацион питания можно связать с отголосками культа лебедя, так как священное может быть одновременно нечистым. В этом контексте любопытным представляется факт, зафиксированный у коми на верхней Печоре в начале XX в.

всемирно известным социологом П.А. Сорокиным, который отмечал, что род Бажуковых имел дополнительную номинацию «юсь» (лебедь) [17, с. 34]. Эту информацию можно трактовать как сохранение тотемного названия рода. Подобная номинация рода «юс» была зафиксирована также и в удмуртской традиции [18, с. 45].

Примечательна практика хранения яиц лебедей у коми, также как и карел, в красном углу [11, с. 324], где обычно хранились пасхальные яйца. Последние наделялись универсальным символом круга рождений: яйца служили метафорой зарождения жизни в пасхальных играх, в обрядах первого дня пахоты и др.

В традиционной культуре коми (зырян) характерна практика воплощения образа водоплавающей птицы в бытовых предметах. Довольно представительна этнографическая коллекция братин и солонок в виде птицы, образ которой, как правило, трактуется и номинируется как «утица» [18, с. 86]. Но длинная шея, ее плавный изгиб позволяют рассматривать образ птицы на некоторых предметах утвари как образ лебедя, что особо ярко выражено на братинах [19, табл. XII. Б. 5, 6], предназначенных для подачи сура (домашнего пива), ритуального напитка коми (зырян), в обрядовой практике, в том числе и в свадебной обрядности. Функциональную необходимость оформления высокой шейки птицы на братинах можно связать с удобством держания ее (братины) в руке (рис. 1).



Рис. 1. Братина или ковш. Пу ко́ш (деревянный ковш) или юра ко́ш (букв. ковш с головой). Конец XIX в. Школьный музей с. Большая Пысса. Удорский район, Республика Коми. Фото В.Э.Шарапова. 1991 г.
Pic. 1. Ladle. Wooden ladle or ladle with the head. End of the XIX century. School museum of Bolshaya Pyssa, Udora District, Komi Republic.

Образ лебедя воплощался, хотя и не так часто, как образ утки, в предметах декоративно-прикладного искусства, но тем привлекательнее становятся эти предметы. Образ лебедя воплощался и в предметах, связанных с женским рукоделием. Так, в фондах музея археологии и этнографии Сыктывкарско-

го государственного университета им. Питирима Сорокина хранится швейка (рис. 2), стойка которой напоминает изящно выгнутую длинную шею лебедя. Воплощение образа лебедя в предметной сфере имело давние традиции. Например, встречается в коллекции культовой пластики археологических древностей региона [20, с. 5].



Рис. 2. Швейка. Из фондов музея археологии и этнографии СГУ им. Питирима Сорокина.
Pic. 2. Device for sewing. From funds of the Museum of Archaeology and Ethnography of Pitirim Sorokin Syktyvkar State University.

Отношение к лебедю как чистой небесной птице сохраняется и в настоящее время. Автору удалось наблюдать в 2005 г. трепетное отношение жителей с. Мохча Ижемского района Республики Коми к стае лебедей, которая облюбовала старицу возле села для отдыха. Почти все население приходило любоваться стаей, при этом никто и ничем не нарушал их покой. В данном контексте небезынтересны строки руны «Сватовство» в репертуаре сказителя калевальской метрики Архиппе Перттунена:

«...Песню лебедя послушать,
Посмотреть на длинношеих...» [21, с. 31].

Таким образом, в традиционной культуре коми (зырян) образ лебедя выступал не только как символ невесты, ее чистоты и непорочности, но и как символ будущего благополучия семейной пары. Мотивировка промысловых и кулинарных запретов, связанных с лебедем, обосновывается в этиологических мифах. В этом контексте ритуальное снятие пищевого табу в ходе свадебного пира ижемских коми можно трактовать как символическое жертвоприношение. Образ лебедя воплощался, правда, редко, в предметах декоративно-прикладного искусства.

Литература

1. *Му пуксьом – Сотворение мира* / Автор-составитель П.Ф.Лимеров. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 2005. 624 с.
2. *Уляшев О.И.* Хромотизм в фольклоре и мифологических представлениях пермских и

- обскоугорских народов. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 421 с.
3. *Конаков Н.Д.* Юсь // Мифология коми. Энциклопедия уральских мифологий. Т. 1. М., Сыктывкар: ДИК, 1999. С. 407.
4. *Война из-за ржаного зернышка* // Коми народные сказки. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1975. С. 64–76.
5. *Сидоров А.С.* Следы тотемистических представлений в мировоззрении зырян // Коми му. 1924. № 1–2. С. 43–50.
6. *Сидоров А.С.* Знахарство, колдовство и магия: Материалы по психологии колдовства. СПб.: «Алетейя», 1997. 272 с.
7. *Шомвуква* // Коми мойдъяс. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1991. С.17–22.
8. *Минеев Ю.Н., Минеев О.Ю.* Экология лебедя-кликун (Cygnus Cygnus) на европейском Северо-Востоке России // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2011. Вып. 4 (8). С. 42–47.
9. *Винокурова И.Ю.* Животные в традиционном мировоззрении вепсов (опыт реконструкции). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. 448 с.
10. *Чудова Т.И.* Символика пищи в контексте свадебной обрядности коми (зырян) // Археология, этнография и антропология Евразии. Новосибирск, 2011. 3 (47). С. 128–134.
11. *Белицер В.Н.* Очерки по этнографии народов коми. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1958. 392 с.
12. *Сурво А.А., Шаранов В.Э.* Легенда о 12 лебедях, прилетающих на озеро Вад / Из полевых записей 1996–1997 гг. с. Керчомъя Усть-Куломского района Республики Коми // Народный праздник на воде «Пыжа гаж» с.Керчомъя. № КО016. Электронный каталог объектов нематериального культурного наследия народов России <<http://www.rus-folknasledie.ru>>. Дата обращения 20.07.2014 г.
13. *Тароева Р.Ф.* Материальная культура карел (Карельская АССР): Этнографический очерк. М., Л.: Наука, 1965. С. 120–143.
14. *Гура А.В.* Символика животных в славянской народной традиции. М.: «Индрик», 1997. 912 с.
15. *Болонев Ф.Ф.* Народный календарь семейских Забайкалья (вторая половина XIX – начало XX вв.). Новосибирск: Наука, 1978. 159 с.
16. *Научный архив* музея археологии и этнографии Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина. Ф. 14 (Э). Д. 409а.
17. *Сорокин П.А.* Пережитки анимизма у зырян // Этнографические этюды. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1999. С.24–51.
18. *Грибова Л.С.* Пермский звериный стиль (проблема семантики). М.: Наука, 1975. 147 с.
19. *Грибова Л.С.* Декоративно-прикладное искусство народов коми. М.: Наука, 1980. 239 с.
20. *Семенов В.А., Чудова Т.И.* Культурная пластика: каталог выставки. Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, 2003. 17 с.
21. *Рода нашего напевы.* Избранные песни рукописного рода Перттуненов. Петрозаводск: «Карелия», 1985. 272 с.

References

1. *Mu puks'om – Sotvorenie mira* [The creation of the world] / Compiled by P.F.Limerov. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 2005. 624 p.
2. *Ulyashev O.I.* Hromatizm v fol'klore i mifologicheskikh predstavleniyah permskih i obskougorskih narodov [Chromatism in folklore and mythological ideas of the Permian and Ob-Ugrian peoples]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2011. 421 p.
3. *Konakov N.D. Yus'* // Mifologiya komi. Enciklopediya ural'skih mifologij [The mythology of the Komi. Encyclopedia of the Urals mythology]. Vol. 1. Moscow, Syktyvkar: DIK, 1999. P. 407.
4. *Vojna iz-za rzhanoz zernyshka* [The war of the rye seed] // Komi folk fairy tales. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 1975. P. 64–76.
5. *Sidorov A.S.* Sledy totemisticheskikh predstavlenij v mirovozzrenii zyryan [Traces of totemistic views in the outlook of the Zyryans] // Komi mu. 1924. № 1-2. P. 43-50.
6. *Sidorov A.S.* Znaharstvo, koldovstvo i magiya [Sorcery, witchcraft and magic]: Materials on the psychology of witchcraft. St.Petersburg: «Aletejya», 1997. 272 p.
7. *Shomvukva* // Komi mojd'yas [Komi fairy tales]. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 1991. P. 17-22.
8. *Mineev Yu.N., Mineev O.Yu.* Ehkologiya lebedya-klikuna (Cygnus Cygnus) na Evropejskom severo-vostoke Rossii [Ecology of whooper swan (Cygnus Cygnus) in the European North-East of Russia] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Issue 4 (8). 2011. P. 42-47.
9. *Vinokurova I.Yu.* Zhivotnye v tradicionnom mirovozzrenii vepsov (opyt rekonstrukcii) [Animals in the traditional worldview of the Veps (experience of reconstruction)]. Petrozavodsk: Petrozavodsk State Univ. Publ., 2006. 448 p.
10. *Chudova T.I.* Simvolika pishchi v kontekste svadebnoj obryadnosti komi (zyryan) // Archaeologiya, ehtnografiya i antropologiya Evrazii [The symbolism of food in the context of wedding rituals of the Komi (Zyryans) // Archaeology, ethnography and anthropology of Eurasia]. Novosibirsk, 2011. 3(47). P. 128-134.
11. *Belitser V.N.* Ocherki po ehtnografii narodov komi [Essays on the ethnography of the Komi people]. Moscow: USSR Ac. Sci. Publ., 1958. 392 p.
12. *Survo A.A., Sharapov V.E.* Legenda o 12 lebedyah, priletayushchih na ozero Vad / Iz polevyh zapisej 1996-1997 gg. s. Kerchom'ya Ust'-Kulomskogo rajona Respubliki Komi. // Narodnyj prazdnik na vode «Pyzha gazh» s.

- Kerchom"ya № KO016. EHlektronnyj katalog ob"ektov nematerial'nogo kul'turnogo naslediya narodov Rossii [The legend of the 12 swans flying to the lake Vad / From field recordings of 1996-1997, village of Ust-Kerchomya, Ust-Kulom region of the Komi Republic // Public holiday on water „Pyzha gazh“, village of Kerchomya. No. KO016. Electronic catalog of intangible cultural heritage of the peoples of Russia]. <<http://www.rusfolkna-sledie.ru>>. Accessed 20.07.2014.
13. *Taroeva R.F.* Material'naya kul'tura karel (Karel'skaya ASSR): Etnograficheskij ocherk [Material culture of the Karelians (Karelian ASSR): Ethnographic essay]. Moscow, Leningrad: Nauka, 1965. P. 120-143.
 14. *Gura A.V.* Simvolika zhivotnyh v slavyanskoj narodnoj tradicii [The symbolism of animals in Slavic folk tradition]. Moscow: «Indrik», 1997. 912 p.
 15. *Bolonev F.F.* Narodnyj kalendar' semejskih Zabajkal'ya (vtoraya polovina XIX – nachalo XX vv.) [Folk calendar of lake Baikal region (second half of XIX – early XX century)]. Novosibirsk: Nauka, 1978. 159 p.
 16. *Nauchnyj arhiv muzeya arheologii i etnografii Syktyvkarskogo gosudarstvennogo universiteta im. Pitirima Sorokina* [Scientific archive of the Museum of archaeology and ethnography of Pitirim Sorokin Syktyvkar State University. F. 14 (E). D. 409a.
 17. *Sorokin P.A.* Perezhitki animizma u zyryan // Etnograficheskie etyudy [The remnants of the animism in the Zyryans // Ethnographic studies]. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 1999. P. 24-51.
 18. *Gribova L.S.* Permskij zverinyj stil' (problema semantiki) [Perm animal style (problem of semantics)]. Moscow: Nauka, 1975. 147 p.
 19. *Gribova L.S.* Dekorativno-prikladnoe iskusstvo narodov komi [Decorative-applied art of the Komi people]. Moscow: Nauka, 1980. 239 p.
 20. *Semenov V.A., Chudova T.I.* Kul'tovaya plastika: katalog vystavki [Cult plastic: exhibition catalogue]. Syktyvkar: Syktyvkar State Univ. Publ., 2003. 17 p.
 21. *Roda nashego napevy.* Izbrannye pesni runopevcheskogo roda Perttunenov [The tunes of our kin. Selected songs of Runo-singing of Perttunen kin]. Petrozavodsk: «Kareliya», 1985. 272 p.

Статья поступила в редакцию 03.03.2017.

УДК 94:614.39(470.13) «178/182»

МЕДИЦИНСКИЙ ПЕРСОНАЛ УСТЬ-СЫСОЛЬСКОГО УЕЗДА В КОНЦЕ XVIII – ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ XIX В.

В.В. СМОРГУНОВ

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
Vanygromss@yandex.ru

В статье освещена законодательная деятельность Усть-Сысольского уездного медицинского персонала в конце XVIII – первой четверти XIX в. Рассмотрены повседневные обязанности уездных медицинских работников, денежное содержание, прослежена динамика изменения численного состава. Выявлены конкретные персоналии медицинских работников в Усть-Сысольском уезде.

Ключевые слова: Коми край, уездная медицина, уездный доктор, Усть-Сысольский уезд

V.V. SMORGUNOV. MEDICAL PERSONNEL AND MEDICAL INSTITUTIONS IN UST-SYSOLSK DISTRICT IN THE END OF XVII - FIRST QUARTER OF XIX CENTURY

The activities of Ust-Sysolsk medical staff in the end of XVIII – early XIX century (since 1780 Ust-Sysolsk was a district center of the Vologda Viceroyalty, since 1784 – of the Vologda province, since 1921 – the capital of the Komi Autonomous Region, in 1930 Ust-Sysolsk was renamed to Syktyvkar, at present it is the capital of the Komi Republic (one of the subjects of the Russian Federation)) are elucidated. Legislative activity of the Russian government on the establishment, organization and development of public health of district level from 1780 to 1825 is presented. Change of number of district medical personnel is demonstrated in accordance with the officially established district medical staff (accepted accordingly under Ekaterina II, Pavel I and Alexander I). Daily duties of district medical workers are given (on the example of Ust-Sysolsk District), that included the dissection of dead bodies in cases of not established direct cause of death, examination of victims or patients for the severity of the disease or injuries, organization of epidemics etc. You will also find financing of various categories of medical workers and benefits provided. The degree of staffing of the Ust-Sysolsk District with medical workers is also discussed. The author made a conclusion on the chronic understaffing of the Ust-Sysolsk District with medical staff. The representatives of medical workers engaged in medical activities in the Ust-Sysolsk District from 1780 to 1825 were identified. The information on the first specialized medical institution in the Ust-Sysolsk District is also given.

Keywords: the Komi region, district medicine, district doctor, Ust-Sysolsk District

Введение

Правление Екатерины II отмечено множеством преобразований. Одним из них стала губернская реформа. Именным указом императрицы 7 ноября 1775 г. введено в действие «Учреждение для управления губерний Российской империи». Помимо административно-территориальных изменений выстраивалась система территориального здравоохранения. Взамен более или менее случайных и лишенных социальной организации мер, принимавшихся приемниками Петра I, Екатерина II положила начало стройной организации, которая специально была приспособлена для помощи нуждаю-

щимся и которая, по возможности, избавляла правительство от крупных расходов на их содержание [1]. В губерниях созданы приказы общественного призрения. В их обязанности входило открытие и содержание больниц, аптек, богаделен, сиротских домов, смиренных домов для душевнобольных. Несмотря на крайне недостаточное число госпиталей и больниц, скудость отпускаемых на их содержание средств и малочисленность медицинского персонала, все же этот период можно рассматривать как начало организации больничного дела. При этом для каждого типа учреждений, особенно для аптек и госпиталей, неоднократно вырабатывались регламенты их деятельности [2]. Взяв за основу эту

систему, последующие правители проводили свои преобразования в области уездной медицины.

Тема исследования местной медицины в России, несомненно, ждет своих изыскателей. В статье на примере Усть-Сысольского уезда раскрываются условия работы и повседневная деятельность медицинского персонала уезда в конце XVIII – первой четверти XIX в. Этот период вызывает интерес по двум причинам: во-первых – это время появления и становления государственной медицины в Коми крае; во-вторых, несмотря на наличие нескольких монографий, посвященных медицине Коми края [3], период конца XVIII – первой четверти XIX в. выпал из поля зрения ученых.

Историография и источники

Документальные свидетельства о становлении здравоохранения в Усть-Сысольском уезде в конце XVIII – нач. XIX в. немногочисленны. Для успешного выполнения поставленной задачи автору пришлось при отсутствии соответствующего архивного фонда реконструировать деятельность медицинского персонала Усть-Сысольского уезда по материалам смежных архивных фондов. Тем более ценными становятся обнаруженные в фондах архива документы, не введенные ранее в широкий научный оборот, которые дают представление о работе уездного медицинского персонала в обозначенный период. Для реконструкции привлечены материалы из следующих фондов Национального архива Республики Коми уездных государственных и церковных учреждений конца XVIII – первой четверти XIX в.: ф-152 «Усть-Сысольское уездное казначейство», ф-99 «Усть-Сысольский уездный суд», ф-335 «Усть-Сысольский нижний расправный суд». Фонд ф-152 содержит журналы расхода денежных средств (к сожалению, фрагментарно), в них отражена выдача жалованья врачебному персоналу уезда. Фонд содержит и журналы регистрации входящих денег и дел, где сохранились сведения по назначению врачей и организации деятельности медицинского персонала уезда. Фонды ф-335 и ф-99 хранят однотипные массивы сведений, но сформированные в разное время. Наибольший интерес представляют журналы заседаний, в которых содержатся сведения по взаимодействию медицинского персонала с судебными инстанциями уезда. Изредка в журналах суда имеются сообщения об указах, регулирующих взаимодействие с медицинским персоналом уезда. Вторым востребованным массивом информации стали протоколы заседаний судов. В них сохранились сведения о взаимодействии судов и медицинского персонала уезда при расследовании уголовных преступлений и переосвидетельствовании рекрутов и раскрывается механизм организации работы медицинского персонала.

Фонды ф-230 и ф-296 принадлежат Усть-Сысольскому Троицкому собору и Уездному духовному правлению соответственно. В них хранятся исповедальные ведомости г. Усть-Сысольска со сведениями по тем лицам, кому надлежит исповедаться в Усть-Сысольском Троицком соборе с указанием возраста и рода занятий. Из испове-

дальных ведомостей получена информация о персоналиях служащих по медицинской части уезда. К работе привлечены и законодательные акты Российской империи за указанный хронологический период. Это дало представление об основных моментах и проблемах деятельности уездного медицинского персонала.

Законодательным актом от 7 ноября 1778 г. впервые предусматривалась возможность введения регулярного медицинского обслуживания на всей территории страны. Согласно «Учреждению для управления губерний...» рассматривалось введение следующих медицинских должностей: «В каждом уезде или округе определяется доктор 1, лекарь 1, подлекарей 2, лекарских учеников 2 [4]». Однако разрешить эту масштабную задачу за короткое время правительство не сумело. Исследователи отмечают, что ещё в середине XIX в. многие штатные должности государственных служащих были на местах вакантны. Аналогичные трудности испытывали и учреждения приказов общественного призрения [5]. Большинство монографий и заканчивают на этом характеристику здравоохранения уездного уровня [5–7]. Фундаментальная работа «История Коми...» [8] содержит сведения только по стационарным медицинским учреждениям уезда и не раскрывает деятельность медицинского персонала. Фрагментарные данные о медицинских учреждениях отмечены в книгах, посвященных истории Усть-Сысольска. Например, в коллективной монографии «История Сыктывкара» [9]. Больше никаких серьезных изысканий в этом направлении, насколько известно автору, не предпринято. Исследовалась больше традиционная медицина Коми (безусловно, востребованная тема, но лежащая за рамками нашего исследования).

Медицина Усть-Сысольского уезда

В ходе реализации реформы 1775 г. произошло и формирование Усть-Сысольского уезда. 10 сентября 1780 г. с «должным благолепием» в присутствии прибывших из Вологды высокопоставленных чиновников состоялась официальная церемония «открытия» города Усть-Сысольска [9]. Площадь Усть-Сысольского уезда 137 тыс. кв. вёрст, население ок. 28 тыс. чел. На его территории располагались: уездный город, три заводских посёлка, 28 сел, 184 деревни.

В процессе реализации реформы 1775 г. предусматривались должности медперсонала в каждом уезде. Штатом Вологодской губернии в каждом из десяти уездов губернии предполагалась следующая численность медицинского персонала: доктор уездный (оклад 300 руб.), лекарь уездный (оклад 140 руб.), два подлекаря (оклад 60 руб.), два лекарских ученика (годовой оклад по 30 руб.). Итого шесть человек с припиской «из общего в губернии числа докторов и лекарей соответствующего числу уездов полагается из каждого звания по одному городскому [10]». Разница между городским и уездным доктором и лекарем состояла в том, что одни работали на территории города, а другие – уезда. Некоторое количество медицинского персо-

нала находилось при строящемся Северо-Екатерининском канале (строился с 1785 г. и после двух лет эксплуатации последовал 15-летний перерыв). В период его строительства точная численность медицинского персонала не известна, соответственно становится неясной и численность персонала в Усть-Сысольском уезде в целом. Хотя по имеющимся архивным данным, медицинский персонал канала привлекался и к непосредственной работе в уезде.

В 1797 г. принимаются штаты, подтвержденные Павлом I [11]. В уезде должны находиться: уездный доктор (оклад 300 руб.), уездный лекарь (оклад 140 руб.), два подлекаря (оклад 60 руб.), два лекарских ученика (годовой оклад 30 рублей), итого шесть человек. Введенные в 1801 г. Александром I штаты предусматривали следующий уездный медицинский персонал: доктор или лекарь (оклад 300 руб.), старший ученик (оклад 60 руб.), младший ученик (оклад 45 руб.), повивальная бабка (оклад 80 руб. в год) [10, с. 223]. По этому штату происходило сокращение персонала в количественном и в качественном отношении при увеличении окладов медицинским работникам в полтора – два раза.

Управление уездной медициной строилось следующим образом. Уездный медицинский персонал первоначально подчинялся руководству приказа общественного призрения, находящегося в губернском центре. В 1797 г. в каждой губернии была создана врачебная управа, возглавляемая инспектором [12]. Это было важнейшее медицинское нововведение павловской эпохи. Врачебной управе подчинялись все медицинские учреждения губернии, в их числе и уездные медики. Действовали эти управы как органы государственного управления под наблюдением медицинской коллегии [7, с. 117]. «Учреждение для управления губерний ...» предусматривало следующую процедуру вступления в должность: уездный доктор и лекарь принимались на определенное время «по контракту» при наличии «свидетельства», «подлекарей и учеников доктора и лекаря представляют правителю [13]». После учреждения врачебных управ уездный медицинский персонал принимался на должность врачебной управы, часто без предварительного сношения с медицинской коллегией, устанавливался годовой испытательный срок [14]. В распоряжение врачебной управы высылались разнообразная отчетность уездных врачей.

Должностные обязанности медиков в тексте «Учреждение для управления губерний» прописаны в гл. XXV «О приказе общественного призрения и его должности», раздел В. «Что кому из находящихся при больнице наблюдать» позволяет проследить разграничения их полномочий. «Доктор... <....> О лекарствах приказывает лекарю, и в аптеке, и записывает свои приказания, о пище же для больных делает записки смотрителю больницы <....> Доктору посещать больных по утру, не реже как через день, или, по крайней мере, через 2 дня, а когда случится большая лекарская операция, то быть доктору при оных. <....> Сверх присылаемых и подаваемых Главному надзирателю уведомлений,

доктору вести дневную запись, как о числе и звании больных, так и о их болезнях, о способах употребленных для излечения оных с приличными на то мнениями... [13, с. 277 – 278]». Лекарь должен находиться при больных «безотлучно», подменять в случае надобности доктора (осмотр и выписывание лекарств). Лекарю предписывалось ежедневно, как и доктору, но, видимо, устно, докладывать о состоянии больных, нужных операциях, кровопусканиях и перевязках. Подлекарь следил за приемом лекарств, исполнял рекомендации дневального лекаря.

Правовой статус уездных врачей устанавливал достаточно внушительный перечень законодательных актов, которые регламентировали деятельность уездных врачей как на всей территории Российской империи, так и на территории Вологодской губернии в частности. Общие для всех медицинских работников положения и законодательные акты автором не рассматриваются. Должности медицинского персонала уезда не предусматривали привязки к классному чину, а наряду с механиками, архитекторами и др. попадали в разряд специалистов. Кроме врачебных званий медик с 1790 г. получал за выслугу по службе на общих основаниях классный чин, конкретно это зависело от его деятельности до службы в Усть-Сысольском уезде [15]. Соответственно получали по выслуге классные чины и медицинские работники уезда, имеются сведения даже о наличии майорского чина у одного из лекарей. В феврале 1786 г. Екатерина II разрешила Ярославскому и Вологодскому генерал-губернатору А.П. Мельгунову: «Определять на Докторские места лекарей, а знающих подлекарей на лекарские, впрочем, мы не оставим изыскать средства по снабжению Губернии врачебными чинами» [16]. Указом за № 971 от 22 января 1786 г. Вологодское наместническое правление приказывало подозреваемых в уклонении от рекрутской повинности, не признавших или не уличенных в вине свидетельскими показаниями, освидетельствовать через лекаря [17]. В сентябре 1789 г. предписано: «Врачи казенных мест, пользуясь жалованием, повинны всех оным подлежащих лечить бесплатно» [15, с. 79]. Указом устанавливалась и такса за частные визиты.

В январе 1792 г. разрешено при командировании медиков в другие уезды губернии сохранять за ними жалованье от места, где они числятся постоянно [15, с. 393]. С августа 1799 г. уездным медикам стали выдавать прогонные деньги для следования при разных случаях по селениям (падёж скота, эпидемии, обследование мёртвых тел) [18]. В Усть-Сысольском уезде была распространена преимущественно практика командирования медиков для осмотра «мёртвых тел». Интересный механизм выдачи денежных средств получился в результате совмещения должностей по двум уездам Яренскому и Усть-Сысольскому. В случаях, когда врачу надлежало выезжать из Яренска, оплату до Усть-Сысольска и обратно производило Яренское уездное казначейство, а от Усть-Сысольска до конечного пункта и обратно деньги выдавались уже Усть-Сысольским уездным казначейством. В августе 1805 г. определена сумма поощрения уездного врача за исправление

двух должностей, ему дополнительно полагалась половина жалования от первоначального оклада.

Врачебным управам (8 января 1807 г.) предоставлено право «представлять чиновников к отставке» со службы и «пенсионам» [19]. В январе 1806 г. врачебным управам и уездным лекарям разрешено брать в лекарские ученики лиц, состоящих в подушном окладе, при продолжении уплаты ими подушных податей [20, с. 6]. В 1807 г. изменена схема финансирования при командировании врачей на случай возникновения заразы [20, с. 1299]. Изменения произведены с целью повышения оперативности действия медиков во время ликвидации различных эпидемий. В июне 1808 г. с целью закрытия дефицита среди уездного медицинского персонала разрешалось при приеме на работу отставных и (или) вольнопрактикующих врачей, при их обязательстве прослужить в должности не менее пяти лет, выдавать поощрение, равное сумме положенного им годового жалования [21, с. 400]. С августа 1809 г. уездные врачи получают за совмещение должности полное жалование и по второму окладу [21, с. 1114]. С марта 1812 г. уездные медики подчинены генерал штаб-доктору по гражданской части [22]. С конца марта 1815 г. полное вознаграждение за работу в двух уездах получают лекарские ученики [23, с. 45]. В 1816 г. с целью замещения медицинских вакансий разрешено привлекать вышедших в отставку врачей с сохранением положенного им пенсiona [23, с. 1165].

В октябре 1817 г. утверждены новые медицинские штаты. По ним медикам увеличивали жалование (врачи 500 р. в год, лекарские ученики: старший – 200, младший 150), оставив их количество неизменным [10, с. 207]. В марте 1818 г. в этой связи указано выдавать жалование за совмещение должностей, исходя из новых зарплат. В мае 1817 г. из средств, остающихся от некомплекта медицинских чинов, решено производить поощрение лекарским ученикам: «... в тех губерниях, где в них большой недостаток ...», сумма которого в итоге вместе с жалованием не должна превышать 300 р. в год. Анализируя комплекс правительственных указов, посвящённых уездному медицинскому персоналу, можно сделать заключение о том, что основным направлением законодательной активности государства являлись меры по привлечению медицинских работников к работе на уездном уровне. За счёт совмещения должностей достигнуто, как минимум, периодическое появление медицинских работников во многих уездах и уездных центрах, что уже представляет собой значительный прогресс.

Медицинский персонал Усть-Сысольского уезда содержался в основном за счёт взимаемого налога с чиновничества, получая жалование по трети в уездном казначействе. Для разных категорий служащих предусматривались и различные механизмы расчёта суммы отчислений. В документах государственных учреждений Усть-Сысольского уезда периодически встречаются вычеты определённой суммы с рубля из жалования государственных служащих на «медикаменты» и на «гошпиталь», как самые распространенные 1%-ные отчисления из

суммы жалования чиновников, введённые ещё в царствование Елизаветы Петровны.

Уездный лекарь являлся одновременно терапевтом и оператором без права производить «важные операции», эпидемиологом, санитарным врачом, судебно-медицинским экспертом, ветеринаром и представителем губернской медицинской администрации. О деятельности медицинского персонала Усть-Сысольского уезда говорят немногие сохранившиеся источники. В 1787 г. в апреле месяце по требованию Усть-Сысольского земского суда подлекарь, находящийся при Северо-Екатерининском канале, произвел освидетельствование нанесённых телесных повреждений и выдал письменное заключение относительно их тяжести [24]. В феврале 1798 г. упомянуто произведенное, по требованию районного суда, городовым лекарем Вечеславовым свидетельство в нанесении побоев [25; Л. 40]. В августе 1798 г. нижний расправный суд предписал освидетельствовать подозреваемого на предмет «несовершенства разумом», позже вынесено заключение: «... оказался одержим меланхолией, которое есть нечто иное, как сумашествие сопряжённое с задумчивостью и углублением мысли» [25; Л. 193]. В октябре 1798 г. лекарем Вечеславовым составлено совместное с Усть-Сысольским нижним земским судом освидетельствование крестьянина «...по нахождению его болезни...» [25; Л. 188 об.]. Июлем 1804 г. датируется указание Усть-Сысольского уездного суда по подозрению в членовредительстве: «... онаго крестьянина Старцева для излечения отослать господину здешнему городовому штаб-лекарю*» [26]. Записка об излечении Старцева пришла от штаб-лекаря Вечеславова 16 июля 1804 г. [26; Л. 213 об.]. Освидетельствование упомянуто в журнале уездного казначейства в октябре 1804 г. [26; Л. 271]. В июне 1799 г. упоминается «учиненное посредством здешнего городского лекаря свидетельство», оценивающее общее состояние здоровья на предмет дальнейшей возможности продолжения работы [27]. В 1807 г. произведено освидетельствование рекрута после травмы на предмет годности к службе, и освидетельствование раны потерпевшего для расследования уездного суда. Указ, предписывающий лекарям выполнять подобные требования суда, датирован 1788 г.

В документах Вологодской врачебной управы за август 1806 г. встречается прямое указание на повседневную практику лекаря Усть-Сысольского уезда: «...иметь порядком просмотра ... свидетельство мёртвых тел скоропостижно умерших и других подробностей <...> прививание коровьей оспы» [28]. Освидетельствование мёртвых тел подтверждается и другими материалами. Первое, имеющееся в распоряжении автора упоминание, датировано 1796 г. [29]. Минимум дважды процедура происходила в 1797 г. [30]. В одном случае произведено вскрытие и озвучена следующая причина смерти: «...вожжение после антонов огонь и наконец

* Штаб-лекарь – военное звание старшего полкового врача в армии Российского государства XVIII в. – первой половины XIX в.

смерть...» [31]. В сентябре 1798 г. лекаря Вечеслава решено привлечь к осмотру тела священника, скончавшегося в поселении при Нювчимском заводе [25; Л. 186 об.]. Усть-Сысольское уездное казначейство дважды выделяло средства для осмотра мертвых тел в 1801 г. [32]. Для освидетельствования тел в волостях уезда медик получал командировочные деньги на наем извозчика (в документах прогонные) из расчета 2 коп. на версту, впрочем, эта сумма выдавалась при любых командировках врачей, предусмотренных законом. С 1800 г. деньги обыкновенно выдавались для найма двух подвод. Освидетельствование мертвого тела штаб-лекарем Давидом Вечеславовым зафиксировано в декабре 1804 г. [26; Л. 371 об.]. В 1807 г. выдавались дорожные деньги для освидетельствования мёртвых тел [33]. Исследователь Б.М. Проскурин говорит о том, что вскрытие мертвых тел составляло едва ли не единственную служебную обязанность уездных врачей в этот период [34]. В ходе анализа документов видно, что по требованию судебных органов врачом осматривались трупы, причина смерти которых для правоохранительных органов была не ясна, т.е. на теле отсутствуют видимые повреждения или они носят незначительный характер. Причем первичный осмотр тел мог осуществляться еще волостным присудом или другими волостными начальниками. Медицинский персонал уезда занимался, впрочем, не только вскрытием. В 1787 г. по приказанию членов комиссии Северо-Екатерининского канала для излечения больных в г. Усть-Сысольск отправлен подлекарь Ф.И. Шеин [24; Л. 118]. В 1810 г. в связи с эпидемией горячки вологодской врачебной управой развернут ряд лазаретов в «устьсысольской, устюжской и сольвычегодской округе» [35]. Непосредственно в Усть-Сысольском уезде развернуто четыре лазарета, один из которых возглавлял Д. Вечеславов, ранее работавший в уезде, другой – непосредственно уездный врач Усть-Сысольского уезда штаб-лекарь Попов.

С 1802 г. уездные врачи должны были участвовать в вакцинации населения от оспы. Но ничего конкретного об этом по Усть-Сысольскому уезду сказать нельзя, поскольку на данное время источников по этой деятельности не обнаружено.

Упомянутая в схожих исследованиях ветеринарная помощь, оказываемая уездным медицинским персоналом, имеющимися в распоряжении автора источниками не фиксируется, но сама возможность подобного не исключается (в уезде традиционно сильны позиции традиционной ветеринарии).

В 1815 г. в уездном г. Усть-Сысольске появилось первое специализированное медицинское учреждение. Причём предназначалось это лечебное учреждение, где главным лицом был всё тот же уездный лекарь, для солдат инвалидной команды, так что правильнее её называть лазаретом (именно так оно и именовалось в документах начала XIX в.) [36]. Под лазарет была «назначена» одна комната в доме мещанина Г. Маегова, куда и поместили две койки для больных [36]. Строительство и содержание больницы финансировалось городской казной, это был отнюдь не альтруистический шаг. Согласно

«Городовому положению» 1785 г., городские власти обязывались отводить для больниц дома, а также обеспечивать их всем необходимым, городская дума занималась и хозяйственной частью больницы [16, с. 382]. Из описи вещей, выданных городским старостой «под обзаведение» больницы, значилось: деревянный шкаф для лекарств, две кровати, два холстяных тюфяка, две подушки, два сермяжных одеяла, две пары лаптей, три рогожи для туфель, два колпака, две шайки, деревянный ковш, два ящичка и одна лоханка [37]. Штаб-лекарь Попов жаловался городничему, что «лекарства больным во оной больнице по причине угару и холоду не в пользу» [37, с. 68]. В 1819 г. медучреждение переведено в новое помещение, число койко-мест осталось прежним. В тексте «Учреждений для управления губерний...» содержалось «Примерное положение о больнице», на основании которого предполагалось их открывать. Действие «Примерного положения...» распространялось на крупные больницы, созданные в губернских городах, а небольшие больницы уездных городов (чаще всего на 5–10 коек) не имели «для управления своего никаких положительных правил» [38]. Исследователь К.Б. Кудланов сообщает, что в уездных больницах Курской губернии трудилось обычно по четыре человека, но в то же время медицинский персонал мог напрочь отсутствовать. Похожее положение отмечалось и в Усть-Сысольске, где часто не было дипломированных врачей. Автору представляется более вероятным, что во время отсутствия доктора присмотр за больными осуществлял подлекарь или лекарский ученик, которые в тот период работали непосредственно в городе.

По имеющимся материалам остается констатировать, что в Усть-Сысольском уезде основу повседневной работы медицинского персонала составляла помощь судебным органам в выявлении причины смерти и освидетельствовании ранений, полученных фигурантами уголовных дел. Позже упор был сделан на оказание медицинской помощи военнослужащим расквартированной в городе инвалидной команды. Некоторое увеличение врачебной активности наблюдается разве что в период масштабных эпидемий. Остальные задачи по обеспечению «народного здоровья» являлись скорее второстепенными, что выразилось в достаточно масштабной деятельности для борьбы с эпидемиями. Фактов привлечения врачей к ветеринарным мероприятиям в архивных документах не обнаружено. Необходимо также отметить, что в архивах в наиболее полном виде сохранились материалы именно судебных органов Усть-Сысольского уезда, что может дать несколько искаженную или фрагментарную картину по основным направлениям деятельности медицинского персонала уезда.

Кто служил по медицинской части в Усть-Сысольском уезде? На сегодняшний момент неизвестно даже происхождение медицинских работников уезда. Нам остаётся во многом довольствоваться простым перечислением имен и фамилий. Первые документы о наличии медицинского персонала в Усть-Сысольском уезде относятся к послед-

ней четверти 1782 г. В копии указа Вологодского наместнического правления от 28 октября 1782 г. говорится о переводе на должность Усть-Сысольского городского лекаря Архангельского городского лекаря Авраама Зоммера (или Соммера в другой транскрипции) [39]. Больше никаких других свидетельств о его пребывании в уезде не имеется.

В 1784 г. лекарский ученик Петр Семериков, проходящий обучение в Великом Устюге, просил выплатить задолженность по жалованью за сентябрьскую треть (это даёт основание утверждать о прохождении им обучения минимум с конца 1783 г.) [40]. При аналогичном рапорте, уже требующем жалованье за январскую треть, выясняется, что обучение лекарский ученик проходит у Великоустюжского городского лекаря, известного уже Авраама Соммера (умер в сентябре 1785 г. находясь в должности) [40]. Сохранились сведения о требовании прислать одному Усть-Сысольскому лекарскому ученику жалованье в Великий Устюг за майскую и сентябрьскую треть 1784 г. [41].

В августе 1785 г. при отправке денег в Великоустюжское областное казначейство перечислено «на лекарского ученика жалованье 20 рублей» [42]. Следовательно, по состоянию на вторую половину 1785 г. за Усть-Сысольским уездом числился лекарский ученик, проходивший обучение за пределами уезда.

Исследовательница Л.Ф. Писарькова, приводя в своей работе штаты Вологодской губернии на 1786 г., куда входил Усть-Сысольский уезд, не упоминает о медицинских работниках в пределах Усть-Сысольского уезда [43].

19 июня 1788 г. оклад лекарского ученика Василия Верхушкина перечислен в Вологду из средств Усть-Сысольского уездного казначейства [44], т.е. он официально признан лекарским учеником Усть-Сысольского уезда, а прохождение обучения в Вологде может свидетельствовать об отсутствии врача в уезде. Всю первую половину 1789 г. В. Верхушкин обучается в Вологде [45].

Минимум с сентября 1787 г. при «Комиссии по постройке Северо-Екатерининского канала» работает лекарь Адам Блемнер [46]. В начале и середине 1788 г. [46; Л. 103 об.] Адам Блемнер продолжает работать, получая оплату по докторскому окладу [44; Л. 64 об.; 47; Л. 31]. При Комиссии по постройке Северо-Екатерининского канала, вероятнее всего, имелся госпиталь или другое стационарное лечебное заведение, т.к. при лекаре находился лекарский ученик Денис Дмитриев, числящийся то за Усть-Сысольским уездом, как это было в последней трети 1787 г. [47; Л. 26], то за соседним Яренским уездом [44; Л. 21 об.]. За конец 1788 г. Адам Блемнер получает жалованье по ходатайству Комиссии по постройке канала [48]. В 1789 г. лекарь Адам Блемнер [45; Л. 85 об.; 133 об.] указом Вологодского наместнического правления переведен с 1 октября в г. Грязовец [45; Л. 145 об.] на открывшуюся докторскую вакансию на один год [49]. В указе он назван «городовым лекарем», лекарем он назван и в дублирующем указе [45; Л. 148 об.], присланном из Вологодской казённой палаты. А. Блемнер назван

лекарем, однако жалованье его 100 р. в треть [45; Л. 85 об.; 133 об.], т.е. 300 р. в год, что соответствует окладу доктора. Подобное может объясняться не устоявшейся терминологией, когда должность могла иметь несколько наименований. Также это может быть связано с разрешением местных медицинских властей: «Определять на докторские места лекарей, а знающих подлекарей на лекарские». В апреле 1787 г. при Северо-Екатерининском канале состоит подлекарь Федор Иванович Шейн [50].

В конце августа 1790 г. в ответ на приказ о медицинском освидетельствовании сообщено: «...окажется, что в здешнем городе к освидетельствованию вышеписанного копеиста Касаткина никакого лекаря не имеется...» [51].

В феврале 1792 г. Усть-Сысольский уездный стряпчий по состоянию здоровья требовал длительной отлучки из города. Интересен в связи с этим тот факт, что одной из причин отъезда указано: «в здешнем городе <...> и лекаря не имеется» [17].

В январе 1797 г. «за прошедшую сентябрьскую треть прошлого 1796 года» получал от Усть-Сысольского уездного казначейства жалованье находившийся при вологодском докторе Сильвейне «здешний» лекарский ученик Дмитрий Лебедев [52].

С 26 июля 1797 г. на докторской вакансии находился лекарь Давид Ларионов (Вечеславов – В.С.), утверждённый в должности государственной медицинской коллегией [52; Л. 50 об.; 51]. В 1800 г. Д.Л. Вечеславов 38-ми лет упоминается в исповедальных ведомостях Усть-Сысольска [53]. В 1804 г. Вологодская врачебная управа дала ему следующую характеристику: «Вечеславов к должности рачителен, имеет хорошее знание, отличное поведение и в пользовании больных немалую речность» [28; Л. 1]. Выписка из послужного списка штаб-лекаря Усть-Сысольска Вечеслава составлена в связи с представлением его на классный чин: «служит с 1786 года в настоящем звании оба с 1800 года с 6 февраля прошу наградить следующими чинами» [28; Л. 2]. На запрос дан следующий ответ: «...не можно было удовлетворить вашему представлению, ибо они в настоящем звании положенного срока не выслужили», за труды штаб-лекарь Д.Л. Вечеславов получил поощрение в 60 руб. [28; Л. 3]. В августе 1806 г. последовало распоряжение: «штаб-лекаря Вечеслава переместить в город Устюг» [28; Л. 24]. Согласно исповедальной ведомости, Д.Л. Вечеславов отбыл в Устюг 23 июля 1805 г. [54]. В 1810 г. штаб-лекарь Д. Вечеславов продолжал службу в Устюге в чине коллежского асессора.

В 1798 г. упомянут лекарский ученик Иван Алексеев сын Голубев, 28 лет [53; Л. 123 об.]. В 1803 г. И.А. Голубев назван старшим лекарским учеником [55]. В Усть-Сысольском уезде он проработал до середины 1834 г., на тот момент ему уже исполнилось 63 года. В 1835 г. значится «Бывшим лекарским учеником коллежским регистратором...» [56]. Минимум до 1843 г. проживает в Усть-Сысольске.

В 1801 г. упомянут прикомандированный к Вологодской военной управе из г. Усть-Сысольска младший лекарский ученик Борисов [57].

В 1824 г. упомянут «другой ученик Павел Петров Троицкий, 22-х лет» [53].

В сентябре 1806 г. последовало распоряжение Вологодской врачебной управы: «штаб-лекарь Попову в надзор его поручить Усть-Сысольский уезд». В январе 1807 г. «Яренскому штаб-лекарь Павлу Попову» выдавались прогонные деньги для обследования мёртвых тел [33, Л. 14 об.]. В присланном из Вологодской казённой палаты в 1808 г. расписании на выплаты «присутствующим и прочим чинам» жалование лекарю не произведено с пометкой «за не состоянием в комплекте» [58]. Это объясняется тем, что П.П. Попов являлся лекарем, работающим на два уезда одновременно. В документах 1807 и 1808 г. П.П. Попов обозначен яренским штаб-лекарем. В то же время имеется целый ряд документов, отражающих его работу в Усть-Сысольском уезде. Согласно данным Л.Д. Люсевой и С.В. Вайровской, похожая картина сохранялась в Усть-Сысольском уезде до самой земской реформы [59]. В 1815 г. в г.Усть-Сысольске появляется больница для чинов инвалидной команды, а штаб-лекарь Попов жаловался городничему на плохое её обеспечение [9, с. 36]. В исповедальных ведомостях г. Яренска за 1817 г. записан вдовый штаб-лекарь коллежский секретарь Павел Петров Попов [60]. В 1826 г. 56-летний вдовый штаб-лекарь на дворный советник Павел Петров Попов обозначен уже в исповедальных ведомостях г. Усть-Сысольска [54; Л. 491]. С 1833 г. он написан не служащим. Скончался в Усть-Сысольске ок. 1838 г.

Исследователь М.Б. Рогачев как одного из жертвователей церкви 1812 г. упоминает имя штаб-лекаря Григория Смирнова. В каком качестве он присутствовал в уезде пока не ясно [61].

По имеющимся архивным данным в таблице представлен количественный состав медиков в Усть-Сысольском уезде в конце XVIII – первой четверти XIX в.

Заключение

Таким образом, можно подвести итог, что практически за весь исследуемый период в уезде медицинский персонал имелся, но в минимальном количестве. Обычно присутствовал один представитель по медицинской части. Были и периоды, когда зарегистрировано до трех медиков одновременно, случались и периоды длительного отсутствия медицинских работников в уезде. Для конца XVIII в. и для

первой четверти XIX в. характерно в основном наличие двух и более медицинских работников. В исследуемый период действующие на территории Усть-Сысольского уезда штаты по медицинской части так и не были полностью укомплектованы.

Несмотря на постоянное внимание государства к развитию медицины, штаты постоянно не укомплектовывались, имелись, как правило, один дипломированный медик и один, реже два, ученика, вместо полагающихся до 1801 г. шести, а с 1801 г. – четырёх человек врачебного персонала. Практиковавшиеся назначения одного врача на два уезда не могли исправить ситуацию. При многообразной деятельности в уезде (от вскрытия трупов до борьбы с эпидемиями) врач получал второй уезд там, где по штатам должно быть четыре врача, он оказывался один. В итоге имеющиеся в уезде медицинские работники физически не могли в достаточной мере способствовать оказанию медицинской помощи населению, особенно проживающему в отдаленных от уездного центра волостях (на фоне постоянных попыток правительства переломить ситуацию). А сам проект обеспечения населения страны регулярной медицинской помощью при его реализации вылился в сложный ребус, где на фоне недостатка нужных специалистов и исходя из получивших приоритет нужд государственного аппарата, получилась система, мало напоминающая предусмотренную «Учреждениями для управления губерний ...». В результате система уездной медицины была ориентирована на выполнение весьма ограниченных функций, связанных в первую очередь с обслуживанием нужд самого государственного аппарата (обслуживание государственных чиновников и военных, уездная медицинская практика) и борьбой с различными массовыми эпидемиями. Общее состояние управления губернской медицины позволяло в случае возникновения широкомасштабной эпидемии мобилизовать и сосредоточить в определенном уезде или волости значительное число врачебного персонала. Но даже при ограниченности задач реформа 1775 г. способствовала появлению в минимальном варианте систематического медицинского обслуживания на территории Усть-Сысольского уезда. Более того, вследствие её дальнейшего развития в 1815 г. открыто первое (и долгое время единственное) на территории города и уезда медицинское учреждение для стационарного лечения пациентов.

Численность медицинского персонала в Усть-Сысольском уезде в конце XVIII – первой четверти XIX в.

Number of medical personnel in Ust-Sysolsk District in the late XVIII – first quarter of XIX century

Годы	1780 – 1781	1782	1783 – 1785	1786	1787	1788 – 1789	1790 – 1792	1793 – 1796	1796	1797	1798 – 1800	1801	1802 – 1806	1806 – 1823	1824	1825
Численность медицинского персонала	-	1	1*	-	1**	1**	Нет	-	1*	1	2	2 + 1*	2	1 + 1***	2 + 1***	1 + 1***

* Находился за пределами уезда

** Находились при Северо-Екатерининском канале

*** работал на два уезда

* was outside the District

** was at the North-Ekaterininsky canal

*** worked for two districts

Литература и источники

1. *Моисеева Е.В.* Особенности функционирования системы социального призрения в Орловской губернии в 1775 – 1861 гг. // *История социальной работы.* 2009. № 10. С. 58.
2. *Общественное здоровье и здравоохранение: учебник для студентов/* Под ред. В.А.Миняева, Н.И.Вишнякова. М.: МЕДпрессинформ, 2012. С. 20.
3. *Вайровская С.В.* Земство Коми края (1869 – 1918 гг.). Сыктывкар, 2001.; Котов П.П., Пилипенко В.А. Здравоохранение в Коми АССР в 1920–1930-х гг.: становление и развитие: монография. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского гос. ун-та, 2011. 196 с.
4. *Полное собрание законов Российской империи* (далее ПСЗ). Собрание первое. СПб., 1830. Т. XX. С. 232.
5. *История здравоохранения дореволюционной России* (конец XVI–начало XX в.)/ М.В. Поддубный, И.В. Егорышева, Е.В. Шерстнева, Н.Н.Блохина, С.Г.Гончарова; под ред. Р.У.Хабриева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.
6. *Мирский М.Б.* Очерки истории медицины в России в XVII – XIX в. Владикавказ: Рекламно-издательское агентство госкомиздата РСО-А, 1995. 171 с.
7. *Мирский М.Б.* Медицина России XVI–XIX вв. М.: РОССПЭН, 1996.
8. *История Коми с древнейших времён до конца XX века.* Т. 1. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 2004. С. 501.
9. *История Сыктывкара.* Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1980. С. 24.
10. *ПСЗ.* Собрание первое. СПб., 1830. Т. XLIV. Ч. 2. С. 257.
11. *Государственный архив Вологодской области* (далее ГАВО) Ф. 14. Оп. 1. Д. 2. Л. 5 об.
12. *Мацук М.А.* Очерки по истории государственной службы и государственного управления в Коми крае (XIV – начало XX в.). Ч. III. Сыктывкар: Коми гос. акад. госслужбы и упр. при Главе Респ. Коми, 2000. С. 14.
13. *ПСЗ.* Собрание первое. СПб., 1830. Т. XX.С. 277–278.
14. *Там же.* Т. XXIV. С. 291.
15. *Там же.* Т. XXIII. С. 202.
16. *Там же.* Т. XXII. С. 535.
17. *Государственное учреждение Республики Коми Национальный архив Республики Коми* (далее ГУРК НАРК). Ф. 335. Д. 203. Л. 31.
18. *ПСЗ.* Собрание первое. СПб., 1830. Т. XXV. С. 767–768.
19. *Кузьмин В.Ю.* Роль власти и земства в становлении отечественной медицины XVII – начала XX в. // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена.* 2003. Вып. 5. Т. 3. С. 244.
20. *ПСЗ.* Собрание первое. СПб., 1830. Т. XXIX. С. 6.
21. *Там же.* Т. XXX.
22. *Там же.* Т. XXXII. С. 230.
23. *Там же.* Т. XXXIII.
24. *ГУРК НАРК.* Ф. 335. Оп. 1. Д. 204.
25. *ГУРК НАРК.* Ф. 99. Оп. 1. Д. 52.
26. *ГУРК НАРК.* Ф. 99. Оп. 1. Д. 125.
27. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 66. Л. 44 об. – 45.
28. *ГАВО.* Ф. 14. Оп. 1. Д. 164. Л. 11 – 11 об.
29. *ГУРК НАРК.* Ф. 335. Оп. 1. Д. 228. Л. 59.
30. *ГУРК НАРК.* Ф. 99. Оп. 1. Д. 38. Л. 100, 146.
31. *ГУРК НАРК.* Ф. 99. Оп. 1. Д. 39. Л. 231.
32. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 73. Л. 71 об.; Л. 167 об.
33. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 90. Л. 14 об.
34. *Проскурин Б.М.* Медики и медицина в России в первой четверти XIX столетия // *Эпоха наполеоновских войн: люди, события, идеи: Материалы X Всероссийской научной конференции* (26–27 апреля 2007 г.). М., 2007. С. 217–218.
35. *ГАВО.* Ф. 18. Оп. 1. Д. 195. Л. 4.
36. *Рогачев М.Б.* Столица зырянского края: очерки истории Усть-Сысольска конца XVIII – начала XX веков. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 2006. С. 130.
37. *История Сыктывкара – столицы Коми АССР.* Заключительный отчёт в 3-х томах Т. 1. Сыктывкар, 1978.
38. *Смирнова Е.М.* Приказы общественного призрения и здравоохранение в России (конец XVIII – середина XIX вв.) // *Новый исторический вестник.* 2011. № 30. С. 7.
39. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 8. Л. 42 об.
40. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 13. Л. 11 об.
41. *ГУРК НАРК.* Ф. 230. Оп. 1. Д. 6. Л. 39 об.; Л. 74 об.
42. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 16. Л. 49 об.
43. *Писарькова Л.Ф.* Государственное управление России с конца XVII до конца XVIII века. М.: РОССПЭН, 2007. С. 718.
44. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 26.
45. *Там же.* Д. 33. Л. 100 об. Л. 148 об.
46. *Там же.* Д. 25.
47. *Там же.* Д. 27.
48. *Там же.* Д. 31. Л. 11 об.
49. *Там же.* Д. 32. Л. 14 об.
50. *ГУРК НАРК.* Ф. 335. Оп. 1. Д. 204. Л. 118.
51. *ГУРК НАРК.* Ф. 335. Оп. 1. Д. 207. Л. 177.
52. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 52. Л. 8 об.
53. *ГУРК НАРК.* Ф. 296 Оп. 1. Д. 4. Л. 197.
54. *Там же.* Д. 6. Л. 100.
55. *Там же.* Д. 5. Л. 74.
56. *Там же.* Д. 27. Л. 309.
57. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 74. Л.32 об. – 33.
58. *ГУРК НАРК.* Ф. 152. Оп. 1. Д. 95 Л. 26 об.
59. *Люосева Л.Д.* Из истории здравоохранения в Усть-Сысольском уезде // *Музей и краеведение* (Тр. НМ РК. Вып. 2.). Сыктывкар, 2000. С. 116.; Вайровская С.В. Земство Коми края (1869 – 1918 гг.). Сыктывкар, 2001. С. 91.
60. *ГУРК НАРК.* Ф. 231. Оп. 1. Д. 182. Л. 14.
61. *Рогачев М.Б.* Общественная жизнь в Усть-Сысольске (XIX – начало XX вв.) // *Повседневная жизнь Коми края.* Сыктывкар, 2006. Вып. 1. С. 24.

References

1. *Moiseeva E.V.* Osobennosti funkcionirovaniia sistemy sotcial'nogo prizreniia v Orlovskoi gubernii v 1775 - 1861 gg. // *Istoriia sotcial'noi raboty* [Peculiarities of functioning of the system of social care in Orel province in 1775 - 1861 // History of social work]. 2009.No. 10. P. 58.
2. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdravookhranenie: uchebnik dlia studentov* [Public health and health care: textbook for students] / Eds. V. A.Minyaev, N.I.Vishnyakov. Moscow: MEDpressinform, 2012. P. 20.
3. *Vairovskaya S.V.* Zemstvo Komi Kraia (1869 - 1918 gg.). Zdravookhranenie v Komi ASSR v 1920-1930-kh godakh: stanovlenie i razvitie: monografiia [Zemstvo of the Komi Region (1869 - 1918)]. Syktyvkar, 2001; Kotov P.P., Pilipenko V.A. Public health in the Komi ASSR in the 1920-1930-s: formation and development: monograph]. Syktyvkar: Syktyvkar State Univ. Publ., 2011. 196 p.
4. *Polnoe sobranie zakonov Rossii'skoi imperii* (dalee PSZ) *Sobranie pervoe* [Complete collection of laws of the Russian Empire (here CCL). First edition. St.Petersburg, 1830. Vol. XX. P. 232.
5. *Istoriia zdravookhraneniia dorevoliutsionnoi Rossii* (konets XVI-nachalo XX v.) [History of public health in pre-revolutionary Russia (end of XVI-beginning of XX century)] / M.V.Pod-dubny, I.V. Egorysheva, E.V. Sherstneva, N.N.Blokhin, S.G.Goncharov; Ed. R.U. Khabriev. Moscow.: GEOTAR-Media, 2014.
6. *Mirsky M.B.* Ocherki istorii meditsiny v Rossii v XVII - XIX veke [Essays on the history of medicine in Russia in the XVII - XIX century]. Vladikavkaz: Advert.-publ. Agency of Goskomizdat of North Ossetia-Alania, 1995. 171 p.
7. *Mirsky M.B.* Meditsina Rossii XVI-XIX vv. [Medicine of Russia in XVI-XIX centuries]. Moscow: ROSSPEN, 1996.
8. *Istoriia Komi s drevnei'shikh vremyon do kontsa XX veka* [The history of Komi from ancient times to the end of XX century]. Vol. 1. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 2004. P. 501.
9. *Istoriia Syktyvkara* [The history of Syktyvkar]. Syktyvkar: Komi Book Publ. house, 1980. P. 24.
10. *PSZ. Sobranie pervoe* [CCL. First edition]. St. Petersburg, 1830. Vol. XLIV. Part 2. P. 257.
11. *Gosudarstvennyi arhiv Vologodskoi oblasti* (dalee GAVO) [State archive of Vologda region]. F. 14. Op. 1. D. 2. L. 5.
12. *Matsuk M.A.* Ocherki po istorii gosudarstvennoi sluzhby i gosudarstvennogo upravleniia v Komi krae (XIV - nachalo XX vv.) [Essays on the history of civil service and public administration in the Komi region (XIV - beginning of XX century). Part III. Syktyvkar: Komi State Academy of Civil Service and Management under the Head of Rep. of Komi, 2000. P. 14.
13. *PSZ. Sobranie pervoe* [CCL. First edition]. St.Petersburg, 1830. Vol. XX. P. 277 - 278.
14. *PSZ. Sobranie pervoe* [Ibid]. Vol. XXIV. P. 291.
15. *PSZ. Sobranie pervoe* [Ibid]. Vol. XXIII. P. 202.
16. *PSZ. Sobranie pervoe* [Ibid]. Vol. XXII. P. 535
17. *Gosudarstvennoe uchrezhdenie Respubliki Komi* Nacional'ny arhiv Respubliki Komi (dalee GURK NARK) [State institution of the Komi Republic the National archive of the Komi Republic (here after GURK NARK)]. F. 335. D. 203. L. 31.
18. *PSZ. Sobranie pervoe* [CCL. First edition]. St.Petersburg, 1830. Vol. XXV. P. 767 - 768.
19. *Kuz'min V.Yu.* Rol' vlasti i zemstva v stanovlenii otechestvennoi meditsiny XVII - nachala XX veka [The Role of authorities and Zemstvos in the development of domestic medicine of the XVII - early XX century]. Proc. of A.I.Gertsen Russian State Pedag. Univ. 2003. Issue 5. Vol. 3. P. 244.
20. *PSZ. Sobranie pervoe* [CCL. First edition]. St. Petersburg, 1830. Vol. XXIX. P. 6.
21. *PSZ. Sobranie pervoe* [Ibid]. Vol. XXX. P. 400.
22. *PSZ. Sobranie pervoe* [Ibid]. Vol. XXXII. P. 230.
23. *PSZ. Sobranie pervoe* [Ibid]. Vol. XXXIII. P. 1165.
24. *GURK NARK.* F. 335. Op. 1. D. 204.
25. *GURK NARK.* F. 99. Op. 1. D. 52.
26. *GURK NARK.* F. 99. Op. 1. D. 125.
27. *GURK NARK.* F. 152. Op. 1. D. 66. L.44 ob.- 45.
28. *GAVO.* F. 14 Op. 1. D. 164. L. 11 - 11 ob.
29. *GURK NARK.* F. 335. Op. 1. D. 228. L. 59.
30. *GURK NARK.* F. 99. Op. 1. D. 38. L. 100, 146.
31. *GURK NARK.* F. 99. Op. 1. D. 39. L. 231.
32. *GURK NARK.* F. 152. Op. 1. D. 73. L. 71 ob.; L. 167 ob.
33. *GURK NARK.* F. 152. Op. 1. D. 90. L. 14 ob.
34. *Proskurin B.M.* Mediki i meditsina v Rossii v pervoi chetverti XIX stoletii // *E'poha napoleonovskikh voi'n: liudi, sobyt'ia, idei* [Doctors and medicine in Russia in the first quarter of the XIX century // The era of the Napoleonic wars: people, events, ideas]. Mater. of X All-Russian Sci. Conf. (April 26-27, 2007). Moscow, 2007. P. 217-218.
35. *GAVO.* F. 18. Op. 1. D. 195. L. 4.
36. *Rogachev M.B.* "Stolitca zyrianskogo kraia": ocherki istorii Ust'-Sy'sol'ska kontsa XVIII - nachala XX vekov ["The capital of the Zyryan land": essays on the history of Ust-Sysolsk of the late XVIII - early XX centuries]. Syktyvkar: Komi Book Publ. House, 2006. P. 130.
37. *Istoriia Syktyvkara - stolitsy Komi ASSR.* Zacluchitel'ny'i otchyot v 3-kh tomakh [The history of Syktyvkar, the capital of the Komi ASSR. Final report in 3 volumes]. Vol. 1. Syktyvkar, 1978.
38. *Smirnova E.M.* Prikazy obshchestvennogo prizreniia i zdravookhranenie v Rossii (konets XVIII - seredina XIX vv.) [Orders of public charity and public health in Russia (the end of XVIII - middle of XIX centuries)] // *New Historical Bull.*, 2011. No. 30. P. 7.

39. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 8. L. 42 ob.
40. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 13. L. 11 ob.
41. *GURK NARK*. F. 230. Op. 1. D. 6. L. 39 ob.; L. 74 ob.
42. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 16. L. 49 ob.
43. *Pisar`kova L.F.* Gosudarstvennoe upravlenie Rossii s kontca XVII do kontca XVIII veka [State control of Russia from the end of XVII to the end of XVIII century]. Moscow: ROSSPEN, 2007. P. 718.
44. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 26.
45. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 33. L. 100 ob. L. 148 ob.
46. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 25.
47. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 27.
48. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 31. L. 11 ob.
49. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 32. L. 14 ob.
50. *GURK NARK*. F. 335. Op. 1. D. 204. L. 118.
51. *GURK NARK*. F. 335. Op. 1. D. 207. L. 177.
52. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 52. L. 8 ob.
53. *GURK NARK*. F. 296 Op. 1. D. 4. L. 197.
54. *GURK NARK*. F. 296. Op. 1. D. 6. L. 100.
55. *GURK NARK*. F. 296. Op. 1. D. 5. L. 74.
56. *GURK NARK*. F. 296. Op. 1. D. 27. L. 309.
57. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 74. L. 32 ob.–33.
58. *GURK NARK*. F. 152. Op. 1. D. 95. L. 26 ob.
59. *Lyuoseva L.D.* Iz istorii zdravookhraneniia v Ust`-Sysol'skom uезде [From the history of health care in Ust-Sysolsk District] // Muzei i kraeveden'e [Museums and local history]. (Proc. of National Museum of the Komi Rep. Issue 2). Syktyvkar, 2000. P. 116.; Vairovskaya S.V. Zemstvo Komi Kraia (1869 – 1918 gg.) [Zemstvo of the Komi Region (1869-1918)]. Syktyvkar, 2001. P. 91.
60. *GURK NARK*. F. 231. Op. 1. D. 182. L. 14.
61. *Rogachev M.B.* Obshchestvennaia zhizn' v Ust`-Sysol'ske (XIX – nachalo KHKH vv.) // Povsednevnaia zhizn' Komi Kraia [Social life in Ust-Sysolsk (XIX – beginning of XX centuries)] // Daily life of the Komi Region]. Syktyvkar, 2006. Issue 1. P. 24.

Статья поступила в редакцию 29.03.2016.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 523.3/4:52-8:553

НАУЧНЫЙ ОБЗОР ПРОЕКТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ И ОСВОЕНИЮ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ЛУНЫ И ДРУГИХ ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Е.П. КАЛИНИН

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Проанализированы различные проекты по изучению и возможному освоению минеральных ресурсов естественных небесных тел (Луна, Титан, Меркурий, астероиды) и путям их практического использования на Земле.

Ключевые слова: природные ресурсы небесных тел, основные черты российской лунной программы, вопросы экономики и экологии при освоении небесных тел

E.P. KALININ. SCIENTIFIC REVIEW OF PROJECTS ON THE STUDY AND DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES OF THE MOON AND OTHER NATURAL CELESTIAL BODIES

We analyzed various projects on the study and possible development of mineral resources of natural celestial bodies (the Moon, Titan, Mercury, asteroids) and their practical use on the Earth.

Keywords: natural resources of celestial bodies, main features of Russian lunar program; problems of economics and ecology during exploration of celestial bodies

Технический прогресс в науке ведет к тому, что рано или поздно природные ресурсы ближайших планет Солнечной системы будут доступны для эксплуатации. На XXV Международном научном симпозиуме «Неделя горняка-2017» было подписано международное соглашение о создании консорциума по освоению космической сырьевой базы для производства компонентов водородного топлива и создания элементов и конструкций космической техники непосредственно в космосе [1].

Еще ранее, в мае 2014 г., заместитель председателя Правительства РФ Д.О.Рогозин анонсировал проект Концепции российской лунной программы с целью создания в середине XXI в. обитаемой базы на Луне и инфраструктуры для добычи полезных ископаемых на специально выбранном полигоне [2]. В разработке Концепции участвовали Институт космических исследований РАН, ЦНИИ-маш, НПО им. Лавочкина, РКК «Энергия», НИИ ядерной физики МГУ, Государственный астрономический институт им. Штернберга МГУ. В будущем планируется возможность практического использования удобных плацдармов для технологических испытаний лунного грунта (реголита) и с целью получения из него водорода и кислорода для строительства лунной космической инфраструктуры и обеспечения в ней среды обитания человека.

Работы по освоению Луны предполагается осуществить в три этапа [2, 3].

2015–2025 гг. – отправка на спутник Земли автоматических межпланетных станций «Луна-25», «Луна-26», «Луна-27» и «Луна-28» для развертывания полигона в области Южного полюса Луны. Стоимость этапа ~ 28,5 млрд. руб.

2028–2030 гг. – пилотируемые экспедиции на орбиту Луны без высадки на ее поверхность.

2030–2040 гг. – посещение космонавтами потенциального района размещения лунного полигона и развертывание первых элементов инфраструктуры для добычи полезных ископаемых.

По мнению исследователей, доставка добытых в космосе полезных ископаемых на Землю, экономически нецелесообразна. Наиболее интересна переработка полезных ископаемых непосредственно на станции добычи в космосе. При этом стоимость реализации нового проекта около 400 млн. дол. [1].

Весьма перспективной с точки зрения первоочередности проектов освоения минеральных ресурсов внеземных объектов является добыча на Луне гелия-3 (He^3). Известно, что при термоядерном синтезе 1 т гелия-3 с 0,67 т дейтерия высвобождается энергия, эквивалентная сгоранию 2 млн. т нефти, соответствующая мощности порядка 10 ГВт. При современном уровне энергопотребления потребности всего человечества ограничиваются 200 т гелия-3. Притом He^3 практически нерадиоактивен, что делает установки термоядерного синтеза на He^3

безопасными в случае природных катастроф и террористических актов [4].

На Земле распространенность He^3 крайне мала – 0,00014% (природный He^3 – 99,99986), и ежегодная добыча его может исчисляться несколькими десятками граммов. Содержание He^3 в поверхностном слое Луны – 10 мг/т [5]. Для добычи 1 т He^3 необходимо добыть и переработать до 1 млрд. т лунного грунта, что вполне сопоставимо с объемами перемещаемых горных пород на Земле [3]. Таким образом, реализация проекта по обеспечению человечества источником энергии на тысячелетия возможна после: 1) решения проблем управляемого термоядерного синтеза на основе He^3 ; 2) положительных результатов геологоразведочных работ; 3) создания на Луне инфраструктуры для добычи выявленных запасов.

Поверхностный слой Луны–реголит–состоит из частиц разрушенных горных пород. Учеными центра «Инновационные горные технологии» разрабатываются аналоги грунтов природных космических объектов для испытания космической техники. Полученные результаты лягут в основу совместного проекта по добыче водорода и гелия на Луне. Стоимость реализации нового проекта около 400 млн. дол.

Помимо гелия-3 еще одним экономически целесообразным ресурсом может стать водяной лед для получения ракетного топлива. Одним из самых холодных мест в Солнечной системе при $t -240^\circ\text{C}$ может быть кратер Шелтона вблизи Южного полюса Луны. Диаметр кратера 19 км. По предложению Шелтонской энергетической компании (США) для создания резервов ракетного топлива на околоземной орбите нужно нагреть разрабатываемый объект, превратить лед в воду, им разделить ее на водород и кислород–топливо и окислитель [6].

Определенный интерес вызывает обнаружение полезных ископаемых и на других небесных телах. Например, зондом «Гюйгенса» (Европейское космическое агентство) при изучении снимков поверхности Титана (самого крупного спутника Сатурна) получены данные о наличии на поверхности этой планеты скоплений больших объемов углеводородов – метана и этана, образующих озера.

Имеются теоретические предположения об обнаружении в недрах Меркурия месторождений никеля, кобальта, меди, платиноидов, золота, урана и гелия-3.

Идея использования минеральных ресурсов астероидов наверняка старше любой космической программы. Еще в 1903 г. основоположник теоретической космонавтики К. Э. Циолковский [7] включил пункт «эксплуатация астероидов» в число 14 главнейших целей освоения космоса. На астероидах предполагается большее разнообразие пород, чем на Луне, а также возможно наличие промышленно значимых скоплений металлов платиновой группы, галлия, германия, селена и теллура.

В США уже работают две негосударственные компании: Planetary Resources (с 2012 г.) и Deep Space Industries (с 2013 г.) с целью реализации проектов недорогих космических аппаратов для

изучения и добычи полезных ископаемых астероидов. По их мнению только добыча водяного льда для формирования компонентов ракетного топлива (H, O) может генерировать рынок в триллион долларов.

Проекты России и США по освоению небесных тел не являются единственными. Европейское космическое агентство провело в июле 2014 г. испытание суборбитального многоразового космического аппарата. КНР планирует к 2020 г. создать свою первую орбитальную станцию на окололунной орбите, а к 2030 г. – отправить на Марс зонд для отбора образцов марсианского грунта, к 2050 г. начать строительство лунной базы. Голландская негосударственная компания Mars One планирует к 2018 г. отправить к Марсу тестовый модуль, а в 2020 г. – космический корабль с людьми. Собственные космические программы реализуют Япония и Индия. В большинстве случаев все эти космические программы предусматривают в долгосрочной перспективе освоение природных ресурсов небесных тел с рациональным включением их в земную экономику.

Самым многообещающим объектом добычи на астероидах могут быть металлы платиновой группы. Всего один астероид может содержать вдвое больше платины, чем в настоящее время ежегодно добывается на Земле.

Луна и ее природные ресурсы являются общим наследием человечества. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, подписан 100 странами и еще 26 стран завершают его ратификацию.

Основные цели международного режима должны включать упорядоченное и безопасное освоение природных ресурсов Луны, рациональное регулирование и расширенные возможности их использования при справедливом распределении между всеми государствами-участниками «Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела от 1967 г.».

Основа земной энергетики – это сжигание углеводородов. Со временем им нужно искать замену. В 1980-е гг. советский физик Игорь Головин предложил развивать энергетику на основе термоядерной реакции «дейтерий–гелий-3». Она дает более высокий выход энергии, чем в современных атомных установках. И никакой радиации!

Академик Э. М. Галимов, научный руководитель ГЕОХИ РАН, отмечает главное, что реактор для термоядерного синтеза (в нем должен использоваться гелий-3) до сих пор не создан. Для нужной реакции процесса термоядерного синтеза нужно добиться температуры в 1 млрд. градусов, что пока не доступно, хотя задача является решаемой [8].

Образцы реголита, доставленные с Луны нами и американцами, вполне приемлемы для соответствующих технических и технологических экспериментов.

С появлением технических и технологических возможностей добычи полезных ископаемых на не-

бесных телах ресурсы Солнечной системы станут для человечества практически безграничными. В отдаленном будущем с истощением минеральных ресурсов исчезнет и необходимость сохранять их для будущих поколений. Возможно, главной целью в этих условиях станет сохранение геологического разнообразия, в том числе на внеземных объектах.

Реализация проектов по освоению минеральных ресурсов небесных тел находится пока на грани технических и технологических возможностей. Ни Договор по космосу 1967 г., подписанный 126 государствами, в том числе космическими державами, ни Соглашение о деятельности государств на Луне 1979 г., к которому космические державы не присоединились, не содержат до сих пор норм, достаточных для регулирования космического недропользования. Необходима разработка этических основ для юридического закрепления возможности (невозможности) получения права собственности на добытые полезные ископаемые. Все это должно сопровождаться справедливым распределением благ от добычи полезных ископаемых на небесных телах, социальной ответственности космического горного бизнеса и максимально возможным сохранением неживой природы (минеральных ресурсов, полезных свойств недр, ландшафтов) и георазнообразия.

Литература

1. *Субботин А.* Реголит на-гора. Россия начнет добычу полезных ископаемых на Луне // Поиск. 2017. № 5 (1443). 3 февраля.
2. *Россия начнет колонизацию Луны в 2030 г.* // Известия. 2014. 8 мая.
3. *Россия предлагает начать* создание лунных кратеров и экскаваторов // Известия. 2014. 11 августа.
4. *Никитина Н.К.* Законодательные и этические проблемы освоения минеральных ресурсов естественных небесных тел (ООО «УК», «Интергео», Москва) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 5. С. 70–75.
5. *Галимов Э.М.* Если у тебя есть энергия, ты можешь извлечь все // Редкие земли, 2014. № 2. С. 6–12.
6. *Блэр Ш.* Кому принадлежит космос? // Наука в фокусе. 2011. № 10. С. 40–49.
7. *Циолковский К.Э.* Промышленное освоение космоса. М.: Машиностроение, 1989.
8. *Писаренко Дмитрий.* Что можно выкопать на Луне? // Аргументы и факты. 2017. № 9. С. 16.

References

1. *Subbotin A.* Regolit na-gora. Rossiya nachnet dobychu poleznykh iskopaemykh na Lune [Regolith to the surface. Russia will start mining on the moon] // Poisk. 2017. No. 5 (1443). February 3.
2. *Rossiia nachnet kolonizaciyu Luny v 2030* [Russia will begin Moon colonization in 2030] // "Izvestia" newspaper. 2014. May 8.
3. *Rossiia predlagaet nachat' sozдание lunnykh kraterov i ekskavatorov* [Russia proposes to start the creation of lunar craters and excavators] // "Izvestia" newspaper. 2014. August 11.
4. *Nikitina N.K.* Zakonodatelnie i eticheskie problemy osvoeniya mineral'nykh resursov estestvennykh nebesnykh tel [Legislative and ethical problems of development of mineral natural resources of celestial bodies] (ООО "УК", "Интергео", Moscow) // Mineral resources of Russia. Economy and management. 2014. No.5. P.70–75.
5. *Galimov E.M.* Esli u tebya est' energia, ty mozhesh izvlech vse [If you have the energy you can extract all] // Redkie zemli [Rare earth]. 2014. No. 2. P. 6–12.
6. *Bler Sh.* Komu prinadlezhit kosmos? [Who owns the space?] // Nauka v fokuse [Science in focus]. 2011. No. 10. P. 40–49.
7. *Tsiolkovsky K.E.* Promyshlennoe osvoenie kosmosa [Industrial space exploration]. Moscow: Mashinostroenie, 1989.
8. *Pisarenko D.* Chto mozhno vykopat' na Lune? [What can you dig on the moon?] // Arguments and facts, 2017. No. 9. P. 16.

Статья поступила в редакцию 30.05. 2017.

55 ЛЕТ ИНСТИТУТУ БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УрО РАН*

Фото Е.И. Гурьевой



Директор Института биологии
д.б.н. С.В. Дёгтева.
S.V.Degteva, Director of the Institute
of Biology, Dr. Sci. (Biology).

Коми филиал АН СССР. У истоков биологических исследований в республике стояли ботаники А.А. Дедов, В.М. Волотова, А.Н. Лащенко, О.С. Полянская, Ю.П. Юдин, И.С. Хантимер, К.А. Моисеев, Я.Я. Гетманов, лесовод Н.А. Лазарев, почвоведы О.А. Полянцева, Е.Н. Иванова, зоологи Н.А. Остроумов, О.С. Зверева, Е.С. Кучина. Они создали свои школы учеников и заложили основы будущего Института биологии. К началу 1960-х гг. в Коми филиале АН СССР сформировались пять подразделений биологического профиля: лаборатории радиобиологии, почвоведения, биологии растений и геоботаники, лесоведения и лесоводства, биологии животных, была создана экспериментальная биологическая станция. По инициативе председателя Президиума Коми филиала АН СССР П.П. Вавилова при поддержке Коми обкома КПСС и Совета Министров Коми АССР перед руководством Академии наук и Правительством СССР был поставлен вопрос об организации Института биологии. Решение вопроса не было простым. В итоге длительных обсуждений после получения согласия Министерства финансов принято распоряжение Совета Министров РСФСР от 23 марта 1962 г. № 1014-р об организации Института биологии. В структуре учреждения на тот момент было девять лабораторий.



Фото М.Е. Хлыбовой

Участники торжественного заседания Ученого совета, посвященного 55-летию со дня образования Института биологии.
The participants of the solemn meeting of the Academic Council dedicated to the 55th anniversary since the establishment of the Institute of Biology.

* В основу положен доклад д.б.н. С.В.Дёгтевой на расширенном заседании Ученого совета Института биологии Коми НЦ УрО РАН, посвященном 55-летию Института.

ВАЖНЕЙШИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА

За прошедшие 55 лет с развитием новых направлений исследований структура Института неоднократно менялась и становилась все более разветвленной.

В 1968 г. на базе лаборатории экологии и физиологии животных созданы две лаборатории: зоологии (зав. к.б.н. В.В. Турьева) и физиологии и генетики животных (зав. д.б.н. Н.Е. Кочанов). В 1970 г. на базе лаборатории ихтиологии и гидробиологии и группы генетики животных образована лаборатория экологии и генетики животных (зав. к.б.н. П.Н. Шубин), годом позже организована лаборатория сравнительной кардиологии (зав. д.б.н. М.П. Рощевский). В 1974 г. в Институте создана лаборатория вычислительной техники и математики (зав. к.физ.-мат.н. В.С. Никифоров). В 1985 г. организована лаборатория экологии и охраны тундры (зав. д.б.н. М.В. Гецен), а в 1987 г. создана лаборатория луговедения и рекультивации (зав. к.б.н. С.В. Дёгтева).

1987 г. – значимая веха в развитии науки на европейском Северо-Востоке, год создания в составе Академии наук СССР Уральского отделения. Коми филиал АН СССР был преобразован в Коми научный центр УрО АН СССР. Годом позже на базе отдела экологической физиологии и лаборатории физиологии и биохимии животных Института биологии был создан Институт физиологии Уральского отделения АН СССР, первым директором которого стал член-корр. АН СССР, а ныне – академик РАН М.П. Рощевский. В 1989 г. Институт биологии стал самостоятельным юридическим лицом. Были созданы своя бухгалтерия, отдел кадров, инженерно-техническая и информационно-издательская группы, канцелярия. Одновременно отдел информатики и автоматизации преобразован в отдел геоинформационных систем и кадастров природных ресурсов (зав. к.б.н. А.А. Ермаков). Впоследствии на базе этого подразделения Института при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми создан Территориальный фонд информации. В декабре 1990 г. была организована экоаналитическая лаборатория. Ее первым руководителем стал Д.П. Забоев. В 1992 г. в Институте создана лаборатория биоорганической химии (зав. к.х.н. В.В. Володин). В 1993 г. в Коми НЦ УрО РАН появилось еще одно структурное подразделение. На базе лаборатории математики отдела информатики Института биологии организован отдел математики (зав. д.физ.-мат.н. Н.А. Громов). В 1996 г. создана лаборатория беспозвоночных животных (зав. д.б.н. М.М. Долгин). В 1999 г. организован отдел экосистемного анализа и ГИС-технологий (зав. к.б.н. И.А. Лавриненко) в составе двух лабораторий: экологии и охраны тундры (зав. к.б.н. И.А. Лавриненко) и моделирования и геоинформационных систем (зав. к.б.н. В.И. Таюрский). В 2000 г. создана лаборатория биомониторинга (зав. д.т.н. Т.Я. Ашихмина) – совместное подразделение Института биологии и Вятского государственного университета. В 2012 г. в составе отдела радиоэкологии организована лаборатория молекулярной радиобиологии и геронтологии (зав. д.б.н. А.А. Москалев), в отделе флоры и растительности Севера лаборатория геоботаники и сравнительной флористики (зав. к.б.н. Е.Н. Патова) и лаборатория компьютерных технологий и моделирования (зав. к.б.н. В.В. Елсаков), с 2013 г. функционирует ЦКП «Молекулярная биология» (зав. к.б.н. И.Ф. Чадин). Сегодня в структуре учреждения шесть отделов, в состав которых входят 12 лабораторий, научный музей, гербарий и виварий, а также пять автономных лабораторий.

Лицо любого научного института определяют высококвалифицированные кадры. Первым директором Института биологии был П.П. Вавилов. Его последовательно сменили на этом посту И.В. Забоева, М.В. Гецен, А.И. Таскаев. Огромный вклад в развитие Института внесли также доктор наук И.Б. Арчегова, Г.В. Русанова, В.А. Безносиков, В.А. Мартыненко, Г.В. Железнова, К.С. Бобкова, Т.К. Головки, А.А. Естафьев, Ю.Н. Минеев, В.Н. Шубина. В течение трех последних лет защитили диссертационные работы на соискание ученой степени доктора биологических наук Е.В. Шамрикова, С.П. Маслова, Е.Д. Лодыгин, И.В. Груздев.

Руководители Института видели своей основной задачей создание условий для роста кадрового потенциала. В штате Института в год его организации работали 90 чел., в том числе 47 научных сотрудников, из них 19 кандидатов наук. В настоящее время штат включает 339 чел., в том числе на постоянной основе 20 докторов и 130 кандидатов наук. В 2016 г. д.б.н. А.А. Москалев избран членом-корреспондентом РАН. Особое внимание работе с молодежью уделял А.И. Таскаев, руководивший Институтом 22 года. Благодаря его усилиям по привлечению в аспирантуру талантливых выпускников высших учебных заведений, созданию диссертационного Совета, произошло существенное омоложение кадров. Сегодня в учреждении работают 42 научных сотрудника в возрасте до 35 лет, 31 из них имеет ученую степень кандидата наук. С 2012 по 2016 г. курс аспирантской подготовки прошли 20 чел., 18 выпускников аспирантуры успешно защитили в этот период свои квалификационные работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С созданием Института биологии усилилось начатое еще в 1940-е гг. изучение закономерностей формирования возобновляемых природных ресурсов на обширной территории европейского Северо-Востока страны в зональных и нарушенных условиях, биоклиматических особенностей их размещения и продуктивности. Это направление исследований составило основу развития Института и профилирует вплоть до настоящего времени. Подведены итоги инвентаризации сосудистых растений, листостебельных мхов и водорослей Республики Коми. Завершено изучение флоры сосудистых растений, печеночников, лишайников, биот агариковых и афиллофоровых макромицетов подзоны средней тайги, а также разнообразия и распространения синезеленых и диатомовых водорослей в пресноводных и наземных экосистемах восточноевропейских тундр. Обобщены все имеющиеся сведения о

Фото О.Е. Валуцких



Научный сотрудник отдела флоры и растительности Севера, к.б.н. И.Н. Стерлягова работает с образцами коллекции живых водорослей.

I.N.Sterlyagova, Cand. Sci. (Biology), researcher of the Department of Flora and Vegetation of the North is working with samples collection of live algae.

Фото О.Е. Валуцких



Научный сотрудник отдела Ботанический сад, к.б.н. Ж.Э. Михович за работой с клеточными культурами растений. Zh.E.Mikhovich, Cand. Sci. (Biology), researcher of the Department of Botanical Garden is working with cultures of plant cells.

Получены новые знания о структуре, количественном развитии и видовом составе зообентоса, зоопланктона и ихтиофауны водоемов различного типа в горных и равнинных ландшафтах. Обобщены данные о таксономическом и экологическом разнообразии, структуре сообществ почвенных и наземных беспозвоночных таежной и тундровой зон. Подведены итоги многолетних исследований фауны и экологии мелких млекопитающих и птиц восточноевропейских тундр. Выявлены особенности формирования фауны при антропогенной трансформации водных и наземных экосистем. Проведена оценка состояния популяций редких видов животных. Сформирована сеть особо охраняемых природных территорий, даны предложения к стратегии ее развития, выполнена инвентаризация и оценено состояние природных комплексов заказников и памятников природы республиканского подчинения. Разработаны рекомендации по сохранению редких растений, животных и грибов, которые нашли применение при создании государственных кадастров природных ресурсов.



Фото Г.Л. Накул

Научный сотрудник к.б.н. Г.Л. Накул и заведующий лабораторией экологии наземных позвоночных, к.б.н. С.К. Кочанов в экспедиции. Researcher G.L.Nakul, Cand. Sci. (Biology) and Head of Laboratory of Ecology of Terrestrial Vertebrates S.K.Kochanov, Cand. Sci. (Biology), in the expedition.

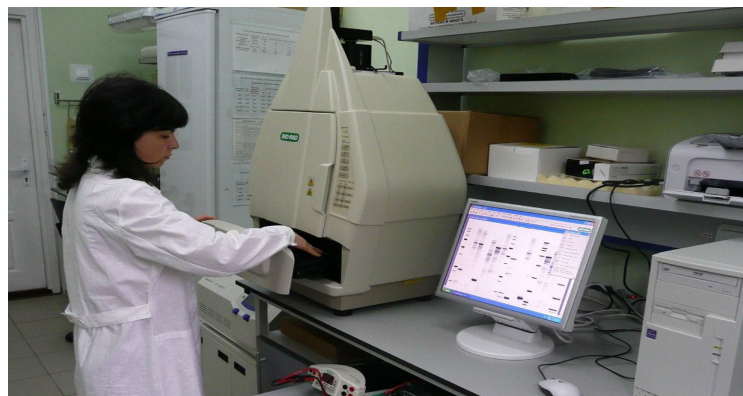
Фото В.В. Старцева



Старший научный сотрудник, к.б.н. А.А. Дымов и научный сотрудник отдела почвоведения, к.с.-х.н. Е.В. Жангуров изучают почвы Приполярного Урала.

Senior researcher A.A.Dymov, Cand. Sci. (Biology), and researcher E.V.Zhangurov, Cand. Sci. (Agriculture), of the Department of Soil Science are studying the soils of the Subpolar Urals.

Фото Г.Л. Накула



Старший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений, к.б.н. Е.В. Гармаш за сбором первичных данных об экспрессии генов растений.

E.V.Garmash, Cand. Sci. (Biology), senior researcher of the Laboratory of Ecological Physiology of Plants collecting primary data on the gene expression of plants.

тивности растений на Севере. Исследован альтернативный (цианидустойчивый), энергетически малоэффективный путь дыхания в листьях растений природной флоры. На основе сведений о режимах биологического круговорота в системе почва – растение и оригинальной концепции о физиолого-биохимических основах продуктивности растений на Севере даны научно-обоснованные рекомендации по повышению эффективности северного земледелия, в том числе выращивания овощей в закрытом грунте.

Определены зональные, фитоценоотические и экологические закономерности структурной организации и биологической продуктивности, обмена веществ и энергии основных типов хвойных лесов. Выполнено эколого-экономическое и лесомелиоративное районирование территории республики. Раскрыты особенности трансформации почв и процессов формирования насаждений на вырубках в зави-

В результате изучения земельных ресурсов разработана классификация почв, составлены почвенные карты региона, дана генетическая характеристика основных типов почв, определены их биологические параметры. Выявлены эколого-географические закономерности гумусообразования и формирования кислотности в почвах равнинных и горных ландшафтов европейского Северо-Востока России. Установлен качественный и количественный состав приоритетных низкомолекулярных органических соединений в почвах таежной и тундровой зон. Разработаны принципы оптимизации минерального питания растений на Севере, обоснованы приемы сохранения и повышения почвенного плодородия в агроценозах. Дан прогноз эволюции северных почв в условиях глобальных изменений климата и усиливающегося антропогенного пресса. Определены механизмы устойчивости почв к техногенным воздействиям.

Выявлены регуляторные механизмы и адаптивные реакции фотосинтетического аппарата дикорастущих и культурных растений в холодном климате. Предложена и экспериментально обоснована концепция о возрастании роли пигментного комплекса в устойчивости и продук-



Фото И.В. Торлоговой

Научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера, к.с.-х.н. И.Н. Кутявин измеряет корневую систему сосны в полевых условиях.

I.N.Kutyavin, Cand. Sci. (Agriculture), researcher of the Department of Forest Biology Problems of the North, measures the root system of pine in field conditions.

симости от условий их произрастания, применяемых способов и технологии рубок. Даны предложения по стратегии формирования лесного комплекса и развития лесного хозяйства.

Учеными Института были составлены прогнозы изменений природной среды на территории Республики Коми при реализации крупномасштабных народнохозяйственных проектов. Предложен биологически обоснованный комплекс приемов ускоренного природовосстановления и ряд бактериальных и комплексных препаратов, эффективных для разложения и очистки загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв, водоемов. Разработан метод комплексной оценки эффективности рекультивации почв в условиях Европейской Субарктики, который включает мониторинг биотических компонентов экосистем и абиотических параметров. Отработаны методы комплексного тестирования состояния окружающей среды с использованием нескольких видов азотфиксирующих цианобактерий. Предложены новые экспресс-методы биотестирования.

Выявлены закономерности биологического действия ионизирующего излучения в малых дозах, а также сочетанного действия факторов радиационной и нерадиационной природы на организмы и популяции млекопитающих и растений в биогеоценозах с повышенной естественной радиацией. В результате исследований, выполненных на генетическом уровне, установлено, что облучение в малых дозах по сравнению с большими может вызывать больший генетический эффект. Установлены особенности миграции радионуклидов в наземных экосистемах различных природных зон. Специалисты Института были привлечены к выполнению государственного задания комплексной программы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Дана оценка уровня химического и радиационного загрязнения почв и донных отложений в районе Кирово-Чепецкого химического комбината. Установлены особенности миграции и распределения радионуклидов и поллютантов в компонентах природной среды в зоне влияния промышленного предприятия. Определены запасы микробной биомассы и продуктивности микроорганизмов в фоновых и загрязненных почвах.

Важное направление генетических исследований последних лет – контроль радиоиндуцированного изменения продолжительности жизни. Обобщена информация о природных соединениях и фармакологических препаратах с установленной геропротекторной активностью, вызывающих увеличение продолжительности жизни лабораторных организмов. Предложена новая классификация геропротекторов, основанная на концепции поддержания гомеостаза. Описаны концепция биологического возраста человека и основные патофизиологические процессы, связанные со старением. Создана классификация биомаркеров старения человека. Представлен индекс уязвимости как обобщающий показатель здоровья и старения.

Имеющиеся сегодня в Институте возможности приборного парка позволяют проводить фундаментальные и прикладные научные исследования, соответствующие мировому уровню. В Институте аккредитованы экоаналитическая лаборатория по 92 методикам и лаборатория миграции радионуклидов и радиохимии по 11 методикам. Экоаналитическая лаборатория имеет значительный опыт участия в международных и российских межлабораторных сравнительных испытаниях, которые охватывают все объекты области аккредитации (природные воды, атмосферные осадки, почвы, растения). По результатам испытаний, в которых участвуют организации из многих европейских стран, Институт устойчиво входит в число лучших. На базе экоаналитической лаборатории Института с 2001 г. функционирует Центр коллективного пользования «Хроматография». Его оборудование активно используется при выполнении научных исследований, а также при организации учебного процесса для студентов Сыктывкарского госуниверситета.

Специалистами лаборатории «Экоаналит» предложен новый подход к определению фенолов и анилинов методом реакционной газовой хроматографии. Разработанные простые и недорогие в реализации методики их количественного определения соответствуют лучшим современным стан-



Фото Г.В. Башлыковой

Сотрудники лаборатории радиоэкологии животных в экспедиции в окрестностях пос.Водный. Слева направо: зав.лабораторией, д.б.н. А.Г.Кудяшева, аспирантка А.В. Ермакова, старший лаборант Н.Н. Старобор, старший научный сотрудник, к.б.н О.В. Раскоша, водитель И.В. Удоратин.

The staff of the Laboratory of Radioecology of Animals in the expedition in the vicinity of the settlement Vodny. From left to right: Head of Laboratory A.G. Kudyasheva, Dr. Sci. (Biology), postgraduate student A.V.Ermakova, senior laboratory assistant N.N.Starobor, senior researcher O.V.Raskosha, Cand. Sci. (Biology), driver I.V.Udoratin.

Фото Н.П. Селивановой



Научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии, к.б.н. Д.В. Тарабукин за работой на ферментере.

D.V.Tarabukin, Cand. Sci. (Biology), researcher of the Laboratory of Biochemistry and Biotechnology at work on the fermenter.

дартам. По результатам исследований получено 11 патентов. Значительное внимание специалисты лаборатории уделяют вопросам методического обеспечения научно-исследовательских работ, метрологического исследования методик измерений. На сегодняшний день получены свидетельства о метрологической аттестации для 24 методик выполнения измерений.

Значительное внимание Институт биологии традиционно уделяет практическому применению результатов фундаментальных исследований. В области биотехнологии разработана методология и проведен скрининг растений европейского Северо-Востока России на содержание биологически активных веществ: фитоэкдистероидов, гликозидов, сапонинов. Предложены методы выделения фитоэкдистероидов из растений природной флоры и интродуцентов и способы их химической модификации. Установлена связь распространения экдистероидов среди высших растений и их филогенетической классификацией. Раскрыты новые виды биологической активности фитоэкдистероидов, открывающие широкие перспективы их использования в профилактике и лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы и диабета. В результате исследований биотехнологического потенциала альго-бактериально-дрожжевых консорциумов разработана серия биопродуктов для разложения стойких органических загрязнений в почвах и водных экосистемах.

Отличительной особенностью последнего десятилетия стала успешная *защита объектов интеллектуальной собственности* в процессе выполнения НИР. Поддерживаются в силе 89 охранных документов Российской Федерации, в том числе 58 патентов на изобретения, 5 патентов на полезные модели, 2 патента на промышленные образцы, 16 свидетельств государственной регистрации программ для ЭВМ, 4 регистрационных свидетельства на базы данных, 2 свидетельства на селекционные достижения,

1 – ноу-хау. Одновременно активно проводятся выставочная деятельность и рекламно-коммерческая проработка законченных результатов НИР. За последнее время Институт принял участие в 49 выставках, где разработки ученых Института были отмечены наградами. Результаты прикладных научно-исследовательских работ используют в своей деятельности крупные промышленные предприятия и компании, такие как Монди-СЛПК, ЛукОйл, Газпром, СУАЛ.

Координация исследований и опыт международного сотрудничества. В последние два десятилетия Институт приобрел значительный опыт международного сотрудничества. Реализованы и выполняются совместные проекты с зарубежными научными и образовательными организациями Финляндии, Норвегии, Швеции, Великобритании, Нидерландов, Дании, Германии, Польши, Италии, Чехии, США, Вьетнама, Беларуси, Казахстана и Украины. Часть из них поддержана грантами рамочных программ Европейской комиссии, Программой развития ООН и Глобального экологического фонда, Баренц-секретариата. Ежегодно Институт посещают иностранные ученые и специалисты из разных стран для заключения соглашений, участия в работе научных мероприятий, совместных выездов в экспедиции. Ученые активно представляют результаты своих исследований на конференциях, симпозиумах, семинарах, проводимых за пределами России.

Институт ведет большую работу по координации эколого-биологических исследований, реализует совместные научные проекты с учреждениями Уральского отделения РАН, взаимодействует с ведущими научными институтами, центрами и вузами России и стран ближнего зарубежья. Регулярно организует и проводит крупные всероссийские и международные конференции, совещания и симпозиумы по проблемам биоиндикации, криопедологии, экологии беспозвоночных животных, рекультивации нарушенных территорий, вопросам рационального природопользования и охраны окружающей среды, радиобиологии и радиоэкологии, экологической физиологии растений, флористики и ботанического ресурсосведения, генетики, популяционной биологии.

Издательская деятельность. По итогам исследований последнего десятилетия учеными Института продолжена работа над изданием многотомных трудов «Фауна европейского Северо-Востока», «Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий Республики Коми», а также над третьим изданием региональной Красной книги, в которой специалисты Института ранее обобщили сведения о распространении, численности, лимитирующих факторах и угрозах, принятых и необходимых мерах охраны редких видов. Результаты многолетнего изучения почвенного покрова республики нашли отражение в фундаментальной работе «Атлас почв Республики Коми», итоги инвентаризации природно-заповедного фонда – в сводке «Кадастр особо охраняемых природных терри-

торий Республики Коми». Только за последние пять лет сотрудники Института опубликовали 40 монографий, 17 учебников и учебных пособий, 774 статьи в отечественных журналах из списка ВАК, 108 – в зарубежных журналах, 1777 материалов и тезисов докладов конференций. Прослеживается положительная тенденция увеличения как общего объема научных публикаций, так и числа статей в рецензируемых журналах из списка ВАК. Среди зарубежных журналов, в которых публикуют результаты своих исследований специалисты Института, есть периодические издания с достаточно высоким импакт-фактором.

Многие ученые Института отмечены государственными наградами, в том числе Премией Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Премией Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых. Достижения ученых Института были неоднократно заслуженно отмечены государственными наградами. Среди них участники ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Орденом Мужества был награжден директор Института А.И. Таскаев, медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени удостоены И.Б. Арчегова, Г.А. Волкова, Э.П. Галенко, М.М. Долгин, Г.Я. Елькина. Медалью «За охрану природы» III степени награждены А.И. Таскаев, В.И. Пономарев, нагрудным знаком «Отличник охраны природы России» – С.В. Дёгтева, А.Б. Захаров, В.И. Пономарев, Почетное звание «Заслуженный эколог Российской Федерации» присвоено А.И. Таскаеву. Дважды с момента организации Института его специалисты удостоивались государственных премий в области науки. Почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» присвоено Т.К. Головки, М.М. Долгину, И.В. Забоевой, «Заслуженный работник Республики Коми» – 21 сотруднику, Знаком отличия «За безупречную службу Республике Коми» отмечены Л.А. Башлыкова, К.С. Бобкова, Э.П. Галенко, Ю.Н. Минеев, Г.В. Русанова, Л.А. Скупченко, В.Н. Шубина, И.И. Шуктомова. В период 2011 по 2016 г., по итогам конкурса научных работ 15 сотрудников удостоены премии Правительства Республики Коми. Среди наиболее престижных наград последних пяти лет можно особо выделить Премию Президента Российской Федерации для молодых ученых.

Сегодня, по прошествии 55 лет со дня организации, Институт биологии Коми научного центра УрО РАН является ведущим комплексным академическим учреждением биологического профиля на европейском Северо-Востоке России. Это стало возможным благодаря самоотверженному труду нескольких поколений исследователей, вложивших весь свой интеллект, силы, опыт и энергию в развитие фундаментальных исследований в нашем северном крае. Начатое ими дело успешно продолжают высококвалифицированные молодые ученые.



Фото Пресс-службы Президента РФ

Президент Российской Федерации В.В. Путин вручает Премию для молодых ученых старшему научному сотруднику лаборатории молекулярной радиобиологии и геронтологии, к.б.н. Е.Н. Прошкиной.
V.V.Putin, President of the Russian Federation, presents the Award for Young Scientists to E.N.Proshkina, Cand. Sci. (Biology), senior researcher of the Laboratory of Molecular Radiobiology and Gerontology.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ АРКТИЧЕСКИЙ ФОРУМ

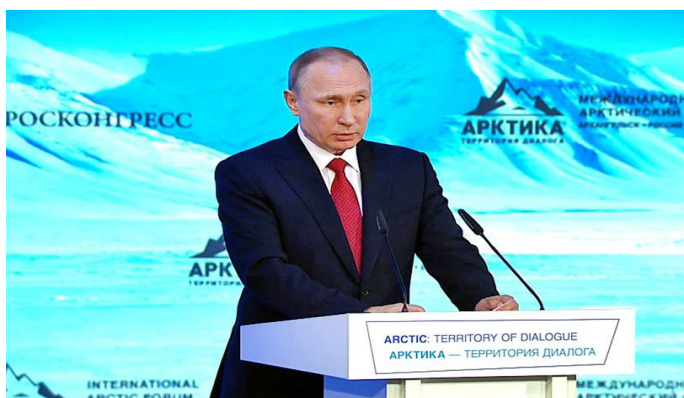
АРХАНГЕЛЬСК • РОССИЯ • 2017

Международный арктический форум «Арктика – территория диалога» проводится в России с 2010 г. и является крупнейшей площадкой для совместного обсуждения с зарубежными партнерами актуальных проблем и перспектив развития Арктического региона. Состоялось три форума «Арктика – территория диалога»: сентябрь 2010 г. (г.Москва), ключевая тема – «Современные проблемы Арктического региона»; сентябрь 2011 г. (г.Архангельск), он был посвящен формированию арктической транспортной системы как фундамента для развития Арктического региона. Третий форум состоялся в сентябре 2013 г. (г.Салехард), на нем был сделан акцент на проблемы экологической безопасности в Арктике.

По распоряжению Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2016 г. № 2016-р постоянной площадкой Арктического форума выбран г.Архангельск. Форум будет проводиться в столице Поморья один раз в два года.

Четвертый форум состоялся 29–30 марта 2017 г. в г.Архангельске, в Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова. Центральная тема форума 2017 г. – «Человек в Арктике». Организатором предыдущих трех форумов выступало Русское географическое общество. С 2017 г. Форум будет проходить при поддержке Государственной комиссии по вопросам развития Арктики. Оргкомитет этого масштабного мероприятия возглавляет заместитель председателя Правительства РФ Д.О. Рогозин. Оператором форума выступает фонд

Фото с сайта
<http://tvr.moscow/news/show/id/113036>



участие Президента Российской Федерации В.В. Путина.
The President of the Russian Federation V.V.Putin.

«Росконгресс» [1, с.20]. Уровень мероприятия подчеркивался участием в нем Президента Российской Федерации В.В.Путина, министров Правительства Российской Федерации, руководителей крупнейших государственных и частных корпораций, губернаторов российских территорий, ректоров арктических университетов, известных полярников, политиков, журналистов, ученых и общественных деятелей. В работе принимали участие представители малочисленных и коренных народностей Севера. Международный уровень отражало участие в форуме президентов ряда арктических государств и много-численных иностранных делегаций. Приход новых мировых реальностей – таяние арктических льдов, по словам Президента В.В. Путина, требует от России «принятия этой реальности, и мы должны адаптироваться и жить в этих новых условиях». Возможности современных технологий позволяют обеспечить на новом уровне использование природных запасов этого региона. Тем самым на форуме была отчетливо продемонстрирована задача полноценного «возвращения» Российского государства в этот регион, как это было в советский период.

Республику Коми на форуме представляли: Глава РК С.А. Гапликов, министр промышленности, экономики и природных ресурсов РК к.г.-м.н. Н.Н. Герасимов, зам. министра того же министерства Р.Д. Полшведкин, мэр г.Воркуты И.В. Гурьев, ректор Ухтинского государственного технического университета д.т.н. Н.Д. Цхадая, директор Института физиологии Коми НЦ УрО РАН д.мед.н. Е.Р. Бойко (участвовал в форуме по приглашению Министерства здравоохранения РФ). На форуме среди докладчиков членов делегации Республики Коми запомнилось выступление Н.Н. Герасимова, который очень аргументированно показал перспективы и пути развития Воркуты как опорной зоны Арктики, упомянув среди прочих направлений и развитие образовательных программ и научных исследований в этом уникальном регионе Севера [2, с.118].



Глава Республики Коми С.А. Гапликов (второй справа) в президиуме Международного форума.
The Head of the Komi Republic S.A.Gaplikov (second from right) in the Presidium of the International Forum.

Большое внимание было уделено вопросам обеспечения жизнедеятельности человека в Арктике и повышению качества жизни северян. Не секрет, что продолжительность жизни на Севере во всех северных странах ниже, чем в умеренных регионах этих же стран. Россия в этом ряду не исключение. В нашей стране гораздо больше людей живет на Севере, поскольку есть густонаселенные города, которых нет в зарубежных приарктических государствах. Помимо этого на российском Севере высока доля постоянного неадаптированного населения. В связи с этим автору данного сообщения пришлось вступить в дискуссию с коллегами из Скандинавии, которые безосновательно утверждали, что природные условия в наших странах очень близки. Это крайне важно понимать в связи с тем, что, действительно, заболеваемость основными заболеваниями, особенно болезнями сердечно-сосудистой системы, на российском Севере выше. Поэтому мне пришлось отдельно остановиться на вопросе формирования нарушений липидного обмена у человека на Севере.

В заключение следует подчеркнуть, что практически во всех арктических субъектах России, даже в тех, где присутствие научных учреждений минимально, проводятся крупные научные мероприятия, посвященные вопросам развития и жизнедеятельности человека на Севере. В Республике Коми, несмотря на имеющийся серьезный научный потенциал, представленный в первую очередь академическими институтами, до сего времени не создана площадка для обсуждения широким составом ученых, руководителей, производственников и представителей общественности проблем Севера. Формирование подобного рода научно-практического мероприятия под патронажем руководства региона давно назрело и может дать практический эффект в развитии «Арктического измерения» нашей северной республики. В связи с этим полезно учесть наш 10-летний опыт (1994 – 2003 гг.) проведения в Воркуте Международного форума «Город в Заполярье и окружающая среда», на котором ключевой междисциплинарной проблемой также стояла проблема «Человек в Арктике».

Литература

1. Кудряшова Е.В. Человек в Арктике – главная тема IV Международного форума «Арктика – территория диалога» // Арктические ведомости. Информационно-аналитический журнал. 2017. №1 (20). С.20–23.
2. Пилясов А.Н., Котов А.В. Моногорода Российской Арктики: анализ сравнений развития по комплексным инновационным планам // Там же, 2017. №1 (20). С. 116–122.

д.м.н. Е.Р. Бойко,
председатель Арктической комиссии при совете директоров
Коми НЦ УрО РАН.

ПОТЕРИ

Фото предоставлено Г.А. Марковой



Коллектив Института геологии Коми НЦ УрО РАН с глубоким прискорбием сообщает, что 11 мая 2017 г. на 87-м году жизни после тяжелой продолжительной болезни скончалась старейший сотрудник института доктор геолого-минералогических наук

ЭММА ИВАНОВНА ЛОСЕВА

Э.И. Лосева родилась 6 мая 1931 г. в с. Сторожевск Коми АССР. В 1953 г. окончила географический факультет Ленинградского государственного университета и до 1957 г. работала учителем географии в школе. В 1957 г. поступила на работу в Институт геологии Коми филиала АН СССР на должность старшего лаборанта (старший лаборант, младший научный сотрудник, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник). В 1968 г. в Институте геологии Эстонской АН ССР (г. Таллинн) защитила кандидатскую диссертацию на тему «Стратиграфия и палеогеография плейстоцена на Среднем Тимане», в 2000 г. во ВСЕГЕИ (г. Москва) защитила докторскую диссертацию на тему «Плио-плейстоценовая диатомовая флора Северо-Востока Европы».

Профессия геолога немыслима без экспедиций. За десятилетия работы Эмма Ивановна прошла по геологическим тропам тысячи километров, побывав в отдаленных уголках Республики Коми и сопредельных областей. Она изучала отложения на Тимане, в бассейнах рек Мезени, Пёза, Печоры, в Большеземельской и Малоземельской тундрах, на Приполярном и Полярном Урале. Участвовала в работах по обоснованию возраста и генезиса плейстоценовых отложений исследованной территории. В их составе ею выделены ледниковые и межледниковые осадки – морские и континентальные (пресноводные). Обобщила все имеющиеся материалы по ископаемым диатомеям четвертичного возраста региона и широко использовала метод диатомового анализа для стратиграфических и палеогеографических построений. Установила, что основная структурная перестройка диатомовой флоры в регионе произошла около 125 тыс. лет назад. Эмма Ивановна участвовала в создании региональной стратиграфической схемы четвертичных отложений Тимано-Печоро-Вычегодского региона, разработанной в лаборатории геоморфологии и четвертичной геологии под руководством Б.И. Гуслицера.

На европейском Северо-Востоке Э.И. Лосева выявила полный состав морских и пресноводных диатомовых водорослей, изучив ультраструктуру панцирей с помощью электронной микроскопии. Монографически описала редкие и новые виды четвертичных диатомей, при этом ею было открыто более 20 новых видов. Такие находки позволяют делать выводы и о палеоклимате и экологии диатомей на севере Европы. Результаты исследований Лосевой признаны в мировой науке. Она участвовала с докладами в разных совещаниях – республиканских, союзных, российских, международных. Выезжала в десять стран на международные симпозиумы: Венгрия, Чехословакия, Польша, Финляндия, Италия, Франция, Греция, США, Китай, Япония. Вела обширную переписку с зарубежными коллегами. Эмма Ивановна являлась членом Международного диатомового общества, Нью-Йоркской академии наук и действительным членом Уральской академии геологических наук. По материалам исследований Э.И. Лосевой лично и в соавторстве написано более 150 научных работ, опубликовано несколько монографий, в том числе три Атласа ископаемых диатомовых водорослей.

По своей природе Эмма Ивановна Лосева была человек-универсал, ее всегда отличало активное, творческое отношение к окружающему миру. Помимо основной научной работы, она с юности, будучи еще в комсомоле, а позднее в партийной и профсоюзной организациях, с головой окуналась в гущу общественной жизни коллектива. Это и участие в академическом хоре Коми филиала АН, и спортивной жизни филиала, это и увлечение настольным теннисом и шахматами (дважды была серебряным призером в республиканских соревнованиях), это и активное донорство. Многие годы Э. Лосева принимала деятельное участие в редколлегии журнала «Известия Коми филиала Всесоюзного географического общества» (ныне Русское географическое общество). Литературные произведения Э. Лосевой – очерки, воспоминания, стихи – регулярно публиковались в ежегодном литературном альманахе геологов, «Вестнике Института геологии». В жизни Эммы Ивановны был такой творческий период, когда она увлеклась живописью. Научные достижения, неутомимая целеустремленность, общественная деятельность, верность различным хобби вызывают глубокое уважение и восхищение личностью Э.И. Лосевой.

Э.И. Лосева награждена медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина», «Ветеран труда», Благодарственным письмом Главы Республики Коми, Почетным знаком «За безупречную службу Республике Коми». В нашей памяти Эмма Ивановна Лосева останется как прекрасный, интересный и разносторонний человек, увлеченный исследователь-геолог.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 1,5 печ.л.), оригинальные статьи (до 0,8 печ.л) и краткие сообщения (до 0,3 печ.л.) теоретического и экспериментального характера по проблемам естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, в том числе региональной направленности. Статьи должны отражать результаты законченных и методически правильно выполненных работ. К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни.

Направляя статью в наш журнал, Вы соглашаетесь с нашим **Положением о публикационной этике журнала** (на сайте журнала). Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, учитывая новизну, научную значимость и актуальность представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не рассматриваются.

Общие требования к оформлению рукописей

Статьи должны сопровождаться направлением научного учреждения, где была выполнена работа. В необходимых случаях должно быть приложено экспертное заключение. Организация, направляющая статью, как и автор(ы), несет ответственность за её научное содержание, достоверность и оригинальность приводимых данных. Изложение материала статьи должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть подписана всеми авторами (автором) с указанием (полностью) фамилии, имени, отчества, домашнего адреса, места работы, служебного и сотового телефонов и e-mail.

В редакцию подается рукопись статьи в двух экземплярах – на бумаге и на диске в редакторе WinWord под Windows. Математические статьи могут подаваться в редакторе TEX. Электронная и бумажная версии статьи должны быть идентичны. Электронный вариант рукописи может быть прислан по электронной почте на адрес редакционной коллегии: journal@presidium.komisc.ru. Текст должен быть набран на компьютере (шрифт Times New Roman, кегль 14) в одну колонку через 1,5 интервала на бумаге форматом А4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала должны быть не менее: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 25 мм. Количество иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должно превышать 5–7 шт., количество иллюстраций в кратких сообщениях – 2–3 шт.

Первая страница рукописи оформляется следующим образом: в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким (информированным) и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и города (для иностранных авторов – также страны). Ниже печатается электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал следует краткая аннотация (8–10 строк), в которой сжато и ясно описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова и словосочетания (не более 6–8). Далее идут инициалы и фамилии авторов, название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке. Английская аннотация объемом (до 2000 п.з. или 1 м.с.) для читателей, не владеющих русским языком, должна стать независимым источником информации (пересказом статьи). В тех случаях, когда текст статьи поделен на разделы, автор может подобным образом разделить и текст аннотации. Редколлегия проверяет качество английского текста и в одностороннем порядке вносит необходимые правки. Во избежание разночтений автор в отдельном файле представляет русский текст, по которому был произведен перевод расширенной аннотации.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение». Отдельно прилагаются подписуточные подписи (на русском и английском языках).

Во введении в максимально лаконичной форме должны быть изложены цель, существо и новизна рассматриваемой задачи с обязательным кратким анализом данных наиболее важных и близких по смыслу работ других авторов. Однако введение не должно быть обзором литературы. В разделе «Материал и методы» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Единицы измерения следует приводить в Международной системе единиц (СИ). Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывают только суть метода и дают обязательно ссылку на источник заимствования, а в случае модификации – указывают, в чем конкретно она заключается.

При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в аннотации), необходимо давать их полное наименование, и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. Сокращение проводить по ключевым буквам слов в русском написании. Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Все названия видов флоры и фауны при первом упоминании в тексте обязательно даются на латыни с указанием авторов.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

Таблицы должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Все результаты измерений должны быть обработаны и оценены с применением методов вариационной статистики. Таблицы нумеруются по мере упоминания в статье, каждой дается тематический заголовок (на русском и английском языках) и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9–10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подписанные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расписываются в подписанных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4–5 рix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль 9–10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

Математические символы, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

В тексте цитируемую литературу необходимо приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии с примером (см. ниже). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

После Списка литературы размещается References – Пристатейный список литературы в транслите (на латинице) и в квадратных скобках перевод названия статьи и журнала на английский язык. References повторяет в полном объеме, с той же нумерацией Список литературы на русском языке, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются как в Списке литературы, так и в References.

Список литературы и References оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

Список литературы:

1. Иванов И.И. Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 41. №4. С. 18–26.
2. Петров П.П. Название книги. М.: Наука, 2007. (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75).
3. Казаков К.К. Название диссертации: Дис. канд. биол. наук. М.: Название института, 2002. 164 с.

References:

1. Иванов И.И. Название статьи (транслитерация) [Перевод названия статьи на англ.яз.] // Название журнала (транслитерация) [Перевод названия журнала на англ.яз.]. Год. Том. Номер. Страницы.
2. Петров П.П. Название книги (транслитерация) [Перевод названия книги на англ.яз.]. Город: Издательство на англ.яз., год. Общее число страниц в книге (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75).
3. Казаков К.К. Название диссертации (транслит) [Перевод названия на англ.яз.]: Дис. канд. биол. наук. Город: Название института, год, страницы.

Например:

1. Ivanov I.I. Novye vidy vodjanyh kleshhei [New species of water mites] // Rossiiski zoologichskii jurnal [Russian J. of Zoology]. 2005. Vol.41. № 4. P. 18–26.

2. *Petrov P.P.* Elektrotehnichskie materialy [Electrotechnical materials]. Moscow: Nauka, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 p.) или конкретная страница (например, Р. 75.).
3. *Kazakov K.K.* Impedans elektrohimicheskoi yacheiki [Impedance of electrochemical cell]: Diss. ... Cand. Sci. (Biology). Moscow: Inst. of Political Reseach, 2002. 164 p.

При наличии большого количества авторов в списке литературы указываются все или четыре автора и др.

Для транслитерации списка литературы удобно использовать интернет-ресурс <http://translit.ru/>

При несоблюдении этих перечисленных правил статья не рассматривается редакционной коллегией, а возвращается авторам на доработку.

Все статьи проходят рецензирование и в случае необходимости возвращаются авторам на доработку. Рецензирование статьи закрытое. Возможно повторное и параллельное рецензирование. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактирования статьи. Статьи публикуются в порядке очередности, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а, следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегия не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 5–7 дней должен вернуть ее в редакционную коллегия или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и диски не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте**; нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;

- в числовых значениях десятичные разряды отделяются запятой;

- вставка символов **Symbol**.

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw, Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:

Ответственному секретарю редакционной коллегии
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Андрею Яковлевичу Полле

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,

Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 209

Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212) 24-17-46

E-mail: journal@frc.komisc.ru.

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ

Коми научного центра
Уральского отделения РАН

Вып. 2(30)

Выпуск подготовили:

Научный редактор д.б.н. М.В.Гецен
Помощник главного редактора к.и.н. А.В.Самарин
Редактор Т.В.Цветкова
Компьютерное макетирование Н.А.Сулейманова
Корректura английского перевода Т.А. Исакова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999.
Компьютерный набор. Подписано в печать 22.06.2017.
Формат бумаги 60x84¹/₈. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 14,5. Уч.-изд.л. 14. Тираж 300. Заказ № 14.
Свободная цена.

Подготовлено к изданию и отпечатано:
Редакционно-издательский отдел
Коми научного центра УрО РАН.
167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.

Адрес учредителя, издателя: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук.
167982, ГСП-2, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.