Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр УрО РАН»

Известия

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№1(37) **2019**

Главный редактор:

академик *А.М. Асхабов*

Редакционная коллегия:

д.г.-м.н. *А.И. Антошкина,* д.м.н. *Е.Р. Бойко,* д.э.н. *Н.М. Большаков,* 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,* д.и.н. *А.Е. Загребин,* д.и.н. *Е.Ф. Кринко,* чл.-корр. РАН *А.В. Кучин,* д.г.-м.н. *О.Б. Котова,* чл.-корр. РАН *В.Н. Лаженцев* (зам. главного редактора), д.г.-м.н. *Н.А. Малышев,* д.и.н. *В.И. Меньковский*, чл.-корр. РАН *А.А. Москалев,* д.и.н. *П.Ю. Павлов,* к.г.-м.н. *А.М. Плякин,* к.х.н. *А.Я. Полле* (отв. секретарь), чл.-корр. РАН *И.М. Рощевская,* 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. Чукреев,* д.б.н. *Е.В. Шамрикова,* д.г.-м.н. *В.С. Шатский,* д.б.н. *Д.Н. Шмаков*

Редакционный совет:

акад. *В.В. Алексеев,* чл.-корр. РАН *В.Н. Анфилогов,* д.и.н. *Е.Т. Артемов,* чл.-корр. РАН *А.А. Барях,* акад. *В.И. Бердышев,* акад. *В.Н. Большаков,* проф. *Т.М. Бречко,* акад. *Л.А.Вайсберг,* акад. *А.Д. Гвишиани,* д.э.н. *В.А. Ильин,* акад. *В.А. Коротеев,* чл.-корр. РАН *С.В. Кривовичев,* к.т.н. *Н.А. Манов,* чл.-корр. РАН *Ю.Б. Марин,* акад. *В.П. Матвеенко,* акад. *Г.А. Месяц,* чл.-корр. РАН *Е.В. Пименов,* чл.-корр. РАН *В.Н. Пучков,* проф. *Д. Росина,* акад. *М.П. Рощевский,* д.и.н. *Э.А. Савельева,* чл.-корр. РАН *А.Ф. Титов,* д.и.н. *И. Фодор,* акад. *В.Н. Чарушин,* д.т.н. *Н.Д. Цхадая*

Адрес редакции:

167982, Республика Коми, Сыктывкар, ул.Коммунистическая, 24
Коми научный центр УрО РАН, каб. 317.
Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212) 24-22-64
E-mail: *journal@frc.komisc.ru*
www.izvestia.komisc.ru

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 52047

ISSN 1994-5655

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий ВАК

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

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр УрО РАН», 2019

Science Journal

Founded in 2010
Published 4 times a year

Established by
Federal State Budgetary
Institution of Science
Federal Research Centre
«Komi Science Centre, Ural Branch, RAS»

PROCEEDINGS

OF THE KOMI SCIENCE CENTRE URAL BRANCH RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

№1(37) **2019**

Editor-in-chief:

academician *A.M. Askhabov*

Editorial Board:

Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) *A.I.Antoshkina*, Dr. Sci. (Med.) *E.R.Boyko*,
Dr. Sci. (Econ.) *N.M.Bolshakov*, 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*, Dr. Sci. (Hist.) *A.E.Zagrebin*, Dr. Sci. (Hist.) *E.F.Krinko*,
RAS corresp. member *A.V.Kuchin*, Dr. Sci (Geol.&Mineral.) *O.B.Kotova*,
RAS corresp. member *V.N.Lazhentsev* (Deputy Chief Editor),
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) *N.A.Malyshev*, Dr. Sci. (Hist.) *V.I.Men'kovsky*,
RAS corresp. member *A.A.Moskalev*, Dr. Sci. (Hist.) *P.Yu.Pavlov*,
Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) *A.M.Plyakin*,
Cand. Sci. (Chem.) *A.Ya.Polle* (Executive Secretary),
RAS corresp. member *I.M.Roshchevskaya*, Dr. Sci. (Chem.) *S.A.Rubtsova*,
Cand. Sci. (Hist.) *A.V.Samarin* (Assistant Editor-in-Chief), Dr. Sci. (Philol.) *G.V.Fedyuneva*,
Dr. Sci. (Tech.) *Yu.Ya.Chukreev*, Dr. Sci. (Biol.) *E.V.Shamrikova*,
Dr. Sci. (Geol.&Mineral.) *V.S.Shatsky*, Dr. Sci. (Biol.) *D.N.Shmakov*

Editorial Council:

acad. *V.V.Alekseev*, RAS corresp. member *V.N.Anfilogov*, Dr. Sci. (Hist.) *E.T.Artemov*,
RAS corresp. member *A.A.Baryakh*, acad. *V.I.Berdyshev*, acad. *V.N.Bolshakov*,
Prof. *T.M.Brechko*, acad. *L.A.Vaisberg*, acad. *A.D.Gvishiani*, Dr. Sci. (Econ.) *V.A.Ilyin*,
acad. *V.A.Koroteev*, RAS corresp. member *S.V.Krivovichev*, Cand. Sci. (Tech.) *N.A.Manov*,
RAS corresp. member *Yu.B.Marin*, acad. *V.P.Matveenko*, acad. *G.A.Mesyats*,
RAS corresp. member *E.V.Pimenov*, RAS corresp. member *V.N.Puchkov*,
Prof. *D.Rosina*, acad. *M.P.Roshchevsky*, Dr. Sci. (Hist.) *E.A.Savelyeva*,
RAS corresp. member *A.F.Titov*, Dr. Sci. (Hist.) *I.Fodor*,
acad. *V.N.Charushin*, Dr. Sci. (Tech.) *N.D.Tskhadaya*

Editorial Office:

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

The "Russian Post" catalogue subscription index 52047

ISSN 1994-5655

The journal is included in the list of peer-reviewed scientific publications of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation

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 January, 2007.

© Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Centre "Komi Science Centre, Ural Branch, RAS", 2019

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Н.А. Громов, И.В. Костяков, В.В. Куратов. Квантовая кулоновская частица на плоскости Миковского. 5
В.Ф. Соколов. Моделирование адаптивной субоптимальной стабилизации дискретного минимально-фазового объекта с неопределенностью в канале выхода 9
А.Е. Мингалева, О.В. Петрова, С.В. Некипелов, А.М. Объедков, Б.С. Каверин, В.Н. Сивков. Исследование композитов МУНТ/(пиролитический металл) 12

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

О.Н. Кононова, Б.Ю. Тетерюк, М.А. Батурина, Е.Б. Фефилова. Особенности распределения зоопланктона в зарастающем малом водохранилище 16
В.Н. Шубина, Н.П. Соколова. Зообентос литоральной зоны карстового озера Большое Параськино – памятника природы (Республика Коми) 26
А.А. Колесникова, С.В. Дёгтева. Изменение структуры мезофауны почв Северного Урала по градиенту высотной поясности (на примере горы Койп) 33
И.А. Лиханова, В.А. Ковалева, Ю.В. Холопов. Создание искусственных фитоценозов на песчаных грунтах предтундровых редколесий 49
Л.Г. Мартынов. Цветение и плодоношение древесных растений, интродуцированных в условиях таежной зоны (на примере Ботанического сада Института биологии Коми научного центра) 56
Е.А. Лебедева. Разнонаправленные эффекты уабаина на автоматизм клеток синоаурикулярной области у мыши, морской свинки и кролика 64

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.И. Каткова, Т.П. Митюшева, Б.Ю. Тетерюк. Особенности минерализации рдестов реки Вымь (Республика Коми) 69
В.В. Удоратин, А.Ш. Магомедова, Ю.Е. Езимова. Локальная радоновая аномалия в зоне Вычегодско-Локчимского разлома 76

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.И. Сподина. Некоторые аспекты традиционных представлений, связанные с рукой, у обских угров и самодийцев: от обыденного к сакральному 83
Т.И. Чудова. Традиционная система питания верхневычегодских коми в первой половине XX века. 93
Т.Е. Гревцова. Фольклор казаков-некрасовцев о Великой Отечественной войне: традиции и новации 102
Д.В. Иванчук. Проблема ликвидации «неперспективных» деревень в публицистическом отражении авторов «деревенской прозы» 112
Е.Т. Артёмов. Кадровые мобилизации в «социалистической системе хозяйствования»: случай атомного проекта 120

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Н.А. Секушин. Математическая эквивалентность моделей Максвелла и Войта 127
Л.Ю. Назарова, Ю.И. Рябков, Н.В. Грищенко. Особенности состава магнезиальных вяжущих и структуры цементов, полученных на основе доломитов Тимана и модельной системы MgO-$MgCl_2$-H_2O 135

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

Международная научная конференция «Фольклор и фольклорно-литературные связи в современных исследованиях» (обзор) 144

ЮБИЛЕИ

..... 148

CONTENTS

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

N.A. Gromov, I.V. Kostyakov, V.V. Kuratov. Quantun Coulomb particle on Minkowski plane..... 5
V.F. Sokolov. Adaptive suboptimal stabilization of discrete-time minimum-phase plant under output uncertainty..... 9
A.E. Mingaleva, O.V. Petrova, S.V. Nekipelov, A.M. Obiedkov, B.S. Kaverin, V.N. Sivkov. The study of MWGNT/(pyrolityc metal) composites.....12

BIOLOGICAL SCIENCES

O.N. Kononova, B.Yu. Teteryuk, M.A. Baturina, E.B. Fefilova. Peculiarities of distribution of zooplankton in the overgrowing small reservoir 16
V.N. Shubina, N.P. Sokolova. Zoobenthos of littoral zone of natural monument – karst lake Bolshoe Paraskino (Komi Republic) 26
A.A. Kolesnikova, S.V. Degteva. Changing the macrofauna structure of soils of the Northern Urals in the altitudinal zonal gradient (on example of Koip mountain).....33
I.A. Likhanova, V.A. Kovaleva, Yu.V. Kholopov. Formation of artificial phytocenoses on sandy soils of pre-tundra woodlands 49
L.G. Martynov. Flowering and fruiting of woody plants introduced in the taiga zone (on the example of the Botanical garden of the Institute of Biology, Komi Science Centre).....56
E.A. Lebedeva. Multidirectional effects of ouabain on automaticity of cells in sinoauricular area in mouse, guinea pig and rabbit 64

GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES

V.I. Katkova, T.P. Mityusheva, B.Yu. Teteryuk. Peculiarities of mineralization of the potamogetonáceae family of the river Vym (Komi Republic) 69
V.V. Udoratin, A.Sh. Magomedova, Yu.E. Ezimova. Local radon anomaly in the Vychegda-Lokchim fault zone 76

HISTORICAL AND PHILOLOGICAL SCIENCES

V.I. Spodina. Some aspects of traditional ideas associated with the hand in the Ob Ugrians and Samoyeds: from the ordinary to the sacred.....83
T.I. Chudova. Traditional nutrition system of the Upper Vychegda Komi in the first half of the XX century.....93
T.E. Grevtsova. The folklore of Nekrasov Cossacks about the Great Patriotic War: traditions and innovations..... 102
D.V. Ivanchuk. The problem of liquidation of “unpromising” villages in the journalistic reflection of the authors of “village prose” 112
E.T. Artemov. Personnel mobilization in the “socialist economic system”: nuclear project case... 120

TECHNICAL SCIENCES

N.A. Sekushin. Mathematical equivalence of Maxwell and Voigt models 127
L.Yu. Nazarova, Yu.I. Ryabkov, N.V. Grishchenko. Characteristics of the composition of magnesia binders and the structure of the cements obtained on the basis of the Timan dolomites and the model system MgO-$MgCl_2$-H_2O 135

SCIENCE NEWS

International scientific conference "Folklore and folklore-literary relations in modern research (review) 144

ANNIVERSARIES

ANNIVERSARIES.....148

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 530.1, 514.84
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-5-8

Н. А. ГРОМОВ, И. В. КОСТЯКОВ, В. В. КУРАТОВ

КВАНТОВАЯ КУЛОНОВСКАЯ ЧАСТИЦА НА ПЛОСКОСТИ МИНКОВСКОГО

Физико-математический институт ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

gromov@ipm.komisc.ru
kostyakov@ipm.komisc.ru
kuratov@ipm.komisc.ru

Аннотация

Рассмотрена задача о поведении нерелятивистской кулоновской квантовой частицы, у которой собственное пространство представляет собой плоскость Минковского с индефинитной метрикой. В отличие от стандартной задачи с евклидовой плоскостью, у кулоновской частицы, помимо дискретного спектра, имеются неустойчивые состояния, описывающие падение частицы на изотропные прямые, разделяющие области с положительной и отрицательной метрикой.

Ключевые слова:
плоскость Минковского, уравнение Шредингера, кулоновская частица

Abstract

The problem of Coulomb nonrelativistic quantum particle on Minkowski plane is discussed. The corresponding Schrödinger equation for eigenstates is obtained with the help of Beltrami-Laplas operator of pseudoeuclidean plane. The infinitely high potential barriers are placed on isotropic lines. In contrast to the standard problem on euclidean plane, where there is only continuous energy spectrum, in the case of Minkowski plane there are unstable states which describe particle collapse onto isotropic line cone.

Keywords:
Minkowski plane, Schrödinger equation, Coulomb particle

N. A. GROMOV, I. V. KOSTYAKOV, V. V. KURATOV

QUANTUM COULOMB PARTICLE ON MINKOWSKI PLANE

Institute of Physics and Mathematics, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar

Введение

Прогресс в нанофизике привел к созданию новых гиперболических метаматериалов, которые демонстрируют свойства металла в одном направлении и ведут себя подобно диэлектрику в ортогональном направлении [1–3]. Это стимулируют теоретические исследования поведения частиц в пространствах с нетрадиционной метрикой. В частности, в работе [4] рассмотрена простейшая задача об уровнях энергии нерелятивистской квантовой частицы, у которой собственное пространство представляет собой плоскость Минковского. В отличие от стандартной задачи с евклидовой плоскостью, где частица имеет только непрерывный спектр, в случае плоскости Минковского у нее дополнительно появляются дискретные уровни энергии. Аналогично у кулоновской частицы имеются неустойчивые состояния, описывающие падение частицы на изотропные прямые, образующие метрический конус.

Кулоновская частица на плоскости Минковского

Плоскость Минковского – двумерное пространство нулевой кривизны с псевдоевклидовой метрикой $s^2 = x_1^2 - x_2^2$ в декартовых координатах. Декартовы и полярные координаты в областях I $(x_1^2 - x_2^2 > 0,\ x_1 > 0)$ и II $(x_1^2 - x_2^2 > 0,\ x_1 < 0)$ связаны формулами (см. рисунок)

$$\begin{cases} x_1 = \pm r \operatorname{ch}\varphi \\ x_2 = \pm r \operatorname{sh}\varphi \end{cases} \qquad \begin{cases} r = \sqrt{x_1^2 - x_2^2} > 0, \\ \operatorname{th}\varphi = x_2/x_1, \end{cases} \tag{1}$$

где $r \in [0, \infty)$, $\varphi \in \mathbf{R}$.

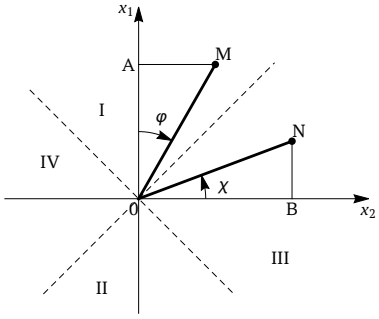


Рис.1. Полярные координаты $\{r, \varphi\}$ точки M и координаты $\{\rho, \chi\}$ точки N на плоскости Минковского. OM=r, ON=ρ.

Fig.1. Polar coordinate $\{r, \varphi\}$ of point M and coordinate $\{\rho, \chi\}$ of point N on Minkowski plane.

В области I уравнение Шредингера с потенциалом $U(r) = -\frac{\alpha}{r}$ в полярных координатах имеет вид

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} - \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}\right)\Psi(r,\varphi) +$$

$$+U(r)\Psi(r,\varphi) = E\Psi(r,\varphi). \qquad (2)$$

Если ввести оператор импульса $\hat{L} = -i\hbar\frac{\partial}{\partial\varphi}$, то это уравнение можно записать следующим образом

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\hat{L}^2}{\hbar^2 r^2}\right)\Psi(r,\varphi) +$$

$$+U(r)\Psi(r,\varphi) = E\Psi(r,\varphi). \qquad (3)$$

Его решение, отвечающее вещественному собственному числу M эрмитового оператора углового момента

$$\hat{L}\Phi(\varphi) = M\Phi(\varphi),\ M \in \mathbb{R}, \qquad (4)$$

ищем в виде

$$\Psi(r,\varphi) = \frac{u(r)}{\sqrt{r}}\Phi(\varphi). \qquad (5)$$

Тогда из (3) для функции $u(r)$ получаем уравнение

$$u''(r) + \left(\frac{2mE}{\hbar^2} + \frac{M^2 + \frac{1}{4}}{r^2} + \frac{2m\alpha}{\hbar^2 r}\right)u(r) = 0. \qquad (6)$$

Таким образом, задача свелась к одномерному уравнению Шредингера с эффективным потенциалом

$$U_{eff}(r) = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{M^2 + \frac{1}{4}}{r^2} - \frac{\alpha}{r}. \qquad (7)$$

Она возникает в релятивистских уравнениях для кулоновского поля и разобрана, например, в работах [5, 7].

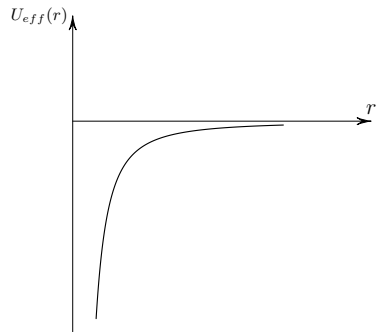


Рис.2. Эффективный потенциал кулоновской частицы на плоскости Минковского.

Fig.2. Effective potential of Coulomb particle on Minkowski plane.

При малых r волновая функция u ведет себя как

$$u(r) \sim \sqrt{r}\sin(M\ln r + \gamma), \qquad (8)$$

поскольку в этом случае уравнение принимает вид

$$u''(r) + \frac{M^2 + \frac{1}{4}}{r^2}\,u(r) = 0 \qquad (9)$$

с решениями в виде суперпозиции решений $r^{\frac{1}{2}+iM}$ и $r^{\frac{1}{2}-iM}$, где γ есть фаза отражения от сингулярного конуса $r = 0$. Если γ комплексное число, то в обычной одномерной задаче это означает наличие поглощения в точке $r = 0$ [5], а в нашей задаче может соответствовать прохождению частицы через изотропные прямые в области III, IV на рис. 1.

Дискретный спектр возможен при отрицательных значениях энергии E. Удобно ввести единицу длины $r_0 = \frac{\hbar}{2\sqrt{-2mE}}$, параметр $g = \frac{m\alpha}{\hbar\sqrt{-2mE}}$ и безразмерную переменную $z = \frac{r}{r_0}$. Тогда уравнение (6) запишется в виде

$$u''(z) + \left(\frac{M^2 + \frac{1}{4}}{z^2} + \frac{g}{z} - \frac{1}{4}\right)u(z) = 0. \qquad (10)$$

При больших z убывающее на бесконечности решение асимптотически ведет себя как экспонента $u(z) \sim \mathrm{e}^{-\frac{z}{2}}$. Поэтому можно искать решение уравнения (10) в виде

$$u(z) = z^{\frac{1}{2}+iM}\mathrm{e}^{-\frac{z}{2}}f(z). \qquad (11)$$

Тогда для функции $f(z)$ получаем уравнение

$$zf'' + (2iM + 1 - z)\,f' - \left(g + \frac{1}{2} + iM\right)f = 0. \qquad (12)$$

Его базисными решениями будут вырожденные гипергеометрические функции [6]

$$f_1(z) = F(a,c,z) = 1 + \frac{a}{c}\frac{z}{1!} + \frac{a(a+1)}{c(c+1)}\frac{z^2}{2!} + \ldots,$$

$$f_2(z) = \Phi(a,c,z) = z^{1-c}F(a-c+1, 2-c, z), \qquad (13)$$

где $c = 1 + 2iM$, $a = iM + \frac{1}{2} - g$.

Имеем три типа решений уравнения (10)

$$u_1 = C_1\mathrm{e}^{-\frac{z}{2}}\sqrt{z}\,z^{iM}F\left(iM + \frac{1}{2} - g, 2iM + 1, z\right),$$

$$u_2 = C_2 \mathrm{e}^{-\frac{z}{2}} \sqrt{z}\, z^{-iM} F\left(\frac{1}{2} - iM - g, 1 - 2iM, z\right),$$

$$u(z) = C_1 u_1 + C_2 u_2 = C\left(u_1 - \mathrm{e}^{-2i\gamma} u_2\right). \quad (14)$$

Рассмотрим первое решение. Чтобы функция $u_1(z)$ стремилась к нулю при больших z, нужно, чтобы ряд (13) обрывался. Это возможно при $a = -n,\ n = 0, 1, 2\ldots$, тогда собственные значения

$$E(n, M) = -\frac{m\alpha^2}{2\hbar^2\left(n + iM + \frac{1}{2}\right)^2}, \quad (15)$$

а волновая функция

$$\Psi_1(z, \varphi) = C_1 \mathrm{e}^{-\frac{z}{2}}\, z^{iM} F\left(-n, 2iM + 1, z\right) \mathrm{e}^{iM\varphi}. \quad (16)$$

При вещественных $M \neq 0$ имеем неустойчивые распадные состояния, излучающие в сингулярный центр по интерпретации работы [8]. В нашем случае это соответствует поглощению изотропным конусом или прохождению из области I в области III, IV на рис. 1. При $M = 0$ получаем синглетные состояния с дискретным спектром, такие же, как на евклидовой плоскости при $M = 0$, что совершенно естественно, так как в этих случаях частица движется только в радиальном направлении. Однако, поскольку уравнение (2) инвариантно относительно замены $r \to -r$, то частица переходит из области I в область II на рис. 1, в отличие от евклидовой плоскости, где она поглощается центром.

Нетрудно заметить, что первое и второе решения (14) связаны простой заменой $M \leftrightarrow -M$, поэтому второе решение – это просто комплексное сопряжение первого $u_2(z) = u_1^*(z)$.

Рассмотрим последнее решение $u(z)$, представленное в виде суперпозиции первых двух (14). Теперь уже одновременно оборвать ряд у $u_1(z)$ и у $u_2(z)$ не удается. Посмотрим, как ведет себя это решение при больших и малых значениях аргумента. Когда аргумент z стремится к нулю, волновая функция ведет себя как [5]

$$u \sim \sqrt{z}\left(z^{iM} - \mathrm{e}^{-2i\gamma} z^{-iM}\right) \sim \sqrt{z}\sin(M\ln z + \gamma) \sim$$
$$\sim \sqrt{r}\sin(M\ln r + \gamma - M\ln r_0). \quad (17)$$

Фаза $\alpha = \gamma - M\ln r_0$ зависит от энергии $\alpha = \alpha(E)$ и можно воспользоваться условием квантования [5]

$$\alpha(E_n) - \alpha(E_0) = \pi n. \quad (18)$$

Асимптотика функции $u_1(z)$ и $u_2(z)$ при $z \to \infty$ имеет вид [6]

$$u_1(z) \sim \mathrm{e}^{\frac{z}{2}}\, z^{-g} \frac{\Gamma(1 + 2iM)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + iM - g\right)},$$

$$u_2(z) \sim \mathrm{e}^{\frac{z}{2}}\, z^{-g} \frac{\Gamma(1 - 2iM)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - iM - g\right)}, \quad (19)$$

тогда решение $u(z)$ на бесконечности ведет себя как

$$u(r) \sim u_1(r) - \mathrm{e}^{-2i\gamma} u_2(r) \sim$$
$$\sim \mathrm{e}^{\frac{z}{2}}\, z^{-g}\left(\frac{\Gamma(1 + 2iM)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + iM - g\right)} - \right.$$
$$\left. -\mathrm{e}^{-2i\gamma} \frac{\Gamma(1 - 2iM)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - iM - g\right)}\right). \quad (20)$$

Чтобы оно стремилось к нулю, нужно потребовать, как и в работе [5],

$$\frac{\Gamma(1 + 2iM)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + iM - g\right)} = \mathrm{e}^{-2i\gamma} \frac{\Gamma(1 - 2iM)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - iM - g\right)}. \quad (21)$$

Условие квантования (18) примет вид

$$\gamma(E_n) - M\ln r_0(E_n) =$$
$$= \gamma(E_0) - M\ln r_0(E_0) + \pi n \quad (22)$$

или

$$f(E_n) = f(E_0) + \pi n, \quad (23)$$

где

$$f(E) = -M\ln g(E) + \arg\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2} - g(E) + iM\right)}{\Gamma(1 + 2iM)}. \quad (24)$$

При больших отрицательных значениях энергии (т.е. при малых r) и $M \neq 0$ функция $f(E) \approx -M\ln g(E)$. Тогда для уровней энергии получаем, как и в работе [5], формулу

$$E_n = E_0 \mathrm{e}^{\frac{2\pi n}{M}}, \quad (25)$$

совпадающую с уровнями энергии для свободной частицы [4]. Действительно, в этом случае эффективный потенциал приблизительно равен

$$U_{\text{eff}}(r) \approx -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{M^2 + \frac{1}{4}}{r^2}, \quad (26)$$

т.е. определяется только орбитальными силами. В работе [9] такие решения названы "режимом падения на горизонт событий".

Для стремящихся к нулю отрицательных энергий (больших значений r и $g(E)$) функция $f(E) \approx -\pi g(E)$ и уровни энергии даются формулой

$$E_n = -\frac{m\alpha^2}{2\hbar^2\left(n + g_0\right)^2}, \quad n = 0, 1, 2, \ldots \quad (27)$$

При $g_0 = \frac{1}{2}$ получаем формулу, описывающую уровни энергии кулоновской частицы на евклидовой плоскости. Таким образом, при удалении от изотропного конуса происходит сгущение уровней, точно так же, как и в обычном кулоновском потенциале при удалении от притягивающего центра. Действительно, в обоих случаях в этой области энергий ведущим является как раз кулоновский потенциал. Поскольку при больших значениях $g(E)$ квантовые числа n тоже большие ($n \gg g_0$), то для уровней энергии в этой области приблизительно можно записать

$$E_n = -\frac{m\alpha^2}{2\hbar^2 n^2}. \quad (28)$$

Эффективный кулоновский потенциал [10] на евклидовой плоскости (рис. 3)

$$U_{\text{eff}}(r) = -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\frac{1}{4} - M^2}{r^2} - \frac{\alpha}{r}, \quad (29)$$

только знаком при M^2 отличается от потенциала (7) на плоскости Минковского (рис. 2).

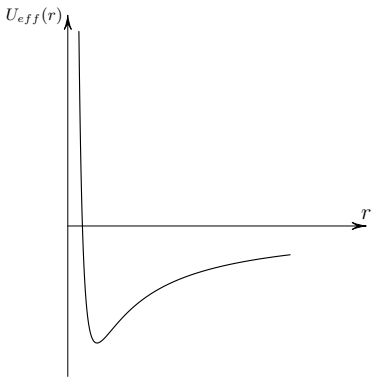


Рис.3. Эффективный потенциал кулоновской частицы на евклидовой плоскости.

Fig.3. Effective potential of Coulomb particle on Euclidean plane.

Подобный эффект изменения знака возникает в релятивистских уравнениях Дирака и Клейна-Гордона для кулоновского потенциала [9], где для частиц с зарядом Z меньше некоторого критического заряда $Z < Z_{\text{кр}}$ реализуется евклидов случай, а для частиц с зарядом больше критического $Z > Z_{\text{кр}}$ – случай плоскости Минковского.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 18-1-1-7.

Литература

1. *Ремнев М.А., Климов В.В.* Метаповерхности: новый взгляд на уравнения Максвелла и новые методы управления светом // Успехи физических наук. 2018. Т. 188. №2. С. 169–205.
2. *Smolyaninov I.I.* Modelling of causality with metamaterials // J. Optics. 2013. Vol. 15. No. 2. 025101; arXiv:1210.5628.
3. *Smolyaninov I.I.* Hyperbolic metamaterials; arXiv:1510.07137.
4. *Громов Н.А., Куратов В.В.* Квантовая частица на плоскости Минковского // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 3(35). С. 5–7.
5. *Переломов А.М., Попов В.С.* "Падение на центр" в квантовой механике // Теоретическая и математическая физика. 1970. Т. 4. № 1. С. 48–65.
6. *Бейтмен Г., Эрдейи А.* Высшие трансцендентные функции. Т. 1. М.: Мир, 1973.
7. *Gitman D.M., Tyutin I.V., Voronov B.L.* Self-Adjoint Extensions in Quantum Mechanics: General Theory and Applications to Schrödinger and Dirac Equations with Singular Potentials // Progress in Mathematical Physics. Vol. 62, Birkhäuser, New York, 2012. 511 p.
8. *Шабад А.Е.* Сингулярный центр как негравитационная черная дыра // Теоретическая и математическая физика. 2014. Т. 181. №3. С. 603–613.
9. *Горбатенко М.В., Незнамов В.П., Попов Е.Ю.* Некоторые аспекты квантовой механики движения частиц в статических центрально–симметричных гравитационных полях // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Теоретическая и прикладная физика. 2015. №2. С. 21–31.
10. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Квантовая механика. Нерелятивистская теория. (Серия: "Теоретическая физика". Т. III). М.: Наука, 1974. 752 с.

References

1. *Remnev M.A., Klimov V.V.* Metapoverhnosti: novyiy vzglyad na uravneniya Maksvella i novyie metodyi upravleniya svetom [Metasurfaces: a new look at Maxwell's equations and new ways of light control] // Uspekhi Fizicheskikh Nauk [Advances in Physics]. 2018. Vol. 188. №2. P. 169–205.
2. *Smolyaninov I.I.* Modelling of causality with metamaterials // J. Optics. 2013. Vol. 15. № 2. 025101; arXiv:1210.5628.
3. *Smolyaninov I.I.* Hyperbolic metamaterials; arXiv:1510.07137.
4. *Gromov N.A., Kuratov V.V.* Quantum particle on Minkowski plane // Proc. of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2018. № 3(35). P. 5–7.
5. *Perelomov A.M., Popov V.S.* "Padenie na tsentr" v kvantovoy mehanike [Collapse onto scattering centre in quantum mechanics] // Teor. matem. fizika [Theor. mathem. phys.]. 1970. Vol. 4. № 1. P. 48–65.
6. *Betemmen G., Erdei A.* Vysshiye transtsendentnyye funktsii [Higher transcendental functions]. Vol. 1. Moscow: Mir, 1973.
7. *Gitman D.M., Tyutin I.V., Voronov B.L.* Self-Adjoint Extensions in Quantum Mechanics: General Theory and Applications to Schrödinger and Dirac Equations with Singular Potentials // Progress in Mathematical Physics. Vol. 62, Birkhäuser, New York, 2012. 511 p.
8. *Shabad A.E.* Singulyarniy tsentr kak negravitatsionnaya chernaya dyra [Singular center as non-gravitational black hole] // Theoretical and mathematical physics. 2014. Vol. 181. №3. P. 603–613.
9. *Gorbatenko M.V.. Neznamov V.P.. Popov E.Yu.* Nekotoryye aspekty kvantovoy mekhaniki dvizheniya chastits v staticheskikh tsentralno–simmetrichnykh gravitatsionnykh polyakh [Some aspects of quantum mechanics of particle motion in static central-symmetric gravitational fields] // Problems of atomic science and technology. Series: Theoretical and applied physics. 2015. №2. P. 21–31.
10. *Landau L.D., Lifshitz E.M.* Kvantovaya mehanika. Nerelyativistskaya teoriya (Series: Theoreticcal physics. Vol. 3) [Quantum mechanics. Nonrelativistic theory]. (Series: "Theoretical physics"). Vol. 3. Moscow: Nauka, 1974. 752 p.

Статья поступила в редакцию 30.01.2019.

УДК 517.977 + 62-50
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-9-11

В.Ф. СОКОЛОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СУБОПТИМАЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОГО МИНИМАЛЬНО-ФАЗОВОГО ОБЪЕКТА С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ В КАНАЛЕ ВЫХОДА

Физико-математический институт ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

sokolov@ipm.komisc.ru

Аннотация

Рассматривается задача оптимальной стабилизации дискретного минимально-фазового объекта с неизвестными параметрами и неизвестными уровнями ограниченного внешнего возмущения и неопределенности в канале выхода. Минимизация наихудшего по возмущениям верхнего предела модуля выхода объекта достигается с помощью использования показателя качества задачи управления как идентификационного критерия и оптимального множественного онлайн оценивания всех неизвестных параметров. Благодаря дробно-линейной зависимости показателя качества от уровней внешнего возмущения и неопределенности оптимальная онлайн идентификация неизвестных параметров сводится к задачам линейного программирования. Приводятся результаты моделирования адаптивного субоптимального управления для алгоритмов множественного оценивания с различным объемом памяти.

Ключевые слова:
адаптивное управление, оптимальное управление, робастное управление, ограниченное возмущение, множественное оценивание

V.F. SOKOLOV

ADAPTIVE SUBOPTIMAL STABILIZATION OF DISCRETE-TIME MINIMUM-PHASE PLANT UNDER OUTPUT UNCERTAINTY

Institute of Physics and Mathematics, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar

Abstract

The problem of optimal stabilization of discrete-time minimum-phase plant with unknown parameters and unknown bounds on external disturbance and output uncertainty is considered. Minimization of the worst-case output in steady-state is based on treating the control criterion as the identification criterion and optimal set-membership estimation in closed-loop. Optimal estimation is reduced to linear programs due to the fact that the control criterion is linear-fractional in the upper bounds on the external disturbance and the uncertainty. Simulations of adaptive suboptimal control are presented for set-membership estimation algorithms of different memory.

Keywords:
adaptive control, optimal control, robust control, bounded disturbance, set-membership estimation

Введение

В работе [1] предложен алгоритм конусного оценивания для адаптивной оптимальной стабилизации дискретного минимально-фазового объекта с ограниченным внешним возмущением и неопределенностью в канале выхода. Возможность использования для решения этой задачи множественных оценок минимальной сложности (в виде линейных неравенств, число которых равно числу оцениваемых параметров) следует из дробно-рациональной зависимости показателя качества от верхних границ внешнего возмущения и неопределенности. В данной работе для улучшения переходных процессов в адаптивной системе предложено обобщение конусного алгоритма, в котором используются множественные оценки с произвольным, заранее выбранным числом запоминаемых неравенств, и приводятся результаты моделирования задачи адаптивной оптимальной стабилизации.

1. Задача оптимальной стабилизации

Объект управления описывается моделью

$$a(q^{-1})y_{t+1} = b(q^{-1})u_t + v_{t+1}\,,\ t = 0, 1, 2, \dots\,, \tag{1}$$

где $y_t, u_t, v_t \in \mathbb{R}$ – выход объекта, управление и суммарное возмущение в момент времени t, q^{-1} – оператор сдвига назад ($q^{-1}x_t := x_{t-1}$) и $a(\lambda) = 1+a_1\lambda+\ldots+a_n\lambda^n\,, b(\lambda) = b_1+b_2\lambda+\ldots+b_m\lambda^{m-1}$. Неизвестное суммарное возмущение v_t удовлетворяет ограничению

$$|v_t| \leqslant \delta_w + \delta_y p_y(t)\,, \quad p_y(t) := \max_{t-\mu\leqslant s<t} |y_s|\,, \tag{2}$$

где $\delta_w \geqslant 0$ – неизвестная верхняя граница внешнего возмущения, $\delta_y \geqslant 0$ – неизвестная верхняя граница (коэффициент усиления) нормированной неопределенности p_y в канале выхода. Память неопределенности $\mu \in \mathbb{N}$ выбирается конструктором на основе доступной априорной информации об объекте управления.

Для модели с известными полиномами $a(\lambda)$ и $b(\lambda)$ и любыми начальными значениями $y_0, \dots, y_{-n+1},\ u_0, \dots, u_{-m+1}$ неупреждающий регулятор

$$b(q^{-1})u_t = (a(q^{-1}) - 1)y_{t+1} \tag{3}$$

обеспечивает равенство $y_{t+1} = v_{t+1}$ и тем самым гарантирует минимизацию показателя качества

$$J_\mu(\delta_y, \delta_w) := \sup_v \limsup_{t\to+\infty} |y_t|\,,$$

где супремум берется по всем возмущениям v, удовлетворяющим ограничению (2). Точная верхняя оценка показателя J_μ при $\mu \to +\infty$ имеет вид [1]

$$J_\mu(\delta_y, \delta_w) \nearrow \frac{\delta_w}{1-\delta_y}\ \ (\mu \to +\infty)\,,\ \delta_y < 1\,, \tag{4}$$

где $\nearrow$ означает монотонную сходимость снизу. Верхняя оценка (4) характеризует качество стабилизации для объекта с известными полиномами $a(\lambda), b(\lambda)$.

Априорная информация об объекте управления состоит из предположений **A1, A2**:

A1. Неизвестный столбец коэффициентов $\xi := (a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_m)^T$ принадлежит известному ограниченному многограннику Ξ:

$$\xi \in \Xi = \{\ \hat\xi \mid P\hat\xi \geqslant p\ \} \subset \mathbb{R}^{n+m}\,,\ P \in \mathbb{R}^{l\times(n+m)}\,,$$

$b_1 \neq 0$ и корни полинома $b(\lambda)$ лежат вне замкнутого единичного круга $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| \leqslant 1\}$ для любого $\xi \in \Xi$.

A2. Известна верхняя граница $\bar\delta_y < 1$ неизвестного коэффициента усиления δ_y :

$$0 \leqslant \delta_y \leqslant \bar\delta_y < 1\,.$$

Задача. Для модели (1) с априорной информацией **A1,A2** требуется построить обратную связь, гарантирующую с наперед заданной точностью неравенство

$$\limsup_{t\to+\infty} |y_t| \leqslant J(\delta_y, \delta_w) := \frac{\delta_w}{1-\delta_y} \tag{5}$$

при любых начальных данных и любых возмущениях v, удовлетворяющих ограничению (2).

Поставленная задача является задачей *адаптивной субоптимальной стабилизации с показателем качества* $J(\delta_y, \delta_w)$.

2. Адаптивная субоптимальная стабилизация

Сложность поставленной оптимальной задачи заключается в неидентифицируемости вектора коэффициентов ξ. Для решения задачи будут использованы множественные оценки вектора всех неизвестных параметров $\theta = (\xi^T, \delta_y, \delta_w)^T \in \Theta \subset \mathbb{R}^{n_\theta}\,, n_\theta = n+m+2$, где Θ – априорное множество допустимых значений вектора θ, $\Theta := \{\hat\theta = (\hat\xi^T, \hat\delta_y, \hat\delta_w)^T \big| P\hat\xi \geqslant p\,, \bar\delta_y \geqslant \hat\delta_y \geqslant 0\,, \hat\delta_w \geqslant 0\}$. Описание модели в виде уравнения (1) и ограничения (2) эквивалентно системе неравенств

$$|a(q^{-1})y_t - q^{-1}b(q^{-1})u_t| \leqslant \delta_w + \delta_y p_y(t)\,, \tag{6}$$

несущих информацию о неизвестном векторе θ. Пусть $\theta_t = (\xi_t^T, \delta_{yt}, \delta_{wt})^T$ – оценка неизвестного вектора θ, вычисленная в момент времени t, и после поданного управления u_t измерен выход y_{t+1}. Положим

$$\begin{aligned}
&\phi_t := (-y_t, -y_{t-1}, \dots, -y_{t-n+1}, u_t, \dots, u_{t-m+1})^T,\\
&\eta_{t+1} := \operatorname{sign}(y_{t+1} - \phi_t^T\xi_t),\ \ \zeta_{t+1} := \eta_{t+1}y_{t+1}\,,\\
&\psi_{t+1} := (\eta_{t+1}\phi_t^T, p_y(t), 1)^T\,.
\end{aligned}$$

В этих обозначениях неравенство (6) относительно θ_t в момент времени $t+1$ эквивалентно неравенству

$$\psi_{t+1}^T\theta_t \geqslant \zeta_{t+1}\,. \tag{7}$$

Введем обозначение для показателя качества

$$I(\hat\theta) := J(\hat\delta_y, \hat\delta_w) = \frac{\hat\delta_w}{1-\hat\delta_y}\,, \quad \hat\theta \in \Theta\,.$$

Множественная оценка Θ_t вектора θ в каждый момент t будет состоять из не более чем $N \geqslant n_\theta$ неравенств вида (7), где N – заранее выбранное число. В качестве начальной векторной оценки θ_0 выбирается вершина априорного многогранника Θ, являющаяся решением задачи дробно-линейного программирования

$$\theta_0 := \operatorname*{argmin}_{\hat\theta\in\Theta} I(\hat\theta)\,,$$

а в качестве начальной множественной оценки Θ_0 берутся n_θ неравенств из описания Θ, на границе которых лежит θ_0. Оценки Θ_t и θ_t обновляются согласно следующему алгоритму. Выберем любое число ε, $0 < \varepsilon < (1-\bar\delta_y)$, и положим

$$\theta_{t+1} := \theta_t, \quad \Theta_{t+1} := \Theta_t, \tag{8}$$

если $\psi_{t+1}^T\theta_t \geqslant \zeta_{t+1} - \varepsilon|\psi_{t+1}|$. В противном случае θ_{t+1} – вершина многогранника $\Theta_t \cap \Omega_{t+1} \cap \Theta$, являющаяся решением задачи дробно-линейного программирования (9)

$$\theta_{t+1} := \operatorname*{argmin}_{\hat\theta\in\Theta_t\cap\Omega_{t+1}\cap\Theta} I(\hat\theta)\,, \Omega_{t+1} := \{\hat\theta \big| \psi_{t+1}^T\hat\theta \geqslant \zeta_{t+1}\}. \tag{9}$$

Множественная оценка Θ_t обновляется по правилу

$$\Theta_{t+1} = \Theta_t \cap \Omega_{t+1}\,, \tag{10}$$

если число неравенств (7) в описании Θ_t строго меньше N. Если число неравенств равно N, то новое неравенство (7) добавляется вместо любого из неравенств, на границе которого не лежит θ_{t+1}. В приводимых ниже результатах моделирования из описания Θ_{t+1} исключалось неравенство с наиболее удаленной от θ_{t+1} границей.

Теорема 1. Пусть объект управления удовлетворяет описанию (1), (2) и выполнены предположения **A1, A2** с неизвестным вектором параметров $\theta = (\xi^T, \delta_y, \delta_w)^T$. Пусть управление объектом осуществляется адаптивным регулятором

$$b^t(q^{-1})u_t = (a^t(q^{-1}) - 1)y_{t+1}\,, \qquad (11)$$

в котором полиномы $a^t(\lambda)$ и $b^t(\lambda)$ соответствуют вектору оценок θ_t. Тогда в замкнутой системе управления (1), (11), (8), (9) последовательность $I(\theta_t)$ возрастающая,

$$I(\theta_t) \leqslant I(\theta) = \frac{\delta_w}{1-\delta_y} \quad (t \to +\infty)\,, \qquad (12)$$

и если число изменеий оценок Θ_t конечно, то

$$\limsup_{t\to+\infty} |y_t| \leqslant J(\delta_{y\infty}, \delta_{w\infty}) + C\varepsilon \leqslant J(\delta_y, \delta_w) + C\varepsilon\,,$$

где $\delta_{y\infty}, \delta_{w\infty}$ – компоненты установившейся оценки $\theta_\infty = (\theta_\infty^T, \delta_{y\infty}, \delta_{w\infty})^T$ и $C = \frac{I(\theta_\infty)+1}{1-\hat{\delta}_y}\varepsilon$.

3. Моделирование

В этом разделе приводятся результаты моделирования для модели (1), (2) с полюсами (корнями $a(\lambda)$) 0.9 и $0.8 \pm 0.4\,i$ и нулями (корнями $b(\lambda)$) 1.1 и 1.2. Число оцениваемых неизвестных параметров равно 8. Суммарное возмущение v моделировалось в виде

$$v_t = \delta_w w_t + \delta_y \kappa_t p_y(t)\,,$$

где w_t, κ_t – последовательности независимых равномерно распределенных на [0,1] случайных величин, $\delta_w = 1, \delta_y = 0.4$ и память неопределенности $\mu = 10$. Априорные ограничения имели вид $|a_i| \leqslant 10, |b_i| \leqslant 5, i = 1,2,3, 0.1 \leqslant b_1, b_1 - b_3 \geqslant 0.01, b_1 - b_2 + b_3 \geqslant 0.01, b_1 + b_2 + b_3 \geqslant 0.01, 0.5 \geqslant \delta_y \geqslant 0, \delta_w \geqslant 0$, параметр $\varepsilon = 0.001$. Начальные значения y_0, y_{-1}, y_{-2} – случайные из отрезка $[-\delta_w, \delta_w]$, u_0, u_{-1}, u_{-2} – нули, начальные оценки каждого из коэффициентов a_i, b_i выбирались случайно из окрестностей радиуса 3 каждого из коэффициентов и не менялись на начальном интервале $[1, n_\theta]$.

Результаты моделирования показали, что качество переходного процесса адаптивной оптимальной системы сильно зависит от направления начального отклонения $\xi - \xi_0$ и слабо зависит от начальных значений y_t и реализаций случайных величин w_t, κ_t. На рис. 1 и 2 показаны графики “хорошего” и “плохого” переходного процесса для двух значений ξ_0 с ℓ_1-нормами $\|\xi - \xi_0\|_1$, равными 6.5327 и 7.5138 соответственно, при одинаковых реализациях всех описанных выше случайных величин и $N = n_\theta$.

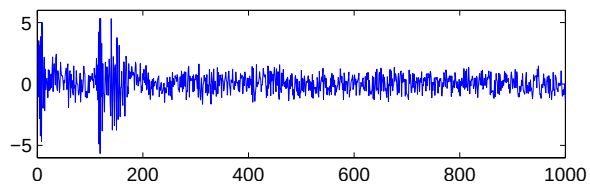


Рис. 1. График “хорошего” выхода y_t при $N = n_\theta$.
Fig.1. Graph of “good” output y_t for $N = n_\theta$.

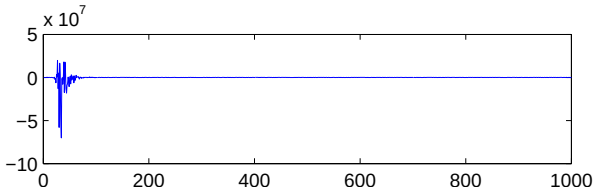


Рис. 2. График “плохого” выхода y_t при $N = n_\theta$.
Fig.2. Graph of “bad” output y_t for $N = n_\theta$.

Если в случае “плохого” переходного процесса использовать параметр $N = 2n_\theta$, то качество переходного процесса улучшается на несколько порядков (см. рис. 3) и остается примерно таким же при запоминании даже всех нарушаемых неравенств.

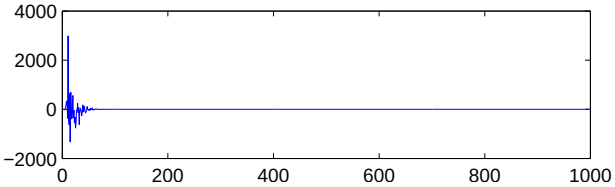


Рис. 3. График “плохого” выхода y_t при $N = 2n_\theta$.
Fig.3. Graph of “bad” output y_t for $N = 2n_\theta$.

Эффект “плохого” выхода вызван тем, что при неудачных начальных оценках ξ_0 возможен быстрый рост выхода и управления, в результате чего векторы ψ_{t+1} в неравенствах (7) несут бедную информацию о векторе θ. Переходные процессы можно существенно улучшить применением на некотором начальном интервале времени асимптотически не оптимальных алгоритмов оценивания проекционного типа или метода наименьших квадратов.

Литература

1. *Соколов В.Ф.* Адаптивная субоптимальная стабилизация дискретного минимально-фазового объекта с неопределенностью в канале выхода // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 3(35). С. 8-12.

References

1. *Sokolov V.F.* Adaptive suboptimal stabilization of discrete-time minimum-phase plant under output uncertainty // Proc. of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2018. No. 3(35). P. 8–12.

Статья поступила в редакцию 04.02.2019.

УДК 332.1: 630*6/9 (470.13)
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-12-15

А.Е. МИНГАЛЕВА*,, О.В. ПЕТРОВА*,**, С.В. НЕКИПЕЛОВ*,**, А.М. ОБЪЕДКОВ***, Б.С. КАВЕРИН***, В.Н. СИВКОВ***

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ МУНТ/(ПИРОЛИТИЧЕСКИЙ МЕТАЛЛ)

**Физико-математический институт ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*
***Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар*
****Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН, г. Нижний Новгород*

amingaleva@gmail.com, teiou@mail.ru, nekipelovsv@mail.ru, amo@iomc.ras.ru, kaverin@iomc.ras.ru, sivkovvn@mail.ru

A.E. MINGALEVA, O.V. PETROVA, S.V. NEKIPELOV, A.M. OBIEDKOV, B.S. KAVERIN, V.N. SIVKOV

THE STUDY OF MWCNT/(PYROLITYC METAL) COMPOSITES

**Institute of Physics and Mathematics, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar*
***Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar*
****G.A.Razuvaev Institute of Organometallic Chemistry, RAS, Nizhni Novgorod*

Аннотация

Статья посвящена исследованию композитных материалов, синтезированных на основе многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) с покрытиями пиролитических железа (Fe) и хрома (Cr), приготовленых методом химического осаждения смеси металлорганических соединений из паровой фазы. Спектральные зависимости сечения поглощения (СП) в широком интервале энергий 250–900 эВ и в области NEXAFS C1s-, Fe2p- и Cr2p-краев поглощения исследуемых образцов измерялись методом полного электронного выхода с использованием синхротронного излучения (Cu). В работе показано, что поверхностные слои МУНТ композитных материалов не имеют существенного разрушения; тонкие наноразмерные покрытия пиролитических Fe и Cr являются сплошными и представляют собой оксиды Fe_3O_4 и Cr_2O_3. Адгезия Fe_3O_4 и Cr_2O_3 обеспечивается благодаря химическим связям между атомами углерода поверхностных слоев МУНТ и атомами кислорода покрытий.

Ключевые слова:
эффективная толщина, сечение поглощения, глубина выхода фотоэлектронов, многостенная углеродная нанотрубка

Abstract

The paper focuses on the study of composite materials based on multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) with pyrolytic Fe and Cr coatings. MWCNT/(pyrolytic Fe) and MWCNT/(pyrolytic Cr) composites have been prepared by chemical deposition of metal-organic compounds from the vapor phase. The absorption cross section (CS) in the wide energy range of 250–900 eV and in the NEXAFS C1s-, Fe2p- and Cr2p-absorption edges were measured by total electron yield (TEY) method using the synchrotron radiation. The study has shown that top MWCNT layers in composite materials have no essential destruction; the thin nanosize pyrolytic Fe and Cr coatings are continuous and consist of oxides Fe_3O_4 and Cr_2O_3. The adhesion of Fe_3O_4 and Cr_2O_3 is provided by the chemical bonds between the carbon atoms of top MWCNT layers and the oxygen atoms of the coatings.

Keywords:
effective thickness, absorption cross section, photoelectron escape depth, multi-walled carbon nanotube

Введение

Многостенные углеродные нанотрубки являются современными наноструктурными материалами, обладающими перспективными свойствами для нанотехнологических приложений. Одна из особенностей таких материалов связана с изменениями их электронного строения и химических

свойств при нанесении металлического покрытия. Композиты на основе МУНТ, покрытых пиролитическими металлами, могут использоваться в качестве гетерогенных катализаторов химических процессов, датчиков, химических источников тока, элементов электронных устройств и других активных элементов в научно-технических приложениях. Поэтому разработка методов синтеза и неразрушающей диагностики композитных материалов на основе МУНТ является актуальной проблемой. Ранее [1, 2] нами впервые была продемонстрирована возможность синтеза на поверхностях МУНТ наноразмерного покрытия Fe_3O_4 методом химического осаждения смеси металлоорганических соединений из паровой фазы (metal-organic chemical vapor deposition, MOCVD) и экспериментального исследования гетерогенных систем МУНТ/(пиролитический металл) методами NEXAFS-спектроскопии. Настоящая работа является продолжением исследований по разработке методов осаждения металлов и оксидов металлов на поверхность МУНТ и получения гетерокомпозитов с новыми свойствами и по развитию методов неразрушающей диагностики полученных материалов.

NEXAFS-спектроскопия позволяет определять атомный и химический составы, а также распределение незанятых электронных состояний в исследуемых образцах. Глубина выхода эмитированных в процессе поглощения рентгеновского излучения в диапазоне 250–600 эВ первичных фото- и оже-электронов составляет менее 1 нм, а для вторичных электронов – несколько нм. Поэтому NEXAFS-спектроскопия, реализованная путем регистрации полного электронного выхода (TEY), может быть использована для исследований как интерфейса нанотрубка/покрытие, так и внешней поверхности МУНТ и самого покрытия без разрушения образца. В случае композитов МУНТ/(пиролитический Fe) и МУНТ/(пиролитический Cr) покрытие и подложка включают атомы углерода, железа и хрома, соответственно, что позволяет изучать состояние верхнего слоя МУНТ и измерять эффективную толщину Fe- и Cr-покрытий путем анализа NEXAFS C1s-спектра, тогда как химический состав покрытия может быть определен по NEXAFS Fe2p- и Cr2p-спектрам.

Материал и методы

Чистые МУНТ были синтезированы методом MOCVD путем пиролиза смесей ароматических углеводородов и металлоорганических соединений подгруппы железа в кварцевом реакторе в потоке аргона (скорость потока 550 $см^3$/мин) при атмосферном давлении [3]. В качестве прекурсоров использованы толуол и ферроцен, температура пиролиза составляла 850 ^{0}C, температура печи из ферроцена испарителя 110 ^{0}C. В качестве основы роста МУНТ была использована цилиндрическая кварцевая подложка (d=17 мм). При этом синтезированные на ее поверхности нанотрубки образуют полый макроцилиндр. Композиты МУНТ/(пиролитический Fe) и МУНТ/(пиролитический Cr) получали методом MOCVD с использованием разложения пентакарбонила при 150 ^{0}C и бис-ареновых хромовых соединений при 400 ^{0}C, соответственно.

Изучение поверхности чистой МУНТ, толщины покрытия и химического состава, а также интерфейса МУНТ/покрытие проведено методом NEXAFS-спектроскопии с использованием синхротронного излучения Российско-германского канала синхротронного центра BESSY II [4]. Спектральные зависимости СП в широком интервале энергий 250–900 эВ и в области C1s-, Fe2p-, Cr2p-краев поглощения чистых МУНТ, композитов МУНТ/(пиролитический Fe) и МУНТ/(пиролитический Cr) были измерены в режиме TEY. Исследуемые образцы готовили путем прессования порошков МУНТ и композитов в чистую поверхность Cu-пластины. Для эффективного подавления и учета излучения кратных порядков дифракции и длинноволнового рассеянного фона в работе использовался дополнительный тонкопленочный Ti-фильтр толщиной 160 нм, установленный на Au-сетке и зафиксированный перед образцом на пути падающего излучения [5]. Поток падающих фотонов измерялся с использованием предварительно очищенного Au-фотокатода. Интенсивность монохроматического СИ в относительных единицах была получена с помощью деления монохроматического сигнала TEY с поверхности Au-пластины на атомное сечение Au [3]. СП в относительных единицах получена путем деления TEY на интенсивность СИ. Все измерения сигнала TEY проводились с учетом немонохроматического фона.

Морфология поверхности исследуемых образцов характеризовалась методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) с использованием ZEISS Supra 50 VP. SEM-микрофотографии исходных МУНТ (a) и МУНТ, покрытых пиролитическим железом (b) и пиролитическим хромом (c), представлены на рис. 1. Рентгенофазный анализ исходной МУНТ проводился на дифрактометре ДРОН-3М с использованием Cu-Kα излучения и графитового монохроматора (рис. 1 (a)).

Результаты и обсуждение

Анализ NEXAFS C1s-спектров (кривая 2, рис. 2 (a, c)) показал наличие π^*- и σ^*-резонансов, характерных для исходной МУНТ (кривая 1, рис. 2 (a, c)), это означает, что внешние слои нанотрубок не разрушаются. Однако в области энергий 285.4-291.8 эВ (между π^*- и σ^*-резонансами) обнаруживаются дополнительные структуры, соответствующие связям C–O (287.1 эВ), C–O–C (288.4 эВ) и C=O (287.7 эВ) [1, 2]. Учитывая эти факты, можно полагать, что адгезия оксида железа и оксида хрома на поверхностях МУНТ является результатом образования одинарных, двойных и эпоксидных связей между атомами поверхности МУНТ и атомами кислорода покрытия Fe_3O_4 и Cr_2O_3 без разрушения внешней поверхности МУНТ. Анализ формы спектров и энергетических положений элементов тонкой структуры Fe 2p-спектра композита определенно демонстрирует, что на поверхности нанотрубок образуется оксид Fe_3O_4. Это хорошо видно из сравнения NEXAFS Fe 2p-спектров поглощения оксидов Fe_3O_4

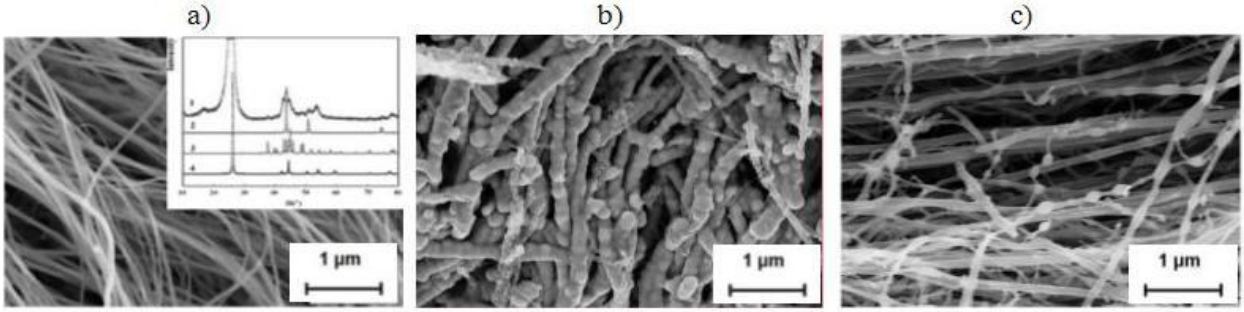


Рис. 1. SEM-микрофотография и XRPD исходных МУНТ (a); SEM-микрофотография МУНТ/(пиролитический Fe) (b); SEM-микрофотография МУНТ/(пиролитический Cr)(c).
Fig. 1. (a) SEM image and XRPD of pristine MWCNTs; (b) SEM image of the MWCNT/(pyrolytic Fe); (c) SEM image of the MWCNT/(pyrolytic Cr).

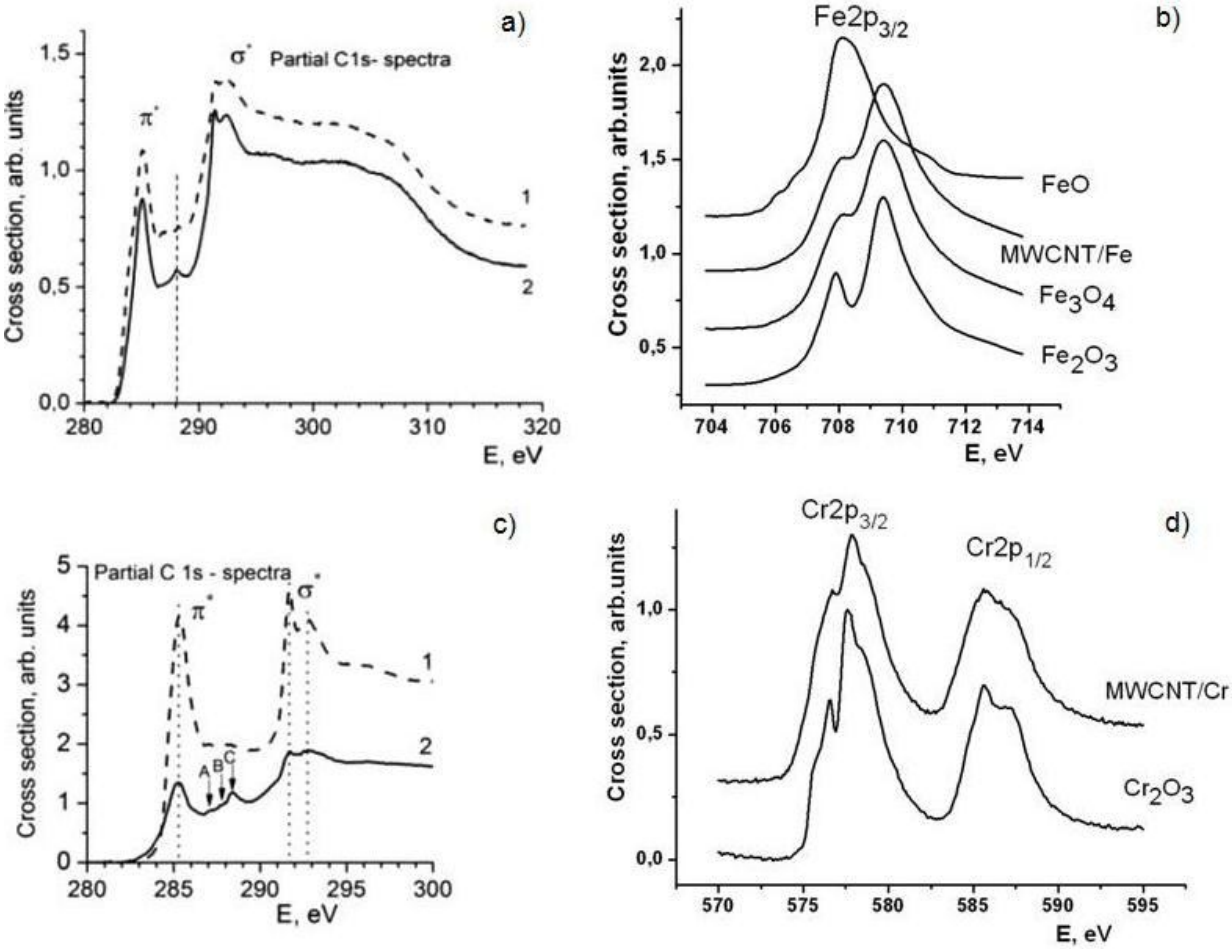


Рис. 2. Спектральные зависимости: a – парциальных СП NEXAFS C1s-спектров исходных МУНТ (кривая 1) и МУНТ/(пиролитический Fe) (кривая 2); b – СП NEXAFS Fe2p-спектра МУНТ/(пиролитический Fe) и оксидов железа FeO [9], Fe_3O_4 и Fe_2O_3; c – парциальных СП NEXAFS C1s-спектров исходных МУНТ (кривая 1) и МУНТ/(пиролитический Cr) (кривая 2); d – СП NEXAFS Cr2p-спектра МУНТ/(пиролитический Cr) и оксида хрома Cr_2O_3.
Fig. 2. Spectral dependences of: a – partial CS of NEXAFS C1s-spectra of pristine MWCNTs (curve 1) and MWCNT/(pyrolytic Fe) (curve 2); b – CS of the NEXAFS Fe2p-spectrum of MWCNTs/(pyrolytic Fe) and iron oxides FeO [9], Fe_3O_4 и Fe_2O_3; c – partial CS of NEXAFS C1s-spectra of pristine MWCNT (curve 1) and MWCNT/(pyrolytic Cr) (curve 2); d – CS of the NEXAFS Cr2p-spectrum of MWCNTs/(pyrolytic Cr) and chromium oxide Cr_2O_3.

и Fe_2O_3 и FeO. Аналогичное рассмотрение спектров хрома покрытия нанотрубок и оксида хрома указывает, что на поверхности МУНТ образуется слой Cr_2O_3.

Микрофотографии (рис. 1 (a, b)) иллюстрируют, что Fe- и Cr-покрытия сплошные, но неоднородные по толщине, которая может быть оценена средней эффективной толщиной ($d_{эф}$) как:

$$d_{eff} = \lambda \cdot ln\frac{S_1}{S_2} \ , \qquad (1)$$

где λ – глубина выхода фотоэлектронов; S_1 и S_2 – площади под парциальными сечениями поглощения в области NEXAFS C1s-края поглощения исходных МУНТ (кривая 1 на рис. 2 (a, c)) и композитов (кривая 2 на рис. 2 (a, c)); отношение S_1/S_2 равно 1.21 и 2.12 для железа и хрома, соответственно. Такое уменьшение площади спектральной зависимости СП при переходе от исходных МУНТ к композиту является следствием ослабления потока электронов, эмитированных с внешней поверхности МУНТ в оксидном покрытии (рис. 2 (b, d)).

Глубина выхода фотоэлектронов в оксидах $\lambda(Fe_3O_4)$=1.0 нм [5] и $\lambda(Cr_2O_3)$=5.0 нм [6, 7]. Согласно формуле (1) эффективные толщины слоев покрытий равны d_{eff}(Fe)=0.95 нм, d_{eff}(Cr)=0.75 нм.

Заключение

Метод MOCVD является оптимальным методом осаждения пиролитического Fe и пиролитического Cr на поверхность МУНТ. NEXAFS исследование показало, что внешние слои МУНТ в композите не разрушаются, но модифицируются, благодаря одинарной (C—O), двойной (C=O) и эпоксидной (C—O—C) химическим связям между углеродом поверхности МУНТ и кислородом оксидных покрытий. Наличие этих химических связей приводит к хорошей адгезии слоев оксидов Fe_3O_4 и Cr_2O_3 с эффективными толщинами 0.95 нм и 0.75 нм, соответственно к внешней поверхности МУНТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы УрО РАН № 18-10-2-23; грантов РФФИ и Республики Коми № 16-42-110610 р-а, 16-43-110350 р-а; и двусторонней программы Российско-германской лаборатории на BESSY II.

Литература

1. *NEXAFS study* of the composite materials MWCNTs-pyrolytic metals by synchrotron radiation / V.N.Sivkov, O.V.Petrova, S.V.Nekipelov, A.M.Obiedkov, B.S.Kaverin, A.I.Kirillov, N.M.Semenov, G.A.Domrachev, V.A.Egorov, S.A.Gusev, D.V.Vyalikh, S.L.Molodtsov // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. 2015. Vol. 23. № 1. P. 17–19.
2. *X-Ray and Synchrotron* Investigations of Heterogeneous Systems Based on Multiwalled Carbon Nanotubes / V.N.Sivkov, A.M. Obiedkov, O.V. Petrova, S.V. Nekipelov, K.V. Kremlev, B.S. Kaverin, N.M. Semenov, S.A. Gusev // Physics of the Solid State. 2015. Vol. 57. No. 1. P. 197–204.
3. *MOCVD modification* of the surface of multiwalled carbon nanotubes to impart to them necessary physiochemical properties / A.M.Obiedkov, B.S.Kaverin, S.A.Gusev, A.B.Ezerskii, N.M.Semenov, A.A.Zaytsev, V.A.Egorov, G.A.Domrachev // J. of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2009. Vol.7. P. 554–558.
4. *Development and present* status of the Russian-German soft X-ray beamline at BESSY II/ S.I.Fedoseenko, I.F.Iossifov, S.A.Gorovikov, J.Schmidt, R.Follath, S.L.Molodtsov, V.K.Adamchuk, G. Kaindl // J. Nucl. Instr. and Meth. A. 2001. Vol. 470. P. 84–88.
5. *Kummer K., Sivkov V.N., Vyalikh D.V.* Oscillator strength of the peptide bond π*-resonances at all relevant x-ray absorption edges // J. Physical Review B. 2009. № 80. P. 155433–155438.
6. *Gota S., Gautier-Soyer M., Sacchi M.* Fe 2p-absorption in magnetic oxides: Quantifying angular-dependent saturation effects // J. Physical Review B. 2000. № 62. P. 4187–4190.
7. *Ruihua Cheng B.Xu., Borca C.N., Sokolov A., Yang C.-S., Yuan L., Liou S.-H., Doudin B., Dowben P.A.* Characterization of the native Cr_2O_3 oxide surface of CrO_2 // Appl. Phys. Letters. 2001. Vol. 79. P.3122–3124.
8. *Hollowdey P.H.* Thickness determination of ultrathin films by Auger electron spectroscopy// J. Vac. Sci. and Technology. 1975. Vol.12. P.1418–1422.
9. *Chemical effects* at metal/oxide interfaces studied by x-ray-absorption spectroscopy/ T.J.Regan, H. Ohldag, C. Stamm, F. Nolting, J. Luning, J. Stöhr, R. L. White // Phys. Rev. B. 2001. Vol. 64. 214422.

Статья поступила в редакцию 01.10.2018.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 574.5:591.524.12-045.52:627.8
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-16-25

О.Н. КОНОНОВА, Б.Ю. ТЕТЕРЮК, М.А. БАТУРИНА, Е.Б. ФЕФИЛОВА

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В ЗАРАСТАЮЩЕМ МАЛОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

kon@ib.komisc.ru

Аннотация

Исследовано малое равнинное водохранилище, расположенное в подзоне средней тайги Республики Коми. Выявлено большое разнообразие и количественное богатство зоопланктона. Распределение планктонных организмов по акватории водоема в период исследований было относительно равномерным и зависело от типа составляющих его биотопов и климатических условий вегетационного периода.

Ключевые слова:
планктонные сообщества, водные макрофиты, малое водохранилище, Республика Коми

O.N. KONONOVA, B.YU. TETERYUK, M.A. BATURINA, E.B. FEFILOVA

PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF ZOOPLANKTON IN THE OVERGROWING SMALL RESERVOIR

Institute of Biology, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar

Abstract

Our studies concerned a small plane water reservoir in the middle taiga subzone of the Komi Republic. A large diversity and quantity of zooplankton was revealed. The distribution of zooplankton throughout the water area of the reservoir was relatively regular and depended on the nature of its constituent biotopes. Three zooplankton complexes were identified. Two of them are typical for the relatively warm summer period. The plankton complex with domination of immature forms of Cyclopoida juv. with subdominants *Mesocyclops leuckarti*, *Polyarthra euryptera*, *Bosmina (E.)* cf. *longispina,* and *Ceriodaphnia pulchella* developed in the deep-water areas during this period. Shallow-water areas overgrown with microphytes were dominated by a complex of *Bosmina (E.)* cf. *longispina*, *Sida crystallina* with subdominants *Ceriodaphnia pulchella*, *Polyphemus pediculus,* and juvenile Cyclopoida. By composition, both complexes were similar to the communities inhabiting the sublittoral and littoral zones of the lakes in the study region. The absence of the pelagic complex as such is due to the small size of the water reservoir. In colder summer period, regardless of the type of biotopes, the whole aquatorium was dominated by *Daphnia cristata*.

The flow of plankton organisms with flood waters favored the appearance in the watercourse located in its lower reaches, of untypical zooplankton species *Limnosida frontosa*, *Diaphanosoma brachyurum, Leptodora kindtii,* etc., most of which, however, did not distribute downstream. Besides, abnormally high zooplankton abundance and biomass was observed in this section of the river due to mass development of copepods.

Distribution of plankton organisms in the river coves was associated with the nature of overgrowth and distribution of macrophyte communities. For example, in the Dendel Cove where thickets were sparse and dominated by semi-submerged and submersed aquatic vegetation, plankton was more diverse and its abundance and biomass were higher (by 1.5 and 1.8 times, correspondingly) than those in the Nyuvchim Cove with dominating thick-growing *Typha latifolia*, *Elodea canadensis,* and *Potamogeton perfoliatus.*

Keywords:
planktonic communities, water macrophytes, small water reservoir, Komi Republic

Введение

Водохранилища – гетерогенные природно-искусственные водные системы, образованные в большинстве случаев зарегулированием рек и включающие в себя их участки, оказавшиеся в зоне влияния гидротехнического сооружения [1, 2], 1987). Искусственные водоемы отличаются между собой по генезису, конфигурации, размерам, глубинам, характеру регулирования стока и ряду других показателей [2]. Все эти параметры в той или иной степени оказывают влияние на формирование и функционирование водной биоты этих водоемов, характер зарастания их водными макрофитами. Так, в крупных водохранилищах, где обычно хорошо выражена пелагиаль, развиты и отличаются стабильностью пелагические планктоценозы [3], в то время как прибрежные сообщества гидробионтов существуют в условиях резких изменений уровенного режима, когда площадь осушаемой литорали может достигать значительных величин [4, 5]. Растительность в таких условиях встречается лишь в заливах и на защищенных заостровных участках мелководий. Вследствие этого на обширных участках незащищенных мелководий в результате действия ветровых волн происходит насыщение воды взвешенными частицами, ведущее к гибели планктонных животных [4]. В малых водохранилищах уровень воды, как правило, в течение года меняется незначительно. Действие ветровых волн нивелируется из-за небольшого размера водоема, а в прибрежном мелководье при постоянной аккумуляции органических веществ развиваются богатые видами высокопродуктивные сообщества водных макрофитов и планктонных организмов [6–8]. Тем не менее, благодаря этим процессам, малые водохранилища более, чем остальные, подвержены риску избыточного зарастания их акватории водными растениями, что оказывает негативное влияние на жизнедеятельность биоты водоема в целом [9].

В подавляющем большинстве исследования пространственного распределения зоопланктона проведены на крупных, имеющих хозяйственное значение водоемах [10–12 и др.], в то время как распределение зоопланктона в малых водохранилищах изучено недостаточно. В связи с этим, цель настоящей работы – установить особенности формирования и пространственного распределения зоопланктона в малом водохранилище, расположенном в бассейне р. Вычегда (Республика Коми).

Материал и методы

Исследования зоопланктона были проведены на Нювчимском водохранилище, расположенном в подзоне средней тайги Республики Коми (61°23′40″N, 50°45′25″E) (рис. 1). Реки, на слиянии которых образовано водохранилище, – правобережные притоки р. Сысола первого (р. Нювчим, длиной 31 км) и второго (р. Дендель, длиной 15 км) порядков. Плотина построена на р. Нювчим на расстоянии 6.4 км от устья [13]. Созданное во второй половине XVIII в. водохранилище из-за разрушения в 1977 г. водосброса было полностью спущено и на его месте

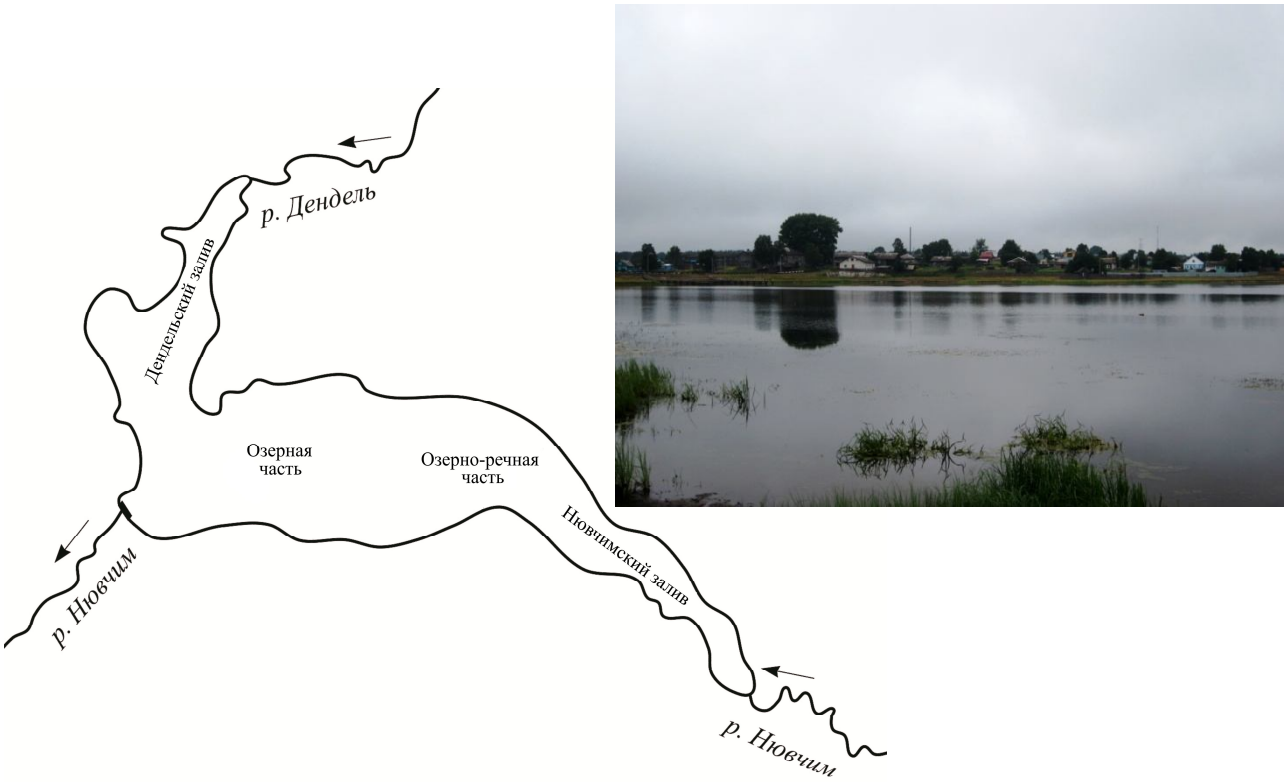


Рис. 1. Карта-схема Нювчимского водохранилища.
Fig. 1. Map-scheme of the Nyuvchim reservoir.

реки вновь выработали свое русло. В 1998 г. после ремонта плотины водоем восстановили [13]. По площади водного зеркала (1.72 км^2) и размерам (максимальные: длина – 3.4 км, ширина – 0.5 км) его можно отнести к категории малых [2], а по глубине (максимальные глубины были отмечены вдоль затопленного русла р. Нювчим и у плотины, до 6.3 м) – к мелководным [2]. Водоем характеризуется наличием обширной мелководной зоны, зарастающей водными макрофитами. С 2007 г. на территории водоема функционирует холодноводное садковое форелевое хозяйство, площадь которого не превышает 1% площади водохранилища.

Пробы зоопланктона в водохранилище отбирали в июле 2000, 2013 и 2014 гг. в пелагиали и прибрежье, на глубоководных участках – сетью Джеди, в прибрежье – посредством фильтрации 50–100 л воды через сеть Апштейна (газ № 70). Наиболее полное описание водоема можно найти в работах [14, 15].

Реки исследовали в июле 2013 г.: Дендель – в 7 км выше подпора, Нювчим – в 3 км выше подпора, в 0.25 км и в 2.5 км ниже плотины. Ширина р. Дендель в месте отбора не превышала 4 м, грунт песчаный, покрытый наилком и детритом. Ложе реки захламлено ветками и стволами упавших деревьев. В русле р. Нювчим грунт плотный, песчаный, покрыт детритом, ширина водотока не более 6 м. На участках с замедленным течением берега зарастают *Equisetum fluviatile* L., вследствие чего становятся заторфованными и топкими. Глубина в пунктах отбора проб была менее 1 м, температура составляла 13.6 °С в р. Дендель и 16 °С – р. Нювчим. Ниже плотины были проведены дноуглубительные работы, берега и дно водотока отсыпаны песчано-гравийной смесью. К моменту исследований берега реки поросли *Carex aquatilis* Wahlenb., грунт покрыт иловыми и детритными отложениями. Температура воды в реке на этом участке составляла 18.6 °С.

Камеральную обработку проб осуществляли в лабораторных условиях по методике [16].

Для выделения границ устьевых областей рек нами использованы показатели удельной электропроводности воды [17], измерение которой проводили в июле 2013 г. портативным анализатором “Multi 340i/SET” (Германия).

Изучение флоры Нювчимского водохранилища было выполнено в августе 2014 г. согласно методическим разработкам для гидроботанических исследований [18]. Видовой состав документирован гербарными сборами, хранящимися в Гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Латинские названия таксонов сосудистых растений приведены по сводке С.К. Черепанова [19].

Для полноты учета фауны низших раков и коловраток все найденные в пробах виды, независимо от их экотопических характеристик [20], относили к зоопланктону. Старшевозрастных копеподитов определяли до вида и учитывали вместе со взрослыми животными того же вида. Копеподитов младших возрастов и науплиусов не идентифицировали. Названия таксонов приведены в соответствии с принятыми в работе [21]. Встречаемость видов в зоопланктоне оценивали как отношение числа проб, где вид присутствовал, к общему числу проб. К доминантным видам относили виды с относительной численностью и биомассой более 5%. Для выявления фаунистического сходства использовали коэффициент Съеренсена [22].

Структуру зоопланктоценозов устанавливали по соотношению видов внутри ценозов: к основному комплексу относили виды, коэффициент значимости которых был не менее 0.1 [23]; ведущие виды выявляли методом ранжирования видов в соответствии с их индексом плотности [24]. Достоверность различий средних численности и биомассы зоопланктона между выборками проб определяли при помощи U-критерия Манна-Уитни [25], который рассчитывали с использованием Statistica 6.0 для Windows. Для выполнения кластерного анализа применяли метод Варда, в качестве меры различия между кластерами использовали Эвклидово расстояние. Дендрограмму строили с применением программы Statistica 6.0 для Windows.

Результаты и обсуждение

Как и большинство малых водохранилищ [2], Нювчимское создано зарегулированием малых рек. Потамопланктон в них беден как по составу видов, так и количественно (рис. 2). Формирование планктонных сообществ в таких водоемах происходит быстро в первые два-три года, что обусловлено вы-

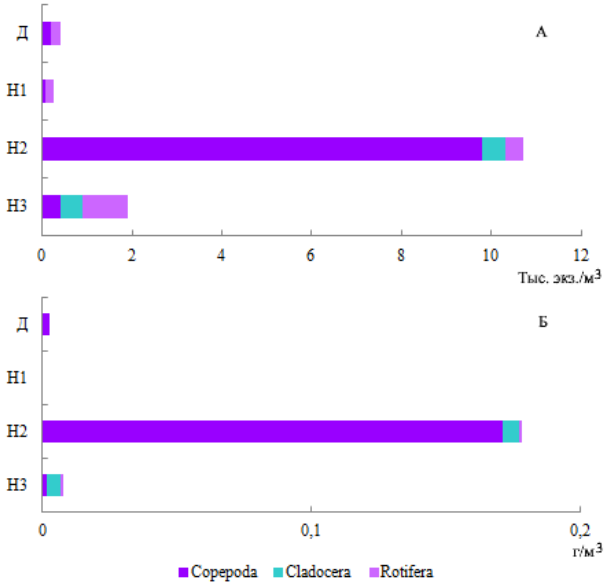


Рис. 2. Распределение количественных характеристик зоопланктона в реках Дендель и Нювчим в 2013 г. Д – р. Дендель в 7 км выше подпора, Н1 – р. Нювчим в 3 км выше подпора, Н2 – р. Нювчим в 0.25 км ниже плотины, Н3 – р. Нювчим в 2.5 км ниже плотины.

Fig. 2. Distribution of the quantitative characteristics of zooplankton in the rivers Dendel and Nyuvchim in 2013. Д – the Dendel river, 7 km upper than the water surface ascent , H1 – the Nyuvchim river, 3 km upper than the water surface ascent, H2 – the Nyuvchim river, 0.25 km lower than the dam, H3 – the Nyuvchim river, 2.5 km lower than the dam.

падением из процесса фазы разрушения прежних биотопов [26]. Уже ко второму году функционирования (2000 г.) в Нювчимском водохранилище найдено 40 видов и форм зоопланктона, 93% которого в равных долях образовывали коловратки и ветвистоусые раки. Количественное развитие планктонных организмов было высоким (41.0-206.0 тыс. экз./м^3, в среднем 111.3 ± 35.0 и 0.01-3.1 г/м^3, в среднем 1.12 ± 0.57). Доминировали коловратки, составляя 61% как по численности, так и по биомассе, в основном за счет хищных *Asplanchna priodonta* Gosse и представителей рода *Synchaeta*. Наряду с ними многочисленными были *Polyarthra remata* Skorikov, а рачок *Simocephalus vetulus* (O.F. Müller) преобладал по биомассе.

К 2013–2014 гг. планктонная фауна водохранилища пополнилась 38 видами и формами, чему способствовало в большей мере формирование в водоеме литоральной зоны, представленной разнообразными биотопами – от незащищенного прибрежья до обширных зарослей водных макрофитов, наиболее распространенными среди которых были: на мелководьях – *Elodea canadensis* Michx., *Persicaria amphibia* (L.) S.F.Gray, *Callitriche hermaphroditica* L., по берегам – *Carex aquatilis* Wahlenb., *Carex rostrata* Stokes, реже − *Equisetum fluviatile* L. и *Typha latifolia* L.

Вместе с тем, из состава зоопланктона выпали виды коловраток – *Brachionus angularis* Gosse, *Cephalodella gibba* (Ehrenberg), *Eosphora najas* Ehrenberg, *Filinia longiseta* (Ehrenberg), *Lecane ungulata* (Gosse) и *Trichocerca agnata* Wulfert и низших раков – *Eucyclops serrulatus* (Fischer), *Alona rectangula* Sars, *Pleuroxus truncatus* (O.F. Müller), *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, *Iliocriptus sordidus* (Liévin), обитавшие в водоеме в первые годы его существования.

В 2013–2014 гг. в Нювчимском водохранилище обитало 65 видов и форм зоопланктона, порядка 58% которых формировали коловратки [27]. Из таксонов, населяющих реки до подпора, в состав планктонных сообществ водохранилища вошли и успешно заселили вновь образовавшиеся экологические ниши 64%. Наиболее широко в водоеме были распространены *Bosmina (B.) longirostris* (O.F. Müller), *B. (E.)* sf. *longispina* Leydig, *Ceriodaphnia pulchella* Sars, *Sida crystallina* (O.F. Müller) и *Mesocyclops leuckarti* (Claus), эти рачки встречены в 80–100% проб.

Средняя по водохранилищу численность планктонных организмов увеличилась в 2013–2014 гг. незначительно (в 1.4 раза) в сравнении с 2000 г., как и биомасса – средние ее значения в течение всего периода исследований не превышали 1 г/м^3, однако максимальные показатели в современный период выросли в 1.4 раза и составили 4.5 г/м^3.

Распределение планктонных животных в водоеме, как правило, находится в тесной зависимости от его морфологии и гидрологии. В пределах акватории водохранилищ, расположенных в долинах рек, обычно выделяют несколько гидрологических зон [28]: речную, озерно-речную, озерную, а также заливы, образованные, в большинстве случаев, притоками. Границы между ними условны, однако каждая имеет свои характерные черты. Вместе с тем, в малых водохранилищах, в силу их размеров, слабого водообмена, обусловленного небольшой водоносностью рек, выделение этих зон имеет свои особенности. Устьевые области рек, образующих Нювчимское водохранилище, простого типа [17], на что указывает снижение удельной электропроводности за устьевым створом водотоков (р. Нювчим до подпора – 281, после 128 мкСм/см, р. Дендель – 306 и 122 соответственно) и ее относительная однородность на остальной части акватории водохранилища (122±1 мкСм/см). Таким образом, речная часть водохранилища и участок, образованный впадением р. Дендель, представляют собой предустьевые заливы [17], которые нами обозначены как Дендельский и Нювчимский.

В Нювчимском заливе, вследствие скопления наносов, приносимых течением реки, водохранилище мелководно, бóльшие глубины можно наблюдать только вдоль затопленного русла. Степень зарастания макрофитами здесь максимальна (около 75%). На заболоченных обводненных берегах широко распространены плотные заросли сообществ водно-болотных растений *Equisetum fluviatile*, *Carex rostrata* и *Typha latifolia*. На мелководьях с остатками затопленных деревьев и кустарников формировались сообщества погруженных гидрофитов *Elodea canadensis*, *Potamogeton perfoliatus* L. и плавающей формы *Sparganium emersum* Rehm. Свободные от них участки заняты плейстофитами (*Lemna trisulca* L., *Lemna minor* L. и *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid). Планктон отличался бедностью видового состава (рис. 3). Среди видов преобладали коловратки (55%) и ветвистоусые раки (36%). Только здесь была найдена коловратка *Trichocerca elongata* (Gosse). Количественное развитие зоопланктона не высокое (рис. 3). Как по численности, так и по биомассе доминировали *Polyarthra major* Burckhardt, *Bosmina (E.) longispina* и *Daphnia (D.) cristata* Sars, причем последний вид образовывал до 57 % всей биомассы зоопланктона. Кроме того, здесь многочисленна коловратка *Pompholyx sulcata* Hudson. Порядка 25% плотности и 16% биомассы планктонного сообщества формировали неполовозрелые формы Cyclopoida.

Береговая линия Дендельского залива сильно изрезана, есть острова. Ложе захламлено ветками и корягами. Как и в Нювчимском заливе, степень зарастания макрофитами Дендельского была довольно высока – около 60 %. На сырых, обводненных берегах залива сообщества воздушно-водных растений представлены менее плотными, по сравнению с Нювчимским, зарослями гелофитов *Carex rostrata* и *Typha latifolia, Alisma plantago-aquatica* L. и др. Сообщества погружённых макрофитов локализовались преимущественно в его истоковой части и правобережье. Нижняя часть Дендельского залива и примыкающее к нему левобережье имели относительно большие для макрофитов глубины (ок. 3 м), вследствие чего они оставались практически свободными от погруженной растительности. Здесь были отмечены лишь разреженные сообщества *Potamogeton perfoliatus*. Участие в составе сообществ свободно-плавающих растений (*Lemna trisulca, L. mi-*

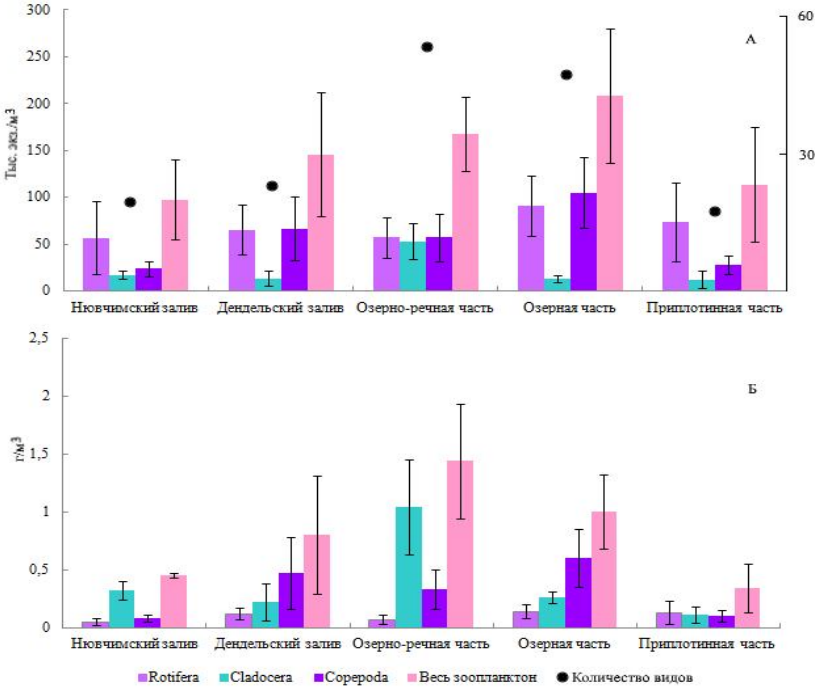


Рис. 3. Распределение количественных характеристик зоопланктона по акватории Нювчимского водохранилища в 2013–2014 гг.
Fig. 3. Distribution of the quantitative characteristics of zooplankton on the water area of the Nyuvchim reservoir in 2013–2014.

nor, Spirodela polyrhiza) – незначительно. Зоопланктон представлен в основном ветвистоусыми раками (54% видового состава) и коловратками (43%). Только в заливе найдены такие виды, как *Pompholyx complanata* Gosse, *Scapholeberis mucronata* (O.F. Müller), *Daphnia (D.) longispina* O.F. Müller и *Alonella exigua* (Lilljeborg). Численность и биомасса планктонных организмов были в 1.5 и 1.8 раз выше, чем в Нювчимском заливе. Преобладали здесь неполовозрелые формы веслоногих раков (39% численности и 32% биомассы зоопланктона). Кроме того, высокой численности достигали коловратки рода *Polyarthra* - *P. euryptera* Wierzejski и *P. major*, и рачок *Bosmina (E.)* sf. *longispina*. Наряду с ними биомассу образовывал *Mesocyclops leuckarti*.

Несмотря на то, что зарастание заливов водными макрофитами было одинаково высоким, различия в составе образующих их сообществ растений определили и различия состава планктонных сообществ. В Нювчимском заливе, где растительность в большей степени представлена плотными зарослями воздушно-водных форм, среди ветвистоусых раков отмечены в основном эвпланктонные и эвритопные виды – *Daphnia (D.) cristata*, *D. (D.) cucullata* Sars, *Limnosida frontosa* Sars, *Ceriodaphnia pulchella*, *Bosmina (B.) longirostris*, *B. (E.)* sf. *longispina* и *Leptodora kindtii* (Focke), что характерно, так как пелагические виды зачастую используют край зарослей как рефугиум в защите от хищников [29]. В Дендельском заливе, благодаря разреженному растительному покрову, состоящему из сообществ полупогруженной и погруженной растительности, состав кладоцер был в два раза больше. Среди них встречены как эвпланктонные – *Diaphanosoma brachyurum* (Liévin), *D. (D.) cristata*, *D. (D.) longispina*, *C. pulchella*, *B. (B.) longirostris*, *B.(E.)* sf. *longispina*, *Leptodora kindtii*, так и литорально-фитофильные виды – *Acroperus harpae* (Baird), *Alonella exigua*, *Sida crystallina*, *Simocephalus vetulus*, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller) и *Scapholeberis mucronata*. Вместе с тем, среди всего многообразия видов доминировал в обоих заливах только *B. (E.)* sf. *longispina*, способный при благоприятных условиях образовывать большие скопления [30]. Высокое видовое обилие ветвистоусых раков в этих биотопах обусловлено благоприятными трофическими условиями, наличию субстрата, на котором могут обитать придонные формы, а также защитой от хищников [29].

Озерно-речная часть представляет собой переходную область между Нювчимским заливом и озерной частью. Водоем на этом отрезке заметно расширяется, однако, как и в Нювчимском заливе, глубоководная зона небольшая и растянута вдоль русла образующей водохранилище реки. Озерная часть характеризуется наличием открытого глубоководного плеса. Сообщества высших водных растений в озерно-речной и озерной частях водохранилища сосредоточены преимущественно в их правобережных участках. Береговая линия здесь очень изрезана. Она изобилует мелководными, небольшими по размерам заливчиками с илистыми и илисто-торфяными грунтами. Наиболее распространенные глубины правобережья – 0.7 м. На его обводненных берегах формируются сообщества *Carex rostrata*, чередующиеся с сообществами *C. aquatilis, Typha latifolia* и редкими кустами *Salix phylicifolia* L. В мелководных заливчиках и мочажинах среди зарослей осок распространены сообщества погруженных гидрофитов (*Elodea canadensis*, *Potamogeton perfoliatus,Callitriche hermaphroditica, Potamogeton gramineus* L.) и гидрофитов с плавающими на поверхности воды листьями (*Persicaria amphibia* и *Potamogeton natans* L.). В озерно-речной части, вдоль левого берега (более заболоченного, чем правый) среди обводненных зарослей осок (*Carex rostrata* и *Carex aquatilis*) в небольших их промежутках отмечены *Hydrocharis morsus-ranae* L. и *Potamogeton berchtoldii* Fieb. Степень зарастания озерно-речной части около 50%, озерной – 15. Среди видов зоопланктона в озерно-речной части водохранилища преобладали коловратки (55%) и ветвистоусые раки (34%). Благодаря сочетанию сложившихся здесь факторов (обширная мелководная литоральная зона, заросли макрофитов и пр.), только на этом участке были встречены: *Alona guttata* Sars, *A. quadrangularis* (O.F. Mül-

ler), *Rhynchotalona falcata* (Sars), *Aspelta angusta* Harring et Myers, *Lecane* (*M.*) *lunaris* (Ehrenberg), *Testudinella patina* (Hermann), обитающие в придонном слое воды литорали; фитофильных *Camptocercus rectirostris* Sars, *Macrocyclops albidus* (Jurine), *Megacyclops* sp., *Gastropus hyptopus* (Ehrenberg), *Trichotria tetractis* (Ehrenberg) и эвпланктонные – *Synchaeta pectinata* Ehrenberg. Численность и биомасса зоопланктона здесь выше, чем в заливах (рис. 3). Доминировали в сообществе по численности *Bosmina (E.)* sf. *longispina*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Polyarthra euryptera* и представители рода *Synchaeta*. Биомассу, наряду с *B. (E.)* sf. *longispina*, *C. pulchella,* формировали *Daphnia (D.) cristata* и *Sida crystallina*. Науплии и копеподиты веслоногих раков составляли до 25% численности и 22% биомассы зоопланктона. В озерной части водоема коловратки образовывали порядка 58% таксонов, ветвистоусые раки – 33%. Бóльшие, в сравнении с другими участками водохранилища, свободные от водной растительности площади акватории способствовали развитию эвпланктонных коловраток – *Kellicottia longispina* (Kellicott) и *Anuraeopsis fissa* (Gosse). Только здесь в прибрежье были найдены *Lepadella ovalis* (Müller), *Euchlanis deflexa* Gosse, *Trichotria pocillum* (Müller) и *Alonella excisa* (Fischer). В озерной части водохранилища отмечали максимальные показатели численности зоопланктона (рис. 3), благодаря развитию на этом участке неполовозрелых форм веслоногих раков (до 44% численности и биомассы). В то же время доминирование мелких эвпланктонных коловраток *Polyarthra euryptera*, *P. luminosa* Kutikova, *Synchaeta tremula* (Müller) и *Kellicottia longispina* обусловило снижение общей биомассы, которую в большей степени образовывали немногочисленные ветвистоусые – *Sida crystallina*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Bosmina (E.)* sf. *longispina* и веслоногие раки – *Mesocyclops leuckarti*. Высокие показатели численности планктонных организмов могут быть связаны и с влиянием садкового форелевого хозяйства, расположенного в этой части водохранилища. Известно, что корм и продукты метаболизма рыб ускоряют процессы эвтрофирования вод, что приводит к структурным изменениям в планктонных сообществах [31].

Приплотинная часть водохранилища является составной частью озерной. Макрофиты здесь отсутствовали, а глубины максимальны. В состав зоопланктона входили широко распространенные или обычные для водоема виды и формы. Доминировали по численности коловратки *Polyarthra euryptera*, *P. luminosa*, *Synchaeta tremula*, по биомассе – *Polyarthra euryptera* и рачки *Bosmina (E.)* sf. *longispina* и *Ceriodaphnia pulchella*. Большую роль в планктонном сообществе играли науплии и копеподиты Cyclopoida (27% плотности и 32% биомассы зоопланктона).

В нижнем бьефе водохранилища, р. Нювчим планктонная фауна обогащалась организмами, попадающими через паводковый водосброс. В основном это пелагические виды, значительная доля которых, попадая в реку, погибает. Например, такие виды, как: *Limnosida frontosa*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii* отмечены нами в русле реки на небольшом удалении от плотины, но отсутствовали ниже по течению. В 0.25 км ниже плотины были зафиксированы максимальные для реки показатели численности и биомассы зоопланктона (рис. 2). Ближе к плотине количественно доминировали веслоногие раки – *Mesocyclops leuckarti* и ювенильные формы Cyclopoida. Ниже по течению многочисленными были коловратки: *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *Lecane* (*M.*) *lunaris*, *Synchaeta tremula*, *Lecane luna* (Müller) и Bdelloida, а также *Bosmina (E.)* sf. *longispina* и науплиусы и копеподиты веслоногих раков. Биомассу формировали низшие раки – *B. (E.)* sf. *longispina*, *M. leuckarti*, *Acroperus harpae* и неполовозрелые формы веслоногих раков.

Несмотря на значительную разницу в распределении количественных характеристик зоопланктона по акватории Нювчимского водохранилища (рис. 3), достоверных отличий между участками не выявлено, лишь биомасса ветвистоусых раков, обитающих в озерно-речной части, была достоверно (при $p<0.05$) выше, чем в озерной. Благодаря малым размерам водоема, разграничение гидрологических зон в нем крайне условно и их различия и границы зачастую нивелируются, что отражается и на распространении планктонных сообществ, которое в большей степени зависело от типа биотопов, нежели от гидрологических зон. Исследования показали, что в водохранилище развиваются три зоопланктонных комплекса (рис. 4). Первый (рис. 4, кластер I) характерен для относительно глубоководных биотопов (3–7 м), свободных от водной рас-

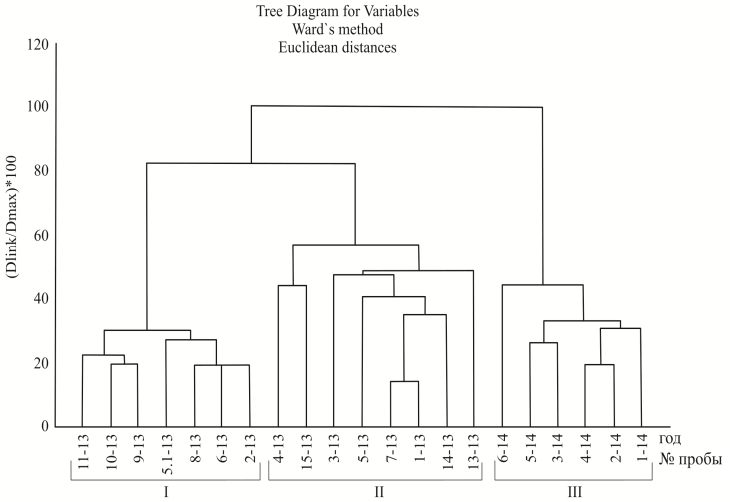


Рис. 4. Кластерный анализ распределения видового состава зоопланктона по акватории Нювчимского водохранилища в 2013–2014 гг. I–III – номера кластеров.

Fig. 4. The cluster analysis of distribution of species composition of zooplankton on the water area of the Nyuvchim reservoir in 2013–2014. I–III – numbers of clusters.

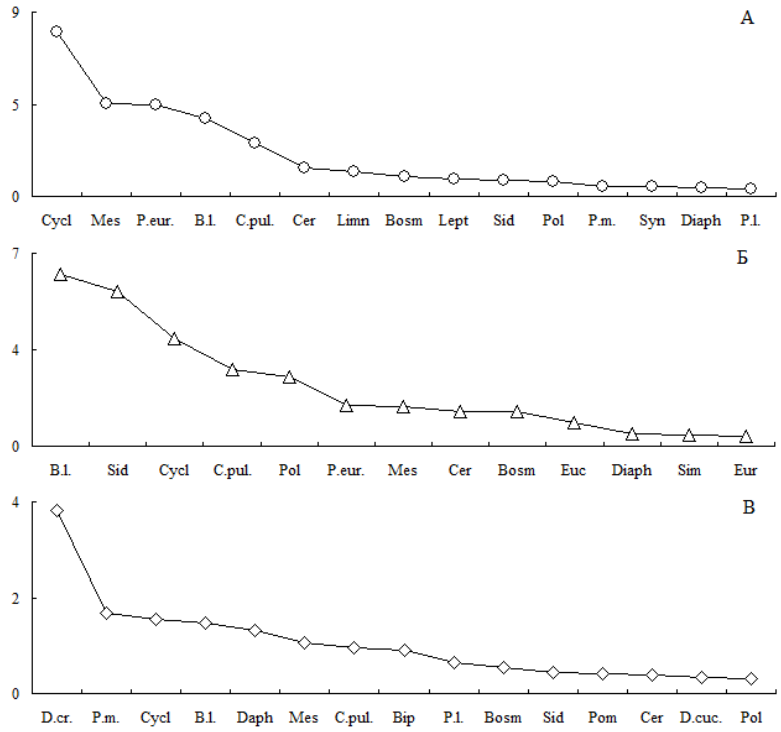


Рис. 5. Кривые ранжирования видов и форм зоопланктона Нювчимского водохранилища по значениям индекса плотности. А – сообщество зоопланктона, соответствующее кластеру I рисунка 3, Б – кластеру II и В – кластеру III.

Fig. 5. Ranking curves of species and forms of zooplankton of the Nyuvchim reservoir by values of the density index. A – the community of zooplankton conforming to the cluster I in Fig. 3, Б – to the cluster II and B – to the cluster III.

Гидрохимические показатели в Нювчимском водохранилище в период исследований
Hydrochemical parameters in the Nyuvchim reservoir in the period of study

Параметры	2013 г.	2014 г.
Температура воды, °С	22.7-24.0, в среднем 23.4	17-18.6, в среднем 18.0
Кислород, %	76.9-99.5, в среднем 86.0	94.7-101.9, в среднем 98.0

тительности. Основной состав этого зоопланктоценоза представлен 15 видами и формами (рис. 5 А). Преобладали в нем неполовозрелые формы циклопов, субдоминанты – *Mesocyclops leuckarti*, *Polyarthra euryptera*, *Bosmina (E.)* cf. *longispina* и *Ceriodaphnia pulchella*. Количественное развитие планктона варьировало от 141 до 449 тыс. экз./м^3 и от 0.5 до 2.3 г/м^3. Второй (рис. 4, кластер II) – свойственен биотопам с глубинами менее 1 м, заросших макрофитами. Доминировали в них *Bosmina (E.)* cf. *longispina* и *Sida crystallina*, субдоминанты – *Ceriodaphnia pulchella*, *Polyphemus pediculus* (O.F. Müller) и науплиусы и копеподиты Cyclopoida (рис. 5 Б). Численность планктонных организмов здесь была ниже – 31–292 тыс. экз./м^3, а максимальные показатели биомассы, напротив, выше – 0.3–4.5 г/м^3. Выделенные планктонные комплексы характерны для сублиторальной и литоральной зон, заросших водными макрофитами среднеглубоких и мелководных озер региона исследований [32]. Можно предположить, что отсутствие как такового пелагического планктонного комплекса является отличительной чертой малых мелководных водохранилищ от крупных, в которых тот обычно присутствует [11]. В холодный 2014 г., достоверно отличающийся (при $p<0.01$) более низкими температурами воды в летний период (см. таблицу) и соответственно более высоким (при $p<0.005$) насыщением воды кислородом (таблица), по всей акватории водохранилища был распространен комплекс *Daphnia (D.) cristata* (рис. 4, кластер III; рис. 5 В), обычно выделяемый для пелагиали холодноводных озер таежной зоны [32]. Развитие зоопланктона в целом в этот период отличалось низкими показателями: от 8 до 96 тыс. экз./м^3 и от 0.01 до 0.08 г/м^3.

Состав основных видов во всех выделенных зоопланктоценозах был сходен (индекс Съеренсена составил 0.6-0.7) и представлен большей частью видами с широкой экологической валентностью (рис. 5). Вместе с тем, в первых двух комплексах отмечены виды, свойственные тому или иному местообитанию. Так, на глубоководных биотопах – это эвпланктонные *Limnosida frontosa*, *Leptodora kindtii* и *Synchaeta tremula*, в литорали, среди зарослей высшей водной растительности – *Eucyclops macrurus* (Sars), *Eurycercus lamellatus* (O.F. Müller) и *Simocephalus vetulus*.

Заключение

В результате проведенных исследований в Нювчимском водохранилище выявлено большое разнообразие и количественное богатство зоопланктона. Формирование животного планктона в водохранилище происходило в относительно короткие сроки – уже в 2000 г., ко второму году функционирования водоема, в нем обитало 40 видов и форм, а средние показатели численности и биомассы были сопоставимы с 2013–2014 гг. Из видов, населяющих реки до подпора, более половины успешно заселили вновь образовавшийся водоем.

Распределение зоопланктона по акватории водохранилища было относительно равномерным и зависело в большей степени не от морфометрических характеристик гидрологических зон, как в крупных водохранилищах, а от характера составляющих их биотопов. Выделено три зоопланктонных комплекса, два из них свойственны для относительно теплого летнего периода. На глубоководных участках в этот период развивался планктонный

комплекс с доминированием неполовозрелых форм Cyclopoida с субдоминантами: *Mesocyclops leuckarti*, *Polyarthra euryptera*, *Bosmina (E.)* cf. *longispina* и *Ceriodaphnia pulchella*. На мелководных участках, заросших макрофитами – комплекс *Bosmina (E.)* cf. *longispina* + *Sida crystallina*, с субдоминантами – *Ceriodaphnia pulchella*, *Polyphemus pediculus* и ювенильными Cyclopoida. По своему составу оба комплекса соответствовали сообществам, населяющим сублиторальную и литоральную зоны озер региона исследований. Отсутствие как такового пелагического комплекса в водохранилище, вероятно, обусловлено малыми размерами водоема. В условиях более холодного летнего периода, независимо от типа биотопов, на всей акватории развивался особый планктоценоз с доминированием холодноводного *Daphnia cristata*.

Сток планктонных организмов через паводковый водосброс водохранилища способствовал заселению водотока, расположенного в его нижнем бьефе, не характерными для рек видами зоопланктона являются *Limnosida frontosa*, *Diaphanosoma brachyurum* и *Leptodora kindtii* и др., большая часть которых, однако, не распространялась ниже по течению. Кроме того, на этом участке реки наблюдали аномально высокие показатели численности и биомассы зоопланктона, обусловленные массовым развитием веслоногих раков.

В целом площадь зарастания исследуемого водоема составила порядка 40%. Максимально подвержены зарастанию водными растениями заливы (до 75% их площади). Распределение планктонных организмов в них было связано с характером зарастания и распределением сообществ макрофитов. Так, в Дендельском заливе, где заросли разрежены и преобладает полупогруженная и погруженная растительность, планктон более разнообразен, а его численность и биомасса выше (в 1.5 и 1.8 раз соответственно), чем в Нювчимском заливе, где бóльшие площади заняты плотными зарослями *Typha latifolia*, *Elodea canadensis* и *Potamogeton perfoliatus*.

Авторы выражают благодарность А.Б. Захарову и Р.Р. Рафикову за помощь в сборе полевого материала.

Работа выполнена в рамках госзадания отдела экологии животных Института биологии Коми НЦ УрО РАН (№ АААА-А17-117112850235-2), а также при частичной поддержке Комплексной программы УрО РАН (№ 18-4-4-37) и гранта РФФИ 18-44-110017 р_а.

Литература

1. *Кудерский Л.А.* Экология и биологическая продуктивность водохранилищ. М.: Знание, 1986. 64 с.
2. *Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А.* Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
3. *Луферова Л.А.* Формирование зоопланктона Горьковского водохранилища // Биологические аспекты изучения водохранилищ. М.; Л.: Наука, 1963. С. 130–142.
4. *Авокян А.Б., Ривьер И.К.* Уровенный режим как фактор становления и функционирования экосистем водохранилищ // Водные ресурсы. 2000. Т. 27. №4. С. 389–399.
5. *Зарубина Е.Ю., Ермолаева Н.И.* Сезонная динамика макрофитов и зоопланктона литоральной зоны Новосибирского водохранилища в 2013 г. // Журн. прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №11. С. 216–220.
6. *Корнилов Б.А., Шарапов В.А.* Влияние водохранилищ на климат, грунтовые воды, почвы, растительность и животный мир // Водохранилища мира. М.: Наука, 1979. С. 118–130.
7. *Зимбалевская Л.Н.* Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ. Киев: Наукова думка, 1981. 216 с.
8. *Буторин Н.В., Успенский С.М.* Значение мелководий в биологической продуктивности водохранилищ // Биологические ресурсы гидросферы и их использование. М.: Наука, 1984. С. 23–41.
9. *Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н., Бреховских В.Ф.* Зарастающие водотоки и водоемы: динамические процессы формирования донных отложений. М.: Наука, 2004. 310 с.
10. *Ермолаева Н.И.* Водные экосистемы. Особенности формирования зоопланктона водохранилищ. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2008. 69 с.
11. *Лазарева В.И.* Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 183 с.
12. *Особенности видовой* структуры и пространственного размещения сообществ зоопланктона верхнего бьефа Нижегородской ГЭС, зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища и устьевой области реки Оки / Г.В.Шурганова, В.С.Жихарев, Д.Е.Гаврилко, Д.О.Голубева, Т.В.Золотарева, Д.С.Ручкин// Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2017. № 53. С. 116–123.
13. *Государственный доклад* «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2012 году». Сыктывкар: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ «ТФИ РК», 2013. 199 с.
14. *Батурина М.А., Кононова О.Н., Рафиков Р.Р.* Состояние сообществ водных беспозвоночных (планктон, бентос) в условиях эксплуатации в водоёме форелевого хозяйства // Теоретическая и прикладная экология. 2015. №4. С. 93–98.
15. *Современное состояние* биоты малых водохранилищ Республики Коми/ М.А.Батурина, О.Н.Кононова, Е.Б.Фефилова, Б.Ю.Тетерюк, Е.Н.Патова, А.С.Стенина, И.Н.Стерлягова// Журн. Сибирского федерального университета. Биология. 2017. Т. 10. №4. С. 422–445.

16. *Методика изучения* биогеоценозов внутренних водоемов/ Отв. ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовской. М.: Наука, 1975. 240 с.
17. *Гидроэкология устьевых* областей притоков равнинного водохранилища / Ред. А.В.Крылов. Ярославль: Филигрань, 2015. 466 с.
18. *Катанская В.М.* Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР. Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.
19. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья-95, 1995. 992 с.
20. *Протасов А.А.* Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии. Киев: Академпериодика, 2011. 704 с.
21. *Определитель зоопланктона* и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1: Зоопланктон. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
22. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.
23. *Пидгайко М.Л.* Зоопланктон оз. Едрово Новгородской области // Изв. ГосНИОРХ. 1973. Т. 84. С. 108–118.
24. *Пидгайко М.Л.* Зоопланктоценозы водоемов различных почвенно-климатических зон // Изв. ГосНИОРХ. 1978. Т. 135. С. 3–109.
25. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
26. *Дубовская О.П.* Формирование зоопланктона Саяно-Шушенского водохранилища: Автореф. дис. канд. биол. наук. Иркутск: Иркутский ГУ им. А.А. Жданова, 1987. 21 с.
27. *Кононова О.Н., Фефилова Е.Б.* Планктонная фауна малых водохранилищ Республики Коми // Журн. Биология внутренних вод. 2018. №3. С. 12–22.
28. *Беркович К.М.* Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 163 с.
29. *Семенченко В.П., Разлуцкий В.И.* Факторы, определяющие суточное распределение и перемещения зоопланктона в литоральной зоне пресноводных озер (обзор) // Журн. Сибирского федерального университета, 2009. №2. С. 191–225.
30. *Семенченко В.П., Разлуцкий В.И., Бусева Ж.Ф., Палаш А.Л.* Зоопланктон литоральной зоны озер разного типа. Минск: Беларусю навука, 2013. 1732 с.
31. *Состояние водной среды* и биоты при функционировании садковых форелевых хозяйств/Л.П.Рыжков, И.М.Дзюбук, А.В.Горохов, Л.П.Марченко, Н.В.Артемьева, Т.А.Иешко, М.Г.Рябинкина, В.А.Раднаева // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 2. С. 239–247.
32. *Пидгайко М.Л.* Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. М.: Наука, 1984. 208 с.

References

1. *Kudersky L.A.* Ekologiya i biologicheskaya produktivnost' vodohranilishch [Ecology and biological productivity of reservoirs]. Moscow: Znanie, 1986. 64 p.
2. *Avakyan A.B., Saltankin V.P., Sharapov V.A.* Vodohranilishcha [Reservoirs]. Moscow: Mysl', 1987. 325 p.
3. *Luferova L.A.* Formirovanie zooplanktona Gor'kovskogo vodohranilishcha // Biologicheskie aspekty izucheniya vodohranilishch [Formation of the zooplankton of the Gorky reservoir // Biological aspects of the study of reservoirs]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1963. P. 130–142.
4. *Avokyan A.B., Rivyer I.K.* Urovennyj rezhim kak faktor stanovleniya i funkcionirovaniya ekosistem vodohranilishch [Level regime as a factor of formation and functioning of reservoir ecosystems] // Water resources. 2000. Vol. 27. № 4. P. 389–399.
5. *Zarubina E.Yu., Ermolaeva N.I.* Sezonnaya dinamika makrofitov i zooplanktona litoral'noj zony Novosibirskogo vodohranilishcha v 2013 g. [Seasonal dynamics of macrophytes and zooplankton in the littoral zone of the Novosibirsk reservoir in 2013] // Zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij [J. of applied and fundamental research]. 2014. №11. P. 216–220.
6. *Kornilov B.A., Sharapov V.A.* Vliyanie vodohranilishch na klimat, gruntovye vody, pochvy, rastitel'nost' i zhivotnyj mir // Vodohranilishcha mira [Impact of reservoirs on climate, groundwater, soil, vegetation and wildlife // Reservoirs of the world]. Moscow: Nauka, 1979. P. 118–130.
7. *Zimbalevskaya L.N.* Fitofil'nye bespozvonochnye ravninnyh rek i vodohranilishch [Phytophilic invertebrates of plain rivers and reservoirs]. Kiev: Naukova dumka, 1981. 216 p.
8. *Butorin N.V., Uspensky S.M.* Znachenie melkovodij v biologicheskoj produktivnosti vodohranilishch // Biologicheskie resursy gidrosfery i ih ispol'zovanie [The importance of shallow water in the biological productivity of reservoirs // Biological resources of the hydrosphere and their use]. Moscow: Nauka, 1984. P. 23–41.
9. *Kazmiruk V.D., Kazmiruk T.N., Brekhovskikh V.F.* Zarastayushchie vodotoki i vodoemy: dinamicheskie processy formirovaniya donnyh otlozhenij [Overgrown watercourses and reservoirs: dynamic processes of formation of bottom sediments]. Moscow: Nauka, 2004. 310 p.
10. *Ermolaeva N.I.* Vodnye ekosistemy. Osobennosti formirovaniya zooplanktona vodohranilishch [Water ecosystems. Features of formation of zooplankton in reservoirs]. Novosibirsk: GPNTB, Siberian Branch, RAS, 2008. 69 p.
11. *Lazareva V.I.* Struktura i dinamika zooplanktonna Rybinskogo vodohranilishcha [Structure and dynamics of zooplankton of the Rybinsk reservoir]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK [Partnership of sci. publications KMK], 2010. 183 p.
12. *Osobennosti vidovoj* struktury i prostranstvennogo razmeshcheniya soobshchestv zooplanktona verhnego b'efa Nizhegorodskoj GES, zony rechnoj gidravliki Cheboksarskogo vodo-

hranilishcha i ust'evoj oblasti reki Oki [Features of the species structure and spatial distribution of the zooplankton communities of the upper reach of the Nizhni Novgorod HPP, the river hydraulics zone of the Cheboksary reservoir and the mouth of the Oka river] / G.V.Shurganova, V.S.Zhikharev, D.E.Gavrilko, D.O.Golubeva, T.V.Zolotareva, D.S.Ruchkin // Bull. of the Volga State Academy of water transport. 2017. № 53. P. 116–123.

13. *Gosudarstvennyj doklad* «O sostoyanii okruzhayushchej sredy Respubliki Komi v 2012 godu» [State report "On the state of the environment of the Republic of Komi in 2012"]. Syktyvkar: Ministry of natural resources and environment protection of the Republic of Komi, GBU «TFI RK», 2013. 199 p.
14. *Baturina M.A., Kononova O.N., Rafikov R.R.* Sostoyanie soobshchestv vodnyh bespozvonochnyh (plankton, bentos) v usloviyah ekspluatacii v vodoyome forelevogo hozyajstva [State of aquatic invertebrate communities (plankton, benthos) in operating conditions of trout farming in the pond] // Theoretical and applied ecology. 2015. №4. P. 93–98.
15. *Sovremennoe sostoyanie* bioty malyh vodohranilishch respubliki Komi [Present state of the biota of small water reservoirs of the Republic of Komi]/M.A.Baturina, O.N.Kononova, E.B.Fefilova, B.Yu.Teteryuk, E.N.Patova, A.S.Stenina, I.N.Sterlyagova // J. of Siberian Federal Univ. Biology. 2017. Vol. 10. № 4. P. 422–445.
16. *Metodika izucheniya* biogeocenozov vnutrennih vodoemov [Methods of studying biogeocenoses of inland water bodies] / Ed. F.D. Mordukhai-Boltovskoi. Moscow: Nauka, 1975. 240 p.
17. *Gidroekologiya ust'evyh* oblastej pritokov ravninnogo vodohranilishcha [Hydroecology of river mouth areas of the tributaries of a lowland reservoir] / Ed. A.V. Krylov. Yaroslavl: Filigran', 2015. 466 p.
18. *Katanskaya V.M.* Vysshaya vodnaya rastitel' nost' kontinental'nyh vodoyomov SSSR. Metody izucheniya [Higher aquatic vegetation of the continental reservoirs of the USSR. Study methods]. Leningrad: Nauka, 1981. 187 p.
19. *Cherepanov S.K.* Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv (v predelah byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)]. St.Petersburg: World and family-95, 1995. 992 p.
20. *Protasov A.A.* Zhizn' v gidrosfere. Ocherki po obshchej gidrobiologii [Life in hydrosphere. Essays on General Hydrobiology]. Kiev: Akademperiodika, 2011. 704 p.
21. *Opredelitel'* zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii [The identifier of zooplankton and zoobenthos of fresh waters in European Russia]. Vol. 1: Zooplankton. Moscow: Partnership of sci. publications KMK, 2010. 495 p.
22. *Pesenko Yu.A.* Principy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskih issledovaniyah [Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies]. Moscow: Nauka, 1982. 288 p.
23. *Pidgaiko M.L.* Zooplankton oz. Edrovo Novgorodskoj oblasti [Zooplankton of lake Edrovo of the Novgorod region] // News of State Res. Inst. of Lake and River Fisheries. 1973. Vol. 84. P. 108–118.
24. *Pidgaiko M.L.* Zooplanktocenozy vodoemov razlichnyh pochvenno-klimaticheskih zon [The zooplankton communities in the ponds of various soil-climatic zones] // News of State Res. Inst. of Lake and River Fisheries, 1978. Vol. 135. P. 3–109.
25. *Lakin G.F.* Biometry. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 352 p.
26. *Dubovskaya O.P.* Formirovanie zooplanktona Sayano-Shushenskogo vodohranilishcha [The formation of the zooplankton in the Sayano-Shushenskoye reservoir]: Abstract of diss... Cand. Sci. (Biology). Irkutsk: Irkutsk A.A. Zhdanov State Univ., 1987. 21 p.
27. *Kononova O.N., Fefilova E.B.* Planktonnaya fauna malyh vodohranilishch respubliki Komi [Planktonic fauna of small water reservoirs of the Republic of Komi] // Zh.biologiya vnutrennih vod [J. of Biology of inland waters]. 2018. № 3. P. 12–22.
28. *Berkovich K.M.* Ruslovye processy na rekah v sfere vliyaniya vodohranilishch [Channel processes on rivers in the area of influence of reservoirs]. Moscow: Geographical faculty of Moscow State Univ., 2012. 163 p.
29. *Semenchenko V.P., Razlutsky V.I.* Faktory, opredelyayushchie sutochnoe raspredelenie i peremeshcheniya zooplanktona v litoral'noj zone presnovodnyh ozer (obzor) [Factors determining the daily distribution and movement of zooplankton in the littoral zone of freshwater lakes (review)] // J. of Siberian Federal Univ., 2009. № 2. P. 191–225.
30. *Semenchenko V.P., Razlutsky V.I., Buseva Zh.F., Palash A.L.* Zooplankton litoral'noj zony ozer raznogo tipa [Zooplankton of littoral zone of lakes of different types]. Minsk: Belarusyu navuka, 2013. 1732 p.
31. *Sostoyanie vodnoj* sredy i bioty pri funkcionirovanii sadkovyh forelevyh hozyajstv [The state of the aquatic environment and biota in the functioning of trout farms] / L.P.Ryzhkov, I.M.Dzyubuk, A.V.Gorokhov, L.P.Marchenko, N.V.Artemyeva, T.A.Ieshko, M.G.Ryabinkina, V.A.Radnaeva // Water resources. 2011. Vol. 38. № 2. P. 239–247.
32. *Pidgaiko M.L.* Zooplankton vodoemov Evropejskoj chasti SSSR [Zooplankton of reservoirs of the European part of the USSR]. Moscow: Nauka, 1984. 208 p.

Статья поступила в редакцию 08.10.2018.

УДК 591.524.11;502.4 (285.2)(282.247.11)(470.13)
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-26-32

В.Н. ШУБИНА, Н.П. СОКОЛОВА

ЗООБЕНТОС ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КАРСТОВОГО ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ПАРАСЬКИНО – ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

*Институт биологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

vshubina@ib.komisc.ru

Аннотация

В зообентосе литоральной зоны карстового озера Большое Параськино установлено 15 различных систематических групп беспозвоночных: Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Mollusca, Cladocera, Ostracoda, Copepoda, Amphipoda, Hydracarina, Ephemeroptera, Megaloptera, Trichoptera, Odonata, Ceratopogonidae, Chironomidae. Летом в составе донного населения по численности доминируют личинки хирономид и олигохеты, осенью – личинки хирономид и моллюски, среди которых обнаружены редкие для Европы виды. В озере найден ледниковый реликт – рачок *Rivulogammarus lacustris* Sars.

Ключевые слова:
озеро Большое Параськино, зообентос, вид, численность, биомасса

V.N. SHUBINA, N.P. SOKOLOVA

ZOOBENTHOS OF LITTORAL ZONE OF NATURAL MONUMENT – KARST LAKE BOLSHOE PARASKINO (KOMI REPUBLIC)

*Institute of Biology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

Abstract

In the basin of the river Tobys, 50 km south of Ukhta, there are 20 different in size and shape karst lakes interconnected by underground rivers. This place known as "Paraskiny ozera" has the category of Regional Natural Monument and was included in the Nature Protected Areas system of the Komi Republic in 1989. This category means special protection regime of the territory that can be used for recreation only. On weekends, the lakes are visited by groups of tourists who carry out cutting of trees, fishing, making bonfires, move on vehicles off the roads, arrange garbage dumps in the coastal areas of the lakes, etc. Among the lakes of the area, the largest lake (4.8 hectares) is Bolshoe Paraskino. The state of this lake strongly depends on the watershed area. The anthropogenic impact increases the load on aquatic ecosystems, pollution of the environment, creates threats to the preservation of lakes and lake biota. During the autumn-summer period of 2005, we performed hydrobiological studies in the littoral zone of lake Bolshoe Paraskino in order to reveal main qualitative, quantitative and structural parameters of zoobenthos – the main and reliable source of information about the ecological state of the lake. 15 different systematical groups of invertebrates were found in the studied littoral zoobenthos: Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Mollusca, Cladocera, Ostracoda, Copepoda, Amphipoda, Hydracarina, Ephemeroptera, Megaloptera, Trichoptera, Odonata, Ceratopogonidae, Chironomidae. In summer, chironomid larvae and oligochaetes prevailed in the zoobenthos; in autumn – chironomid larvae and mollusks. The main biomass of zoobenthos was represented by mollusks; among them some rare European species were found. Glacial relic crustacean *Rivulogammarus lacustris* Sars. was found in the lake.

Keywords:
Bolshoe Paraskino lake, zoobenthos, species, population, biomass

Введение

В бассейне р. Тобысь, приток третьего порядка северной европейской реки Печора, в 50 км к югу от г. Ухта находятся различные по размерам и

формам 20 карстовых озёр, которые сообщаются между собой подземными реками. Народное название озёр – “Параськины”. В 1989 г. району этих озёр был присвоен статус памятника природы республиканского значения – “Параськины озёра”, вошедшего в сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми (РК), имеющих охранный режим – заказной [1]. Территорию этого памятника природы разрешается использовать только в рекреационных целях. Озёра в выходные дни посещают группы отдыхающих, которые осуществляют незаконную рубку деревьев, лов рыбы, разводят костры, перемещаются на автотранспорте вне дорог, устраивают неорганизованные свалки мусора в прибрежных зонах озер и т.п. Состояние водоема находится в прямой зависимости от водосбора. При антропогенном влиянии увеличиваются нагрузки на водные экосистемы, идёт загрязнение естественной среды, создается определенная угроза сохранению озер и их обитателям. По просьбе Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК отдел экологии животных Института биологии Коми НЦ УрО РАН в 2005 г. исследовал зообентос (донных беспозвоночных) самого древнего и самого крупного из всех карстовых озёр этого района – оз. Большое Параськино.

Площадь оз. Большое Параськино, по данным Комирыбвода, составляет 4,8 га, средняя глубина – 11 м, однако есть места глубиной до 22 м. Берега озера заросли сосной, елью, березой, ивой. Участки размываемого, намываемого и зарастающего побережья озера образуют его литоральную зону, дно которой – песчано-илистое, торфянистое, с запахом сероводорода, редко отмечена галька, грунт в сублиторали – вязкий ил. По данным ихтиологов Комирыбвода, в XX столетии в этом озере обитали окунь, налим, щука, плотва, речной гольян. В период исследований 2005 г., согласно контрольным уловам, ихтиофауна озера была представлена одним видом – окунем *Perca fluviatilis* (Linné). В 2009 г. сотрудниками Института биологии за сутки контрольного лова в ставные сети не было поймано ни одной рыбы. Если учитывать и опросные сведения местных жителей и рыбаков-любителей, посещающих оз. Большое Параськино, то можно констатировать практически полную деградацию промысловой ихтиофауны.

Сведения о донных беспозвоночных (зообентосе) оз. Большое Параськино в научной литературе отсутствуют. Однако известно, что изучение зообентоса, одного из основных компонентов озерных экосистем, представляет большой научный интерес не только как кормовой ресурс беспозвоночных и рыб, но и как надежный показатель для определения экологического состояния водоема, приоритетный источник информации об интенсивности антропогенной нагрузки на озеро [2].

Цель наших исследований – получить сведения об основных качественных, количественных и структурных характеристиках зообентоса литоральной зоны оз. Большое Параськино.

Материал и методы

В основу настоящей статьи положены выполненные авторами результаты обработки и анализа проб зообентоса и пищевых проб окуня. Сбор проб зообентоса произведен сотрудником отдела М.Д. Тумановым 20 июня и 20 сентября 2005 г. с различных типов грунта литорали оз. Большое Параськино на пяти станциях, расположенных в 2 и 10 м от берега (фото).

Озеро Большое Параськино; врезка – ледниковый реликт – рачок *Rivulogammarus lacustris* (fotokto.ru, фото Н.А. Березиной).
Bolshoe Paraskino Lake; box – glacial relic – crustacean *Rivulo-gammarus lacustris* (fotokto.ru, photo by N.A.Berezina).

Орудиями сбора зообентоса были количественный скребок и облегчённая модель ковшового дночерпателя Петерсена [3]. Промывка проб зообентоса произведена через капроновое сито с ячеей 0,20 мм (№ газа 49), что дало возможность одновременно осуществлять сборы организмов из мейо- и макробентоса, которые тесно взаимосвязаны и являются частями единого донного биоценоза. К мейобентосу отнесены особи размером 0,1 – 2 мм, к макробентосу – более крупные организмы [4]. Про-

бы зообентоса фиксировали 4%-ным водным раствором формальдегида. Кроме проб зообентоса проанализированы пищевые пробы окуня для выявления состава его кормовой базы. Отлов рыб произведен 19 июня 2005 г. в тех же пунктах, где был собран гидробиологический материал. Орудиями лова рыб служили ставные сети протяженностью 30 м и с ячеей от 16 до 40 мм. Полученные материалы по питанию окуня стали дополнением к пробам зообентоса.

Первичная обработка всех проб зообентоса и пищевых проб окуня осуществлена в камеральных условиях по стандартным методикам [3, 5] с помощью бинокуляра МБС–10 с последующим подсчетом гидробионтов и взвешиванием их после обсушки на фильтровальной бумаге до исчезновения влажных пятен на торсионных весах типа ВТ–100. Биомасса личинок ручейников приведена без веса домиков.

Одновременно со сборами бентоса и выловом рыб в оз. Большое Параськино выполнены замеры глубины, отмечен характер грунта, выявлен состав прибрежно-водных растений и особенности химического состава воды – факторы, определяющие условия жизни организмов, обитающих на дне озера [6]. Среди прибрежно-водных растений в озере установлены хвощи, осоки, сабельник, вех ядовитый, болотница, заросли харовых водорослей. Грунт в литоральной зоне озера в 2–10 м от берега на глубинах 1–2 м – преимущественно песчано-илистый, редко отмечены вкрапления гальки, на дне присутствовал грубый детрит, который образовался из остатков растительных и животных организмов. Вода в озере желтоватого цвета, ее активная реакция среды (pH) варьировала в пределах нейтральной – слабощелочной: 7,0–8,3. Минерализация воды составляла 291,5 мг/дм^3 и отличалась высоким содержанием, мг/дм^3: сульфатов (162), кальция (32,5), магния (10), концентрация кремния соответствовала 8,9, железа – 47 мг/дм^3 [7].

Результаты и обсуждение

Дно озера населено животными организмами, составляющими большую экологическую группу, получившую название зообентос. Обитающие на дне озера гидробионты формируются в сообщества, приспособленные к условиям жизни на разных глубинах и грунтах. Для литоральной зоны оз. Большое Параськино проанализирован состав зообентоса в зависимости от типа грунта, глубины и удаленности от берега.

На глубине 1 м на песчаном грунте с наличием детрита *(в 2 м от берега)* зарегистрировано 11 различных систематических групп донных беспозвоночных. По численности здесь преобладали олигохеты и хирономиды, по биомассе – моллюски (табл. 1).

На той же глубине (1 м), на песчаном грунте с детритом и с вкраплениями заиленной гальки (в 6 м от берега) обитали аналогичные группы беспозвоночных, что и в 2 м от берега (табл. 1). Однако здесь за счет скопления мелких организмов – нематод и ракообразных, на долю которых летом приходилось почти 60% от численности зообентоса, общая плотность населения дна была на порядок выше, тогда как его биомасса оказалась ниже, чем на биотопах, расположенных ближе к берегу. Основу численности донных организмов составляли кладоцеры и хирономиды, основу биомассы – хирономиды и моллюски.

Таблица 1

Зообентос оз. Большое Параськино на глубине 1 м. Сборы 20.06.2005 г.

Table 1

Zoobenthos of Bolshoe Paraskino lake at 1 m depth. Sampling date 20.06.2005

Группа беспозвоночных	В 2 м от берега, грунт– песок, детрит		В 6 м от берега, грунт – песок, детрит, заиленная галька	
	доля, % по		доля, % по	
	численности	биомассе	численности	биомассе
Nematoda	1,5	<0,1	9,9	0,2
Oligochaeta	29,3	0,3	0,5	<0,1
Mollusca	15,8	97,6	1,1	57,0
Cladocera	5,3	<0,1	30,9	0,9
Ostracoda	6,0	<0,1	11,5	0,8
Copepoda	3,0	<0,1	7,9	0,2
Hydracarina	0,8	<0,1	1,1	0,7
Ephemeroptera, lv.	3,0	0,1	0,6	0,6
Trichoptera, lv.	1,5	0,9	<0,1	<0,1
Ceratopogonidae, lv.	2,2	0,2	<0,1	0,2
Chironomidae, lv.	31,6	0,9	32,7	36,7
Chironomidae, pp.	–	–	3,8	2,7
Численность, экз./м^2	11034		17820	
Биомасса, мг/м^2		9463,8		7509,1

Примечание: «–» – группа беспозвоночных не обнаружена. В табл. 2 условное обозначение то же.
Note: "–" – group of invertebrates not discovered. In Table 2, the symbols are the same.

На глубине 1,5 м на илистом грунте с наличием детрита, мелкого песка и с незначительным содержанием гальки (в 3–6 м от берега) выявлено 15 групп донных беспозвоночных. 20 июня в 3 м от берега зообентос *илисто-песчаного грунта с присутствием грубого детрита* отличался минимальными для озера показателями численности и биомассы. Летом по числу гидробионтов преобладали личинки хирономид, значительную долю общей численности зообентоса составляли олигохеты и моллюски, последние доминировали по биомассе среди представителей донного населения (табл. 2).

Осенью (20 сентября) в сравнении с летним периодом (20 июня) ***на той же глубине (1,5 м) организмы зообентоса, заселившие песчано-илистый грунт с вкраплением гальки*** (в 6 м от берега), имели количественные показатели развития на порядок выше. Даже небольшое присутствие на дне гальки, на которой в сентябре было отмечено наличие небольших водорослевых обрастаний, представляющих, как известно, пищевую базу для беспозвоночных, обусловило возрастание численности и биомассы донных организмов. Осенью, как и летом, в составе зообентоса по биомассе доминировали моллюски (табл. 2).

Таблица 2

Зообентос оз. Большое Параськино на глубине 1,5м. Сборы 2005 г.

Table 2

Zoobenthos of Bolshoe Paraskino lake at 1.5 m depth. Sampling date 2005

Группа беспозвоночных	В 3 м от берега, грунт – грубый детрит, ил, песок , 20 июня		В 6 м от берега, грунт – детрит, ил, песок, вкрапления гальки, 20 сентября	
	доля, % по		доля, % по	
	численности	биомассе	численности	биомассе
Nematoda	1,4	<0,1	0,8	<0,1
Oligochaeta	13,9	0,4	12,9	0,5
Hirudinea	1,4	0,2	0,1	1,7
Mollusca	11,1	75,9	30,4	69,2
Cladocera	1,3	<0,1	10,2	0,3
Ostracoda	4,2	<0,1	3,0	0,5
Copepoda	5,6	<0,1	2,2	0,4
Amphipoda	5,6	7,9	0,5	0,3
Hydracarina	1,4	<0,1	0,2	<0,1
Ephemeroptera, lv.	2,8	2,5	5,9	9,4
Odonata, lv.	1,3	3,1	–	–
Trichoptera, lv.	–	–	0,4	9,6
Megaloptera, lv.	5,6	8,5	0,6	0,8
Ceratopogonidae,lv	–	–	4,0	0,4
Chironomidae, lv.	44,4	1,5	28,8	6,9
Численность, экз./м^2	598		5010	
Биомасса, мг/м^2		5010,3		21298,0

На глубине 2 м на песчано-илистом грунте с наличием детрита (в 10 м от берега) и запахом сероводорода обнаружено 10 групп беспозвоночных животных (табл. 3). Летом здесь доминировали по численности личинки хирономид и олигохеты, основу биомассы (90%) составляли моллюски, за счет которых в литоральной зоне оз. Большое Параськино была зафиксирована максимальная биомасса донного населения – 30,9 г/м^2.

Таблица 3

Зообентос оз. Большое Параськино в 10 м от берега на глубине 2.0 м. Грунт – песчано-илистый с наличием детрита. Сборы 20.06.2005 г.

Table 3

Zoobenthos of Bolshoe Paraskino lake 10 m from the shore at a depth of 2.0 m. Sandy-muddy ground with detritus. Sampling date 20.06.2005

Группа беспозвоночных	Численность		Биомасса	
	экз./ м^2	доля, %	мг/м^2	доля, %
Nematoda	25	0,3	<0,1	<0,1
Oligochaeta	1270	15,2	58,1	0,2
Mollusca	971	11,6	27888,0	90,1
Cladocera	33	0,4	0,3	<0,1
Ostracoda	50	0,6	0,5	0,1
Copepoda	25	0,3	0,3	<0,1
Hydracarina	8	0,1	1,7	<0,1
Megaloptera, lv.	8	0,1	220,8	0,7
Ephemeroptera, lv.	8	0,1	0,8	<0,1
Chironomidae, lv.	5910	70,8	2763,9	8,9
Chironomidae, pp.	42	0,5	8,3	<0,1
Всего:	8350	100,0	30942,7	100,0

В прибрежье оз. Большое Параськино на глубинах 1–2 м и на разных типах грунта установлены одни и те же группы гидробионтов, но их численность, биомасса и доля от количественных показателей общего зообентоса отличались. Общая численность донных беспозвоночных в зависимости от грунта и глубины варьировала в пределах 0,6–17,8 (в среднем 6,99) тыс. экз./м^2, общая биомасса – в пределах 5,0–30,9 (в среднем 14,84) г/м^2. 20 июня по числу экземпляров донных беспозвоночных в литоральной зоне озера доминировали личинки хирономид. 20 сентября, в период осеннего охлаждения воды, господствующее положение по плотности хирономиды делили с моллюсками. В период исследований (летом и осенью) основу биомассы (57 – 85 %) донного населения составляли моллюски. Летом субдоминантами по биомассе были личинки хирономид, осенью – личинки поденок и ручейников. В затишной прибрежной зоне озера летом по мере стабилизации (устойчивого состояния) грунта его заиление усиливалось. Вместе с тем в зообентосе в общей численности возрастала доля олигохет, в общей биомассе – доля моллюсков.

В осеннее-летний период в зообентосе литоральной зоны оз. Большое Параськино зарегистрированы представители 15 различных систематических групп водных беспозвоночных: Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Mollusca, Cladocera, Ostracoda, Copepoda, Amphipoda, Hydracarina, Ephemeroptera, Megaloptera, Trichoptera, Odonata, Ceratopogonidae, Chironomidae, характерных для пресных вод Палеарктики. Летом в составе донного населения присутствовали все перечисленные группы беспозвоночных, в осенних пробах не были найдены лишь личинки стрекоз. По зоологической классификации В.Ф. Натали [8] выявленные группы водных беспозвоночных принадлежат четырем типам животных: круглые черви (Nemathelminthes), кольчатые черви (Annelida), моллюски (Mollusca), членистоногие (Arthropoda).

Ведущую роль в формировании зообентоса литоральной зоны оз. Большое Параськино играют олигохеты и моллюски, имеющие 100%-ную встречаемость в пробах и высокие показатели численности и биомассы. Среди олигохет зарегистрированы виды: *Tubifex ignotus* (Stolc), *T. tubifex* (Müll.), *Limnodrilus hoffmeisteri* Clap., *Aulodrilus pluriseta* (Pig.), *Specaria josinae* (Vej.), *Nais pardalis* Pig., *N. Pseudobtusa* Pig., *Stylaria fossularis* Leidy, *S. lacustris* (Linné), *Piguetiella blanci* (Pig,), *Cognettia* sp. В составе моллюсков установлены виды: *Sphaerium westerlundi* Classin in Westerlund, *Cincinna depressa* (C.Pfeiffer), *C. frigida* (Westerlund), *Henslowiana lilljeborgi* (Classin in Esmark et Hoyer), *H. henslowianum* Fagot, *Amesoda scaldiana* (Normand), *A. transversalis* (Westerlund), *Anisus albus* (Müller), *A. contortus* (L.), *Lacustrina dilatata* (Westerlund), *Euglesa borealis* Classin, *Euglesa* sp.[9].

Присутствие песчано-илистых грунтов, обилие детрита на дне прибрежной зоны оз. Большое Параськино создают подходящие условия для жизни псаммофильных, дендрофильных элементов фау-

ны. Заиление грунта обусловливает обитание в литорали озера многих пелофильных и близких к ним видов, которые и определяют общий экологический характер фауны донных беспозвоночных. К числу гидробионтов заиленных грунтов оз. Большое Параськино относятся: бокоплав *Rivulogammarus lacustris* Sars, личинки ручейников *Phryganea bipunctata* Retz., *Mystacides azureus* Linné, поденок *Ephemera lineata* Etn., вислокрылок (*Syalis* sp.), мокрецов (род *Culicoides*). Широко распространенные и массовые в литоральной зоне озера личинки хирономид, к сожалению, до вида не определены, установлена их принадлежность только к подсемействам Chironominae и Tanytarsinae.

Зообентос в пище окуня оз. Большое Параськино

Выборка окуня на анализ питания была представлена особями длиной от 65 до 205 мм, возрастными группами 1+ – 5+ лет. Значительный процент в пищевых комках окуня как хищного вида рыб по массе приходится на долю рыбных остатков, по всей вероятности, своих же сородичей, так как других видов рыб в контрольных уловах оз. Большое Параськино в 2005 г. не обнаружено. Молодь окуня в первое же лето переходит на питание рыбой, но также известно, что типичные рыбояды находятся порой в таких условиях, что вынуждены довольствоваться беспозвоночными [10]. В пище окуня, выловленного в озере 19 июня, кроме рыбных остатков обнаружены донные беспозвоночные – куколки хирономид, которые и определили основу пищевого рациона окуня по числу экземпляров и массе (табл. 4).

Таблица 4

Состав пищи окуня оз. Большое Параськино, 19.06.2005 г. (n=5)

Table 4

Composition of perch food of Bolshoe Paraskino lake. Sampling date 19.06.2005

Компоненты пищи	Среднее число в одном желудочно-кишечном тракте		Средняя масса в одном желудочно-кишечном тракте	
	экземпляров	доля, %	мг	доля, %
Trichoptera, lv	0,2	0,1	0,24	<0,1
Chironomidae, lv	0,2	0,1	0,14	<0,1
Chironomidae, pp	233,8	99,7	719,86	64,9
Рыбные остатки	0,2	0,1	389,20	35,1
Всего	234,4	100,0	1109,44	100,0

Примечание: «n» – число исследованных рыб.
Note: «n» – number of fish studied.

Необходимо отметить высокую (80%) зараженность кишечных трактов окуня паразитическими червями. Кроме того, в пищевых комках окуня присутствовали в большом количестве личинки водяных клещей, которые лишь небольшой отрезок времени ведут свободный образ жизни, после чего временно паразитируют преимущественно на насекомых. В процессе питания в желудок и кишечник окуня попадают хирономиды, зараженные личинками водяных клещей. Высокая зараженность окуня паразитами (червями и водяными клещами) говорит о неблагополучной экологической обстановке в оз. Большое Параськино.

Заключение

Результаты гидробиологических исследований оз. Большое Параськино представляют научный интерес как первые и в определенной мере восполняющие пробел в наших знаниях о донных обитателях карстовых озер. Получены сведения об основных качественных, количественных и структурных характеристиках зообентоса литоральной зоны оз. Большое Параськино, о присутствии здесь редких видов водных беспозвоночных. Видовое определение фауны донных гидробионтов литоральной зоны оз. Большое Параськино выявило наличие в ней единственного вида высших ракообразных, представителя амфипод – бокоплава *Rivulogammarus lacustris* Sars. О.С.Зверевой [11] этот вид рачка рассматривается как ледниковый реликт, заселивший водоемы Республики Коми, где он встречен только в озерах на территориях, не подвергавшихся постмаксимальному оледенению. Распространение *R. lacustris* в водоемах Западной Европы и Скандинавии имеет аналогичный характер [12, 13]. Для оз. Большое Параськино отмечено довольно большое разнообразие моллюсков, среди которых зарегистрированы виды *Cincinna frigida* (Westerlund), *Lacustrina dilatata* (Westerlund), установленные только в Северной Европе и Сибири [14, 15]. Среди олигохет в озере обнаружен вид *Stylaria fossularis* Leidy, редко присутствующий в водах европейской части России, но распространенный в Восточной и Южной Азии, Северной Америке и Западной Европе [14,16].

Кратковременность проведенных гидробиологических исследований озера, малочисленность взятых в нем проб зообентоса, невозможность полной видовой обработки выявленных систематических групп донных беспозвоночных дают право лишь на предварительные выводы о фауне этого древнего карстового озера. Требуется провести более тщательные сезонные исследования донных гидробионтов на всей площади карстового оз. Большое Параськино.

Зарегистрированы факты, свидетельствующие о загрязнении литоральной зоны оз. Большое Параськино, что подтверждается скоплением на её отдельных участках полисапробных видов олигохет *Tubifex tubifex* (Müll.) и *Limnodrilus hoffmeisteri* Clap., высокой зараженностью паразитами единственного представителя ихтиофауны – окуня. Учитывая это, необходимо усилить надзор за чистотой древнего озера и всей площади его водосбора. Следует принять решительные меры по охране его биологических ресурсов, рационально использовать этот “природный музей”, что помогло бы сохранить водный памятник природы и его редкие нуждающиеся в особой охране виды беспозвоночных животных. Загрязнение, истощение, деградация среды – важ-

нейшие проблемы современности, для решения которых необходимы как экономические меры («плата за загрязнение»), так и широкая кампания среди населения в области воспитания бережного и ответственного отношения к природе.

Анализ и обобщение полученных фактических данных по зообентосу – это своего рода исторический документ, позволяющий делать важные выводы о тех изменениях, которые внес человек в биологию этого озера в сравнении с недавним прошлым, служат обоснованием при проведении современных экологических экспертиз. Результаты исследований найдут применение при составлении региональных сводок по фауне, наметят пути сохранения уникальности карстовых озер. Они актуальны для природоохранных целей, поскольку многие водные организмы и их сообщества – удобный объект для диагностирования ранних признаков антропогенных изменений водных экосистем.

Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам отдела экологии животных Института биологии Коми НЦ УрО РАН – ихтиологу М.Д. Туманову за предоставленные гидробиологические сборы, к.б.н. М.А. Батуриной и Ю.В. Лешко – за видовое определение олигохет и моллюсков.

Настоящая работа выполнена в рамках государственного задания с №-гос.регистрации АААА-А17-117112850235-2 «Распределение, систематика и пространственная организация фауны и населения животных таежных и тундровых ландшафтов и экосистем европейского Северо-Востока России».

Литература

1. *Кадастр охраняемых* природных территорий Республики Коми / Под ред. А.И. Таскаева, Н.И.Тимонина. Сыктывкар, 1993. Ч.1. 190 с.
2. *Абакумов В.А.* Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе Гидрометеорологической службы СССР // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям: Тр. советско-английского семинара. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. С. 93–99.
3. *Жадин В.И.* Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа, 1960. 191 с.
4. *Константинов А.С.* Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1979. 480 с.
5. *Методическое пособие* по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / Отв. ред. Е.В. Боруцкий. М.: Наука, 1974. 254 с.
6. *Лепнева С.Г.* Жизнь в озерах // Жизнь пресных вод СССР / Под ред. В.И. Жадина, Е.Н. Павловского. М.– Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т. 3. С. 257–552.
7. *Шабалина Ю.Н.* Семейство Fragilariaceae (Kütz) D.T. в карстовом озере – памятнике природы (Ухтинский район, Республика Коми)// Проблемы особо охраняемых природных территорий европейского Севера (к 10-летию национального парка “Югыд ва”): Матер. науч.-практ. конф. Сыктывкар, 2004. С. 176–178.
8. *Натали В.Ф.* Зоология беспозвоночных. М.: Просвещение, 1975. 487 с.
9. *Шубина В.Н., Соколова Н.П., Туманов М.Д.* «Параськины озера» – водный памятник природы // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2006. № 8. С. 32–34.
10. *Соловкина Л.Н.* Рыбные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1975. 168 с.
11. *Зверева О.С.* Особенности биологии главных рек Коми АССР. Л.: Наука, 1969. 279 с.
12. *Thienemann A.* Verbreitungsgeschicht die Süsswassertierwelt Europas // Binnengewässer, 1950. Bd. XVIII. 809 s.
13. *Segerstråle S. G.* The immigration history of the aquatic fauna of Northern Europe// Verh. Internat. Ver. Limnol., 1958. Vol. XIII, pt.2. P. 814–816.
14. *Limnofauna Europaea* / Ed. J. Illies. Stuttgart; New York; Amsterdam, 1978. 532 p.
15. *Богатов В.В., Киящко П.В.* Класс двустворчатые моллюски – Bivalvia Linnaeus, 1758// Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.2. Зообентос. М.–СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. С. 285–335.
16. *Чекановская О.В.* Водные малощетинковые черви фауны СССР. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 411 с.

References

1. *Kadastr ohranyaemyh* prirodnyh territorij Respubliki Komi [Cadastre of protected natural territories of the Komi Republic] / Eds. A.I. Taskaev, N.I. Timonin. Syktyvkar, 1993. Part 1. 190 p.
2. *Abakumov V.A.* Kontrol' kachestva vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam v sisteme Gidrometeorologicheskoj sluzhby SSSR [Water quality control by hydrobiological indicators in the system of Hydrometeorological service of the USSR] // Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverhnostnyh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam: Tr. Sovetsko-anglijskogo seminara [Scientific basis of surface water quality control by hydrobiological indicators]: Proc. of Soviet-English seminar. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1977. P. 93–99.
3. *Zhadin V.I.* Metody gidrobiologicheskogo issledovaniya [Methods of hydrobiological research]. Moscow: Higher school, 1960. 191 p.
4. *Konstantinov A.S.* Obshchaya gidrobiologiya [General hydrobiology]. Moscow: Higher school, 1979. 480 p.
5. *Metodicheskoe posobie* po izucheniyu pitaniya i pishchevyh otnoshenij ryb v estestvennyh usloviyah [Methodological guide for the study of food and food relations of fishes in natural conditions]/ Ed. E.V. Borutsky. Moscow: Nauka, 1974. 254 p.
6. *Lepneva S.G.* Zhizn' v ozerah [Life in the lakes] // Zhizn' presnyh vod SSSR [Life of

fresh waters of the USSR] / Eds. V. I. Zhadin, E.N. Pavlovsky. Moscow–Leningrad: USSR Ac. Sci. Publ., 1950. Vol. 3. P. 257–552.
7. *Shabalina Yu.N.* Semejstvo Fragilariaceae (Kütz) D.T. v karstovom ozere –pamyatnike prirody (Uhtinskij rajon, Respublika Komi) [Family Fragilariaceae (Kütz) D.T. in the karst lake – natural monument (Ukhta district, Komi Republic)] // Problemy osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij evropejskogo Severa (k 10-letiyu nacional'nogo parka "Yugyd va") [Problems of protected areas of the European North (to the 10th anniversary of the National Park "Yugyd va")]: Proc. of sci.-pract. conf. Syktyvkar, 2004. P. 176–178.
8. *Natali V.F.* Zoologiya bespozvonochnyh [Invertebrate zoology]. Moscow: Education, 1975. 487 p.
9. *Shubina V.N., Sokolova N.P., Tumanov M.D.* «Paras`kiny` ozera» – vodny`j pamyatnik prirody` ["Paraskiny ozera" – water natural monument] // Bull. of Inst. of Biology, Komi Sci. Centre, Ural Branch., RAS. 2006. №. 8. P. 32–34.
10. *Solovkina L.N.* Rybnye resursy Komi ASSR [Fish resources of the Komi ASSR]. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1975. 168 p.
11. *Zvereva O. S.* Osobennosti biologii glavnyh rek Komi ASSR [Features of biology of the main rivers of the Komi ASSR]. Leningrad: Nauka, 1969. 279 p.
12. *Thienemann A.* Verbreitungsgeschicht die Süsswassertierwelt Europas // Binnengewässer, 1950. Bd. XVIII. 809 s.
13. *Segersträle S. G.* The immigration history of the aquatic fauna of Northern Europe// Verh. Internat. Ver. Limnol., 1958. Vol. XIII, №.2. P. 814–816.
14. *Limnofauna Europaea* / Ed. J.Illies. Stuttgart, New York, Amsterdam, 1978. 532 s.
15. *Bogatov V.V., Kiyashko P.V.* Klass dvustvorchatye mollyuski – Bivalvia Linnaeus, 1758 [Class Bivalved mollusks – Bivalvia Linnaeus, 1758] // Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii [Identification guide of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia]. Vol. 2. Zoobenthos. Moscow–St.Petersburg: Association of Sci. Publications KMK, 2016. P. 285–335.
16. *Chekanovskaya O.V.* Vodnye maloshchetinkovye chervi fauny SSSR [Aquatic Oligochaeta of the fauna of the USSR]. Moscow–Leningrad: USSR Ac. Sci. Publ., 1962. 411 p.

Статья поступила в редакцию 26.03.2018.

УДК 631.468:[591.5+591.9](234.851)
DOI 10,19110/1994-5655-2019-1-33-48

А.А. КОЛЕСНИКОВА,
С.В. ДЁГТЕВА

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МЕЗОФАУНЫ ПОЧВ СЕВЕРНОГО УРАЛА ПО ГРАДИЕНТУ ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРЫ КОЙП)

Институт биологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

kolesnikova@ib.komisc.ru

Аннотация

Проведено описание растительных сообществ и охарактеризовано население почвенных беспозвоночных восточного склона г. Койп (Северный Урал). Проанализирован таксономический состав и оценена численность почвенных зооценозов в горно-тундровом, подгольцовом и горно-лесном поясах. Выявлены изменения структуры мезофауны почв в высотном градиенте – повышение разнообразия и обилия беспозвоночных от горных тундр к лесам, с пиком этих параметров в лесах травяного типа на аллювиальных почвах, менее кислых и богатых азотом, на фоне доминирования пауков, многоножек и стафилинид в горных тундрах, редколесьях и лесах; увеличение численности дождевых червей в сообществах горно-лесного пояса.

Ключевые слова:
зооценоз, фитоценоз, тип почвы, структура сообществ, высотная поясность, Северный Урал

A.A. KOLESNIKOVA,
S.V. DEGTEVA

CHANGING THE MACROFAUNA STRUCTURE OF SOILS OF THE NORTHERN URALS IN THE ALTITUDINAL ZONAL GRADIENT (ON EXAMPLE OF KOIP MOUNTAIN)

Institute of Biology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar

Abstract

The description of plant communities is carried out, the population of soil invertebrates on the eastern slope of Koip mountain (Northern Urals) is characterized. The taxonomic composition is analyzed, and the number of soil zoocenoses in mountain tundra, alpine tundra and mountain forest belts is estimated. Changes in the structure of soil macrofauna in the altitudinal gradient are revealed. The increase of diversity and abundance of soil invertebrates from mountain tundra to forests is shown. The variation in the number of soil invertebrates is observed in the alpine tundra belt, which can be regarded as an ecotone between the belt of mountain tundra and mountain forests. The number of zoocenoses in the upper part of alpine tundra belt is closer to that in mountain tundras. The number of soil invertebrates in the lower part of alpine tundra belt is closer to that marked in birch and spruce forests. The dominant groups of soil macrofauna in the altitudinal gradient are invertebrates - zoophages such as spiders (Aranei), centipedes (Lithobiidae), rove beetles (Staphylinidae). At that, mountain tundras are characterized by the predominance of spiders. Increasing number of earthworms (Lumbricidae) - representatives of the saprotrophic block is registered in mountain forest zone. Patterns of distribution of dominant groups of invertebrates on the ecological profile differ. Spiders dominate in all phytocenoses, differing in the maximum abundance in mountain light forests and bogs. Centipedes prevail in separate communities in the alpine tundra and mountain forest belt. They reach the greatest number in spruce-fir forests. The number of rove beetles is increased from mountain tundra to mountain light forests and mountain forests. The highest number of rove beetles is registered in spruce-fir-birch forests. Earthworms are not found in the litter of mountain tundra. They have low abundance in light forests. The peak of diversity and abundance of earthworms is noted in spruce-fir-birch forests. The number of click beetles (Elateridae) is low both in mountain tundras, light forests and forests, but for this group, unlike the Staphylinidae and Carabidae, altitudinal change of forest species by tundra ones is marked. In general, soil macrofauna is characterized by high di-

versity and abundance in mountain forests of grass type on alluvial, less acidic and nitrogen-rich soils.

Keywords:
zoocenosis, phytocenosis, soil type, community structure, altitudinal zonal gradient, Northern Urals

Введение

Почвенная мезофауна является важнейшим компонентом горных экосистем, регулирующим процессы почвообразования и биогеохимические циклы. Почвенно-растительный покров, формирующийся на горных поднятиях в контрастных экологических условиях под воздействием сложного комплекса факторов, оказывает определенное влияние на структуру населения почвенных беспозвоночных. Перепады высот определяют высотную поясность почвенного и растительного покрова (закон вертикальной зональности). Это ведущая особенность дифференциации горных экосистем. Градиентный подход позволяет исследовать распределение крупных почвенных беспозвоночных в зависимости от вертикальной поясности и выявить связи между зооценозом, почвой и растительностью. На примере высокогорных местообитаний Хибин [1–5], Урала [6–8], Кавказа [9, 10], Алтая [11, 12], Ольского плато [13], Южного Сихотэ-Алиня [14] показано неоднозначное влияние высотной поясности на модельные группы беспозвоночных. Но общей тенденцией является лишь снижение видового богатства с подъемом в горы. Цель данной работы – определить изменения структуры почвенных зооценозов в высотном градиенте на примере восточного склона г. Койп (Северный Урал).

Природные условия района исследований

Район исследований расположен в восточной части Печоро-Илычского заповедника, в горной ландшафтной зоне. Горная полоса Уральского хребта сложена кристаллическими породами и метаморфическими сланцами кембрийского и докембрийского возраста [15]. Гора Койп (высота северной вершины – 1087.5, южной – 810.9 м[1]), сформированная габбро и габбро-диабазами, расположена на правом берегу р. Печоры, долина которой отделяет ее от хр. Коренной поясовый камень (вершина Янывондерсяхал), по которому проходят граница заповедника и административная граница Республики Коми (рис. 1). Климат территории умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха – -1º С. Осадки выпадают преимущественно в тёплый период года (апрель–октябрь), их общая годовая сумма – от 800 до 1000 мм [16]. Устойчивый снежный покров образуется 8–10 октября и сохраняется в среднем 252 дня. Продолжительность безморозного периода не превышает 80–83 дня, в отдельные годы составляет около 50 дней [17].

Согласно ботанико-географическому районированию [18], обследованная территория входит в состав Камско-Печорско-Западноуральской подпровинции Урало-Западносибирской провинции Евразиатской таёжной области. Отличительная особенность растительного покрова подпровинции – господство темнохвойных лесов с доминированием в составе древостоев видов сибирской полидоминантной тайги: *Picea obovata*[2], *Abies sibirica*, *Pinus sibirica*.

На склонах г. Койп отчетливо выражены вертикальные пояса растительности. Вершина и верхняя часть его крутых макросклонов покрыты каменными россыпями. Сплошной растительный покров здесь отсутствует. Фрагменты сообществ горных тундр описаны нами на отметках абсолютных высот 680–690 м. Нижняя граница горно-тундрового пояса проходит на отметках высот 660–670 м. Далее до высот 580–600 м простирается подгольцовый пояс, на смену которому приходит горно-лесной. Отметки высот в долине р. Печоры – около 330 м.

Материал и методы

В 2003 г. авторами и Г.М. Втюриным заложен профиль, пересекающий основные высотные пояса на восточном склоне г. Койп от южной вершины и возвышенность (отметки высот 528.7 м), отделяющую ее от долины р. Печоры (рис. 2). На профиле обследованы пробные площади, на которых описывали основные компоненты экосистем: фитоценоз, почву и сообщество почвенных беспозвоночных. Для большей части пробных площадей с использованием GPS навигатора определены координаты местоположения (в системе WGS-94) и значение высоты над уровнем моря.

Описания растительности в редколесьях и лесах выполняли на пробных площадях размером 20×20 м, в горных тундрах и на болотах – 10×10 м, либо в естественных контурах фитоценозов, примерно соответствующих указанным площадям. При сборе геоботанического материала применяли традиционные и современные методы исследований [20,21]. Выявляли особенности вертикальной структуры (высоту и состав ярусов, их сомкнутость/общее проективное покрытие), оценивали равномерность горизонтальной структуры нижних ярусов, обилие сосудистых растений, основных видов мохообразных, лишайников. В древостоях редколесий и лесов по пологам определяли состав (от 10 единиц), сомкнутость крон (в долях от 1), высоту и диаметр стволов. Оценку интенсивности возобновления

[1] Здесь и далее по тексту – над уровнем моря.

[2] Латинские названия сосудистых растений приведены по сводке С.К. Черепанова [19].

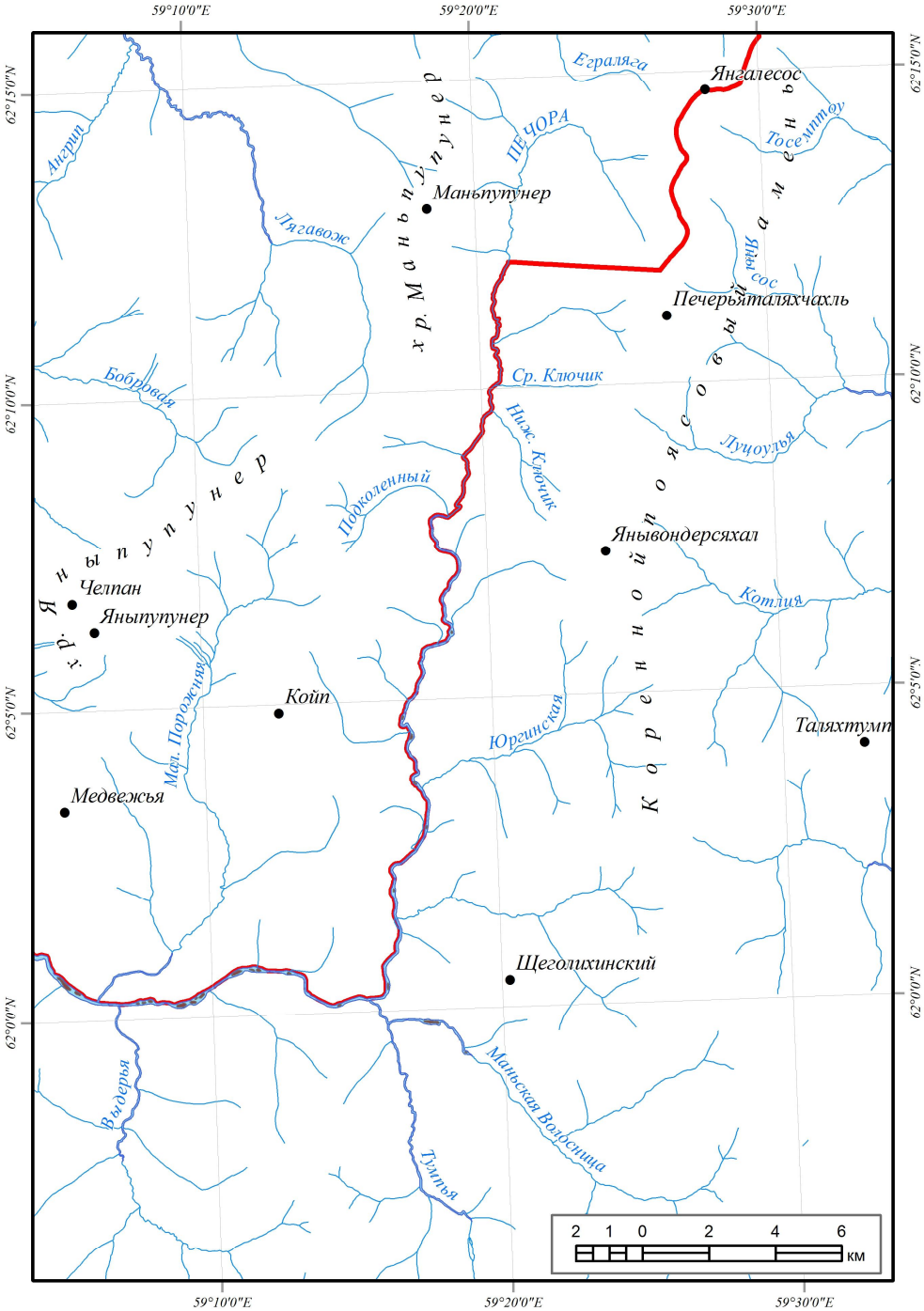


Рис. 1. Район исследования.
Примечание. Красная линия – административная граница Республики Коми и граница Печоро-Илычского государственного природного заповедника.
Fig. 1. Study area.
Note. The red line is the administrative boundary of the Komi Republic and the boundary of the Pechora-Ilych Biosphere reserve.

выполняли глазомерно с использованием следующей шкалы: 1 (единичное возобновление) – менее 100 шт./га; 2 (слабое) – 100–1000 шт./га; 3 (малоактивное) – 1000–2000 шт./га; 4 (активное) – свыше 2000 шт./га. Для подлеска и зарослей кустарников учитывали сомкнутость крон (в долях от 1) и высоту яруса. Обилие видов травяно-кустарничкового/травяного яруса и мохово-лишайникового яруса (напочвенного покрова) оценивали по шкале В.С. Ипатова [21, см. табл. 1].

В камеральных условиях для каждого геоботанического описания с использованием шкал Г.Эл-

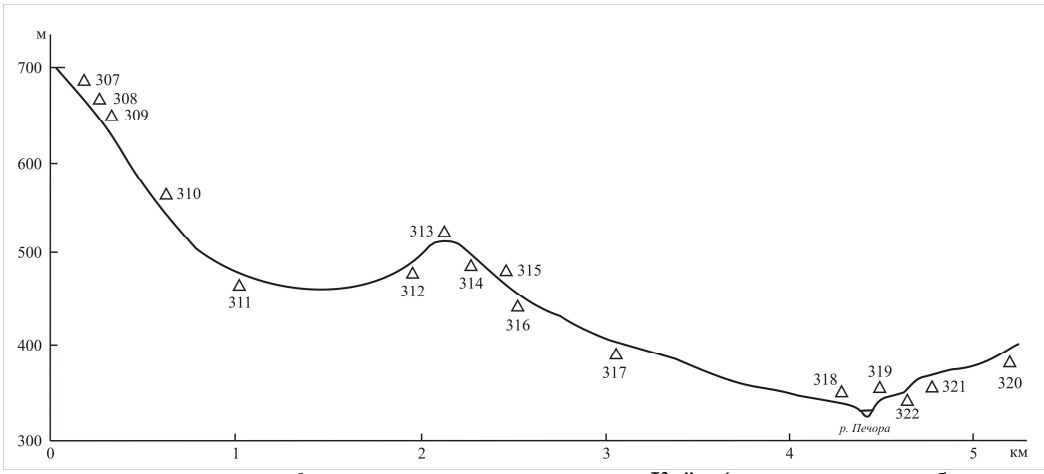


Рис. 2. Схема экологического профиля на восточном склоне г. Койп (по горизонтали обозначено расстояние, км; по вертикали – высота над уровнем моря, м; Δ – пробная площадь).
Fig. 2. Scheme of ecological profile on the eastern slope of Koip mountain (on the horizontal axis – distance, km; on the vertical axis – altitude above sea level, m; Δ – test plot).

Таблица 1

Шкала оценки участия видов в растительном покрове [21]

Table 1

Scale of abundance estimation for plant species in vegetation cover [21]

Показатель	Оценка обилия							
Господство	ед	р	р-н	н	н-с	с	с-г	г
Относительное покрытие	до 1%	1–5%	около 5%	5% –1/3	около 1/3	1/3–2/3	около 2/3	2/3 и больше
Среднее относительное (удельное) покрытие	1	2	5	19	33	50	66	83
Амплитуда относительного (удельного) покрытия	до 1	2–3	4–11	12–25	26-41	42–57	58–74	75 и больше
Ранг	1	2	3	4	5	6	7	8

Примечание. Оценки господства вида: ед – единичный, р – редкий, р-н – редкий-наполнитель, н – наполнитель, н-с – наполнитель-согосподствующий, с – согосподствующий, с-г – согосподствующий-господствующий, г – господствующий; 1/3, 2/3 – доля от общего проективного покрытия.

ленберга [22] определяли статус по факторам степени увлажнения, богатства азотом и кислотности почв, а также освещенности/затенения. Для этого применяли формулу взвешенного среднего:

$$ST_k = \frac{\sum_{i=1}^{N} Sp_i * B_{ik}}{\sum_{i=1}^{N} B_{ik}}, \qquad (1)$$

где ST_k – статус k-го описания, Sp_i – значение соответствующего экологического параметра i-го вида, B_{ik} – балл обилия i-го вида в k-м описании, N – число видов в описании [23].

На пробных площадях закладывали почвенные разрезы. Детальные результаты их обследования опубликованы [24], поэтому здесь приводятся только названия почв. На каждой пробной площади проводили в 8-кратной повторности отбор образцов подстилок размером 25×25 см для зоологического анализа с применением стандартного метода учета беспозвоночных, состоящего в разборе образцов в стационарных условиях и фиксации собранного материала в 70° спирте [25]. Статистическую обработку результатов – описательную статистику и корреляционный анализ по Спирмену (Sp) – проводили в программе MS Excel [26]. Корреляционный анализ использовали для оценки сопряженного характера изменения численности мезофауны с факторами.

Результаты и обсуждение

I. В поясе горных тундр, среди каменных россыпей, заложены две пробные площади.

Описание ПП 307 выполнено на крутом (25 °) склоне восточной экспозиции на высоте 685 м. Кустарничково-зеленомошно-лишайниковая тундра. Отмечены слабое возобновление *Betula pubescens*, а также единичный подрост *Picea obovata*, *Pinus sibirica* высотой до 1.5 м. В негустом (сомкнутость 0.2) кустарниковом ярусе преобладает *Juniperus sibirica*, встречаются немногочисленные экземпляры *Sorbus sibirica*, *Rosa acicularis*. Высота кустарничков – до 0.7 м. Травяно-кустарничковый ярус средней густоты, его общее проективное покрытие (ОПП) составляет 40–60 %, высота растений – 5–15 см. На пробной площади зарегистрированы четыре вида кустарничков и 10 видов трав. Господствует *Vaccinium uliginosum*, довольно обильны *Empetrum*

hermaphroditum, *V. myrtillus* (относительное покрытие по 20%) и *V. vitis-idaea* (до 5%). Из трав обильнее *Bistorta major*, *Diphasiastrum alpinum* (до 3 %), зарегистрированы единичные экземпляры *Anemonastrum biarmiense*, *Carex brunnescens*, *Festuca ovina*, *Juncus trifidus*, *Rubus arcticus*. Все перечисленные виды травянистых растений типичны для горных тундр бассейна р. Печора в верхнем и среднем течении [27]. Напочвенный покров хорошо развит (ОПП от 80 до 90%). В нем наиболее обильны (относительное покрытие по 15–20%) лишайники: *Cladonia arbuscula*[3], *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*, а из мхов – *Dicranum scoparium*. Небольшие по площади пятна образуют мохообразные *Dicranum flexicaule*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *P. strictum*. У камней, занимающих до 10–20% поверхности, встречаются латки *Racomitrium lanuginosum*.

Почва дерново-подбур. Почвенный зооценоз характеризуется низким таксономическим разнообразием. По обилию доминируют пауки, многоножки здесь представлены малочисленным видом *Lithobius curtipes*, стафилиниды – жуками рода Stenus, отмечены клопы семейства Lygiidae и личинки жуков-мягкотелок. Общая численность мезофауны незначительна (27.2±1.21 экз./м^2).

Описание ПП[4] 308 выполнено в верхней части склона г. Койп. Камни занимают до 60 % участка, на остальной площади представлены фрагменты горных тундр. Зарегистрировано возобновление древесных растений: *Betula pubescens*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, отмечена *Sorbus sibirica*. Их высота до 1.3 м. Значения показателя ОПП травяно-кустарничкового яруса варьируют от 40 до 60 %, высота растений – от 5 до15 см. На пробной площади отмечено 12 видов кустарничков и трав. Содоминируют *Vaccinium uliginosum* и *Empetrum hermaphroditum*, по 2–3% составляет относительное покрытие *Arctous alpina*, *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea.* Травы (*Anemonastrum biarmiense*, *Avenella flexuosa*, *Carex arctisibirica*, *C. brunnescens*, *Bistorta major*, *Diphasiastrum alpinum*, *Juncus trifidus*) представлены немногочисленными экземплярами. В напочвенном покрове наиболее обильна *Cetraria islandica* (ОПП до 90%), по 15–20 % составляет удельное покрытие *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*, *Dicranum flexicaule.* У камней отмечены латки *Polytrichum piliferum*, *Racomitrium lanuginosum*.

Почва дерново-подбур. Почвенный зооценоз аранеоподобного облика, т.е. высоким относительным обилием (85 % от всей мезофауны) обладают пауки. Среди стафилинид отмечены жуки рода Atheta, среди щелкунов – аркто-борео-монтанный вид *Hypnoidus rivularius*. Общая численность мезофауны ниже (20.8±0.61 экз./м^2), чем в аналогичной горной тундре (ПП 307).

II. В подгольцовом поясе, в верхней (на высоте 640 м) и нижней (на высотах от 600 до 550 м) частях, заложены две пробные площади.

Описание ПП 309. Пихтово-березовое редколесье кустарничково-зеленомошное. Древостой разреженный (сомкнутость крон 0.3–0.4). Дифференциация на пологи не выражена. По составу преобладают *Betula pubescens* (6 единиц, максимальные значения высоты стволов – 5 м, диаметра – до 12 см) и *Abies sibirica* (4 единицы, высота стволов до 6–8 м, диаметр до 10–16 см). Отмечены единичные деревья *Picea obovata* (высота до 6–10 м, диаметр до 16–20 см) и *Pinus sibirica* (высота до 4 м при диаметре стволов до 12–14 см). Все виды, формирующие древесный ярус, возобновляются: пихта активно, береза – малоактивно, ель и кедр единично. Отмечено слабое возобновление *Populus tremula*. Высота подроста не превышает 1.5 м. Выражен негустой (сомкнутость 0.3) подлесок из *Juniperus sibirica* (высота до 0.7 м), *Sorbus sibirica* (высота до 2 м). Травяно-кустарничковый ярус густой (ОПП от 60 до 80–90%), но невысокий (от 10 до 25, максимально – до 40 см). Господствует *Vaccinium myrtillus*. По 15–20 % составляет удельное покрытие *V. uliginosum* и *Avenella flexuosa.* У *Empetrum hermaphroditum* и некоторых трав (*Anemonastrum biarmiense*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Melampyrum sylvaticum*, *Solidago virgaurea*, *Trientalis europaea*) удельное покрытие по 2–3 %. Видовая насыщенность яруса выше, чем в тундровых сообществах, зарегистрировано три вида кустарничков и 15 видов травянистых растений. До 10 % поверхности участка занимают камни, ОПП напочвенного покрова – 80 %. Содоминируют *Pleurozium schreberi* и *Dicranum scoparium*. На камнях и около них отмечены латки *Racomitrium lanuginosum.* Лишайники играют меньшую ценотическую роль, чем в сообществах горных тундр. По 3–5 % составляет относительное покрытие *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*.

Почва горно-лесная торфянисто-дерновая. Сообщество беспозвоночных представлено пауками, многоножками *Lithobius curtipes*, стафилинидами родов Atheta и Liogluta, проволочниками родов Hypnoidus и Selatosomus. Общая численность мезофауны относительно этого показателя в других рассмотренных редколесьях подгольцового пояса низкая (22.4±2.44 экз./м^2) и соответствует численности зооценозов в горных тундрах, но доминантной по обилию группой являются многоножки, которые здесь составляют половину от общего числа беспозвоночных.

Описание ПП 310. Березово-пихтовое с елью и кедром редколесье чернично-зеленомошное. Общая сомкнутость крон и сомкнутость основного I полога составляют от 0.3 до 0.5. В I пологе по составу преобладают *Abies sibirica* (6 единиц, высота стволов 6–8 м, их диаметр до 16–22 см) и *Betula pubescens* (3 единицы, максимальные значения высоты стволов – 5 м, диаметра – до 12 см). Имеется примесь *Pinus sibirica* (1 по составу, высота деревьев до 10 м при диаметре стволов от 22 до 50 см) и единичных экземпляров *Picea obovata* (высота до 14 м, диаметр – 22–30 см). В разреженном II пологе преобладает *Abies sibirica*, зарегистрированы единичные стволы *Picea obovata.* Высота полога –

[3] Приведены латинские названия лишайников – по сводке [28], мхов – по сводке [29].
[4] Здесь и далее по тексту ПП – пробная площадь.

4–6 м, диаметр стволов деревьев – до 8 см. Отмечены многочисленный подрост *Abies sibirica*, слабое возобновление *Betula pubescens* и *Pinus sibirica.* Высота подроста пихты и березы – до 3 м, кедра – до 0.5 м. Подлесок разреженный (сомкнутость крон 0.1), из *Sorbus sibirica* (высота до 3 м) и *Rubus idaeus* (до 0.5 м). Травяно-кустарничковый ярус густой (ОПП 60–85 %), высота растений составляет от 15–20 до 50 см. В нем зарегистрировано 29 видов. Абсолютно доминирует *Vaccinium myrtillus*. Из других кустарничков отмечена лишь *Linnaea borealis*, встречающаяся единичными экземплярами. Из трав наиболее обильны (относительное покрытие по 3–5%) *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis purpurea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Geranium sylvaticum*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Milium effusum*, *Solidago virgaurea*, *Rubus saxatilis*, *Trientalis europaea*. До 10–15% площади участка занимают выходы камней. Значения ОПП напочвенного покрова составляют 60–70%. Преобладают зеленые мхи. Наиболее обилен *Dicranum scoparium*, до 20 % составляет удельное покрытие *Pleurozium schreberi*. На колодах, в основаниях стволов деревьев отмечены *Dicranum fuscescens*, виды рода *Brachythecium*, на камнях – *Racomitrium lanuginosum.* Лишайники (*Cladonia arbuscula*, *C. coccifera*, *C. deformis*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *C. sulphurina*, *Stereocaulon paschale*) встречаются единичными экземплярами.

Почва горно-лесная торфянисто-дерновая. Сообщество почвенных животных имеет литобиидный облик, так как 59 % общего обилия мезофауны приходится на многоножек. Кроме отмеченных на предыдущих ПП пауков, имаго стафилинид, личинок щелкунов (род Liotrichus) и мягкотелок в березово-пихтовом редколесье зарегистрированы жужелицы *Calathus micropterus* и *Amara brunnea*. Общая численность мезофауны составила 46.4±3.09 экз./м^2.

III. В горно-лесном поясе, в разных ландшафтных условиях, заложены 12 пробных площадей.

Описание ПП 311 выполнено в межгорной седловине, разделяющей истоки двух ручьев, на высоте около 470 м. Здесь сформировался елово-пихтовый аконитово-папоротниковый лес. Древостой негустой, общая сомкнутость крон – 0.4–0.5. Основной, I полог (сомкнутость 0.4), высота которого составляет 16–24 м, формируют деревья *Abies sibirica* (6 единиц по составу) и *Picea obovata* (3 единицы). Имеется примесь *Betula pubescens* (1 единица по составу). II полог (сомкнутость 0.3, высота 8–14 м) образуют исключительно хвойные: *Abies sibirica* (9 единиц по составу) и *Picea obovata* (1 единица). Травяной ярус густой (ОПП 95–98 %). В нем зарегистрирован 31 вид трав и два вида кустарничков (*Linnaea borealis*, *Vaccinium myrtillus*). По высоте растений выделяются четыре подъяруса. В первом подъярусе (высота до 120 см) наиболее обилен *Aconitum septentrionale* (удельное покрытие до 5%), отмечены *Calamagrostis purpurea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Milium effusum*. Основная масса растений сосредоточена во втором подъярусе (высота 60–80 см). Это, прежде всего, доминант – *Dryopteris expansa* и другие виды папоротников (*Athyrium filix-femina*, *Diplazium sibiricum*, *Dryopteris carthusiana*), а также *Bistorta major*, *Geranium albiflorum*, *Trollius europaeus*. В третьем подъярусе (высота 25–40 см) также наиболее обильны папоротники: *Phegopteris connectilis* (удельное покрытие до 20 %), *Gymnocarpium dryopteris* (3–5%). В меньшем обилии отмечены *Myosotis palustris*, *Paris quadrifolia*, *Ranunculus propinquus*, *Stellaria bungeana*. Нижний четвертый подъярус (до 10 см) образуют *Adoxa moschatellina*, *Oxalis acetosella*, *Trientalis europaea*, *Viola biflora*. Напочвенный покров угнетен (ОПП до 10 %). Наиболее обильны *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens.*

Почва бурозем грубогумусированный. Почвенный зооценоз характеризуется таксономическим богатством (9 крупных таксонов), по обилию преобладают пауки (26 %) и стафилиниды (23 %), представленные жуками родов Atheta и Tachinus, еще 20% приходится на личинок жужелиц, щелкунов и жуков других семейств. Численность многоножек невысокая (4.8±0.21 экз./м^2) относительно остальных рассмотренных зооценозов. Примерно такая же численность зарегистрирована у клопов-наземников, равнокрылых семейства Coccidae и личинок перепончатокрылых. Общая численность мезофауны (48.0±7.4 экз./м^2) в елово-пихтовом лесу не выше, чем в березово-пихтовом редколесье с елью и кедром (ПП 310).

Описание ПП 312 сделано на склоне увала западной экспозиции в березово-пихтово-еловом с кедром лесу чернично-зеленомошном. Насаждение сложное по составу, представлено двумя пологами. Общая сомкнутость крон деревьев составляет 0.4–0.5. Состав I полога 5Е3Б2К+П, сомкнутость – 0.4, высота – 10-14 м. Диаметр стволов ели, березы и пихты достигает 18–20 см, кедра – 42 см. Во II пологе преобладает пихта (10 единиц по составу), встречаются единичные деревья ели, кедра и березы. Высота полога до 6 м, диаметр стволов пихты – 6–10 см. Отмечено очень активное возобновление *Abies sibirica* (сомкнутость крон подроста 0.4, высота – до 3 м), единичное у *Picea obovata* и *Betula pubescens.* Подлесок разреженный, образован *Sorbus sibirica* и *Rubus idaeus.*Травяно-кустарничковый ярус неравномерный по сложению, ОПП варьирует от 15 до 60%. Его высота – 5–15 см. Зарегистрировано два вида кустарничков (*Linnaea borealis*, *Vaccinium myrtillus*) и 10 видов трав. Доминирует *Vaccinium myrtillus*, относительное покрытие *Linnaea borealis* – до 3%. Травянистые растения, типичные для таежных лесов [27]: *Avenella flexuosa*, *Chamaenerion angustifolium*, *Dryopteris expansa*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Luzula pilosa*, *Oxalis acetosella*, *Phego-pteris connectilis*, *Trientalis europaea*, представлены единичными экземплярами. Напочвенный покров почти сплошной (ОПП 85–90%). В нем господствует *Pleurozium schreberi*, встречаются небольшие пятна лишайников: *Cladonia arbuscula*, *C. crispata*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*.

Почва серогумусовая (дерновая) грубогумусированная. Сообщество почвенных животных, несмотря на аранео-литобиидный облик (по обилию преобладают пауки – 49% и многоножки – 45% от

всей мезофауны), отличается от рассмотренных выше зооценозов присутствием дождевых червей *Dendrobaena octaedra*. В небольшом количестве отмечены личинки и имаго жуков, в т.ч. рода Tachinus. Общая численность мезофауны составила 78.4± 31.49 экз./м^2.

Описание ПП 313. На вершине увала на высоте 528.7 м развит березово-пихтовый с елью лес папоротниковый. Общая сомкнутость крон насаждения – 0.5. Состав I полога 8П1Е1Б, сомкнутость крон – 0.3–0.4, высота стволов до 14 м при максимальном диаметре 22–24 см. Во II пологе выше доля *Betula pubescens* (состав 5П5Б+Е); сомкнутость крон 0.4, высота стволов – от 6 до 10 м при максимальном диаметре 14–16 см. Под пологом древостоя встречаются немногочисленный подрост ели и березы высотой до 3 м и разреженный подлесок из *Sorbus sibirica* и *Rubus idaeus.*Травяно-кустарничковый покров густой (ОПП 90–98 %), но небогатый по видовому составу. Зарегистрировано 13 видов трав и два вида кустаничков (*Linnaea borealis*, *Vaccinium myrtillus*). Доминирует *Dryopteris expansa*, образующий основной подъярус (высота 60–70 см). Во втором подъярусе (высота 20–30 см) наиболее обильны *Vaccinium myrtillus* (относительное покрытие до 20%), *Gymnocarpium dryopteris*, *Phegopteris connectilis* (по 3–5%).Третий подъярус (высота до 10 см) образуют немногочисленные особи *Linnaea borealis*, *Lycopodium annotinum*, *Maianthemum bifolium*, *Trientalis europaea*. Опад травянистых растений угнетает напочвенный покров. Мхи (*Dicranum fuscescens*, *D. scoparium*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*) приурочены к колодам, пристволовым повышениям. Их ОПП не превышает 1–3 %.

Почва серогумусовая (дерновая) грубогумусированная. Общая численность почвенной мезофауны высокая (99.2±20.56 экз./м^2), что обусловлено доминированием многоножек *Lithobius curtipes* (60% от общего обилия). Хорошо представлены пауки (32 % от численности мезофауны), отмечены единичные находки дождевых червей *Dendrobaena octaedra* и *Lumbricus rubellus*, стафилинид родов Oxypoda, Carphacis и Tachinus.

Описание ПП 314. По восточному склону увала на высоте 520 м развит пихтовый с елью и березой лес папоротниковый. Общая сомкнутость крон древостоя составляет 0.4–0.5. В нем выражены два полога с идентичным составом – 8П1Е1Б+К. Сомкнутость крон I полога не превышает 0.3, высота деревьев – 12–14 м при диаметре до 26 см. II полог образуют деревья высотой от 6 до 10 м с диаметром стволов до 12–16, у кедра – до 22 см. Сомкнутость их крон – 0.4. Расположение деревьев групповое, у многих из них сухие или раздвоенные вершины, что свидетельствует о неблагоприятных экологических условиях. Все виды, формирующие древостой, возобновляются, наиболее активно – пихта и береза. Высота подроста – до 3 м. Подлесок разреженный (сомкнутость до 0.1), из *Sorbus sibirica* и *Rubus idaeus.* Травяно-кустарничковый ярус с ОПП 90–95%. В нем зарегистрировано 13 видов. Выражены три подъяруса. Верхний из них (высота 60–70 см), основной, формирует доминант – *Dryopteris expansa*. Отмечены единичные растения *Calamagrostis purpurea*, *Veratrum lobelianum*. Наиболее обильный вид второго подъяруса (высота от 20–25 до 40 см) – *Vaccinium myrtillus* (относительное покрытие до 20 %), по 3–5 % составляет относительное покрытие *Avenella flexuosa*, *Carex brunnescens*, *Gymnocarpium dryopteris.* В третьем подъярусе (5–15 см) в незначительном обилии встречаются *Linnaea borealis*, *Lycopodium annotinum*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Trientalis europaea*. Напочвенный покров не выражен. По колодам, пристволовым повышениям зарегистрированы *Dicranum fuscescens*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Sanionia uncinata*, виды из рода *Brachythecium* (ОПП 3–5 %).

Почва серогумусовая (дерновая) грубогумусированная. Сообщество почвенных животных включает восемь крупных таксонов, среди которых доминируют пауки и многоножки. Жужелицы представлены родами Calathus и Pterostichus, стафилиниды – родами Othius и Anthophagus. В состав мезофауны с общей численностью 67.2±25.36 экз./м^2 включены личинки жесткокрылых, двукрылых, перепончатокрылых и равнокрылые семейства Coccidae, но все эти группы представлены небольшим числом экземпляров.

Описание ПП 315. Ниже по склону в ложбине стока расположен елово-пихтовый папоротниковый лес с доминированием в травяном покрове *Diplazium sibiricum*. Общая сомкнутость крон варьирует в диапазоне 0.3–0.5. В I пологе (сомкнутость 0.3–0.4) преобладают хвойные: *Abies sibirica* (6 единиц по составу) и *Picea obovata* (3 единицы), к которым примешивается *Betula pubescens* (1 единица по составу). Высота деревьев составляет 12–16 м при диаметре стволов 20–38 см. Во II пологе (сомкнутость 0.3, высота 6–10 м) господствует *Abies sibirica* (8 единиц по составу). Доля *Picea obovata* снижается до 2 единиц. Присутствуют единичные экземпляры *Betula pubescens*, *Pinus sibirica.* Отмечено довольно активное возобновление *Abies sibirica*, слабое – *Picea obovata*, единичное – *Betula pubescens.* Выражен негустой подлесок (сомкнутость 0.1), в составе которого преобладает *Rubus idaeus*, встречается *Sorbus sibirica*. Травяной покров густой (ОПП 95–98%), зарегистрировано 28 видов. По высоте растений он дифференцирован на несколько подъярусов. Наиболее высокий из них (100–150 см) формируют *Aconitum septentrionale* (удельное покрытие до 20%), *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis purpurea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Milium effusum*. В основном, втором подъярусе (высота 60–80 см), встречаются наиболее обильные виды: доминант – *Diplazium sibiricum* и *Dryopteris expansa* (удельное покрытие до 20%). В третьем подъярусе (20–40 см) обычны *Gymnocarpium dryopteris*, *Phegopteris connectilis*, *Stellaria bungeana.* Выражен четвертый подъярус (до 10 см), наиболее обильные виды которого – *Oxalis acetosella*, *Viola biflora* (удельное покрытие по 5%). Напочвенный покров отсутствует. Мхи встречаются на колодах, пнях, пристволовых повышениях (ОПП 3–5%). Наиболее

обильны *Sanionia uncinata*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum fuscescens.*

Почва серогумусовая (дерновая) грубогумусированная. Почвенный зооценоз и по численности, и по таксономическому разнообразию близок к сообществам беспозвоночных редколесий на серогумусовых почвах. Доминантной группой, как и в березово-пихтовом с елью лесу (ПП 313), являются многоножки (61 % от общего обилия мезофауны), за ними следуют пауки (24 %). Дождевые черви представлены тремя видами: *Dendrobaena octaedra, Lumbricus rubellus и Perelia diplotetratheca*, стафилиниды – жуками рода Atheta, жужелицы – одним видом *Calathus micropterus*, щелкуны – одним видом *Hypnoidus rivularius*.

Описание ПП 316 выполнено в ложбине стока на высоте около 450 м в елово-пихтовом высокотравно-папоротниковом лесу. Общая сомкнутость крон – 0.3–0.5. I полог (сомкнутость 0.4) образуют деревья *Abies sibirica* (6 единиц по составу) и *Picea obovata* (4 единицы) высотой 14–18 м. Имеется примесь единичных экземпляров *Pinus sibirica* и *Betula pubescens.* Максимальные значения диаметра стволов составляют у пихты до 26 см, ели – 34–40 см, кедра – 70 см, березы – 40 см. Во II пологе (сомкнутость 0.2, высота 5–10 м) доля *Abies sibirica* увеличивается до 8 единиц по составу. По 1 единице составляют доли участия *Picea obovata*, *Betula pubescens. Abies sibirica* возобновляется довольно активно, *Picea obovata* и *Betula pubescens* – слабо. Выражен негустой подлесок (сомкнутость 0.1) высотой до 1.5 м. В нем наибольшее обилие у *Rubus idaeus*, встречаются немногочисленные экземпляры *Rosa acicularis*, *Sorbus sibirica.* Травяно-кустарничковый ярус густой (ОПП до 95%), разнообразный по видовому составу (зарегистрировано 29 таксонов сосудистых растений), высокий (до 120–150 см), состоит из нескольких подъярусов. В разреженном первом подъярусе (высота 100–150 см) наибольшее обилие у *Aconitum septentrionale* (удельное покрытие до 5 %), встречаются *Calamagrostis purpurea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Milium effusum*. В основном, втором подъярусе (высота 60–80 см), зарегистрирован наиболее обильный вид – *Dryopteris expansa*. В третьем подъярусе (20–40 см) по 5–10% составляет удельное покрытие *Equisetum sylvaticum*, *Phegopteris connectilis*, *Stellaria bungeana.* Достаточно хорошо выражен четвертый подъярус (до 10 см), наиболее обильный вид которого – *Oxalis acetosella* (относительное покрытие до 5%). Мхи встречаются по пням, колодам, микропонижениям (ОПП 5–7%). Наиболее обильны *Pleurozium schreberi*, *Sanionia uncinata.*

Почва бурозем грубогумусированный. В составе почвенного зооценоза доминируют пауки (54% от общей численности). Обилие многоножек – фоновой группы в редколесьях – в елово-пихтовом лесу в два раза ниже, чем пауков. Разнообразие стафилинид, численность которых составила 4.8± 0.21 экз./м^2, достаточно высокое: отмечены рода Atheta, Atrecus, Carphacis и Gyrophaena. Жуки-щелкуны (род Selatosomus), клопы-наземники, личинки перепончатокрылых немногочисленны. Общая численность мезофауны (44.8±6.56 экз./м^2) соответствует таковой в березово-пихтовом редколесье на горно-лесной торфянисто-дерновой почве (ПП 310) и елово-пихтовом лесу на буроземе грубогумусированном (ПП 311).

Описание ПП 317 проведено в нижней части восточного склона увала на высоте 400 м в елово-пихтовом с березой и кедром чернично-зеленомошном лесу. Пихтовые, елово-пихтовые и еловые редколесья и леса, в травяно-кустарничковом ярусе которых преобладает *Vaccinium myrtillus*, а в напочвенном покрове – зеленые мхи, типичны как для Печоро-Илычского заповедника [30–34], так и для подзон средней и северной тайги Республики Коми [35]. Древостой на ПП 317 с общей сомкнутостью крон 0.5–0.6 состоит из трех пологов. В I пологе по составу преобладает *Picea obovata* (6 единиц). Доли *Abies sibirica* и *Betula pubescens* ниже (3 и 1 единицы соответственно). Имеется примесь единичных деревьев *Pinus sibirica*. Высота полога составляет 14–18 м, максимальные значения диаметра стволов ели, пихты и березы, соответственно 26, 22 и 28 см, кедра – 44 см. Нижние пологи насаждения сформированы пихтой и елью. Состав II полога 6П4Е, сомкнутость – 0.4, высота – 8–12 м. Диаметр стволов деревьев – до 16–20 см. Состав III полога 7П3Е, сомкнутость – 0.2–0.3, высота деревьев – 3–6 м при диаметре стволов 4–8 см. Все виды деревьев возобновляются. Наиболее многочислен подрост пихты и ели. Выражен разреженный подлесок из *Sorbus sibirica*. Травяно-кустарничковый ярус средней густоты (ОПП 40–60 см). Высота растений 5–25, максимальная – 45 см. Видовая насыщенность низкая, зарегистрировано 10 видов трав и три – кустарничков. Доминирует *Vaccinium myrtillus*, до 20% составляет удельное покрытие *Dryopteris expansa*, по 3–5% – *Avenella flexuosa*, *Carex globularis*, *Trientalis europaea*. Встречаются единичные экземпляры *Equisetum sylvaticum*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Linnaea borealis*, *Lycopodium annotinum*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium vitis-idaea*. В напочвенном покрове (ОПП 60%) наиболее обилен *Pleurozium schreberi*, по 3–5% составляет удельное покрытие *Dicranum fuscescens*, *D. polysetum*, *Sanionia uncinata.* Встречаются пятна *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii* (удельное покрытие по 20 %).

Почва горная подзолистая. Почвенный зооценоз имеет сходные черты с сообществами беспозвоночных пояса горных редколесий: по численности доминируют пауки (39 %) и многоножки (24 % от общего обилия), на долю жесткокрылых, представленных родами Calathus, Atheta, Atrecus, Eucnecosum, Liogluta, Hypnoidus, Selatosomus, приходится 24 % от численности всей мезофауны, в состав которой также входят клопы-наземники и личинки перепончатокрылых. Общая численность мезофауны составила 73.6±4.64 экз./м^2.

Описание ПП 318 выполнено в долине р. Печоры на высоте 335 м в березняке высокотравном. Древостой состоит из двух пологов. Общая сомкнутость крон – 0.7. В I пологе по составу преобладает

Betula pubescens, встречаются единичные экземпляры *Picea obovata*. Сомкнутость крон – 0.7, высота полога – до 14 м, максимальные значения диаметра стволов – 24–26 см. В разреженном (сомкнутость 0.2) II пологе также преобладает *Be-tula pubescens* (7 единиц по составу), но выше примесь хвойных – *Abies sibirica* (2 единицы) и *Picea obovata* (1 единица). Высота полога – 6–8 м, диаметр стволов – до 10 см. Отмечен немногочисленный подрост березы и пихты высотой до 2.5 м. В негустом (сомкнутость 0.2) подлеске преобладают *Salix hastata*, *S. myrsinites*, отмечены единичные экземпляры *S. dasyclados*, *Lonicera pallasii*, *Junipe-rus communis*. Высота кустарникового яруса – до 1.5–2.0 м. Травяной покров густой (ОПП 95–98%), высокий (до 150 см), разнообразный по составу (зарегистрировано 47 видов). Наиболее обильны виды высокотравья, образующие верхний подъярус травостоя (высота 100–150 см) – *Aconitum septentrionale*, *Calamagrostis purpurea* (удельное покрытие по 20%), *Chamaenerion angustifolium*, *Cirsium heterophyllum*, *Crepis sibirica*, *Filipendula ulmaria*, *Thalictrum minus* (по 3–5%). Во втором подъярусе (45–70 см) удельное обилие 20 % у *Galium boreale*, по 3–5 % у *Geranium sylvaticum*, *Hypericum maculatum*, *Veronica longifolia.* В третьем подъярусе (до 35 см) отмечены *Alchemilla baltica*, *Anemonastrum biarmiense*, *Equisetum pratense*, *Melampyrum sylvaticum*, *Ranunculus propinquus*, *Stellaria bungeana*. Напочвенный покров не выражен. На пристволовых повышениях, колодах отмечен *Pleurozium schreberi*, на гниющей древесине, опаде травянистых растений встречаются небольшие латки *Plagiomnium medium*.

Почва аллювиальная дерновая. Сообщество почвенных животных березового леса отличается высоким разнообразием дождевых червей (*Perelia diplotetratheca*, *Lumbricus rubellus*, *Dendrobaena octaedra*, *Eisenia nordenskioeldi nordenskioeldi*) и стафилинид (роды Atheta, Liogluta, Aleochara, Othius, Lathrobium, Quedius). Эти же таксоны характеризуются наибольшей численностью (28.8±1.96 и 51.2±11.36 экз./м^2 соответственно), несколько меньше численность пауков и многоножек (16.0±2.0 и 11.2±1.61 экз./м^2 соответственно). Численность проволочников *Selatosomus aeneus*, личинок мягкотелок и других жуков, личинок двукрылых и перепончатокрылых достаточно низкая. Общая численность (120.0±42.05 экз./м^2) максимальна для рассмотренных по градиенту высотной поясности почвенных зооценозов, но именно такие значения характерны для мезофауны аллювиальных дерновых почв Республики Коми [36].

Описание ПП 319 проведено в пойме р. Печоры по левому берегу на высоте 342 м, в пихтово-елово-березовом разнотравно-вейниковом лесу. Древостой разреженный (сомкнутость крон 0.4), состоит из двух пологов. В I пологе при преобладании по составу *Betula pubescens* (6 единиц) значительна доля *Picea obovata* (4 единицы), имеется единичная примесь *Abies sibirica*. Сомкнутость крон – 0.4, высота полога – до 14–16 м, максимальные значения диаметра стволов березы – 24–26 см, ели – 30–44 см. II полог – разреженный (сомкнутость 0.2), его состав 7Б3П+К, высота до 8–10 м. Максимальные значения диаметра стволов деревьев – 14–16 см. Все виды, формирующие древесный ярус, возобновляются, но слабо. Высота подроста до 3 м. Имеется разреженный подлесок из *Lonicera pallasii*, *Juniperus communis*, *Padus avium*, *Salix myrsinites*, *Sorbus aucuparia.* Травяно-кустарничковый ярус довольно густой (ОПП 60–85 %), высотой до 110 см. В нем зарегистрировано 46 видов. Доминирует *Calamagrostis purpurea*, формирующий его верхний подъярус. К нему примешиваются единичные экземпляры высокотравья – *Angelica sylvestris*, *Chamaenerion angustifolium*, *Cirsium heterophyllum*, *Filipendula ulmaria*, *Senecio nemorensis*, *Thalictrum minus*, *Valeriana wolgensis*. Во втором подъярусе (45–70 см) наиболее обилен *Equisetum sylvaticum* (удельное покрытие до 10%), отмечены *Bistorta major*, *Carex cespitosa*, *Comarum palustre*, *Crepis paludosa*, *Dryopteris expansa*, *Geranium sylvaticum*. Третий подъярус (до 30 см) формируют виды, типичные для еловых лесов – *Vaccinium myrtillus* (удельное покрытие до 5%), *Carex globularis*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Luzula pilosa.* К растениям четвертого подъяруса относятся *Linnaea borealis*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Trientalis europaea*, *Viola palustris*. Состав сосудистых растений свидетельствует о том, что местообитание имеет повышенное увлажнение проточного характера. Напочвенный покров фрагментарный (ОПП до 20%), неоднородный по сложению. На микроповышениях (колоды, основания стволов) встречаются зеленые мхи (*Dicranum fuscescens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*) и лишайники (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*), в микропонижениях – пятна *Sphagnum girgensohnii*, *S. squarrosum*, латки *Plagiomnium medium*.

Почва аллювиальная дерновая глееватая. Сообщество почвенных животных представлено шестью крупными таксонами. Доминируют многоножки (45 % от численности мезофауны) и пауки (27 %). Численность дождевых червей (*Dendrobaena octaedra, Lumbricus rubellus, Perelia diplotetratheca*), стафилинид (рода Atheta, Tachinus, Stenus), личинок жуков и перепончатокрылых невысокая. По составу мезофауна пихтово-елово-березового леса на аллювиальной дерновой глееватой почве ближе к зооценозам редколесий на горно-лесных торфянисто-дерновых и серогумусовых (дерновых) грубогумусированных почвах, однако отличается от них более высокой численностью (81.6±9.89 экз./м^2).

Описание ПП 320. На пологом склоне к долине р. Юргинская по ее левому берегу в 300 м от устья расположен березово-пихтово-еловый аконитовый лес. Древостой сложный по составу, состоит из трех пологов. Общая сомкнутость крон – 0.4–0.6. Первый ярус формируют *Picea obovata* и *Betula pubescens* (7 и 3 единицы по составу соответственно). Сомкнутость крон полога – 0.5, высота деревьев – до 18–20 м, максимальные значения диаметра стволов ели – 30–36 см, березы – 30–44 см. Во II пологе (сомкнутость крон – 0.3, высота стволов 10–14 м при максимальном диаметре 18–20 см) значительна доля *Abies sibirica* (состав 6Е3П1Б). В раз-

реженном (0.1–0.2) III пологе пихта преобладает (состав 7П3Е). Деревья тонкомерные (высота 3–5 м, диаметр 4–8 см). Все виды деревьев возобновляются, пихта – очень активно, ель – активно, береза – единично. Сомкнутость подроста – 0.2, высота – до 3 м. Выражен разреженный подлесок, образованный кустами *Lonicera pallasii*, *Ribes hispidulum*, *Rosa acicularis*, *Rubus idaeus*, *Sorbus aucuparia.* Травостой разнообразный по составу (36 видов), очень густой (ОПП 95–98%) и высокий (до 150 см), в нем выражено несколько подъярусов. Основной, первый подъярус (90–150 см), формирует доминант – *Aconitum septentrionale*, к которому примешиваются немногочисленные экземпляры *Calamagrostis purpurea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Crepis sibirica*, *Milium effusum*, *Pleurospermum uralense*, *Valeriana wolgensis*, *Veratrum lobelianum*. Во втором подъярусе (45–80 см) удельное покрытие *Dryopteris expansa* до 15%, *Geranium sylvaticum*, *Cirsium heterophyllum* (по 3–5%), отмечены *Dryopteris carthusiana*, *Equisetum sylvaticum*, *Trollius europaeus*. В третьем подъярусе (до 30 см) высоко относительное покрытие *Gymnocarpium dryopteris* (до 15%), отмечены *Paris quadrifolia*, *Melica nutans*, *Solidago virgaurea*, *Stellaria bungeana*, *Vaccinium myrtillus*. В четвертом подъярусе (до 10–15 см) обильны *Oxalis acetosella*, *Viola biflora* (удельное покрытие по 3–5%), встречаются немногочисленные особи *Adoxa moschatellina*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Linnaea borealis*, *Lycopodium annotinum*, *Maianthemum bifolium*, *Pyrola media*, *Trientalis europaea*. Моховой покров фрагментарный (ОПП до 20%). На почве встречаются латки *Plagiomnium medium*, на колодах и пристволовых повышениях обычны *Dicranum fuscescens*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Sanionia uncinata*.

Почва бурозем грубогумусированный. Почвенный зооценоз незначительно отличается от сообщества беспозвоночных пихтово-елово-березового леса (ПП 319). При аналогичной общей численности мезофауны (89.6±18.24 экз./м^2) доминантными группами являются пауки (38 %) и многоножки (18%). Численность люмбрицид высокая, семейство представлено тремя видами. Для стафилинид отмечено не только повышение обилия, но и разнообразия: кроме родов Atheta и Stenus зарегистрированы роды Oxypoda и Quedius. Плотность личинок жесткокрылых и перепончатокрылых, напротив, снижается до 1.6±0.09 экз./м^2.

Описание ПП 321 выполнено на высоте 351 м, в притеррасном понижении левобережья долины р. Юргинская на ключевом болоте. Отмечены единичные угнетенные деревья *Picea obovata* и *Betula pubes-cens* высотой 3–6 м с диаметром стволов от 4 до 14 см и немногочисленный подрост этих видов высотой до 1.5 м. Разреженный кустарниковый ярус формируют *Salix glauca*, *S. phylicifolia*, *Juniperus communis*. Травяно-кустарничковый ярус разнообразный по видовому составу (зарегистрирован 31 таксон), его ОПП составляет 60–75%, высота – 15–60 см. Господствует *Carex lasiocarpa*, довольно обильны *Bistorta major*, *Crepis paludosa*, *Geum rivale*, *Ligularia sibirica*, *Menyanthes trifoliata*, *Sanguisorba officinalis*. Болотные кустарнички (*Andromeda polifolia*, *Oxycoccus microcarpus*, *O. palustris*) немногочисленны и малообильны. Напочвенный покров сплошной (ОПП до 100%). Содоминируют *Sphagnum lindbergii* и *S. capillifolium*. Встречаются *Aulacomnium palustre* и виды, индицирующие избыточное увлажнение проточного характера – *Helodium blandowii*, *Paludella squarrosa*, *Calliergon cordifolium*.

Почва болотная низинная торфяно-глеевая. Почвенная мезофауна болота бедная, выявлено лишь три таксона, наблюдается явное преобладание пауков (84% от общего обилия), численность многоножек *Lithobius curtipes* (6.4±0.24 экз./м^2) невысока относительно рассмотренных по градиенту высотной поясности зооценозов, численность личинок Cantharidae составила лишь 1.6±0.09 экз./м^2. Ручным сбором с болотных кустарничков отобраны коротконадкрылые жуки *Eusphalerum minutum*.

Описание ПП 322. С ключевым болотом граничит березово-еловый с кедром и пихтой лес травяно-сфагновый. Насаждение смешанного состава, со сложной вертикальной структурой. Общая сомкнутость крон – 0.4–0.5. I полог образует *Picea obovata*, отмечена единичная примесь *Pinus sibirica*. Сомкнутость крон – 0.3–0.4, высота полога – от 16 до 20 м, максимальные значения диаметра стволов – 22–28 см. Во II пологе при преобладании по составу *Picea obovata* (6 единиц) значительна доля *Betula pubescens* (4 единицы), имеется единичная примесь *Abies sibirica*, *Pinus sibirica*. Сомкнутость крон не превышает 0.2, высота стволов до 12–14 м, диаметр – до 18 см. Состав III полога – 4П4Б2Е, сомкнутость крон – 0.1–0.2, высота – 4–6 м. Деревья тонкомерные (диаметр стволов 4–6 см). Ель, береза и пихта возобновляются довольно активно, кедр – единично. Высота подроста – до 3 м. Подлесок разреженный, из *Salix glauca*, *S. lapponum*, *Sorbus sibirica*. Травяно-кустарничковый ярус средней густоты (ОПП 40–60%). Высота формирующих его растений варьирует от 10 до 120 см. Первый подъярус (90–120 см) разреженный, его образуют преимущественно *Calamagrostis purpurea*, *Chamaenerion angustifolium* (удельное покрытие по 3–5 %). В основном, II подъярусе (45–60 см), обильны *Equisetum sylvaticum* (доминант), *Bistorta major*, *Carex rostrata*, *C. aquatilis*, *Comarum palustre*, *Crepis paludosa*, *Geranium sylvaticum* (по 3–5 %). В III подъярусе (до 25 см) встречаются *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Carex globularis*, *Luzula pilosa*, *Pyrola minor*, *Rubus arcticus*, *R. chamaemorus.* На пробной площади зарегистрировано 33 вида сосудистых растений, большинство из которых предпочитает экотопы с бедными почвами и застойным увлажнением. Напочвенный покров почти сплошной (ОПП 80 %). На почве господствует *Sphagnum girgensohnii*, встречаются латки *Plagiomnium medium*, *Calliergon stramineum*. На колодах, пристволовых повышениях обычны зеленые мхи *Aulacomnium palustre*, *Dicranum fuscescens*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Sanionia uncinata*, встречаются кустистые лишайники – *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*.

Почва болотная низинная торфяно-глеевая. Почвенный зооценоз богаче, чем на граничащем с лесом болоте (ПП 321), выявлено семь так-

сонов, среди которых доминируют пауки и многоножки. Дождевые черви немногочисленны и представлены двумя видами: *Lumbricus rubellus* и *Dendrobaena octaedra*. Жуки родов Pterostichus, Eucnecosum, Selatosomus тоже малочисленны. Численность личинок перепончатокрылых выше, чем в горных редколесьях и лесах. Высокая общая численность мезофауны (94.4±23.09 экз./м^2) определяется обилием пауков и многоножек.

Применение экологических шкал показало, что вдоль профиля по градиенту высоты меняются параметры степени увлажнения, богатства азотом и кислотности почв (табл. 2). Это влияет на видовую насыщенность фитоценозов. Под сообществами горных тундр и редколесий верхней части подгольцового пояса (описания 307–309) почвы наименее влажные, с низким содержанием азота и кислые. Видовое разнообразие сосудистых растений не велико (от 16 до 25 видов на пробной площади), ведущая ценотическая значимость – у кустарничков (*Vaccinium uliginosum*, *Empetrum hermaphroditum*, а также *V. myrtillus*, *V. vitis-idaea* и *Arctous alpina*). Ниже по склонам г. Койп и возвышенности 528.7 м вплоть до долины р. Печоры почвы под исследованными сообществами горных редколесий и лесов свежие (статусы описаний 310–318 по фактору увлажнения от 6.2 до 6.8). В ложбинах стока они несколько богаче азотом, слабокислые. Здесь формируются елово-пихтовые редколесья и леса травяного типа (описания 311, 315, 316), в которых наиболее обильны виды высокотравья: *Aconitum septentrionale*, *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis purpurea, Chamaenerion angustifolium*, *Cirsium heterophyllum*, *Crepis sibirica*, *Diplazium sibiricum*, *Filipendula ulmaria*, *Milium effusum*, *Thalictrum minus* и др. На отметках высот 450–550 м в экотопах с низким содержанием азота в почвах развиты елово-пихтовые леса травяного типа (описания 312–314), в которых на фоне абсолютного доминирования *Dryopteris expansa* разнообразие травяно-кустарничкового яруса меньше, чем в сообществах ложбин (видовая насыщенность сообществ для группы сосудистых растений – 18–20). Напочвенный покров в редколесьях и лесах травяного типа угнетен мощным опадом, мхи встречаются преимущественно на колодах, пристволовых повышениях. В нижней части подгольцового пояса на высотах от 600 до 550 м и горно-лесном поясе на отметках до 400 м в местообитаниях с кислыми бедными азотом почвами развиты хвойные леса чернично-зеленомошные (описания 310, 317). Под их пологом в травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Vaccinium myrtillus*, в напочвенном покрове – гипновые мхи. Видовая насыщенность фитоценозов средняя – от 18 до 35. В долине р. Печоры почвы влажные, слабокислые. Здесь на аллювиальных наносах развиты березовые и елово-пихтово-березовые леса травяные (описания 318, 319), представляющие собой стадии первичной сукцессии. По составу доминирующих видов травяного яруса они во многом сходны с лесами, формирующимися по ложбинам стока, но разнообразнее по составу (видовая насыщенность 55). Это связано с появлением как мезогигрофитов, так и световых лесолуговых и луговых растений (освещенность под пологом лесов с преобладанием *Betula pubescens* выше, чем в хвойных лесах). В долинных лесах с доминированием *Picea obovata* и *Abies sibirica* травяного типа (описание 320) затененность выше, поэтому сосудистые растения менее разнообразны. В притеррасных понижениях с повышенным увлажнением проточного характера развиты ключевые болота (описание 321) и березово-еловые травяно-сфагновые леса (описание 322). Для них характерно пре-

Таблица 2

Характеристика исследованных биогеоценозов

Table 2

Characteristics of the studied biogeocenoses

Показатель	Номер пробной площади (ПП)															
	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322
LU	XMt	XMt	XMf	XMf	XMf	XMf	XMf	XMf	XMf	XMf	XMf	FBh	FBh	FSh	XFf	FSs
ST	DP	DP	TD	TD	BG	SG	SG	SG	SG	BG	GP	AD	AD	BG	TG	TG
SZ	ara	ara	lit	lit	ara-sta	ara-lit	lit	ara-lit	lit	ara	ara	sta	lit	ara	ara	ara-lit
C	0.2	0	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	0.4	0.5	0	0.5
F	5.2	5.3	5.4	5.5	6.3	6.4	6.7	6.5	6.2	6.4	6.4	6.6	7.2	6.2	8.1	7.7
N	2.2	2	2.7	3.8	4.3	3.1	3.4	3.2	4.6	4.1	2.8	4	3.4	4.5	3.2	3.3
R	2.9	3.1	2.8	3.5	4.1	2.7	2.7	2.6	4	3.8	2.5	5.4	3.9	4.4	4	3.7
L	6.8	7.4	5.7	5	4.8	5	5.3	5.1	4.6	4.7	5	6.7	6.1	4.9	7.5	6.3
T	6	4	6	6	6	6	5	6	6	7	5	8	9	8	5	7
P	20	16	25	35	36	18	20	18	34	36	18	55	55	44	36	40
I	5	3	4	6	9	5	4	8	8	6	7	9	6	7	3	7

Примечание. Ландшафтная единица (LU): XMt – горная тундра, XMf – горное редколесье, FBh – березняк травяной, FSh – ельник травяной, XFf – ключевое болото, FSs – ельник сфагновый. Тип почвы (ST): DP – дерново-подбур, TD – горно-лесная торфянисто-дерновая, BG – бурозем грубогумусированный, SG – серогумусовая грубогумусированная, GP – горная подзолистая, AD – аллювиальная дерновая, TG – болотная низинная торфяно-глеевая. Почвенный зооценоз (SZ): ara – аранеоидный, lit – литобиидный, sta – стафилиноидный, ara-lit – аранео-литобиидный, ara-sta – аранео-стафилиноидный. Экологические факторы: C – сомкнутость лесного полога, F – увлажнение почв, N – богатство почв азотом, R – кислотность почв, L – освещенность/затенение. Видовая насыщенность сообществ: T – число видов деревьев и кустарников, P – число видов сосудистых растений, I – число таксонов крупных беспозвоночных.

обладание влаголюбивых трав: *Bistorta major*, *Carex rostrata*, *C. aquatilis*, *Comarum palustre*, *Crepis paludosa*, *Equisetum sylvaticum*, *Geum rivale*, *Ligularia sibirica*, *Menyanthes trifoliata.* Видовая насыщенность долинных сообществ в целом выше, чем склоновых (табл. 2).

Изменение экотопических условий и состава растительных сообществ вдоль высотного градиента закономерно отражается в строении почвенных профилей. В дерново-подбурах, формирующихся под сообществами горных тундр и редколесий, под напочвенным покровом из лишайников и мхов формируется сухоторфяный горизонт мощностью от 4 до 10 см. Под ним до глубины 20 см залегает слой среднеразложившегося торфа, густо переплетенный корнями растений с включениями обломков горных пород. В подгольцовом поясе и в верхней части горно-лесного пояса под пологом горных редколесий и лесов развиты горно-лесные торфянисто-дерновые почвы. Для них характерен сухоторфяный горизонт мощностью от 20 до 40 см и присутствие в почвенном профиле слабо выраженного (мощность не более 1 см) горизонта А1. При этом подзолообразование для горно-лесных торфянисто-дерновых почв не типично. Ниже по вертикальному профилю под пологом пихтовых и елово-пихтовых лесов травяного типа на поверхности почвы происходит интенсивное накопление опада, формирование оторфованной подстилки, а под ней – гумусоаккумулятивного горизонта мощностью до 5 см, в котором протекает дерновый процесс. Формирование бурой окраски срединных горизонтов этих почв (буроземов грубогумусированных) может быть обусловлено накоплением легкомобилизуемых форм железа и алюминия, т.е. альфегумусовым иллювиированием. В склоновых почвах за счет атмосферных осадков и дополнительного бокового стока складывается промывной водный режим [37, 38]. В долине р.Печоры развиты аллювиальные дерновые почвы, профиль которых формируется в условиях превалирования аллювиального процесса [38]. При наличии хорошего дренажа формируются аллювиальные почвы без признаков оглеения профиля, в экотопах с застойным увлажнением – аллювиальные глееватые и глеевые почвы.

Изменение вдоль высотного профиля растительных сообществ и почв обусловливает изменение структуры сообществ почвенных беспозвоночных животных (табл. 3). Почвенные зооценозы горных тундр (ПП 307, 308) бедны и малочисленны, по обилию здесь доминируют пауки. Мезофауна пихтово-березового редколесья верхней части подгольцового пояса (ПП 309) характеризуется низким разнообразием (зарегистрировано лишь четыре таксона) и численностью, но в отличие от горных тундр имеет литобиидный облик. Сообщества беспозвоночных елово-пихтовых редколесий и лесов травяного типа на буроземах грубогумусированных (ПП

Таблица 3

Таксономический состав и численность (экз./м^2) сообществ крупных беспозвоночных животных на пробных площадях (ПП)

Table 3

Taxonomic composition and abundance (specimen /m^2) of communities of large invertebrates on test plots

Таксон	Пробная площадь (ПП)							
	307	308	309	310	311	312	313	314
Lumbricidae	–	–	–	–	–	1.6±0.09	3.2±0.16	–
Aranei	17.6±0.49	17.6±0.76	4.8±0.21	1.6±0.09	12.8±0.96	38.4±2.44	32±2.8	25.6±1.44
Lithobiidae	3.2±0.16		11.2±1.61	27.2±2.61	4.8±0.21	35.2±21.76	59.2±8.81	22.4±5.44
Staphylinidae	3.2±0.16	1.6±0.09	1.6±0.09	1.6±0.09	11.2±0.61	1.6±0.09	4.8±0.21	8±0.45
Carabidae	–	–	–	3.2±0.16	1.6±0.09	–	–	4.8±0.41
Elateridae	–	1.6±0.09	4.8±0.21	9.6±0.44	1.6±0.09	1.6±0.09	–	–
Coleoptera др.	1.6±0.09	–	–	3.2±0.16	6.4±0.84	–	–	1.6±0.09
Diptera	–	–	–	–	–	–	–	1.6±0.09
Hemiptera	1.6±0.09	–	–	–	1.6±0.09	–	–	–
Homoptera	–	–	–	–	3.2±0.36	–	–	1.6±0.09
Hymenoptera	–	–	–	–	4.8±0.21	–	–	1.6±0.09
Мезофауна	*27.2±1.21*	*20.8±0.61*	*22.4±2.44*	*46.4±3.09*	*48±7.4*	*78.4±31.49*	*99.2±20.56*	*67.2±25.36*
Таксон	Пробная площадь (ПП)							
	315	316	317	318	319	320	321	322
Gastropoda	1.6±0.09	–	–	1.6±0.09	–	3.2±0.16	–	–
Lumbricidae	4.8±0.21	–	–	28.8±1.96	6.4±0.24	14.4±0.29	–	4.8±0.81
Aranei	24±1.85	24±3.25	28.8±2.76	16.0±2.0	22.4±1.44	33.6±1.89	41.6±2.24	43.2±5.01
Lithobiidae	60.8±30.96	9.6±1.04	17.6±0.89	11.2±1.61	36.8±3.61	16.0±4.4	6.4±0.24	30.4±3.69
Staphylinidae	3.2±0.36	4.8±0.21	6.4±0.44	51.2±41.36	6.4±0.84	19.2±3.16	–	1.6±0.09
Carabidae	1.6±0.09		4.8±0.41	–	–	–	–	1.6±0.09
Elateridae	1.6±0.09	1.6±0.09	6.4±0.44	3.2±0.16	–	–	–	3.2±0.36
Coleoptera др.	–	–	–	3.2±0.36	6.4±0.24	1.6±0.09	1.6±0.09	–
Diptera	–	–	–	3.2±0.16	–	–	–	–
Hemiptera	–	1.6±0.09	1.6±0.09	–	–	–	–	–
Hymenoptera	1.6±0.09	3.2±0.16	8±0.25	1.6±0.09	3.2±0.16	1.6±0.09	–	9.6±2.24
Мезофауна	*99.2±38.36*	*44.8±6.56*	*73.6±4.64*	*120±92.05*	*81.6±9.89*	*89.6±18.24*	*49.6±2.29*	*94.4±23.09*

Примечание. « – » – таксон не зарегистрирован.
Note. “–“ – taxon is not registered.

311, 316), елово-пихтовых лесов травяного типа на серогумусовых грубогумусированных почвах (ПП 312–315), хвойных лесов чернично-зеленомошных на горно-лесной торфянисто-дерновой и горной подзолистой почвах (ПП 310, 317) разнообразны, характеризуются численным преобладанием пауков, многоножек и стафилинид. Но зооценозы буроземов отличаются почти в два раза меньшей численностью мезофауны относительно сообществ беспозвоночных на серогумусовых почвах. Высокие значения таксономического богатства и численности почвенной мезофауны отмечены в березовых и елово-пихтово-березовых лесах на аллювиальных наносах (ПП 318, 319) и в долинных лесах с доминированием *Picea obovata* и *Abies sibirica* травяного типа (ПП 320). Для почвенного зооценоза березового леса (ПП 318) эти показатели максимальны, именно здесь видовым богатством и обилием отличаются люмбрициды, являющиеся основными деструкторами в почвенных сообществах. На ключевых болотах (ПП 321) мезофауна характеризуется большей численностью, но меньшим таксономическим разнообразием относительно горных тундр. В березово-еловых травяно-сфагновых лесах (ПП 322), значительно увлажненных, почвенные зооценозы богаче, несмотря на доминирование пауков и многоножек, и даже в таких достаточно кислых почвах, наряду с жесткокрылыми встречаются дождевые черви.

Статистическая обработка данных показала, что число деревьев и кустарников в сообществах коррелирует с видовой насыщенностью сосудистых растений (Sp=0.825 при p≤ 0.05). В сообществах с высокой видовой насыщенностью (леса травяной группы типов) почвы более богаты азотом (Sp=0.506 и 0.619 при p≤ 0.05) и менее кислые (Sp=0.603 и 0.886 при p≤0.05). Эти же факторы оказывают значимое влияние на численность дождевых червей, которая повышается в лесных сообществах (Sp=0.615 при p≤0.05) с хорошо выраженным травостоем (Sp=0.669 при p≤ 0.05) и в менее кислых почвах (Sp=0.752 при p≤ 0.05). Численность стафилинид высока в горных редколесьях и лесах с большей сомкнутостью полога (Sp=0.551 при p≤0.05) и в менее кислых почвах (Sp=0.692 при p≤0.05). Численность многоножек выше в редколесьях и хвойных лесах старшего возраста. На численность пауков влияет увлажнение почв (Sp=0.719 при p≤0.05). Общая численность мезофауны выше в растительных сообществах с высокой сомкнутостью древесного яруса (Sp=0.667 при p≤0.05) на почвах, богатых азотом (Sp=0.546 при p≤0.05).

Влияние высотной поясности на структуру почвенной мезофауны (на примере г. Койп) выражается в возрастании таксономического разнообразия и численности почвенных беспозвоночных животных в ряду горная тундра – горное редколесье – горный лес. В почвенных зооценозах горных тундр по численности доминируют пауки, горных редколесий и лесов – пауки, многоножки (единственный вид *Lithobius curtipes*), стафилиниды, т.е. хищные членистоногие, превалируют во всех рассмотренных сообществах. В группах стафилинид и жужелиц не наблюдается смены лесных видов тундровыми по градиенту высоты. Беспозвоночные – фитофаги (Heteroptera, Homoptera) и сапрофаги (Gastropoda, Lumbricidae, личинки Diptera) не зарегистрированы в горных тундрах, малочисленны в елово-пихтово-березовых редколесьях и лесах. Исключение – березовый лес, произрастающий на аллювиальной дерновой почве, где зарегистрировано высокое видовое богатство дождевых червей. Жуки-щелкуны, личинки которых развиваются в почве, питаясь растительными остатками, характеризуются низкой численностью в горных тундрах, редколесьях и лесах. При этом наблюдается смена видов по градиенту высоты. В горных тундрах обитает представитель аркто-борео-монтанного комплекса *Hypnoidus rivularius*, в редколесьях, кроме этого вида, встречаются борео-монтанные щелкуны *Liotrichus affinis* и *Selatosomus gloriosus*, в горных лесах – бореальный вид *Selatosomus aeneus*. В сравнении с Хибинским горным массивом, где в горных почвах сохраняется ядро доминантов, характерных для зональных подзолов (двукрылые, жесткокрылые, пауки, многоножки), снижена численность насекомых разных трофических уровней и высока биоценотическая значимость дождевых червей [4], в исследованном районе Северного Урала для каждого вертикального пояса выделены специфические комплексы крупных почвенных беспозвоночных. В горных тундрах и болотных комплексах преобладающей группой являются пауки, в редколесьях к доминантным группам, кроме пауков, относятся многоножки и стафилиниды. В лесах при сохранении структуры доминирования, характерной для зооценозов тундр и редколесий, дождевые черви составляют основу сапрофильного блока крупных почвенных беспозвоночных. Численность почвенной мезофауны в Хибинах уменьшается в ряду березовые криволесья субальпийского пояса – ельник разнотравный таежного пояса – горные тундры альпийского пояса [4], тогда как на восточном склоне г.Койп этот показатель возрастает в ряду горные тундры – горные реколесья – горные леса. Пика численности беспозвоночных в сообществах подгольцового пояса не наблюдается.

Заключение

Изменение структуры мезофауны почв Северного Урала по градиенту высоты на примере г. Койп проявляется в том, что показатели разнообразия и обилия почвенных зооценозов возрастают от горных тундр к лесным сообществам. В редколесьях подгольцового пояса, которые можно рассматривать как экотон лес–тундра в условиях гор, наблюдается варьирование численности почвенной мезофауны по биотопам. В верхней части подгольцового пояса значения численности зооценозов ближе к таковым в горных тундрах, а в нижней части – к величинам показателя, отмеченным в березовых и еловых лесах. Доминирующими группами почвенной мезофауны в экосистемах г. Койп являются беспозвоночные-зоофаги (пауки, многоножки и стафилиниды), но для горных тундр свойственно преобладание пауков, а в лесах повышается числен-

ность дождевых червей – представителей сапрофильного блока. Закономерности распределения доминантных групп беспозвоночных по экологическому профилю различаются. Пауки доминируют по численности во всех фитоценозах, отличаясь максимальным обилием в горных редколесьях и на болотах. Многоножки, превалируя в отдельных сообществах подгольцового и горно-лесного пояса, наибольшей численности достигают в елово-пихтовом папоротниковом лесу на серогумусовой почве (ПП 315). Численность стафилинид возрастает в ряду горные тундры – горные редколесья – горные леса, максимальное значение показателя зарегистрировано в елово-пихтово-березовом лесу на аллювиальной дерновой почве (ПП 318). Для этого же зооценоза отмечен пик разнообразия и обилия дождевых червей, при этом они не встречаются в подстилке горных тундр и малочисленны в редколесьях. Численность щелкунов низка как в горных тундрах, так в редколесьях и лесах, но для этой группы, в отличие от стафилинид и жужелиц, выявлена высотная смена лесных видов тундровыми. В целом, почвенная мезофауна отличается высоким разнообразием и обилием в горных лесах травяного типа на аллювиальных, менее кислых и богатых азотом, почвах.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке Комплексной программы Уральского отделения РАН «Живая природа и климат», проект № 18-4-4-14 «Разнообразие основных компонентов экосистем в широтном и высотном градиентах западного макросклона Северного и Приполярного Урала».

Литература

1. *Фридолин В.Ю.* Животно-растительное сообщество горной страны Хибин. М.;Л., 1936. 293 с.
2. *Россолимо Т.Е.* Высотное распределение и термопреферендум жужелиц в Хибинах // Зоол. журн. 1989. Т. 68. № 4. С. 58–65.
3. *Зенкова И.В.*, *Пожарская В.В.*, *Похилько А.А.* Материалы к почвенной фауне Хибинского горного массива на примере горы Вудъяврчорр // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12. № 3. С. 516–524.
4. *Зенкова И.В.*, *Пожарская В.В.*, *Похилько А.А.* Высотное распределение почвенной фауны Хибин // Почвоведение. 2011. №9. С. 1083–1093.
5. *Rybalov L.B.*, *Kamayev I.O.* Comparative analysis and long-term dynamics of soil macrofauna in forest-tundra ecotone of the Khibiny mountains // Russian Entomol. J. 2012. Vol. 21 (2). P. 179–183.
6. *Ермаков А.И.*, *Голованова Е.В.* Видовой состав и численность дождевых червей в тундровых биоценозах горного массива Денежкин Камень (Северный Урал) // Сибирский экологический журн. 2010. Вып.1. С. 15–20.
7. *Конакова Т.Н.*, *Колесникова А.А.*, *Таскаева А.А.* Разнообразие почвенных беспозвоночных бассейна р.Кожым (Приполярный Урал) // Евразиатский энтомол. журн. 2017. Т. 16. № 5. С. 457–469.
8. *Михайлов Ю.Е.*, *Ермаков А.И.* Состав и структура сообществ герпетобионтных членистоногих горных вершин Южного Урала // Фауна Урала и Сибири. 2016. № 1. С. 61–74.
9. *Рапопорт И.Б.* Видовой состав, синэкологические характеристики и ландшафтное распределение дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) субальпийского пояса Центрального Кавказа (Терский вариант) // Известия Самарского НЦ РАН. 2011. Т.13. №1(5). С. 1140–1145.
10. *Рапопорт И.Б.* Высотное распределение дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) в центральной части Северного Кавказа // Зоол. журн. 2013. Т. 92. № 1. С. 3–10.
11. *Дудко Р.Ю.*, *Ломакин Д.Е.* Вертикально-поясное распределение жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Северо-Восточного Алтая // Сибирский экологический журн. 1996. Вып. 2. С. 187–194.
12. *Иванов С.Б.* Пространственно-типологическая организация населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) северо-восточного Алтая // Осенние зоологические сессии: материалы конференции. Новосибирск, 2005. С. 3–14.
13. *Макарова О.Л.*, *Макаров К.В.*, *Берман Д.И.* Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) высокогорий Ольского плато, Колымское нагорье // Зоол. журн. 2013. Т. 92. № 8. С. 1–14.
14. *Сундуков Ю.Н.* Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) высокогорий Южного Сихотэ-Алиня // Чтения памяти А.И. Куренцова. Владивосток: Дальнаука, 2010. Вып. 21. С. 29–44.
15. *Варсанофьева В.А.* Геологическое строение территории Печоро-Илычского государственного заповедника // Тр. Печоро-Илыч. гос. заповедника. М., 1940. Вып. 1. 134 с.
16. *Атлас* Республики Коми / Науч. ред. Э.А.Савельева. М., 2011. 448 с.
17. *Земля* девственных лесов: Печоро-Илычский биосферный заповедник. Сыктывкар, 2000. 159 с.
18. *Исаченко Т.И.*, *Лавренко Е.М.* Ботанико-географическое районирование // Растительность европейской части СССР. Л., 1980. С. 10–20.
19. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., 1995. 990 с.
20. *Полевая* геоботаника. М.; Л., 1964. Т. III. 530 с.
21. *Ипатов В.С.*, *Мирин Д.М.* Описание фитоценоза. Методические рекомендации: Учебно-методическое пособие. СПб., 2008. 71 с.
22. *Ellenberg H.* Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen: Goltze, 1974. 97 p.
23. *Kenkel N.C.* Trends and interrelationship in boreal wetland vegetation // Can. J. Bot., 1987. Vol. 65. P. 12–22.
24. *Втюрин Г.М.* Горные почвы верховьев Печоры // Тр. Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2005. Вып. 14. С. 7–11.
25. *Количественные* методы в почвенной зоологии / Под ред. М.С. Гилярова и Б.Р. Стригановой. М.: Наука, 1987. 288 с.

26. *Ивантер И.В., Коросов А.В.* Введение в количественную биологию. Петрозаводск, 2003. 304 с.
27. *Дёгтева С. В., Новаковский А. Б.* Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры. Екатеринбург, 2012. 180 с.
28. *Lichenforming and liche-nicolous* fungi of Fennoscandia / R.Santesson, R.Moberg, A.Nordin, T.Tønsberg, O.Vitikainen. Museum of Evolution, Uppsala. 2004. 359 p.
29. *Ignatov M.S., Afonina O.M.* Check-list of mosses of the former USSR // Arctoa, 1992. Vol. 1. P. 1–85.
30. *Корчагин А.А.* Растительность северной половины Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илыч. гос. заповедника. М., 1940. Вып. 2. 416 с.
31. *Флора* и растительность Печоро-Илычского биосферного заповедника / С.В.Дёгтева, Г.В.Железнова, Д.И. Кудрявцева, Н.И. Непомилуева, Я. Херманссон, Т.П. Шубина. Екатеринбург, 1997. 385 с.
32. *Дёгтева С.В.* Растительный покров особо охраняемых ландшафтов в бассейне среднего течения р. Илыч // Тр. Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2005. Вып. 14. С. 180–185.
33. *Смирнов Н.С., Браславская Т.Ю.* Растительность темнохвойных лесов нижней части бассейна реки Большая Порожняя (приток р.Печора) // Тр. Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2010. Вып. 16. С. 149–156.
34. *Дёгтева С.В., Дубровский Ю.А.* Лесная растительность бассейна р. Илыч в границах Печоро-Илычского заповедника. СПб.: Наука, 2014. 291 с.
35. *Леса* Республики Коми / Г.М. Козубов, А.И. Таскаев, С.В. Дёгтева, В.А. Мартыненко и др. М., 1999. 332 с.
36. *Biodiversity* of floodplane soils in the European North-East of Russia / A.A.Kolesnikova, E.M. Lapteva, S.V.Degteva, A.A.Taskaeva, A.A.Kudrin, Yu.A.Vinogradova, F.M.Khabibullina. In: River Basin Management. 2016. P. 271–294. DOI: 10.5772/63713
37. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 344 с.
38. *Почвы* и почвенный покров Печоро-Илычского заповедника (Северный Урал) / Отв. ред. С.В.Дёгтева и Е.М.Лаптева. Сыктывкар, 2013. 328 с.

References

1. *Fridolin V.Yu.* Zhivotno-rastitel`noe soobshhestvo gornoj strany Hibin [Animal-plant community of the Khibiny mountains]. Moscow; Leningrad, 1936. 293 p.
2. *Rossolimo T.E.* Vy`sotnoe raspredelenie i termopreferendum zhuzhelicz v Hibinax [Altitudinal distribution and termopreferendum of carabid beetles in the Khibiny mountains] // Zoological J. 1989. Vol. 68. № 4. P. 58–65.
3. *Zenkova I.V., Pozharskaya V.V., Pokhil`ko A.A.* Materialy k pochvennoj faune Hibinskogo gornogo massiva na primere gory Vud`yavrchorr [Materials to soil fauna of the Khibiny massif on the example of Vudyavrchorr mountain] // Bull. of Moscow State Tech. Univ. 2009. Vol. 12. № 3. P. 516–524.
4. *Zenkova I.V., Pozharskaya V.V., Pokhil`ko A.A.* Vy`sotnoe raspredelenie pochvennoj fauny Hibin [Altitudinal distribution of soil fauna of the Khibiny mountains] // Soil Science. 2011. № 9. P. 1083–1093.
5. *Rybalov L.B., Kamayev I.O.* Comparative analysis and long-term dynamics of soil macrofauna in forest-tundra ecotone of the Khibiny mountains // Russian Entomol. J. 2012. Vol. 21 (2). P. 179–183.
6. *Ermakov A.I., Golovanova E.V.* Vidovoj sostav i chislennost` dozhdevyh chervej v tundrovyh biocenozah gornogo massiva Denezhkin Kamen` (Severny`j Ural) [Species composition and abundance of earthworms in tundra biocenoses of the Denezhkin Kamen massif (Northern Urals) // Siberian J. of Ecology. 2010. Issue 1. P. 15–20.
7. *Konakova T.N., Kolesnikova A.A., Taskaeva A.A.* Raznoobrazie pochvennyh bespozvonochnyh bassejna r. Kozhym (Pripolyarnyj Ural) [Diversity of soil invertebrates in the Kozhym river basin (Subpolar Urals)] // Eurasian J. of Entomology. 2017. Vol. 16. № 5. P. 457–469.
8. *Mikhailov Yu.E., Ermakov A.I.* Sostav i struktura soobshhestv gerpetobiontnyh chlenistonogih gornyh vershin Yuzhnogo Urala [Composition and structure of herpetobiont communities of arthropods of the mountain peaks of the Southern Urals] // Fauna of the Urals and Siberia. 2016. № 1. P. 61–74.
9. *Rapoport I.B.* Vidovoj sostav, sine`kologicheskie harakteristiki i landshaftnoe raspredelenie dozhdevyh chervej (Oligochaeta, Lumbricidae) subal`pijskogo poyasa Central`nogo Kavkaza (Terskij variant) [Species composition, synecological characteristics and landscape distribution of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in the subalpine zone of the Central Caucasus (Tersky variant) // Proc. of Samara Sci. Centre, RAS. 2011. Vol. 13. № 1(5). P. 1140–1145.
10. *Rapoport I.B.* Vy`sotnoe raspredelenie dozhdevyh chervej (Oligochaeta, Lumbricidae) v central`noj chasti Severnogo Kavkaza [Altitudinal distribution of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in the central part of the North Caucasus] // Zooligical J. 2013. Vol. 92. № 1. P. 3–10.
11. *Dudko R.Yu., Lomakin D.E.* Vertikal`no-poyasnoe raspredelenie zhuzhelicz (Coleoptera, Carabidae) Severo-vostochnogo Altaya [Vertical-belt distribution of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the North-Eastern Altai] // Siberian J. of Ecology. 1996. Issue 2. P. 187–194.
12. *Ivanov S.B.* Prostranstvenno-tipologicheskaya organizaciya naseleniya zhuzhelicz (Coleoptera, Carabidae) severo-vostochnogo Altaya [Spa-

tio-typological organization of population of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in the North-Eastern Altai] // Autumn Zool. sessions: Conf. materials. Novosibirsk, 2005. P. 3–14.
13. *Makarova O.L.*, *Makarov K.V.*, *Berman D.I.* Zhuzhelicy (Coleoptera, Carabidae) vysokogorij Ol`skogo plato, Kolymskoe nagor`e [Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of high-mountain Olsk plateau, Kolyma Highland] // Zooligical J. 2013. Vol. 92. № 8. P. 1–14.
14. *Sundukov Yu.N.* Zhuzhelicy (Coleoptera, Carabidae) vysokogorij Yuzhnogo Sihote-Alinya [Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Southern Sikhote Alin Highlands] // Chteniya pamyati A.I. Kurenczova [Readings in memory of A.I. Kurentsov]. Vladivostok: Dal`-nauka, 2010. Issue 21. P. 29–44.
15. *Varsanofyeva V.A.* Geologicheskoe stroenie territorii Pechoro-Ily`chskogo gosudarstvennogo zapovednika [Geological structure of the territory of the Pechora-Ilych State Reserve] // Tr. Pechoro-Ilych. gos. Zapovednika [Works of Pechora-Ilych Reserve]. Moscow, 1940. Issue 1. 134 p.
16. *Atlas* Respubliki Komi [Atlas of the Komi Republic] / Sci. ed. E.A.Savelyeva. Moscow, 2011. 448 p.
17. *Zemlya* devstvennyh lesov [Land of virgin forests]: Pechora-Ilych biosphere reserve. Syktyvkar, 2000. 159 p.
18. *Isachenko T.I.*, *Lavrenko E.M.* Botaniko-geograficheskoe rajonirovanie [Botanico-geographical zoning] // Rastitel`nost` evropejskoj chasti SSSR [Vegetation of the European part of the USSR]. Leningrad, 1980. P. 10–20.
19. *Cherepanov S.K.* Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel`nyh gosudarstv [Vascular plants of Russia and the adjacent states]. St. Petersburg, 1995. 990 p.
20. *Polevaya* geobotanika [Field geobotany]. Moscow; Leningrad, 1964. Vol. III. 530 p.
21. *Ipatov V.S.*, *Mirin D.M.* Opisanie fitocenoza. Metodicheskie rekomendacii. Uchebno-metodicheskoe posobie [Description of phytocenosis. Methodical recommendations: Educational and methodical manual]. St. Petersburg, 2008. 71 p.
22. *Ellenberg H.* Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen: Goltze, 1974. 97 p.
23. *Kenkel N.C.* Trends and interrelationship in boreal wetland vegetation // Can. J. Bot., 1987. Vol. 65. P. 12–22.
24. *Vtyurin G.M.* Gornye pochvy verhov`ev Pechory [Mountain soils of headwaters of the Pechora river] // Tr. Pechoro-Ily`chskogo zapovednika [Works of Pechora-Ilych Reserve]. Syktyvkar, 2005. Issue 14. P. 7–11.
25. *Kolichestvennye* metody v pochvennoj zoologii [Quantitative methods in soil zoology] / Eds. M.S.Gilyarov, B.R.Striganova. Moscow: Nauka, 1987. 288 p.
26. *Ivanter I.V.*, *Korosov A.V.* Vvedenie v kolichestvennuyu biologiyu [Introduction to quantitative biology]. Petrozavodsk, 2003. 304 p.
27. *Degteva S.V.*, *Novakovsky A.B.* E`kologo-cenoticheskie gruppy sosudistyh rastenij v fitocenozax landshaftov bassejna verhnej i srednej Pechory [Ecologo-phytocoenotic groups of vascular plants in the phytocenoses of landscapes of the upper and middle Pechora river basin]. Ekaterinburg, 2012. 180 p.
28. *Lichenforming and lichenicolous* fungi of Fennoscandia / R.Santesson, R.Moberg, A.Nordin, T.Tønsberg, O.Vitikainen. Museum of Evolution, Uppsala. 2004. 359 p.
29. *Ignatov M.S.*, *Afonina O.M.* Check-list of mosses of the former USSR // Arctoa, 1992. Vol. 1. P. 1–85.
30. *Korchagin A.A.* Rastitel`nost Severnoj poloviny Pechoro-Ilychskogo zapovednika [The vegetation of the northern half of the Pechora-Ilych Reserve] // Tr. Pechoro-Ily`ch. gos. Zapovednika [Works of Pechora-Ilych Reserve]. Moscow, 1940. Issue 2. 416 p.
31. *Flora* i rastitel`nost` Pechoro-Ily`chskogo biosfernogo zapovednika [Flora and vegetation of the Pechora-Ilych biosphere reserve] / S.V. Degteva, G.V. Zheleznova, D.I. Kudryavtseva, N.I. Nepomilueva, Ya. Khermansson, T.P. Shubina. Ekaterinburg, 1997. 385 p.
32. *Degteva S.V.* Rastitel`nyj pokrov osobo ohranyaemyh landshaftov v bassejne srednego techeniya reki Ilych [Vegetation of protected landscapes in the middle Ilych river basin] // Tr. Pechoro-Ily`chskogo zapovednika [Works of Pechora-Ilych reserve]. Syktyvkar, 2005. Issue 14. P. 180–185.
33. *Smirnov N.S.*, *Braslavskaya T.Yu.* Rastitel`-nost` temnohvojnyh lesov nizhnej chasti bassejna reki Bol`shaya Porozhnyaya (pritok r. Pechora) [Vegetation of dark coniferous forests of the lower part of the Bolshaya Porozhnaya river basin (tributary of the Pechora river)] // Tr. Pechoro-Ily`chskogo zapovednika [Works of Pechora-Ilych reserve]. Syktyvkar, 2010. Issue 16. P. 149–156.
34. *Degteva S.V.*, *Dubrovsky Yu.A.* Lesnaya rastitel`nost` bassejna r. Ily`ch v graniczah Pechoro-Ily`chskogo zapovednika [Forest vegetation of the Ilych river basin within the boundaries of the Pechora-Ilych biosphere reserve]. St. Petersburg: Nauka, 2014. 291 p.
35. *Lesa* Respubliki Komi [Forests of the Komi Republic] / G.M. Kozubov, A.I. Taskaev, S.V. Degteva, V.A. Martynenko et al. Moscow, 1999. 332 p.
36. *Biodiversity* of floodplane soils in the European North-East of Russia/A.A.Kolesnikova, E.M.Lapteva, S.V.Degteva, A.A.Taskaeva, A.A.Kudrin, Yu.A.Vinogradova, F.M.Khabibullina. In: River Basin Management. 2016. P. 271–294. DOI: 10.5772/63713
37. *Zaboeva I.V.* Pochvy i zemel`nye resursy Komi ASSR [Soils and land resources of the Komi ASSR]. Syktyvkar, 1975. 344 p.
38. *Pochvy* i pochvennyj pokrov Pechoro-Ilychskogo zapovednika (Severnyj Ural) [Soils and soil cover of the Pechora-Ilych Reserve (Northern Urals)] / Eds. S.V.Degteva, E.M.Lapteva. Syktyvkar, 2013. 328 p.

Статья поступила в редакцию 27.12.2018.

УДК 630*232:622.882(470.13-924.82)
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-49-55

**И.А. ЛИХАНОВА,
В.А. КОВАЛЕВА, Ю.В. ХОЛОПОВ**

СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ ПРЕДТУНДРОВЫХ РЕДКОЛЕСИЙ

*Институт биологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

likhanova@ib.komisc.ru;
kovaleva@ib.komisc.ru;
Yuraholopov@yandex.ru

Аннотация

В статье обобщены экспериментальные данные по подбору посадочного материала в целях его использования для лесной рекультивации перевиваемых песчаных грунтов предтундровых редколесий европейского Северо-Востока России. Приведена динамика роста сосны обыкновенной, березы пушистой, лиственницы сибирской и ели сибирской, высаженных 2–3-летними сеянцами или 7–15-летними дичками. Показана эффективность посадки разных видов древесных растений в сочетании и без методом «залужения», хорошо апробированным для рекультивации нарушенных территорий Крайнего Севера. Выявлено, что из испытанных видов наиболее целесообразна посадка сосны обыкновенной и березы пушистой одновременно с созданием искусственного травостоя.

Ключевые слова:
лесная рекультивация, дички, сеянцы, сосна обыкновенная, ель сибирская, береза пушистая, лиственница сибирская, искусственный травостой, песчаный субстрат, почвообразование

**I.A. LIKHANOVA,
V.A. KOVALEVA, YU.V. KHOLOPOV**

FORMATION OF ARTIFICIAL PHYTOCENOSES ON SANDY SOILS OF PRE-TUNDRA WOODLANDS

*Institute of Biology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

Abstract

Extraction of fuel-and-energy resources in the north of the taiga zone of the European North-East of Russia leads to the desturbance of forest ecosystems. Their restoration on poor technogenic sandy substrates in severe climatic conditions is very difficult. To develop effective techniques for forest reclamation in the sand quarry, we carried out experimental work on planting different species of woody plants in combination with (complex technique) and without (traditional technique) with the formation of artificial grass stand from perennial grasses.
For 9 years, detailed observations of the growth of woody plants, the dynamics of the projective cover of artificial grass stand and other rooted plants as well as soil formation were carried out.
When planting woody plants without additional agrotechniques improving technogenic sandy substrate (traditional technique), seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea obovata* die from dehydration, sand drift or sand blowing. Even when planting *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, *Betula pubescens*, and *Larix sibirica* as wildings with earth clods, formation of ground cover or soil formation during the first ten years of experiment is not observed. Moreover, sandy substrate intertwines by air flows.
When applying complex technique, due to the deposition and accumulation of organic mass of artificial grass stand the technogenic substrate was stabilized, its agrochemical and physical properties improved. With the stoppage of fertilization, the sown grasses are suppressed and the active introduction of apophytes begins, which will allow to continue the restoration process. The creation of artificial grass stand with PP of about 60% favors the growth of woody plants planted as seedlings or wildings. The early-succession species of *Pinus sylvestris* and *Betula pubescens* are highly promising woody species for planting. The application of large-size planting material of local origin with earth clods is preferable to the use of seedlings with open root system.

Keywords:
forest reclamation, wildings, seedlings, Pinus sylvestris, Picea obovata, Betula pubescens, Larix sibirica, artficial grass stand, sandy substrate, soil formation.

Введение

На севере таежной зоны России площадь нарушенных земель неуклонно увеличивается. Самовосстановление лесных экосистем усложнено в связи с неблагоприятными субстратными условиями техногенных местообитаний, суровыми климатическими условиями, низкой устойчивостью древесных пород на северной границе их распространения [1]. В связи с отмеченным, необходима активизация сукцессионного процесса. Восстановление устойчивых лесных экосистем представляет собой систему сложных технологических мероприятий, обусловленную в значительной мере природно-климатическими условиями конкретного региона [2]. Приемы лесной рекультивации, разработанные для более южных регионов России, как правило, включают нанесение снятого почвенного слоя, посадку лесных культур, применение удобрений, выращивание в междурядьях люпина, донника, люцерны, клевера [3]. На Крайнем Севере из-за незначительной мощности и растительного состава плодородного мохово-торфянистого слоя его снятие обычно не практикуется [4]. Люпин, донник, люцерна не входят в местные флоры региона, они встречаются либо как заносные, либо культивируемые виды.

Разработка технологий лесорекультивационных работ для условий Севера начата только в 80-х гг. XX в. Л.П. Капелькиной [5], В.И. Парфенюком [6] описаны первые опыты по созданию лесных культур на нарушенных землях европейской части России. Они заключались в отработке традиционного приема лесной рекультивации – посадке лесных культур сосны и ели, а также черенков ивы без дополнительных приемов улучшения техногенного субстрата. Однако данная технология лесорекультивационных работ малоэффективна в целях защиты нарушенных земель от эрозии. Н.Г. Федорец и др. [7] и Л.А. Казаков и др. [8] описали комплексные работы по лесной рекультивации на севере таежной зоны. Для улучшения свойств субстрата применены: нанесение потенциально-плодородных грунтов, внесение удобрений, посев люпина [7]. Для закрепления перевиваемых песков Кольского полуострова созданы травостои колосняка песчаного [8]. В качестве посадочного материала исследователи используют сеянцы, саженцы, дички сосны обыкновенной и лапландской, ели сибирской, карельской березы, березы повислой, рябины [7–9]. В Норильском промышленном регионе имеется опыт посадки дичков местных популяций ели сибирской, лиственницы сибирской, розы иглистой, можжевельника сибирского и черенков разных видов ив [10]. Цель нашей работы – произвести подбор ассортимента древесных растений и определить возможный способ улучшения субстрата для проведения лесной рекультивации в природных условиях Крайнего Севера европейского Северо-Востока.

Материал и методы исследования

Экспериментальные работы проведены на территории Усинского района Республики Коми (подзона крайнесеверной тайги). Среднегодовая температура воздуха минус 3,2 °С. Рельеф представляет пологоувалистую равнину с высотами 60–100 м над ур. м. На водоразделах господствуют разреженные еловые и елово-березовые леса. Небольшими массивами располагаются сосняки. Сомкнутость крон 0,3–0,5, высота 8–15 м, бонитет – преимущественно Va [11].

Основные типы нарушений связаны с добычей и транспортировкой нефти. Характерны отсыпки песчаным грунтом дорог, различных промышленных площадок, в том числе под кусты скважин, временные жилые комплексы и т.д. Рекультивация нефтезагрязненных участков также часто сопровождается нанесением песка мощностью 50–100 см. Необходимость строительных материалов обуславливает эксплуатацию значительного числа песчаных карьеров.

Полевой опыт по разработке приемов лесной рекультивации заложен в 2006 г. на отработанном карьере (66°16′ с.ш., 57°16′ в.д.). До начала антропогенного воздействия на его территории произрастал березово-еловый бруснично-зеленомошный лес с примесью сосны и лиственницы на подзоле иллювиально-железистом. В ассортимент видов для проведения лесной рекультивации были включены: сосна обыкновенная, ель сибирская, береза пушистая, лиственница сибирская. В качестве посадочного материала использовались: 1) 7–15-летние дички древесных видов высотой 40–70 см, изъятые на сильно нарушенных краевых участках близлежащего леса с комом земли 30х30 см и фрагментами напочвенного покрова; 2) 2–3-летние сеянцы древесных видов с открытой корневой системой, полученные из Удорского лесхоза. Размещение дичков – 2х2 м, сеянцев – 2х1 м. Посадки древесных растений проведены без улучшения и с улучшением техногенного субстрата биологическим способом (формирование искусственного травостоя из многолетних луговых злаков). В вариантах опыта с созданием травостоя одновременно с посадкой древесных растений высевали травосмесь из мятлика лугового, овсяниц красной и луговой, костреца безостого, тимофеевки луговой в равных соотношениях при норме высева семян 20 кг/га. Посев трав осуществляли поверхностно с последующим прикатыванием. Одновременно вносили комплексное минеральное удобрение (азофоска из расчета 60 кг д.в./га по азоту, фосфору и калию) и лесную подстилку в дозе 3 т/га. Система ухода за травами включала весеннее внесение минеральных подкормок (N45 или N45P45K45) на второй-пятый годы, а также подсев трав в местах выдува семян на второй год. В контрольном варианте никаких рекультивационных мероприятий не проводили.

Ежегодно за период наблюдений в вариантах опыта оценивали динамику высоты посадок древесных пород [12] и их фитопатологическое состояние [13], определяли проективное покрытие и среднюю высоту травостоя [14]. В образцах почвогрунтов вычисляли pH водной вытяжки потенциометрически, содержание органического углерода и азота методом газовой хроматографии. Количество подвижных форм соединений калия и фосфора, уста-

новленных по методу Кирсанова, дано в пересчете на их оксиды [15]. Названия почв приведены в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» [16]. Численность почвенных микроорганизмов учитывали методом разведения почвенной суспензии с последующим высевом ее на стандартные питательные среды, микроорганизмов-аммонификаторов – на среде МПА (мясо-пептонный агар), минерализаторов азота – на КАА (крахмало-аммиачный агар), олиготрофов – на голодном агаре, олигонитрофилов – на среде Эшби, грибов – на подкисленной среде Чапека [17]. Численность микроорганизмов выражена в колониеобразующих единицах на грамм абсолютно сухой почвы (КОЕ/ г а.с.п.) с учетом ошибки средней.

Результаты и обсуждение

Растительный покров на отведенной под опыт территории отсутствовал. Песчаный субстрат легко перевивался под действием воздушных потоков. Содержание частиц мелкого песка – 80%, крупного – 10–11%, физической глины – 5–7%. Верхний 10-сантиметровый слой субстрата отличался низкой полевой влажностью (3–4%). Содержание в нем органического углерода (менее 0,1%), азота (менее 0,01%), подвижных форм фосфора (8,7–10,1 мг/100 г в.с.п.) и калия (2,2–3,2 мг/100 г в.с.п.) низкое, величина pH близка к нейтральной. В условиях дефицита питательных элементов, низкого содержания почвенного органического вещества и отсутствия растительного покрова доминирующее положение в почвенном микробоценозе занимали олиготрофные и олигонитрофильные бактерии – 1957,2±56,8 и 1642,0±111,0 тыс. КОЕ/г а.с.п., соответственно. Численность аммонифицирующих бактерий и бактерий, утилизирующих минеральные формы азотистых соединений, в 1,5–2,0 раза ниже (соответственно 1091,2±104,9 и 942,0±88,9 тыс. КОЕ/г а.с.п). Микроскопические грибы не выделены.

На контрольном участке в связи подвижностью и сухостью песка за девятилетний период наблюдений внедрения растений не происходило, агрохимические показатели и микробиологические характеристики субстрата не изменились. Наши данные подтвердили сведения о достаточно медленном протекании первичных сукцессий на кварцевых песках Крайнего Севера, когда их закрепление водорослевой корочкой, пионерными мхами и сосудистыми растениями растягивается на период нескольких десятилетий [18].

Посадка древесных растений в песчаный субстрат без приемов его улучшения позволила сформировать культуры древесных пород разного качества. Растения сосны, высаженные сеянцами, к концу опыта практически все погибли (табл. 1). Ель имела лучшую сохранность, несмотря на несоответствие эдафических условий потребностям вида, что согласуется с данными, полученными Л.П. Капелькиной [9]. В условиях Крайнего Севера ель биологически более устойчива, чем сосна. Основные причины гибели высаженных сеянцев – погребение песком или их выдувание в результате ветровой эрозии, физиологическое иссушение. Значительный отпад сосны был обусловлен также ее заражением грибами *Phacidium infestans* Karst и *Lophodermium seditiosum* Mint. (распространенность болезней типа шютте варьировала по годам наблюдений от 20 до 40%). Темпы роста деревьев – низкие (табл. 2).

Посадки дичков сосны и березы характеризовались высокой сохранностью (табл. 1). Крупномерный посадочный материал данных видов быстро адаптировался к новым условиям среды, оказался устойчив к прессу абиогенных и биогенных факторов. Прирост в высоту у сосны с третьего года после посадки неуклонно увеличивался, достигая более 30 см к концу наблюдений (табл. 3). В связи с экологической пластичностью темпы роста березы в начале опыта были выше, чем у сосны, но к концу

Таблица 1

Динамика приживаемости/сохранности (% от общего количества сеянцев/дичков) культур в вариантах опыта

Table 1

Dynamics of survival/preservation (% of the total number of seedlings/ wildings) of cultures in variants of the experiment

Способ улучшения субстрата	Вид	Годы опыта						
		2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й
Сеянцы								
Без улучшения	Сосна обыкновенная	85	83	54	54	27	27	12
Биологический		78	67	49	45	42	42	42
Без улучшения	Ель сибирская	94	92	91	91	80	56	56
Биологический		96	96	93	83	83	83	83
Дички								
Без улучшения	Сосна обыкновенная	100	100	96	92	92	92	92
Биологический		100	100	96	96	96	96	96
Без улучшения	Береза пушистая	100	100	100	100	94	94	94
Биологический		100	100	100	100	100	100	100
Без улучшения	Ель сибирская	100	80	78	68	64	53	53
Биологический	Лиственница сибирская	100	100	100	100	100	92	83

Таблица 2

Динамика высоты культур в вариантах опытов с посадкой сеянцев

Table 2

Dynamics of height of cultures in variants of experiments with planting seedlings

Способ улучшения субстрата	Вид	Годы опыта							
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й
Без улучшения	Сосна обыкновенная	4,3±0,3	5,6±0,5	9,9±1,1	14,5±2,1	18,6±3,1	22,4±3,2	28,0±5,7	31,8±10,1
Биологический		4,3±0,3	6,3±0,6	10,1±0,8	17,7±2,5	22,4±3,2	28,9±5,0	38,9±5,6	50,3±7,5
Без улучшения	Ель сибирская	11,5±1,2	12,0±1,3	12,9±1,8	13,2±1,8	14,8±3,0	18,7±3,6	19,8±2,1	Не опр.
Биологический		10,6±1,2	10,8±1,2	12,6±2,0	18,0±2,0	20,7±3,1	25,5±3,3	27,5±3,5	27,9±4,2

Примечание: Приведены средние арифметические значения и доверительные интервалы при p = 0,05.
Note: Arithmetic mean values and confidence intervals at p=0,05.

Таблица 3

Динамика высоты культур в вариантах опытов с посадкой дичков

Table 3

Dynamics of height of cultures in variants of experiments with planting wildings

Способ улучшения субстрата	Вид	Годы опыта								
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й
Без улучшения	Сосна обыкновенная	65,6±5,8	67,6±4,9	77,0±5,9	87,7±5,9	97,8±7,4	112,2±10,2	130,2±12,7	149,6±14,2	180,1±18,8
Биологический		59,8±5,3	60,9±5,8	69,0±6,6	79,7±6,1	96,7±9,1	116,4±10,7	136,6±12,9	161,1±17,0	195,5±16,8
Без улучшения	Береза пушистая	60,0±7,2	78±8,5	90,0±8,9	110,0±10,7	115,0±11,2	120,0±12,0	125,0±12,6	138±13,1	149,0±18,1
Биологический		60,0±7,0	80,7±8,3	95,4±9,2	116,2±10,3	125,0±12,6	128,2±14,2	147,1±14,8	152,6±16,8	163,7±13,3
Без улучшения	Ель сибирская	55,3±6,4	55,5±6,4	56,5±6,6	56,9±7,2	57,7±7,7	59,1±8,3	59,9±8,1	60,5±9,1	60,9±9,0
Биологический	Лиственница сибирская	79,4±9,2	82,6±10,6	86,9±10,2	90,7±9,6	98,7±17,4	106,2±22,8	122,0±26,3	147,5±28,7	156,4±32,1

Примечание: Приведены средние арифметические значения и доверительные интервалы при p = 0,05.
Note: Arithmetic mean values and confidence intervals at p=0,05.

наблюдений приросты в высоту несколько снижаются, что соответствует её меньшей приспособленности к росту на песчаных грунтах. Ель, по сравнению с березой и сосной, более тяжело перенесла пересадку и процесс приспособления к новым условиям среды. На 9-й год опыта сохранилась только половина из высаженных растений ели. О низкой приживаемости дичков ели указывается и в работе В.Б.Ларина [19]. Годовые приросты в высоту не превышали 2 см. Отмечена сильная дехромация хвои. Посадка дичков лиственницы более успешна, чем ели (табл. 1, 3). Однако около четверти сохранившихся растений находятся в неудовлетворительном состоянии и возможен их отпад.

Древесные растения в течение рассматриваемого периода не смогли способствовать развитию напочвенного растительного покрова. Зафиксировано внедрение только единичных пионерных и ксерофильных видов (*Equisetum arvense* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop, *Festuca ovina* L.). На комьях земли, привнесенных при посадке дичков, сохранились кустарнички (*Empetrum hermaphroditum* (Lange) Hagerup, *Vaccinium uliginosum* L., *V. vitis-idaea* L.). Песчаный субстрат остается незакрепленным и подвергается развеиванию. Опад древесных пород сносится на окружающие территории. В связи с крайне незначительным поступлением органического материала в песчаный грунт его морфологические, агрохимические свойства не менялись. Численность олиготрофов, олигонитрофилов и микроорганизмов азотного цикла сохранялась на прежнем уровне. Однако отмечено появление почвенных микромицетов (40,0±2,1 тыс. КОЕ/г а.с.п.), что, возможно, связано с посадкой древесных растений и развитием эктомикоризы.

В вариантах опыта с применением биологического способа улучшения песчаного субстрата сохранность древесных пород, высаженных сеянцами, увеличивается, что, по-видимому, связано с уменьшением неблагоприятного влияния абиотических факторов в связи созданием фитосреды и закреплением субстрата за счет развития искусственного травостоя. По мере роста высаженных сеянцев наблюдается усиление дифференциации высоты культур между вариантами опыта без и с применением биологического способа улучшения субстрата (табл. 2). Темпы роста деревьев во втором случае возрастают и становятся сопоставимыми с ходом роста культур на северотаежных вырубках [19, 20]. Рост дичков сосны и березы в вариантах с посевом трав тоже ускоряется. Однако влияние искусственного травостоя на их приживаемость и рост выражено слабее, чем на посадки сеянцев (табл. 3), по-видимому, из-за меньшего влияния абиотических факторов на крупномерный посадочный материал.

Неблагоприятные свойства песчаного грунта определили особенности развития искусственного травостоя. Перенос песка, выдувание и сдувание семян и удобрений, иссушение субстрата в первый год опыта обусловили низкое проективное покрытие злаков (10%). В последующий период ухода проективное покрытие трав последовательно возрастало, достигнув максимума на пятый год опыта (около 60%). Доминировал наиболее засухоустой-

чивый из высеянных видов – овсяница красная. Создание травостоя на сухих песчаных субстратах – достаточно длительный процесс, требующий многолетнего периода ухода за травостоем (внесение минеральных подкормок). С прекращением внесения удобрений проективное покрытие высеянных трав стало быстро сокращаться и к концу наблюдений составило всего 10–15%. Сходное развитие искусственных травостоев отмечено на нефелиновых песках Кольского полуострова [21].

Деградация травостоя сопровождалась процессом замещения высеянных луговых трав на более сухолюбивые злаки (*Festuca ovina*, *Calamagrostis epigeios* (L.), *Agrostis tenuis* Sibth.), пионерные виды сосудистых растений (*Equisetum arvense, Chamaenerion angustifolium* и др.) и мхов (*Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. и *Polytrichum piliferum* Hedw.). Особенно активно шло формирование мохового яруса, проективное покрытие которого к концу наблюдений достигло 70 %. Таким образом, произошла закономерная смена стадии доминирования высеянных трав (поддерживаемой внесением удобрений) на стадию внедрения видов из окружающих растительных сообществ [22].

Включение отмершей органической массы искусственного травостоя в процессы трансформации и гумусообразования способствовало формированию слаборазвитого гумусового горизонта W, характерного для псаммоземов гумусовых типичных. В гумусово-слаборазвитом горизонте и залегающем под ним корнеобитаемом слое (глубина 5–10 см от поверхности формирующейся почвы) аккумулируются элементы-биогены и органические соединения. За период наблюдений содержание органического углерода увеличилось до 0,2%, азота – до 0,002%, подвижных форм фосфора и калия – до 19,7 и 12,9 мг/100г в.с.п., соответственно. Численность всех физиологических групп микроорганизмов в верхнем гумусово-слаборазвитом слое по сравнению с исходным субстратом возросла примерно в четыре–шесть раз. Численность аммонификаторов достигла 6805,3±198,1, минерализаторов азота – 7074,0±415,2, олиготрофов – 6468±191, олигонитрофилов – 7883±252, почвенных грибов – 310,3± 42,8 тыс. КОЕ/г а.с.п. Отмечено прекращение эрозионных процессов, полевая влажность почв характеризуется величинами порядка 6–14%.

Метод «залужения» нарушенных земель достаточно хорошо апробирован для территории Крайнего Севера. Подобраны ассортименты трав, системы удобрений [21, 23–25 и др.]. Нашими исследованиями не только еще раз продемонстрирована эффективность метода для закрепления субстрата и улучшения его свойств, но и показана целесообразность сочетания посадки древесных растений с созданием травостоя из многолетних луговых злаков. Система ухода за луговыми злаками должна обеспечить формирование травостоя в той мере улучшающего свойства субстрата (за счет накопления отмершей органической массы растений), в какой это необходимо для образования напочвенного покрова из внедрившихся видов для дальнейшей стабилизации песчаного грунта и протекания почвообразовательных процессов.

Заключение

В целях лесной рекультивации на песчаных грунтах севера таежной зоны рекомендуется использовать посадку пионерных (раннесукцессионных) видов – сосны обыкновенной, березы пушистой. Наиболее быстрыми темпами формирование древесного яруса происходит при использовании крупномерного посадочного материала местного происхождения с комом земли. Для большей устойчивости экосистемы рекомендуется порядное смешение сосны и березы. Возможно включение в посадку лиственницы сибирской и ели сибирской. Создание лесных культур необходимо сочетать с приемами улучшения техногенного субстрата, обеспечивающими его закрепление, формирование напочвенного покрова и запуск почвообразовательных процессов.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Литература

1. *Лиханова И.А., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М.* Восстановление лесных экосистем на техногенно нарушенных территориях Севера. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 104 с.
2. *Анцукевич О.Н.* Экологическое обоснование лесовыращивания. Вильнюс: ЛитНИИЛХ, 1979. 68 с.
3. *Хватов Ю.А.* Облесение земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых. М.: ЦБНТИлесхоз, 1973. 56 с.
4. *Рекультивация земель* на Севере. Вып.1. Рекомендации по рекультивации земель на Крайнем Севере/Отв. ред. И.Б.Арчегова. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1997. 34 с.
5. *Капелькина Л.П.* Естественное и искусственное лесовозобновление на нарушенных землях Севера // Лесной журнал. 1983. № 1. С. 21–24.
6. *Парфенюк В.И.* Лесная рекультивация нарушенных земель в зоне крайнесеверной тайги Коми АССР // Освоение Севера и проблемы рекультивации: Матер. междунар. конф. Сыктывкар, 1991. С. 155–156.
7. *Формирование лесных сообществ* на техногенных землях северо-запада таежной зоны России/Н.Г.Федорец, А.И.Соколов, А.М.Крышень, М.В.Медведева, Е.Э.Костина. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2011. 130 с.
8. *Казаков Л.А., Вишняков Г.В., Чамин В.А.* Лесомелиорация Кузоменских песков // Вестник Кольского научного центра РАН. 2011. № 2. С. 58–63.
9. *Капелькина Л.П.* Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. СПб.: Наука ПРОПО, 1993. 190 с.
10. *Вараксин Г.С., Кузнецова Г.В., Евграфова С.Ю., Шапченкова О.А.* Опыт биологической рекультивации техногенных ландшафтов в

Норильском промышленном районе // Сибирский экологический журнал. 2014. № 6. С. 1039–1047.
11. *Семенов Б.А., Цветков В.Ф., Чибисов Г.А., Елизаров Ф.П.* Притундровые леса европейской части России. Архангельск: СевНИИЛХ, 1998. 332 с.
12. *Огиевский В.В., Хиров В.В.* Обследование и исследование лесных культур. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 50 с.
13. *Соколова Э.С., Ведерников Н.М.* Указания по диагностике болезней хвойных пород в питомниках и молодняках. М.: Минлесхоз РСФСР, 1988. 77 с.
14. *Методы изучения* лесных сообществ / Отв. ред. В.Т. Ярмишко, И.В. Лянгузова. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
15. *Теория и практика* химического анализа почв / Отв. ред. Л.А. Воробьева. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
16. *Классификация и диагностика* почв России/ Отв. ред. Г.В.Добровольский. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
17. *Методы почвенной микробиологии* и биохимии / Отв. ред. Д.Г. Звягинцев. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
18. *Экологические основы* восстановления экосистем на Севере / Отв. ред. И.Б. Арчегова. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 80 с.
19. *Ларин В.Б.* Культуры ели и кедра сибирского на Северо-Востоке европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. 224 с.
20. *Ларин В.Б., Паутов Ю.А.* Формирование хвойных молодняков на вырубках Северо-Востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1989. 144 с.
21. *Подлесная Н.И., Переверзев В.Н.* Биологическая рекультивация промышленных отвалов на Крайнем Севере. Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1986. 106 с.
22. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем, 2012. 488 с.
23. *Рождественский Ю.Ф., Сарапульцев И.Е.* Результаты опытов по испытанию растений для рекультивации земель на полуострове Ямал// Журн. Экология. 1997. № 5. С. 348–352.
24. *Турубанова Л.П., Лиханова И.*А. Динамика растительности на посттехногенных территориях Усинского района Республики Коми при посеве разных видов многолетних трав// Сибирский экологический журнал. 2013. №2. С. 223–233.
25. *Миронова С.И.* Растительные сукцессии на природно-техногенных ландшафтах Западной Ярутии и их оптимизация. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. 140 с.

References

1. *Likhanova I.A., Archegova I.B., Khabibullina F.M.* Vosstanovlenie lesnyh ehkosistem na tekhnogenno narushennyh territoriyah Severa [Restoration of forest ecosystems on technogenically disturbed territories of the North]. Ekaterinburg: Ural Br., RAS. 2006. 104 p.
2. *Antsukevich O.N.* Ekologicheskoe obosnovanie lesovyrashchivaniya [Ecological substantiation of forest growing]. Vilnyus: Lithuanian forestry research institute, 1979. 68 p.
3. *Khvatov Yu.A.* Oblesenie zemel', narushennyh pri razrabotke mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh [Afforestation of lands disturbed during development of mineral deposits]. Moscow: CBSTI of forestry, 1973. 56 p.
4. *Rekul'tivatsiya zemel'* na Severe. Rekomendatsii po rekul'tivatsii zemel' na Kraynem Severe [Recultivation in the North. Recommendations on the recultivation in the Far North] / Ed. I.B. Archegova. Syktyvkar: Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. 1997. 34 p.
5. *Kapel'kina L.P.* Estestvennoe i iskusstvennoe lesovozobnovlenie na narushennykh zemlyakh Severa [Natural and artificial reforestation on disturbed lands of the North]. Forest J. 1983. No. 1. P. 21–24.
6. *Parfenyuk V.I.* Lesnaya rekul'tivatsiya narushennykh zemel' v zone kraynesevernoy taygi Komi ASSR [Forest recultivation of the disturbed lands in the zone of the extremely northern taiga of the Komi ASSR] // Osvoenie Severa i problemy rekul'tivatsii [The development of the North and the problems of recultivation]. Proc. of the Sci. Conf. Syktyvkar, 1991. P. 155–156.
7. *Formirovanie lesnykh soobshchestv* na tekhnogennykh zemlyakh severa–zapada taezhnoy zony Rossii [Forming the forest ecosystems on the technogenic substrates in the north–west of the Russian boreal zone] / N.G.Fedorets, A.I.Sokolov, A.M.Kryshen', M.V.Medvedeva, E.E.Kostina. Petrozavodsk: Karelian Sci. Centre, RAS, 2011. 130 p.
8. *Kazakov L.A., Vishnyakov G.V., Chamin V.A.* Lesomelioraciya Kuzomenskih peskov [Forest melioration of Kuzomensk sands] // Bull. of the Kola Sci. Centre, RAS. 2011. No. 2. P. 58–63.
9. *Kapel'kina L.P.* Ekologicheskie aspekty optimizacii tekhnogennyh landshaftov [Ecological aspects of optimization of technogenic landscapes]. St. Petersburg: Nauka PROPO. 1993. 190 p.
10. *Varaksin G.S., Kuznetsova G.V., Evgrafova S.Yu., Shapchenkova O.A.* Opyt biologicheskoi rekultivatsii tekhnogennykh landshaftov v Norilskom promyshlennom raione [Biological recultivation of technogenic landscapes in Norilsk industrial region] // Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal [Contemporary Problems of Ecology]. 2014. No. 6. P. 1039–1047.
11. *Semenov B.A., Tsvetkov V.F., Chibisov G.A., Elizarov F.P.* Pritundrovye lesa evropeyskoy chasti Rossii [Subtundra forests in the European part of Russia]. Arkhangelsk: Northern research Institute of forestry, 1998. 332 p.
12. *Ogievsky V.V., Khirov V.V.* Obsledovanie i issledovanie lesnykh kul'tur [Survey and re-

search of forest cultures]. Moscow: Forest industry, 1964. 50 p.
13. *Sokolova E.S., Vedernikov N.M.* Ukazaniya po diagnostike bolezney khvoynykh porod v pitomnikakh i molodnyakakh [Guidelines for the diagnostics of conifers diseases in nurseries and young growth]. Moscow: Ministry of agriculture of the RSFSR, 1988. 77 p.
14. *Metody izucheniya* lesnykh soobshchestv [Methods of studying the forest communities]/ Eds. V.T. Yarmishko, I.V. Lyanguzova. St.Petersburg: Research Institute of chemistry of St.Petersburg State Univ., 2002. 240 p.
15. *Teoriya i praktika* khimicheskogo analiza pochv [Theory and practice of soil chemical analysis] / Ed. L.A. Vorobyeva. Moscow: GEOS, 2006. 400 p.
16. *Klassifikatsiya i diagnostika* pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils of Russia] / Ed. G.V. Dobrovolsky. Smolensk: Oikumena, 2004. 342 p.
17. *Metody pochvennoy mikrobiologii* i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry] / Ed. D.G. Zvyagintsev. Moscow: Moscow State Univ. Publ., 1991. 304 p.
18. *Ekologicheskie osnovy* vosstanovleniya ehkosistem na Severe [Ecological bases of ecosystem restoration in the North] / Ed. I.B. Archegova. Ekaterinburg: Ural Br., RAS, 2006. 80 p.
19. *Larin V.B.* Kul'tury eli i kedra sibirskogo na severo-vostoke evropejskoj chasti SSSR [Cultures of spruce and Siberian pine in the northeast of the USSR European part]. Leningrad: Nauka, 1980. 224 p.
20. *Larin V.B., Pautov Yu.A.* Formirovanie khvoynykh molodnyakov na vyrubkakh severovostoka evropeyskoy chasti SSSR [Formation of coniferous young forests at the cuttings in the northeast of the USSR European part]. Leningrad: Nauka, 1989. 144 p.
21. *Podlesnaya N.I., Pereverzev V.N.* Biologicheskaya rekul'tivaciya promyshlennyh otvalov na Krajnem Severe [Biological reclamation of industrial dumps in the Far North]. Apatity: Kola Branch of the USSR Ac. Sci., 1986. 106 p.
22. *Mirkin B.M., Naumova L.G.* Sovremennoe sostoyanie osnovnyh koncepcij nauki o rastitel'nosti [Current state of the basic concepts of vegetation science]. Ufa: Gilem, 2012. 488 p.
23. *Rozhdestvensky Yu.F., Sarapultsev I.E.* Rezul'tataty opytov po ispytaniyu rastenij dlya rekul'tivacii zemel' na poluostrove Yamal [Results of experiments on testing plants for reclamation of lands on the Yamal Peninsula] // J. Ecology. 1997. No. 5. P. 348–352.
24. *Turubanova L.P., Likhanova I.A.* Dinamika rastitel'nosti na posttekhnogennyh territoriyah Usinskogo rajona Respubliki Komi pri poseve raznyh vidov mnogoletnih trav [Vegetation dynamics in the post-technogenic territories of Usinsk region of the Komi Republic when sowing various species of perennial grasses] // Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal [Contemporary Problems of Ecology]. 2013. No. 2. P. 223–233.
25. *Mironova S.I.* Rastitel'nye sukcessii na prirodno-tekhnogennyh landshaftah Zapadnoj Yakutii i ih optimizaciya [Plant successions in the natural and technogenic landscapes of Western Yakutia and their optimization]. Moscow: Publishing house of the Academy of Natural Sciences, 2016. 140 p.

Статья поступила в редакцию 28.06.2018.

УДК 634.1.055:631.529:061.62:58(470.13-25)
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-56-63

Л.Г. МАРТЫНОВ

ЦВЕТЕНИЕ И ПЛОДОНОШЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА)

Институт биологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

martynov@ib.komisc.ru

Аннотация

Обобщены сведения о становлении дендроколлекции, ее видовом и возрастном составе растений. Приведены данные о соотношении плодоносящих, только цветущих и нецветущих видов растений коллекции с учетом их географического происхождения. Отмечается, что высокий процент плодоносящих растений по каждому географическому району обусловлен распространением вида в северных областях. Наблюдениями выявлена периодичность в сроках наступления обилия цветения и плодоношения, которая зависит в первую очередь от биологических особенностей самого вида и температурных условий вегетационного и зимнего периодов. По регулярности и обилию цветения и плодоношения виды распределены на группы. Большое внимание обращается на выращивание растений из семян местной репродукции.

Ключевые слова:
древесные растения, интродукция, отдел Ботанический сад, цветение и плодоношение, обильность, периодичность, группы, жизнеспособность семян

L.G. MARTYNOV

FLOWERING AND FRUITING OF WOODY PLANTS INTRODUCED IN THE TAIGA ZONE (ON THE EXAMPLE OF THE BOTANICAL GARDEN OF THE INSTITUTE OF BIOLOGY, KOMI SCIENCE CENTRE)

Institute of Biology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar

Abstract

The material on flowering and fruiting of woody plants introduced in the Botanical garden of the Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, is presented. The information about the formation of dendrocollection, its species and age composition of plants is given. The data on the ratio of fruiting, only flowering and non-flowering plant species of the collection, taking into account their geographical origin, are presented. It is noted that a high percentage of fruiting plants in each geographical area is due to the spread of species in the Northern regions. Much attention is paid to the flowering of woody introducents. The distribution of the number of flowering species by flowering time and the colour of flowers is presented. It was found that the greatest number of taxa consists of plants with bright color flowers – 240 taxa of 326, or 73.6%. Maximum flowering species falls on June. Observations revealed the periodicity in the timing of the abundance of flowering and fruiting, which depends primarily on the biological characteristics of the species and the temperature conditions of the vegetation and winter periods. According to the degree of abundance and frequency of flowering the plants are divided into five groups, on the regularity and abundance of fruiting - into two groups. Much attention is paid to the cultivation of plants from the seeds of local reproduction.

Keywords:
woody plants, introduction, Botanical garden Department, flowering and fruiting, abundance, frequency, groups, viability of seeds

Введение

В Республике Коми научную работу по интродуцированию и изучению древесных растений различного географического происхождения проводит отдел Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В истории развития Ботанического сада Института биологии настоящая дендроколлекция создавалась тремя этапами. С момента организации сада до 1974 г. основная коллекция древесных растений создана ведущим специалистом-дендрологом М.М.Чарочкиным. Растения выращивались как из семян, так и саженцев, получаемых из различных ботанических учреждений. Так, большие партии посадочного материала были завезены в 1946 г. из Лесостепной опытно-селекционной станции (Липецкая обл.) и в 1964 г. Главного ботанического сада (г. Москва). С 1936 по 1970 гг. в коллекции прошли испытание свыше 400 видов и форм древесных растений, из которых около 200 погибли, в основном из-за неблагоприятных зимних условий [1].

С 1974 по 1993 гг. работы по интродукции были продолжены научным сотрудником Л.Г. Мартыновым. За этот период в дендроколлекцию им было привлечено 105 новых видов, в основном завозом посадочного материала из НИИ садоводства Сибири в 1978 г. (г. Барнаул) и Главного ботанического сада в 1983 и 1991 гг. К 1994 г. после ботанической проверки и выбраковки из коллекции погибших растений она насчитывала 280 таксонов. В настоящее время высаженные много лет тому назад древесные экзоты характеризуются долговечностью, они составляют основу коллекции и представляют научную базу для проведения углубленных исследований [2].

В течение последних 20 лет произошло значительное увеличение дендроколлекции, более чем в два раза, новыми таксонами. Это осуществилось благодаря финансовым возможностям института для выездов в экспедиции и командировки с целью приобретения посадочного материала и усилиям сотрудников группы отдела Ботанический сад под руководством с.н.с. Л.А. Скупченко. Из ботанических садов Урала и Поволжья, ближнего зарубежья и других были завезены многочисленные партии саженцев для изучения [3]. Благоприятное влияние на рост, развитие и сохранность растений оказывал и климат, все время меняющийся в сторону потепления.

Основные направления исследований Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН на данном этапе – выявление наиболее устойчивых и высоко декоративных видов для использования их в озеленении. За более 70-летний период научной деятельности садом выделено и рекомендовано порядка 250 видов, форм и сортов растений [4]. Однако в культуру введена лишь их небольшая часть. Сдерживание широкого внедрения новых видов растений в посадки населенных мест, особенно в северные районы, объясняется не только природно-климатическими особенностями региона, но и отсутствием в городах достаточной производственно-технической базы для проведения озеленительных работ. В последние 20–25 лет в Республике Коми наблюдается некоторое потепление климата. Об этом свидетельствуют не только метеоданные, полученные от Коми республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, но и улучшение общего состояния древесных растений в Ботаническом саду [5].

Основным и определяющим фактором успешности интродукции древесных растений в северных условиях является их зимостойкость. Привлеченные из разных местностей растения могут обмерзать или не обмерзать, либо погибать в результате полного обмерзания. Естественно, что частые обмерзания значительно замедляют сроки наступления генеративной фазы развития у растений. Как известно, кустарники интродуцируются легче, чем деревья, так как у них быстрее проходит цикл онтогенетического развития. Кроме того, в зимний период они защищены снегом. Задачей интродуктора является правильный подбор подопытных растений и создание им оптимальных условий для роста и развития с целью скорейшего достижения фазы цветения и плодоношения. Получение семян открывает путь к дальнейшему отбору наиболее приспособленных особей и закреплению полезных признаков в последующих семенных поколениях, в чем и заключается процесс акклиматизации растений [6]. Семенное размножение дает возможность продвинуть культурный ареал растений дальше на Север. Наличие цветения и плодоношения – наиболее существенный признак успешного приспособления растений к новым условиям. На необходимость изучения цветения и плодоношения интродуцентов, их семенной продуктивности и качества семян указывают работы А.М. Мауриня [7], В.И. Некрасова [6, 8], Г.И. Мисника [9] и др. Цветение и плодоношение древесных растений в зеленом строительстве имеет большое значение при создании разного рода красочных ландшафтных дизайнов. С учетом декоративных свойств растений в отделе Ботанический сад разработан ассортимент деревьев и кустарников для использования в малых садах Республики Коми [10].

В задачу наших исследований входило: выявить в Ботаническом саду особенности и закономерности цветения и плодоношения видов древесных растений с учетом их географического происхождения, а у плодоносящих растений определить способность семян к прорастанию.

Материал и методы наблюдений

Объектом для наблюдений в изучении генеративной сферы были древесные растения коллекции Ботанического сада, насчитывающей 484 таксона (видов, форм, сортов) в возрасте не менее пяти лет. В число изучаемых растений включена небольшая часть таксонов, выпавших за последние годы из коллекции, но достигших генеративной фазы развития. Наблюдения проводили в течение 12 лет с 2006 по 2017 гг. Кроме того, принимались во внимание результаты исследований растений про-

шлых лет. Использовали общепринятую методику фенологических наблюдений, применяемую во многих ботанических садах России [11]. При изучении генеративной сферы у растений руководствовались работами Г.И. Мисника [9], В.И. Некрасова [8], А.М. Мауриня [7]. У растений отмечали сроки наступления фенофаз цветения и плодоношения, их продолжительность и обильность. Визуальным способом по количеству цветков и плодов на отдельных ветвях по всей кроне определяли обильность цветения и плодоношения. Использовали три степени обильности: цветение и плодоношение массовое и обильное, умеренное и равномерное, слабое и незначительное. Качество плодов и семян оценивали по их внешним характеристикам: цвет, сформированность плодов, выполненность семян. Жизнеспособность семян определяли при посеве их как в открытом, так и защищенном грунте.

Результаты и обсуждение

В настоящее время коллекционный фонд древесных растений Ботанического сада насчитывает 522 вида, формы и сорта, относящихся к 98 родам из 40 семейств. Более полные наблюдения проводили над 484 таксонами. По географическому происхождению они распределены на 13 групп, одну из которых представляют растения гибридного происхождения и садовые формы (табл. 1). По числу таксонов кустарники значительно превалируют над деревьями – 348 и 136, соответственно. По возрасту растения распределяются следующим образом: 201 таксон имеет возраст от 5 до 15 лет, 116 – от 15 до 25 лет и от 25 лет и старше насчитывают возраст 167 таксонов, т.е. чуть более половины интродуцентов находится в возрасте старше 15 лет. Многие изучаемые виды достигли полновозрастной фазы развития и продуцируют семена. Всего из 484 видов, форм и сортов плодоносит 261, или 53,9%, у 65 наблюдается только цветение (табл.1). Не завязывают семена, но цветут в основном растения гибридного происхождения и садовые формы, или представленные одним полом: формы и сорта родов *Rosa* L. (роза), *Syringa* L. (сирень), *Spiraea* L. (спирея), *Hydrangea paniculata 'Grandiflora'* (гортензия метельчатая крупноцветковая), *Viburnum opulus 'Roseum'* (калина обыкновенная стерильная), *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim. (свободноягодник колючий), *Menispermum canadense* L. (луносемянник канадский), *Vitis amurensis* Rupr. (виноград амурский), *Juniperus sabina* L. (можжевельник казацкий) и др. Остальные 158 видов и форм, или 32,7% находятся в вегетирующем состоянии из-за низкой зимостойкости и не достигшие поры зрелости.

При выявлении соотношения плодоносящих, только цветущих и нецветущих видов растений с учетом их географического происхождения отмечается (табл. 1), что число видов, проходящих полный цикл онтогенетического развития, составляет большую часть среди растений многих районов. Высокий процент плодоносящих видов (до 100%) насчитывают растения, имеющие широкие северные ареалы (группа растений Евразии, Евразии и Северной Америки, Европы, северной части Северной Америки, Восточной Сибири). В местных условиях они проявляют достаточно высокую зимостойкость, поэтому хорошо растут и развиваются и в быстрые сроки достигают периода генеративного развития. Немногим более 50% плодоносящих видов насчитывают растения, происходящие из Средней и Восточной Азии, представленные в коллекции в основном низкорослыми кустарниками. Растения часто подмерзают, но затем быстро отрастают, цветут и плодоносят. Довольно высокой зимостойкостью обладают деревья и кустарники Дальнего Востока с частью ареала в Восточной Азии, однако в генеративном периоде развития находится менее половины видов. Большая часть – это растения молодого возраста. Среди растений гибридного происхождения и садовых форм число таксонов с генеративным развитием насчитывает примерно 60%, но только у 35% образуются плоды.

Таблица 1

Соотношение плодоносящих, только цветущих и нецветущих видов древесных растений в Ботаническом саду с учетом их географического происхождения (2006–2017 гг.)

Table 1

The ratio of fruiting, only flowering and non-flowering species of woody plants in the Botanical garden, taking into account their geographical origin (2006–2017)

Географический район	Всего видов	Число видов					
		плодоносит	%	только цветет	%	не цветет	%
Евразия	46	37	*80,4*	5	*10,9*	4	*8,7*
Евразия, Северная Америка	6	6	*100,0*	-	-	-	-
Европа	52	37	*71,2*	6	*11,5*	9	*17,3*
Кавказ, Средиземноморье	12	7	*58,3*	-	-	5	*41,7*
Средняя Азия	12	8	*66,7*	-	-	4	*33,3*
Сибирь	20	12	*60,0*	3	*15,0*	5	*25,0*
Восточная Сибирь, Дальний Восток	21	18	*85,7*	1	*4,8*	2	*9,5*
Дальний Восток, Восточная Азия	57	27	*47,3*	-	-	30	*52,7*
Восточная Азия	38	18	*47,3*	7	*18,4*	13	*34,3*
Северная и северо-восточная часть Северной Америки	23	14	*60,9*	2	*8,7*	7	*30,4*
Восточная и восточно-центральная часть Северной Америки	38	20	*52,6*	5	*13,2*	13	*34,2*
Западная часть Северной Америки	16	8	*50,0*	1	*6,3*	7	*43,7*
Культивары, гибриды, формы	143	49	*34,2*	35	*24,5*	59	*41,3*
Всего видов	484	261	*53,9*	65	*13,4*	158	*32,7*

Цветение – наиболее важная в декоративном отношении фаза развития растений [12]. По времени цветения и окраске цветков все цветущие растения распределены следующим образом (табл. 2). Как видно из таблицы, спектр цветения довольно разнообразный. Преобладает в основном белый колер – 124 вида, формы и сорта, затем розовый – 54 и желтый – 39. При этом белый, розовый и желтый колера наблюдаются во все месяцы вегетации – от мая до сентября. С лилово-сиреневой окраской цветков насчитывают растения 17 таксонов (род *Syringa*). Красную и оранжевую окраску имеют четыре представителя рода *Rosa* и невысокий кустарник *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. (хеномелес японский), цветущие в июне и июле. Синюю окраску цветков имеет вечнозеленый полукустарник *Vinca minor* L. (барвинок малый), продолжительно цветущий в июне. Цветение основного количества интродуцентов с яркой окраской наблюдается в июне. Их число насчитывает 147 видов и форм. В это время цветут белыми цветками виды родов *Padus* Hill (черемуха), *Sorbus* L. (рябина), *Spiraea*, *Malus* Hill (яблоня), *Amelanchier* Medik. (ирга), *Crataegus* L. (боярышник), *Viburnum* L. (калина), *Physocarpus* Maxim. (пузыреплодник); розовыми и сиреневыми – виды *Rosa*, *Syringa*, *Amygdalus nana* L. (миндаль низкий), *Rhododendron fauriei* Franch (рододендрон Фори), *Rh. roseum* (Lois) Rhed. (р. Розовый), *Lonicera tatarica* L. (жимолость татарская), Weigela x hybrida Jacq. (вейгела гибридная) и др.; желтыми – виды *Berberis* L. (барбарис), *Caragana* Fabr. (карагана), *Chamaecytisus* Link (ракитник), *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. (магония падуболистная), *Weigela middendorfiana* (Carr.) C. Koch (вейгела Миддендорфа) и др. В июле месяце также наблюдается довольно большое количество растений с красочным цветением. Их число насчитывает 59 таксонов, среди них виды и сорта родов *Rosa*, *Philadelphus* L. (чубушник), *Pentaphylloides* Hill (курильский чай), *Rubus odoratus* L. (малина душистая), *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br. (рябинник рябинолистный), *Genista tinctoria* L. (дрок красильный) и др. Довольно большой процент составляют растения с неяркой окраской цветков – 86 видов и форм, или 26,4% (роды *Populus* L. (тополь), *Salix* L. (ива), *Betula* L. (береза), *Acer* L. (клен), *Ulmus* L. (вяз) и др., а также многочисленные представители хвойных). Цветение их приурочено к первой половине лета (табл. 2).

По продолжительности цветения древесные растения можно разбить на три группы: с коротким периодом (до 14 дней), средним (15–30) и длительным (31– 45 дней). Короткий период цветения имеют растения 232 наименований, средний – 68, длительный – 26. Как правило, короткий период цветения свойственен видам, цветущим в первой половине лета – мае-июне: роды *Ulmus*, *Sambucus* L. (бузина), *Salix*, *Populus*, *Padus*, *Sorbus*, *Amelanchier* и др. Длительным периодом цветения обладают виды, цветущие в июле-сентябре: виды рода *Spiraea* секции *Spiraria* Ser., *Hydrangea* L. (гортензия), *Symphoricarpos albus* (L.) Blake. (снежноягодник белый), *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz

Таблица 2

Распределение числа цветущих видов древесных растений в Ботаническом саду по срокам цветения и окраске цветков (2006–2017 гг.)

Table 2

Distribution of the number of flowering species of woody plants in the Botanical garden according to the timing of flowering and color of flowers (2006–2017)

Окраска цветков	Число видов						
	Всего	%	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Белая–кремовая	124	*38,1*	16	79	25	4	-
Розовая-пурпурная	54	*16,6*	3	23	24	3	1
Желтая	39	*11,9*	6	26	6	1	-
Лиловая-сиреневая	17	*5,2*	-	15	2	-	-
Красная-оранжевая	5	*1,5*	-	3	2	-	-
Синяя	1	*0,3*	-	1	-	-	-
Всего с яркой окраской	240	*73,6*	25	147	59	8	1
Всего с неяркой окраской (желтовато-зеленоватая)	86	*26,4*	53	25	8	-	-
Всего видов	326	*100,0*	78	172	67	8	1

Примечание. В общее число цветущих видов не вошли хвойные растения.

Note. Total number of flowering species do not include conifers.

(курильский чай кустарниковый), *Kerria japonica* (L.) D.C. (керрия японская), *Tamarix gracilis* Willd. (тамарикс изящный) и др.

Не все цветущие виды древесных растений в условиях интродукции характеризуются регулярным и обильным цветением. В этой связи их можно распределить на пять групп.

Первая группа – цветение ежегодное и обильное. Сюда относятся в основном растения, устойчивые в местных условиях. Всего насчитывается 59 видов, среди них 16 являются растениями местной флоры: *Padus avium* Mill. (черемуха обыкновенная), *Malus baccata* (L.) Borckh. (яблоня ягодная), *Spiraea media* Franz Schmidt (спирея средняя), *S. chamaedryfolia* L. (с. дубровколистная), *Acer negundo* L. (клен ясенелистный), *Viburnum opulus* L. (калина обыкновенная), *Caragana arborescens* Lam. (карагана древовидная), Sambucus racemosa L. (бузина красная), *Lonicera tatarica*, *Pentaphylloides fruticosa, Rubus odoratus, Mahonia aquifolium, Ribes rubrum* L. (смородина красная) *R. nigrum* L. (с. черная), *Daphne mezereum* L. (волчник смертельный), виды родов *Crataegus* и *Amelanchier*.

Вторая группа – обильное цветение наблюдается через год. Сюда относятся также высоко зимостойкие виды: *Syringa josikaea* Jacq. ex. Rchb. (сирень венгерская), *S. vulgaris* L. (с. обыкновенная), *Sorbus aucuparia* L. (рябина обыкновенная), *Viburnum lantana* L. (калина гордовина обыкновенная), *Caragana frutex* (L.) C. Koch (карагана кустарник), *Amygdalus nana*, *Frangula alnus* Mill. (крушина ломкая), *Lonicera altaica* Pall. (жимолость алтайская), *Pinus sibirica* Du Tour (сосна кедровая сибирская), *P. peuce* Gris. (с. румелийская), некоторые ви-

ды родов *Philadelphus, Spiraea, Rhododendron* L. (рододендрон), всего 72 таксона.

Третья группа – обильное цветение наблюдается через два–четыре года. К этой группе относится самое большое число таксонов – 91, среди них много деревьев: *Syringa amurensis* Rupr. (сирень амурская), *Tilia cordata* Mill. (липа мелколистная), *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott (арония черноплодная), *Acer ginnala* Maxim. (клен Гиннала), *A. tataricum* L. (к. татарский), *A. platanoides* L. (к. остролистный), *Thuja occidentalis* L. (туя западная), *Quercus robur* L. (дуб черешчатый), *Fraxinus excelsior* L. (ясень обыкновенный), *Juglans mandshurica* Maxim. (орех маньчжурский), *Picea pungens* Engelm. (ель колючая), *Chaenomeles japonica*, *Corylus avellana* L. (лещина обыкновенная), *Hydrangea bretschneideri* Dipp. (гортензия Бретшнейдера), виды родов *Forsythia* Vahl (форзиция), *Cotoneaster* Medik. (кизильник), *Euonymus* L. (бересклет), *Spiraea* секции *Spiraria* и др. Периодичность обилия цветения интродуцентов данной группы можно объяснить не только некоторым обмерзанием побегов в отдельные зимы, но и биологическим свойством самого вида.

Четвертая группа – цветение умеренное и ежегодное, свойственное многим видам: *Swida alba* (L.) Opiz (свидина белая), *Physocarpus opulipholius* (L.) Maxim. (пузыреплодник калинолистный) и их садовые формы, *Lonicera caprifolium* L. (жимолость каприфоль), *Sorbaria sorbifolia*, *Eleutherococcus senticosus*, *Solanum dulcamara* L. (паслен сладкогорький), *Frangula alnus* Mill. (крушина ломкая), виды рода *Hydrangea*, всего 49 таксонов.

Пятая группа – цветение слабое и не ежегодное. Сюда в основном относятся растения, регулярно подмерзающие в условиях сада: *Acer campestre* L. (клен полевой), *Sambucus nigra* L. (бузина черная), *Ribes aureum* Pursh (смородина золотая), *Sorbus x hybrida* L. (рябина гибридная), S. *mougeottii* Soy.–Willem. et Godr. (р. Мужо), *Crataegus arnoldiana* Sarg. (боярышник Арнольда), *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. (партеноциссус пятилисточковый), некоторые сорта родов *Rosa* и *Syringa*, всего 55 таксонов.

У всех цветущих видов, относящихся к вышеуказанным группам, кроме пятой, в отдельные годы наблюдается весьма обильное цветение. На массовое заложение цветочных почек у растений непосредственное влияние оказывает температурный режим вегетационного периода – высокие значения суммы эффективных температур (выше +5° С) в целом, а также среднесуточных температур воздуха осенних месяцев. Подобными метеоусловиями за время проведения наблюдений характеризовались вегетационные периоды 2010 и 2011 гг. Сумма эффективных температур за эти годы составила 2235°С и 2115°С, соответственно, что выше нормы на 365°С и 218°С. В 2011 и 2012 гг. весьма обильно цвели многие виды, относящиеся к родам *Spiraea, Syringa, Padus, Amelanchier, Crataegus, Sorbus, Viburnum, Lonicera, Rosa, Pinus* L. (сосна), *Picea* A. Dietr. (ель), в 2012 г. – виды и сорта родов *Berberis, Rosa, Syringa, Philadelphus*, впервые массово зацвели *Rhododendron luteum* Swett (рододендрон желтый) *и Weigela x hybrida.* На обильность цветения древесных растений в следующем году влияние оказывают не только температурные условия текущего вегетационного периода, но и условия перезимовки. Кроме того, каждому роду растения свойственна периодичность в массовой закладке генеративных органов. Благоприятные условия зимних месяцев за ряд лет приводят некоторые интродуцированные виды к массовому, обильному цветению. За период наблюдений с 2006 по 2017 гг. очень обильное цветение отмечалось в 2007 г. у *Acer ginnala* и *A. tataricum*, *Euonymus europaea* L. (бересклет европейский) и *E. verrucosa* Scop. (б. бородавчатый), *Fraxinus pensylvanica* Marsh. (ясень пенсильванский), *Pinus peuce*. В 2008 и 2009 гг. массово цвела *Aronia melanocarpa*. В 2009 г. обильное цветение наблюдалось у видов родов *Berberis, Sorbus*, *Amygdalus nana,* в 2010 г. – у *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. (сирень венгерская) и ее гибридных форм. В 2013 г. массово цвели многие виды, в том числе *Syringa amurensis* после долгого перерыва и *Quercus robur*. Значительным цветением многих видов был отмечен 2014 вегетационный год: у видов *Betula* и *Sorbus*, сортов *Rosa* и *Syringa*, *Hydrangea arborescens 'Sterilis'* (гортензия древовидная стерильная). В 2016 г. весьма обильно цвели *Padus maackii* и *Syringa amurensis* (фото 1), а также многие виды, формы и сорта рода *Spiraea*. Некоторые растения, такие как *Weigela middendorfiana*, *Swida alba* и ее садовые формы, *Rosa rugosa* Thunb. (роза морщинистая), *Pentaphylloides fruticosa* и их сорта, *Kerria japonica*, *Dryas octopetala* L. (дриада восьмилепестковая) обладают повторным цветением, при этом количество цветков и соцветий у растений незначительное.

Фото 1. Сирень амурская, весьма обильное цветение (2016 г.).
Photo 1. Syringa amurensis, very abundant flowering (2016).

Как показали наши наблюдения, обильное цветение древесных растений обычно порождает обильное плодоношение. Но не всегда при обильном цветении происходит во всех цветках завязы-

вание плодов и их развитие, поэтому плодоношение по степени обильности у растений в разные годы может быть разное, либо вообще отсутствовать. За всю историю наблюдений за древесными растениями в Ботаническом саду впервые в 2014 г. было отмечено исключительно обильное плодоношение у местных видов березы – *Betula pubescens* Ehrh. (береза пушистая) и *B. pendula* Roth (б.повислая). Семян образовалось настолько много, что в условиях г. Сыктывкара ими были засорены все улицы. На следующий год исключительно обильное плодоношение берез повторилось, но уже в меньшей мере. В 2014 г. исключительно обильное цветение и плодоношение наблюдалось у местных видов рябины (род *Sorbus*), а в 2015 г. генеративной фазы развития не было зафиксировано ни у одного растения как в условиях сада, так и города. Вегетационный 2014 год был отмечен также высокой урожайностью плодов у *Pinus sibirica*, *Quercus robur* и *Thuja occidentalis* (фото 2). В 2016 г. весьма обильно плодоносила *Padus maakii* (Rupr.) Kom. (черемуха Маака), а в 2017 г. после массового цветения не образовалось ни одного плода. В 2016 г. очень обильно цвела и плодоносила *Mahonia aquifolium,* а в 2017 г. после успешной перезимовки цветение и плодоношение отсутствовало.

Фото 2. Туя западная, обильное плодоношение (2014 г.).
Photo 2. Thuja occidentalis, abundant fruiting (2014).

Многолетние наблюдения за плодоношением древесных интродуцентов в новых условиях произрастания позволили разделить все плодоносящие виды на две группы. К первой – относится большинство видов с равномерным, почти ежегодным плодоношением. Таковых насчитывается 149. Отсутствие плодоношения у некоторых видов в какой-либо год можно объяснить их индивидуальными особенностями в биологии развития. Виды, отнесенные ко второй группе, характеризуются не ежегодным плодоношением, их число насчитывает 112. Сюда в основном входят виды, периодически подмерзающие в условиях сада: *Aronia melanocarpa*, *Berberis nummularia* Bunge (барбарис монетовидный), *B. vulgaris 'Atropurpurea'* (барбарис обыкновенный пурпурнолистный), *B. thunbergii* DC. (б. Тунберга), *Chaenomeles japonica*, *Corylus avellana* L. (лещина обыкновенная), *Hydrangea bretschneideri*, *Syringa amurensis, Laurocerasus officinalis* M. Roem. (лавровишня лекарственная), *Prunus domestica* L. (слива домашняя), *Amygdalus nana, Rosa mollis* Smith (роза мягкая), *Lonicera caprifolium*, *Cotinus coggigria* Scop. (скумпия кожевенная) (фото 3), виды родов *Philadelphus*, *Rhododendron* и др. В редкие годы после ряда благоприятных зим плодоношение отмечается у *Acer campestre, Cotoneaster horizontalis* Denl. (кизильник горизонтальный), *C. cinnabarinus* Juz. (к. киноварно-красный), *Crataegus arnoldiana*, *Euonymus bungeana* Maxim. (бересклет Бунге), *Sorbus austriaca* (G. Beck) Held. (рябина австрийская), *S. x hybrida*, *S. mougeottii*, сорта рода *Syringa* и др. У растений, характеризующихся поздними сроками плодоношения, семена вызревают только в теплое продолжительное лето: *Sambucus nigra*, *Diervilla lonicera* Mill. (диервилла жимолостная), *Parthenocissus aquifolium*, *Spiraea japonica* L. (спирея японская) и ее садовые формы, *S. x bumalda* Burv. (с. Бумальда), *S. x billiardii* Dipp. (с. Биллиарда) и др.

Как правило, регулярно плодоносящие деревья и кустарники в условиях сада образуют полноценные семена. Об этом свидетельствует не только высокая их всхожесть при выращивании саженцев, но и наличие самосева у некоторых видов. Так, семенами местной репродукции в Ботаническом саду выращиваются растения 85 наименований. Высоко жизнеспособными в условиях дендрария оказались растения 49 видов и форм, образующие самосев. Массовый самосев под пологом материнских растений и на расстоянии наблюдается у *Acer negundo*, *A. platanoides*, *Berberis amurensis* Maxim. (барбарис амурский), *B. integerrima* Bunge (б. цельнокрайний), *Crataegus maximowiczii* Schneid. (боярышник Максимовича), *Euonymus europaea*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Philadelphus coronarius* L. (чубушник венечный), *Ph. c. 'Aureus'* (ч. венечный золотистый),

Фото 3. Скумпия кожевенная в плодоношении (2014 г.).
Photo 3. Cotinus coggigria, in the fruiting (2014).

Quercus robur, *Q. r. 'Laciniata'* (дуб черешчатый разрезнолистный), *Sambucus racemosa*, *S. sibirica* Nakai (бузина сибирская), *Spiraea japonica*, *Syringa josikaea*, всего 19 видов и форм. Незначительный самосев и единичные растения наблюдаются у *Acer ginnala*, *A. tataricum*, *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch (ирга колосистая), *Berberis thunbergii* DC. (барбарис Тунберга), *B. th. 'Atropurpurea'* (б. Тунберга пурпурнолистный, *B. th. 'Aurea'* (б. Тунберга желтолистный), *B. vulgaris 'Atropurpurea'*, Ca*ragana arborescens* Lam. (карагана древовидная), *Corylus avellana*, *Malus baccata* (L.) Borckh. (яблоня ягодная), *Padus maackii*, *Pentaphylloides mandshurica* (Maxim.) Sojak. (курильский чай маньчжурский), *Philadelphus caucasica* Koehne (чубушник кавказский), *Ph. pubescens* Loisel. (ч. пушистый), *Picea obovata 'Glauca'* (ель сибирская голубая), *Ribes alpinum* L. (смородина альпийская), *Spiraea japonica 'Alpina'* (спирея японская карликовая), *S. x bumalda*, *S. chamaedryfolia*, *S. trilobata* L. (с. трехлопастная), *Viburnum lantana*, всего 30 видов и форм. Как правило, их семена, попав в почву, прорастают в тех местах, где наиболее благоприятные условия.

Как отмечают многие авторы [6–9,13], выращивание растений из семян, собранных в местных условиях, дает возможность получения потомства, обладающего большей устойчивостью. В Ботаническом саду проводятся работы по выращиванию саженцев из семян местной репродукции как для нужд сада, так и населения. При выращивании, если вид растения представлен несколькими образцами, предпочтение отдается лучшему. Плоды и семена собираются с тех растений, которые отличаются наибольшей устойчивостью и обладают высокими декоративными свойствами. Обращается внимание на качество плодов и семян. В питомнике от начала всходов до формирования взрослых саженцев за растениями проводятся наблюдения. Выявляются и отбираются наиболее устойчивые особи для высадки их в сад на постоянное место, в основном как коллекционный материал, и, если есть необходимость, то и для дальнейшего проведения селекционной работы. В настоящее время в саду проводятся работы по выращиванию растений из семян местной репродукции таких высоко декоративных, но недостаточно зимостойких видов кустарников, как *Weigela x hybrida, Hydrangea bretschneideri, Rhododendron fauriei, Rh. luteum, Deutzia amurensis, Lonicera altaica, Amygdalus nana, Sibiraea altaiensis* (Laxm.) Schneid. (сибирка алтайская), виды родов *Spiraea, Philadelphus* и др.

Выводы

Из 484 таксонов наблюдаемых растений в Ботаническом саду, в генеративном периоде развития находится 326, у 261 образуются плоды, что составляет 53,9%. Выявлен довольно высокий процент плодоносящих видов по каждому географическому району, откуда они происходят, достигающий 50–100%. Высоко жизнеспособными в условиях сада являются растения 49 таксонов, образующие самосев. Массовый самосев отмечается у 19, незначительный – у 30 таксонов. Растения 85 наименований выращиваются семенами местной репродукции.

Выявлены особенности и закономерности генеративного развития древесных растений, заключающиеся в периодичности обилия цветения и плодоношения. Определено, что их периодичность зависит в первую очередь от биологических особенностей самого вида, а также температурных условий вегетационного и зимнего периодов. По степени обильности и регулярности цветения растения распределены на пять групп. К самой многочисленной группе по числу таксонов принадлежат растения, у которых обильное цветение наступает через два–четыре года. Наблюдениями установлено, что обильное цветение не всегда порождает обильное плодоношение. По регулярности плодоношения изучаемые виды распределены на две группы – с ежегодным и не ежегодным плодоношением. Плодоношение интродуцированных древесных растений имеет большое практическое значение, так как дает возможность проведения селекционной работы по отбору наиболее устойчивых особей в последующих семенных поколениях с целью дальнейшего внедрения и распространения вида в северные условия.

Работа проводилась на базе УНУ «Научная коллекция живых растений» Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Рег. номер 507428. Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме «Закономерности процессов репродукции ресурсных растений в культуре на европейском Северо-Востоке» № АААА-А17-117122090004-9.

Литература

1. *Чарочкин М.М.* Основные итоги научных исследований по интродукции растений в Ботаническом саду Института биологии Коми филиала АН СССР //Изв. Коми фил. Геогр. общ-ва СССР. 1970. Т.2. Вып.2(12). С. 123–126.
2. *Мартынов Л.Г.* О долговечности древесных интродуцированных растений в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра УрО РАН //Бюл. Гл. ботан. сада. 2014. Вып.200. № 2. С. 13–21.
3. *Скупченко Л.А., Скроцкая О.В.* Коллекция дендрария (деревья и кустарники) //Каталог коллекции живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2006. С. 46–63.
4. *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). СПб.: Наука, 2003. Т. III. 214 с.
5. *Мартынов Л.Г.* О зимостойкости древесных растений, интродуцированных в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра //Бюл. Гл. ботан. сада. 2013. Вып.199. №1. С. 19–26.

6. *Некрасов В.И.* Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений. М.: Наука, 1980. 101 с.
7. *Мауринь А.М.* Опыт интродукции древесных растений в Латвийской ССР. Рига: Зинатне, 1970. 258 с.
8. *Некрасов В.И.* Основы семеноведения древесных растений при интродукции. М.: Наука, 1973. 279 с.
9. *Мисник Г.Е.* Сроки и характер цветения деревьев и кустарников. Киев: Наукова думка, 1976. 392 с.
10. *Мартынов Л.Г.* Декоративные деревья и кустарники на садовом участке. Сыктывкар, 1992. 104 с.
11. *Методика* фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / Под ред. П.И. Лапина. М.: ГБС АН СССР, 1975. 27 с.
12. *Мамаев С.А., Семкина Л.А.* Сезонная изменчивость окраски цветков растений лесной зоны равнин Среднего Урала: Материалы по внутривидовой изменчивости и систематике растений. Свердловск, 1968. С. 92–98 (Тр. Ин-та экологии растений и животных. Вып. 60).
13. *Лучник З.И.* Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. М., 1970. 656 с.

References

1. *Charochkin M.M.* Osnovnye itogi nauchnyh issledovanij po introdukcii rastenij v Botanicheskom sadu Instituta biologii Komi filiala AN SSSR [The main results of research on plant introduction in the Botanical garden of the Institute of Biology, Komi Branch, USSR Ac. Sci.] // Proc. of the Komi Branch of the Geogr. Society of the USSR. 1970. Vol. 2. Issue 2(12). P. 123–126.
2. *Martynov L.G.* O dolgovechnosti drevesnyh introducirovannyh rastenij v Botanicheskom sadu Instituta biologii Komi nauchnogo centra UrO RAN [About the longevity of woody introduced plants at the Botanical garden of the Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS] // Bull. of Main Botanical Garden. 2014. Issue 200. № 2. P. 13–21.
3. *Skupchenko L.A., Skrotskaya O.V.* Kollekcija dendrarija (derev'ja i kustarniki) //Katalog kollekcii zhivyh rastenij Botanicheskogo sada Instituta biologii Komi NC UrO RAN [Collection of the arboretum (trees and shrubs) // Catalogue of the collection of living plants of the Botanical garden of the Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS]. Syktyvkar, 2006. P. 46–63.
4. *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 for 50 years)]. St.Petersburg: Nauka, 2003. Vol. III. 214 p.
5. *Martynov L.G.* O zimostojkosti drevesnyh rastenij, introducirovannyh v botanicheskom sadu Instituta biologii Komi nauchnogo centra [About winter hardiness of the woody plants introduced in the Botanical garden of the Institute of Biology, Komi Science Centre] // Bull. of Main Botanical Garden. 2013. Issue 199. № 1. P. 19–26.
6. *Nekrasov V.I.* Aktual'nye voprosy razvitija teorii akklimatizacii rastenij [Actual questions of development of the theory of acclimatization of plants]. Moscow: Nauka, 1980. 101 p.
7. *Maurin' A.M.* Opyt introdukcii drevesnyh rastenij v Latvijskoj SSR [Experience of introduction of woody plants in the Latvian SSR]. Riga: Zinatne, 1970. 258 p.
8. *Nekrasov V.I.* Osnovy semenovedenija drevesnyh rastenij pri introdukcii [The basics of seed science of woody plants at introduction]. Moscow: Nauka, 1973. 279 p.
9. *Misnik G.E.* Sroki i harakter cvetenija derev'ev i kustarnikov [Timing and nature of flowering of trees and shrubs]. Kiev: Naukova dumka, 1976. 392 p.
10. *Martynov L.G.* Dekorativnye derev'ja i kustarniki na sadovom uchastke [Ornamental trees and shrubs in the garden]. Syktyvkar, 1992. 104 p.
11. *Metodika* fenologicheskih nabljudenij v botanicheskih sadah SSSR [The technique of phenological observations in Botanical gardens of the USSR] / Ed. P.I. Lapin. Moscow: State Botanical garden, USSR Ac. Sci., 1975. 27 p.
12. *Mamaev S.A., Semkina L.A.* Sezonnaya izmenchivost' okraski cvetkov rastenii lesnoi zony ravnin Srednego Urala – vaterialy po vnutrennei izmenchivosti I sistematike rastenii [Seasonal variability of flower color of plants of the forest zone of the plains of the Middle Urals] // Materials on intraspecific changeability and systematics of plants. Sverdlovsk, 1968. P. 92-98 (Proc. of the Institute of plant and animal ecology. Issue 60).
13. *Luchnik Z.I.* Introdukcija derev'ev i kustarnikov v Altajskom krae [Introduction of trees and shrubs in Altai Krai]. Moscow, 1970. 656 p.

Статья поступила в редакцию 28.03.2018.

УДК 612.17
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-64-68

Е.А. ЛЕБЕДЕВА

РАЗНОНАПРАВЛЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ УАБАИНА НА АВТОМАТИЗМ КЛЕТОК СИНОАУРИКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ У МЫШИ, МОРСКОЙ СВИНКИ И КРОЛИКА

Институт физиологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

lebedeva.physiol.komisc@ya.ru

Аннотация

С помощью ингибиторного анализа и микроэлектродной техники установлено, что уабаин (10 мкМ), блокатор Na^+/K^+–АТФазы, у клеток водителя ритма синоаурикулярного (СА) узла мыши, приводит к замедлению частоты генерации потенциалов действия (ПД) на 14%. У клеток СА узла морской свинки и кролика уабаин вызывает положительный хронотропный эффект, а на 10–15-й минутах экспозиции – аритмии и прекращение электрической активности. Полученные различия в механизмах генерации автоматизма у этих животных необходимо учитывать при тестировании перспективных фармакологических препаратов для лечения аритмий различного генеза и разработке математических моделей генерации потенциалов действия.

Ключевые слова:
синоаурикулярный узел, потенциалы действия, уабаин, мышь, морская свинка, кролик

E.A. LEBEDEVA

MULTIDIRECTIONAL EFFECTS OF OUABAIN ON AUTOMATICITY OF CELLS IN SINOAURICULAR AREA IN MOUSE, GUINEA PIG AND RABBIT

Institute of Physiology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar

Abstract

The effects of ouabain on the pacemaker cells of sinoauricular (SA) node in mouse, guinea pig and rabbit were studied using standard microelectrode technique and inhibitor analysis.
Ouabain (10 μmol/l) slowed down the action potentials (APs) generation frequency in mouse SA cells (n=9) by 14%. The exposition of ouabain (10 μmol/l) blocked the electrical activity in SA strips of guinea pig (n=6) and rabbit (n=5) after 11±2 min. At the same time, the sarcolemma depolarization, decrease of action potentials amplitude and maximal upstroke velocity in phase 0 (dV/dt_{max}) as well as increase in action potentials generation frequency as a result of shortening of diastolic depolarization phase, were registered.
We assumed that the observed effects of ouabain were not only the result of different isoform sensitivity of Na^+/K^+-ATPase, but also of higher intracellular concentration of ($[Na^+]_i$) in mice compared to guinea pigs and rabbit. Our findings suggest that the obtained differences in mechanisms of automatism generation in these animals should be taken into account when testing promising pharmacological preparations for the treatment of arrhythmias of different genesis and development of mathematical models of action potentials generation.

Keywords: *sinoauricular node, action potentials, ouabain, mouse, guinea pig, rabbit*

Введение

В поддержании клеточного гомеостаза, а также в возбуждении и сокращении сердечной мышцы участвует Na^+/K^+– АТФаза (Na^+/K^+–насос, NKA, I_{NaK}). В настоящее время накоплено достаточное количество экспериментальных данных о работе Na^+/K^+– АТФазы в сердце. Однако бо́льшая их часть получена на изолированных клетках [1]. Na^+/K^+– АТФаза

является мишенью для сердечных гликозидов – группы веществ, применяемых при лечении сердечной недостаточности. В терапевтических дозах они обладают кардиотоническим действием за счет положительного инотропного эффекта. В то же время сердечные гликозиды вызывают ряд побочных эффектов, таких как сердечные аритмии, что ограничивает их применение в клинической практике [2].

Считается, что в реализации положительного инотропного эффекта в сердце основную роль играет α2-изоформа Na^+/K^+– АТФазы, тогда α1–изоформа отвечает за насосную функцию. Чувствительность α-изоформ к сердечным гликозидам варьирует в зависимости от вида животного. Известно, что у грызунов сродство α2-изоформы к этим веществам в 1000 раз больше, чем α1-изоформы [3, 4]. У кролика, свиньи, собаки и человека различия в чувствительности к сердечным гликозидам не столь заметны, так как α1-изоформы у этих видов гораздо более чувствительны к уабаину, чем у грызунов [5]. Кроме того, экспрессия изоформ Na^+/K^+– АТФазы и плотность тока I_{NaK} могут различаться в эпикардиальной и эндокардиальной области сердца [6].

Очевидно, что для понимания роли Na^+/K^+– АТФазы в сердечной мышце требуются новые данные о функционировании и регуляции тока I_{NaK} в интактных клетках в разных областях сердца у различных видов животных. Поэтому цель данного исследования заключалась в оценке вклада тока Na^+/K^+– АТФазы в генерации электрических импульсов в клетках синоаурикулярного узла у трех видов млекопитающих: мыши, морской свинки и кролика.

Методика исследования

Эксперименты проводили на самцах мышей-альбиносов (возраст 8–10 недель, масса тела 30–35 г, n=14), морских свинок (возраст 4–5 месяцев, масса тела 500–600 г, n=11) и кроликов (возраст 6–7 месяцев, масса тела 3.0–3.5 кг, n=5). Экспериментальный протокол был одобрен независимым Комитетом по биоэтике Института физиологии Коми НЦ УрО РАН и соответствовал международным правилам «Для использования лабораторных животных» (Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, 8-е издание, опубликованное в National Academies Press (US), 2011 г.).

Животных обездвиживали, вскрывали грудную клетку, сердце извлекали и помещали в раствор Тироде следующего состава, мМ/л: 140 NaCl, 10 $NaHCO_3$, 5,4 KCl, 1,8 $CaCl_2$, 1 $MgSO_4$, 0,33 Na_2HPO_4, 10 глюкоза, 5 HEPES (pH 7.4). Сердце закрепляли на подложке в чашке Петри, удаляли желудочки, левое предсердие, вскрывали правое предсердие. Полученный препарат размером 3 × 2 мм включал в себя синоаурикулярный (СА) узел, фрагмент *crista terminalis* и сегменты верхней и нижней полых вен. У кролика препарат СА узла дополнительно разрезали на две спонтанно сокращающиеся полоски. Потенциалы действия (ПД) регистрировали с помощью стандартной микроэлектродной техники со стороны субэндокарда вдоль артерии СА узла в центре между верхней и нижней полыми венами (31° С) [7]. В качестве селективного блокатора Na^+/K^+– АТФазы использовали аналог сердечных гликозидов – уабаин (Sigma, Германия). Обработка результатов проводилась в программе PowerGraph Professional версия 3.3 (DIsoft, Россия), Microsoft Office Excel, а также с помощью оригинальных программ вычисления параметров потенциалов в программной среде Delphy, разработанных с.н.с. Института физиологии Коми НЦ УрО РАН д.б.н. Н.В.Артеевой. Данные приведены как среднее арифметическое ± стандартное отклонение (M±σ). Значимость различий определяли по U– критерию Манна–Уитни и критерию Вилкоксона. Различия считали достоверными при $p<0.05$.

Результаты и обсуждение

В контрольном растворе Тироде у клеток, расположенных в области артерии СА узла мыши, морской свинки и кролика, зарегистрированы ПД, имеющие медленную диастолическую деполяризацию (МДД) и скорость нарастания переднего фронта ПД в фазу 0 (dV/dt_{max}) от 1.6 до 6 В/с (см. таблицу). Полученные данные позволяют заключить, что зарегистрированные ПД генерируются клетками, работающими в режиме истинного водителя ритма. Спонтанная частота генерации ПД (ЧСС) составила у препаратов СА области мыши 286±16 имп/мин, у морской свинки – 103±30, у кролика – 98±20 имп/мин (табл.).

Параметры потенциалов действия клеток водителя ритма СА узла мыши, морской свинки и кролика в контроле и при экспозиции уабаина

Parameters of action potentials of pacemaker cells of SA node in mouse, guinea pig and rabbit in control and at ouabain exposition

Параметры ПД	Мышь			Морская свинка		Кролик	
	Контроль n=9	Уабаин 1мкМ n=5	Уабаин 10мкМ n=9	Контроль n=5	Уабаин 1 мкМ n=5	Контроль n=3	Уабаин 1 мкМ n=3
E_{max}, мВ	–58±10	–55±20	–57±6	–66±10	–60±7	–64±5	–65±6
АПД, мВ	45±7	38±7	40±7	64±8	68±10	71±4	73±4
$ДПД_{90}$, мс	90±7	105±19*	107±12*	247±68	225±67	240±49	227±51
ЧСС, имп/мин	286±16	256±22*	245±25*	103±30	127±27*	98±20	101±16
МДД, мс	90±11	103±29	113±25*	309±90	215±53*	315±45	304±37
dV/dt_{max}, В/с	3.2±0.7	2.3±0.3*	2.1±0.7*	4.1±2.5	4.8±2.5	3.6±0.4	4.3±0.4*
V_4, мВ/с	77±33	66±32	56±12*	41±9	47±8	29±8	30±9

Примечание: E_{max} – максимальный диастолический потенциал; АПД – амплитуда ПД; $ДПД_{90}$ – длительность ПД на уровне 90% реполяризации; ЧСС – частота генерации ПД; МДД – длительность медленной диастолической деполяризации; dV/dt_{max} – скорость фазы быстрой деполяризации; V_4 – скорость медленной диастолической деполяризации (фаза 4). * – $p<0.05$ достоверность различий по сравнению с контролем.

Note: E_{max} – maximum diastolic potential; АПД – action potential amplitude; $ДПД_{90}$ – duration of AP at 90% repolarization; ЧСС – frequency of AP generation; МДД – duration of slow diastolic depolarization; dV/dt_{max} – velocity of rapid depolarization phase; V_4 – velocity of slow diastolic depolarization (phase 4). * – $p<0.05$ reliability of differences compared to control.

Нами подробно проанализированы эффекты уабаина на генерацию электрической активности клеток с самой медленной скоростью фазы быстрой деполяризации (dV/dt_{max}). У препаратов СА узла мыши уабаин (1 мкМ) приводил к замедлению частоты генерации ПД на 10% (табл.; рис.1, А; рис 2.) за счет увеличения длительности ПД на уровне 90% реполяризации ($ДПД_{90}$) на 17%. Это сопровождалось замедлением скорости фазы быстрой деполяризации на 28%.

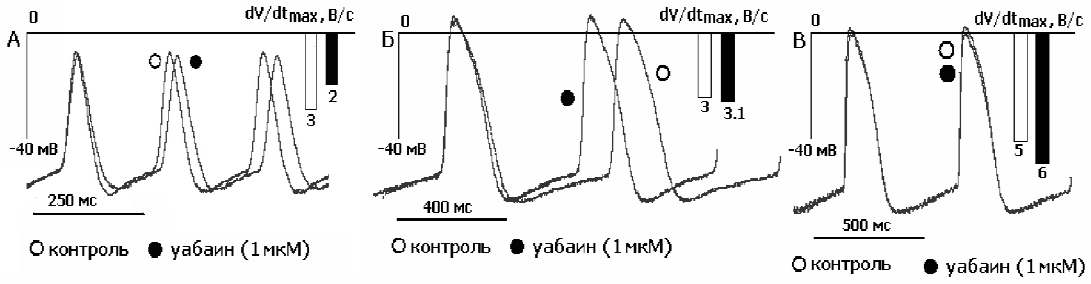


Рис. 1. Изменение конфигурации ПД и скорости нарастания переднего фронта ПД (dV/dt_{max}) у клеток, работающих в режиме истинного водителя ритма СА узла мыши (А), морской свинки (Б) и кролика (В) при аппликации уабаина (1 мкМ).

Fig.1. Change in the configuration and maximal upstroke velocity (dV/dt_{max}) of the action potential in cells working as true pacemaker in SA node in mice (A), guinea pig (B) and rabbit (C) at application of ouabain (1 μmol/l).

У клеток водителя ритма СА области морской свинки ингибирование тока Na^+/K^+– насоса вызывало укорочение длительности фазы МДД в среднем на 30%, что в результате приводило к увеличению частоты генерации ПД на 23% (табл.; рис. 1, Б; рис. 2). При экспозиции уабаина (1 мкМ) у клеток, работающих в режиме истинного (n=3) водителя ритма кролика, зарегистрировано увеличение скорости фазы быстрой деполяризации в среднем на 20% (рис. 1, В).

Повышение концентрации уабаина от 1 до 10 мкМ вызывало разнонаправленные эффекты у препаратов СА узла мыши, морской свинки и кролика. У клеток водителя ритма мыши уабаин (10 мкМ) приводил к замедлению частоты генерации ПД на 14% за счет увеличения $ДПД_{90}$ и длительности фазы МДД на 20–25%. На треть снижались скорости фазы быстрой деполяризации (dV/dt_{max}) и пейсмекерного потенциала (V_4) (табл., рис. 3, А).

У препаратов СА узла морской свинки и кролика уабаин в концентрации 10 мкМ приводил к прекращению электрической активности. При этом у пейсмекерных клеток морской свинки (n=6) регистрировали деполяризацию сарколеммы, монотонное снижение амплитуды ПД и скорости фазы быстрой деполяризации, а также повышение частоты генерации ПД в среднем на 35% за счет укорочения фазы МДД. На 10–15-й минутах экспозиции генерирование ПД прекращалось (рис. 3, Б).

У клеток СА узла кролика уабаин (10 мкМ, n=5) вызывал двухфазный эффект. На первой минуте экспозиции регистрировали повышение величины максимального диастолического потенциала (E_{max}) на 4–5 мВ. На 2–4-й минутах происходила деполяризация сарколеммы, снижение амплитуды ПД на 33% и замедление скорости фазы быстрой деполяризации на 41%. Длительность фазы МДД укорачивалась на 26%, что приводило к увеличению частоты генерации ПД на 13%. На 6-й минуте экспозиции регистрировали урежение генерации ПД в среднем на 28% по сравнению с 3 мин экспозиции уабаина и на 19% по сравнению с контролем, появление аритмий и на 10 мин – подавление спонтанной электрической активности (рис. 3, В). Стоит отметить, что прекращение электрической активности

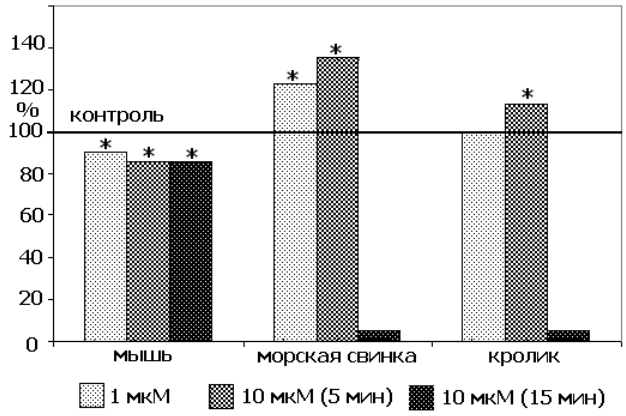


Рис.2. Изменение частоты генерации ПД при экспозиции уабаина (1–10 мкМ) у клеток СА узла мыши, морской свинки и кролика. Экспозиция уабаина у мыши во всем диапазоне концентраций вызывает отрицательный хронотропный эффект, но не приводит к прекращению электрической активности, тогда как у морской свинки и кролика происходит повышение ЧСС и прекращение генерации ПД. * – $p<0.05$ достоверность различий по сравнению с контролем. Контроль принят за 100%.

Fig.2. Change in the frequency of AP generation at application of ouabain (1–10 μmol/l) in SA node cells in mice (A), guinea pig (B) and rabbit (C). Exposure of ouabain in mice in the whole range of concentrations causes a negative chronotropic effect, but does not result in the cessation of electrical activity, whereas in guinea pig and rabbit ouabain (10 μmol/l) increases the heart rate and results in the cessation of AP generation. * – $p<0.05$ reliability of differences compared to control. Control is taken as 100%.

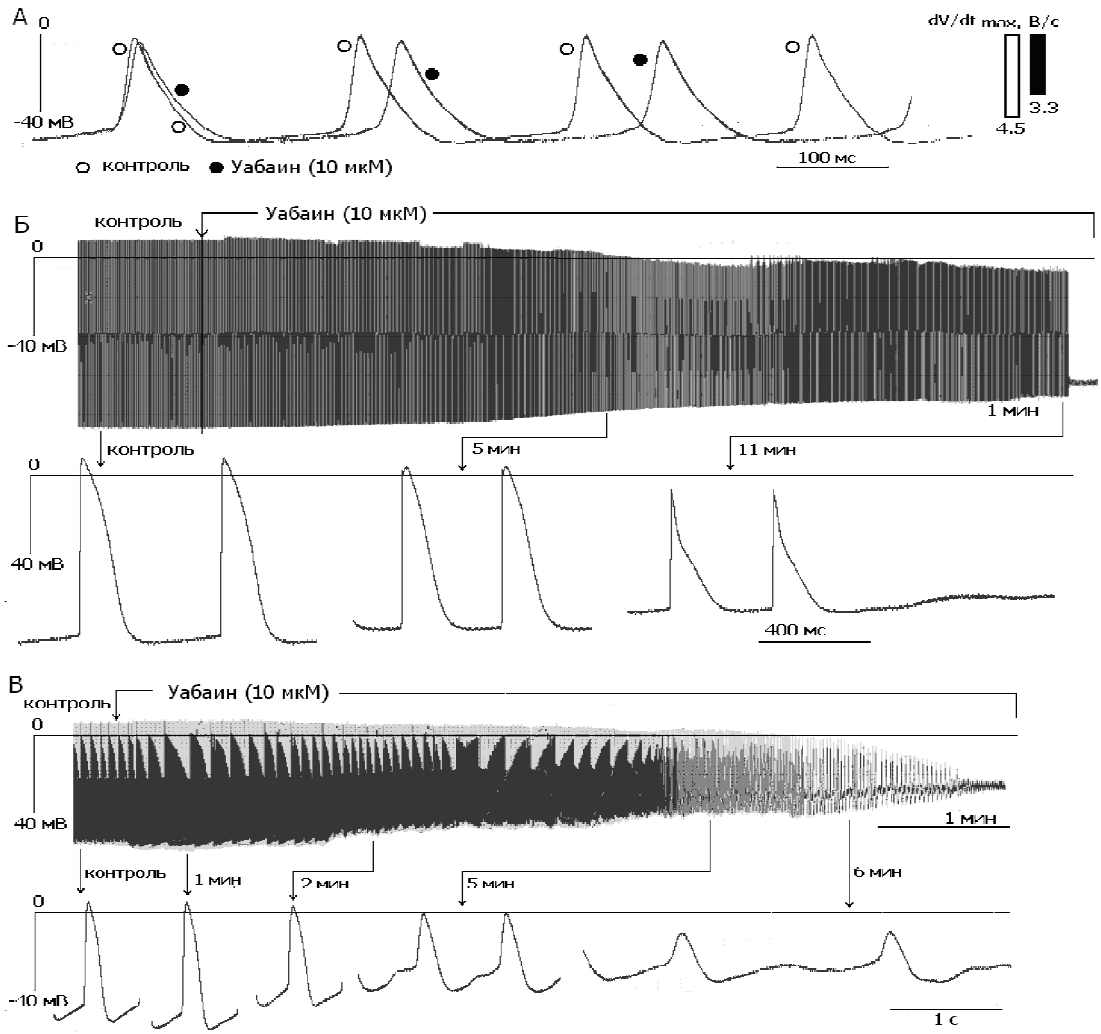


Рис. 3. Влияние уабаина (10 мкМ) на конфигурацию потенциалов действия клеток водителя ритма СА узла мыши (А), морской свинки (Б) и кролика (В). Экспозиция уабаина не вызывает прекращения электрической активности в клетках СА узла мыши, тогда как у морской свинки и кролика наступает прекращение генерации ПД, которое сопровождается повышением частоты генерации ПД и аритмиями.
Fig.3. The effect of ouabain (10 µmol/l) on the configuration of the action potentials of pacemaker cells in SA node of mouse (A), guinea pig (B) and rabbit (C). The exposition of ouabain ((10 µmol/l) does not cause cessation of electrical activity in SA node cells in mice, whereas in guinea pig and rabbit there is the cessation of AP generation accompanied by increase in the frequency of AP generation and arrhythmias.

у препаратов СА узла мыши регистрировали при 100 мкМ уабаина (n=3) на 15-й минуте экспозиции. Это сопровождалось снижением частоты генерации ПД на 24% и появлением аритмий.

Общепризнано, что умеренное ингибирование (~30%) Na^+/K^+– АТФазы сердечными гликозидами приводит к увеличению сократимости сердца за счет понижения активности Na^+/Ca^{2+}– обменного механизма (NCX). Поскольку активность NCX регулируется внутриклеточной концентрацией ионов натрия ($[Na^+]_i$), то даже небольшое увеличение $[Na^+]_i$ приводит к тому, что Na^+/Ca^{2+} – обменный механизм удаляет меньше Ca^{2+} из клетки, это повышает содержание Ca^{2+} в цитозоле и саркоплазматическом ретикулуме. Более сильное ингибирование (> 50%) Na^+/K^+– АТФазы перегружает клетку кальцием, критически изменяет мембранный потенциал, снижая сократимость и вызывая сердечные аритмии [6, 8].

Подробный анализ полученных нами результатов показал, что в присутствии уабаина у клеток, работающих в режиме истинного водителя ритма, СА узла морской свинки и кролика наблюдается положительный хронотропный эффект. Ряд авторов [9] связывает это с увеличением $[Na^+]_i$, которое приводит к изменению кальциевой нагрузки в саркоплазматическом ретикулюме и увеличивает амплитуду локальных выбросов Ca^{2+}. Появление аритмии и прекращение генерации ПД, зарегистрированные нами у этих животных, являются побочными эффектами сердечных гликозидов, вызванными перегрузкой Ca^{2+}–депо саркоплазматического ретикулюма и спонтанного освобождения ионов Ca^{2+} через рианодиновые рецепторы ПД [9–11].

Однако у клеток, работающих в режиме истинного водителя ритма, СА узла мыши во всем диапазоне исследуемых концентраций (1–100 мкМ), уаба-

ин не вызывал положительный хронотропный эффект. При ингибировании Na^+/K^+– АТФазы частота генерации ПД замедлялась на 10–24%. Вероятно, это связано с особенностями поддержания кальциевого гомеостаза у грызунов. Известно, что активность Na^+/Ca^{2+}– обменного механизма (NCX) у кролика в два–три раза выше, чем у крысы и мыши [10, 12]. Это позволяет заключить, что опосредованное снижение работы NCX путем частичного ингибирования Na^+/K^+– АТФазы не приводит к существенному накоплению Ca^{2+} в клетках у грызунов. В то же время $[Na^+]_i$ в цитозоле у этих животных выше (14–16 мМ для крысы и мыши против 4–8 мМ у кролика и морской свинки) [6] и даже незначительное увеличение $[Na^+]_i$ в результате ингибирования Na^+/K^+– АТФазы, как мы предполагаем, может вызвать частичную инактивацию Na^+– каналов. Поскольку Na^+–ток участвует в формировании фазы медленной диастолической деполяризации и фазы быстрой деполяризации у клеток водителя ритма мыши [13], то его инактивация приводит к замедлению генерации ПД.

Заключение

Установлено, что клетки СА узла мыши более чувствительны к повышению внутриклеточной концентрации ионов натрия при ингибировании Na^+/K^+– АТФазы, чем клетки СА узла морской свинки и кролика. Полученные различия в механизмах генерации автоматизма у этих животных необходимо учитывать при тестировании перспективных фармакологических препаратов для лечения аритмий различного генеза и разработке математических моделей генерации потенциалов действия.

Работа поддержана грантом РФФИ мол_а № 18-34-00654.

Литература

1. *Oka C., Cha C.Y., Noma A.* Characterization of the cardiac Na+/K+ pump by development of a comprehensive and mechanistic model // J. Theor. Biol. 2010. Vol. 265 (1). P. 68–77.
2. *Li Q., Pogwizd S.M., Prabhu S.D., Zhou L.* Inhibiting Na+/K+ ATPase can impair mitochondrial energetics and induce abnormal Ca2+ cycling and automaticity in guinea pig cardiomyocytes // PLoS One. 2014. Vol. 9 (4). e93928. doi: 10.1371/journal.pone.0093928.
3. *The alpha(1)-* and alpha(2)-isoforms of Na-K-ATPase play different roles in skeletal muscle contractility / S.He, D.A.Shelly, A.E.Moseley, P.F.James, J.H.James, R.J.Paul, J.B. Lingrel//Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2001. Vol. 281 (3). P. R917–925.
4. *The alpha2* isoform of Na,K-ATPase mediates ouabain-induced cardiac inotropy in mice / I.Dostanic, J.N.Lorenz, Jel J.Schultz, I.L.Grupp, J.C.Neumann, M.A.Wani, J.B.Lingrel // J. Biol. Chem. 2003. Vol. 278 (52). P. 53026–53034.
5. *Blanco G., Mercer R.W.* Isozymes of the Na-K-ATPase: heterogeneity in structure, diversity in function // Am. J. Physiol. 1998. Vol. 275 (5 Pt 2). P. F633–650.
6. *Despa S., Bers D.M.* Na^+ transport in the normal and failing heart - remember the balance// J. Mol. Cell Cardiol. 2013. Vol. 61. P. 2–10.
7. *Gonotkov M.A., Golovko V.A.* The negative chronotropic effect of Cs+ ions on generation of transmembrane potentials in mouse sinoatrial node cells // Bull. Exp. Biology and Medicine. 2011. Vol. 152. № 2. P. 169–172.
8. *Identification of a specific* role for the Na,K-ATPase alpha 2 isoform as a regulator of calcium in the heart / P.F.James, I.L.Grupp, G.Grupp, A.L.Woo, G.R.Askew, M.L.Croyle, R.A.Walsh, J.B. Lingrel // Mol Cell. 1999. Vol. 3 (5). P. 555–563.
9. *Electrochemical Na+ and* Ca2+ gradients drive coupled-clock regulation of automaticity of isolated rabbit sinoatrial nodal pacemaker cells/ S.G.Sirenko, V.A.Maltsev, Y.Yaniv, R.Bychkov, D.Yaeger, T.Vinogradova, H.A.Spurgeon, E.G. Lakatta // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2016. Vol. 311 (1). P. 251–267.
10. *Regulation of Na+/Ca2+* exchange current in the normal and failing heart / M.Reppel, B.K.Fleischmann, H.Reuter, F.Pillekamp, H.Schunkert, J. Hescheler // Ann. NY Acad. Sci. 2007. Vol. 1099. P.361–372.
11. *Krivoi I.I.* Regulatory function of the Na,K-ATPase α2-isoform // Biophysics. 2012. Vol. 57. № 5. P. 592–606.
12. *Bassani J.W., Bassani R.A., Bers D.M.* Relaxation in rabbit and rat cardiac cells: species-dependent differences in cellular mechanisms// J. Physiol. 1994. Vol. 476 (2). P. 279–293.
13. *Головко В.А., Лебедева Е.А.* Участие чувствительного к лидокаину и тетродотоксину тока в генерировании фазы быстрой деполяризации потенциалов действия с низкой dV/dtмакс у клеток синоаурикулярного узла мыши // Фізіологічний журн. 2013. Т. 59. №5. С 31–40.
Golovko V.A., Lebedeva E.A. Uchastiye chuvstvitel'nogo k lidokainu i tetrodotoksinu toka v generirovanii fazy bystroy depolyarizatsii potentsialov deystviya s nizkoy dV/dtmaks u kletok sinoaurikulyarnogo uzla myshi [The involvement of lidocaine and tetrodotoxin-sensitive current in the generation of action potentials with low DV/DT max in cells of sinoauricular node in mouse] // Physiology J. 2013. Vol. 59 (5). P. 31–40.

Статья поступила в редакцию 28.05.2018.

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 549; 581.2
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-69-75

В.И. КАТКОВА*, Т.П. МИТЮШЕВА*, Б.Ю.ТЕТЕРЮК**

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РДЕСТОВ РЕКИ ВЫМЬ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

**Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*
***Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

katkova@geo.komisc.ru; mityusheva@geo.komisc.ru; b_teteryuk@ib.komisc.ru

V.I. KATKOVA*, T.P. MITYUSHEVA*, B.YU. TETERYUK**

PECULIARITIES OF MINERALIZATION OF THE POTAMOGETONÁCEAE FAMILY OF THE RIVER VYM (KOMI REPUBLIC)

**Institute of Geology, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar*
***Institute of Biology, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar*

Аннотация

В данной статье приведена характеристика минерального и химического веществ биоминеральных образований, образующихся на высших растениях – рдестах, обитающих в холодных водах р. Вымь гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого состава, на площади развития пермских отложений. Показаны особенности морфологии образований карбоната кальция на поверхности листьев по видам рдеста. Отмечена роль цианобактерий в генезисе кальцита. На эпидерме рдеста обнаружен редкий минерал – кальциолангбейнит. Полученные результаты исследования позволяют уточнить вклад гидробионтов в процессы формирования современных континентальных карбонатных осадков.

Ключевые слова:
кальцит, карбонат, рдест, макрофиты, структура, кристаллы, река Вымь

Abstract

The characteristics of the structure and composition of biomineral crusts on macrophytes living in the cold freshwater system SO_4–HCO_3 Ca of the Vym River are given. The objects of the study are neogenic microminerals deposited on macrophytes of the Potamogetonáceae family: P. fennicus Hagstr., P. angustifolius J. Presl, P. vepsicus A.A. Bobrov et Chemeris and P. gramineus L. living in the area of distribution of Permian sulfate-carbonate-terrigenous rocks. It is shown that the chemical composition of phytoliths reflects the processes of carbonate precipitation. CaO content in the carbonate precipitate on the surfaces of the macrophytes is 68-92 wt. %. Calcite, which is the main mineral component of biomineral crusts, forms the shapeless aggregates, crystalline druses, single monocrystals and bizarre shapes (rosettes, spherulites, etc.). A rare mineral, calciolangbeinite, was discovered. The study of mineralized macrophytes of the Potamogetonáceae family growing in the Vym River shows the complexity and variety of the relationships between the organic and mineral components in the macrophyte-water-rock system, and the possibility of present-day freshwater continental carbonate sedimentation.

Keywords:
calcite, carbonate, pondweed, macrophyte, structure, crystals, Vym river

Введение

Изучение современного карбонатного минералообразования (биогенного и хемогенного) в природных водах является актуальным в связи с их сложностью и многообразием проявления биоминеральных взаимодействий в системе: макрофиты–вода–порода. Наиболее изучены карбонатные обра-

зования – травертины [1–5 и др.]. В образовании континентальных карбонатов принимают участие высшие фотосинтезирующие растения, колонии прокариот (цианобактерии), водоросли (харовые, зеленые и др.) и микроорганизмы.

Исследование состава и структуры микроминеральных включений, сформированных и осажденных на гидробионтах холодных вод, на наш взгляд, недостаточно освещено в литературе. Остается много вопросов, касающихся условий и механизмов формирования биоминералов, особенностей осаждения химических элементов макрофитами в пресной воде. Биоминеральные образования на водных растениях – довольно распространенное явление. Они были отмечены на макрофитах практически всех рек региона, в частности на рдестах в реках Печора, Вычегда, Сысола, Мезень, Ирва, Ухта, Вымь, Ижма, Печорская Пижма, Уса, Юнь-Яга и др.

Ранее проведенные исследования минерализованных харофитов Тимана показали возможность биохемогенного карбонатного осаждения в гумидных климатических условиях в водоемах с пресной и солоноватой (минерализация до 2 г/л) водой. Выявлено, что основной минеральной составляющей талломов и гирогонитов харовых водорослей является кальцит [6, 7].

Методы и материалы исследований

Объектами исследования послужили микроминеральные новообразования, осажденные на погруженных макрофитах из семейства рдестовых: рдест финский (P.× *fennicus* Hagstr.), рдест узколистный (*P.* × *angustifolius* J. Presl), рдест вепсский (*P.×vepsicus* A.A. Bobrov et Chemeris) и рдест злаковидный (*P. gramineus* L.). Образцы растений отобраны в августе 2016 г. в среднем течении р. Вымь (табл. 1; рис. 1). Рдесты, являясь кальциофилами, получают питание как непосредственно из воды, так и из донных и подстилающих их пермских сульфатно-карбонатно-терригенных отложений, содержа-

Таблица 1

Характеристика образцов макрофитов

Table 1

Characteristics of macrophyte samples

Номер образца	Вид рдеста	Глубина отбора пробы, м	Геологический возраст пород местообитания
T16-279	P. финский	0,70	P_1s
T 16-281	P. узколистный	1,70	P_1s
T 16-282	P. узколистный	2,50	P_1s
T16-289	P.вепсский	1,50	P_1u
T 16-297	P. злаковидный	1,50	P_3sd

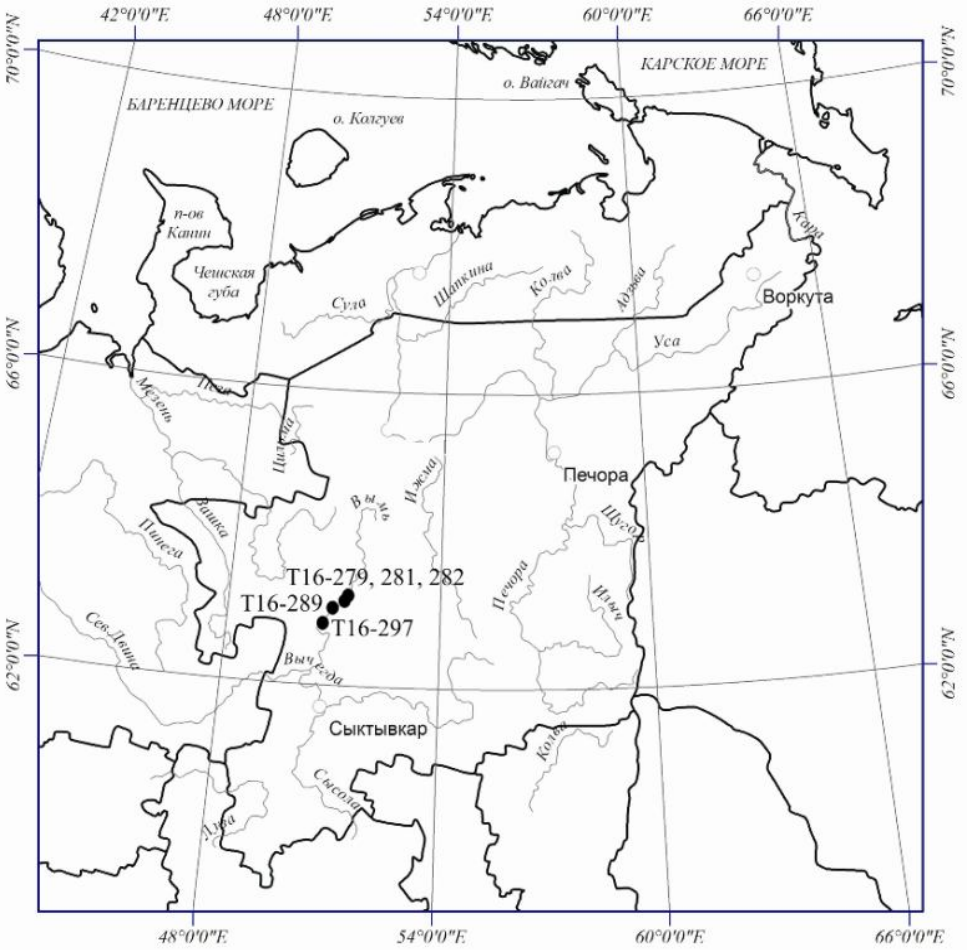


Рис. 1. Местоположение точек отбора образцов фитолитов.
Fig. 1. Location of sampling points of phytolite samples.

щих на данном участке растворимые минералы: кальцит, доломит, гипс, фосфорит, цеолиты и др.

Следует отметить, что на данном участке воды р. Вымь, опробованные 17–18.08.2016 г. в двух точках наблюдения, относятся к пресным с минерализацией до 580 мг/дм^3 и характеризуются гидрокарбонатно-сульфатным кальциевым составом, что является отличительной особенностью водных объектов Тиманского кряжа в зоне развития пермских отложений. Содержание минералообразующих компонентов в составе воды, мг/дм^3: (Ca 122–125; Mg 15,9; Na 6,0–6,7; Cl 2,0–2,1; SO_4 250–260; HCO_3 60–64), жесткость (7,4–7,6 мг-экв/дм^3), величина pH (7,9–8,2).

Исследования минеральных образований на рдестах проведены в ЦКП УрО РАН «Геонаука» (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар) рентгеноструктурным методом (дифрактометр Shimadzu XRD 6000), методами ИК-спектроскопии (фурье-спектрометр ИнфраЛюм ФТ-02), СЭМ (JSM 6400 JEOL и VEGA3 TESCAN) и микрозондового анализа. Рентгено-флюоресцентный анализ минерального вещества на компонентный состав элементов в валовых пробах в виде сухого порошка был выполнен на приборе Shimadzu XRF-1800, общий химический состав вод – по стандартным методикам в лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Цель данной работы – охарактеризовать особенности структуры и состава биоминеральных образований на макрофитах семейства рдестовых, обитающих в открытой пресной холодноводной системе, и показать их роль в процессе биохемогенного карбонатосаждения.

Результаты и обсуждение

Визуальный осмотр образцов растений показал, что минеральные отложения (корки) желтоватого или зеленовато-серого цвета толщиной до 1 мм, легко отделяющиеся, покрывают преимущественно наружную поверхность листьев на 80–100 % (рис. 2).

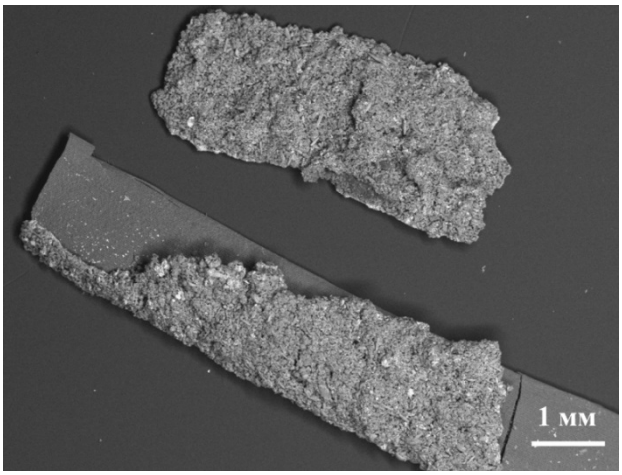


Рис. 2. Общий вид биоминеральных корок на поверхности рдеста.
Fig. 2. Macroscopic view of biomineral crusts on the surface of pondweed.

Химический состав фитолитов (табл. 2) отражает процессы карбонатосаждения. Доля CaO в карбонатном осадке на поверхностях макрофитов 68–92 мас. %. Компонентный состав корочек не зависит от вида рдеста и полностью обусловлен особенностями водной среды. Пересчеты данных химического анализа на нормативные миналы указывают, что в растворимой части породы содержание кальцита ($CaCO_3$) достигает 88–95 мол. %. В составе биоминеральных корочек во всех анализируемых пробах фиксируется сера (SO_3 0,97–1,44 мас. %), что обусловлено значительным количеством сульфатов в составе вод.

Согласно рентгеновской дифрактометрии, минеральной составляющей биоминеральных корок на рдестах является *кальцит* ($CaCO_3$). Основные экстремумы – 3,04; 2,49; 2,28; 2,09; 1,913; 1,875 Å. Методами ИК-спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии во всех анализируемых пробах идентифицирован *кальцит*. На ИК-спектрах, кроме очень

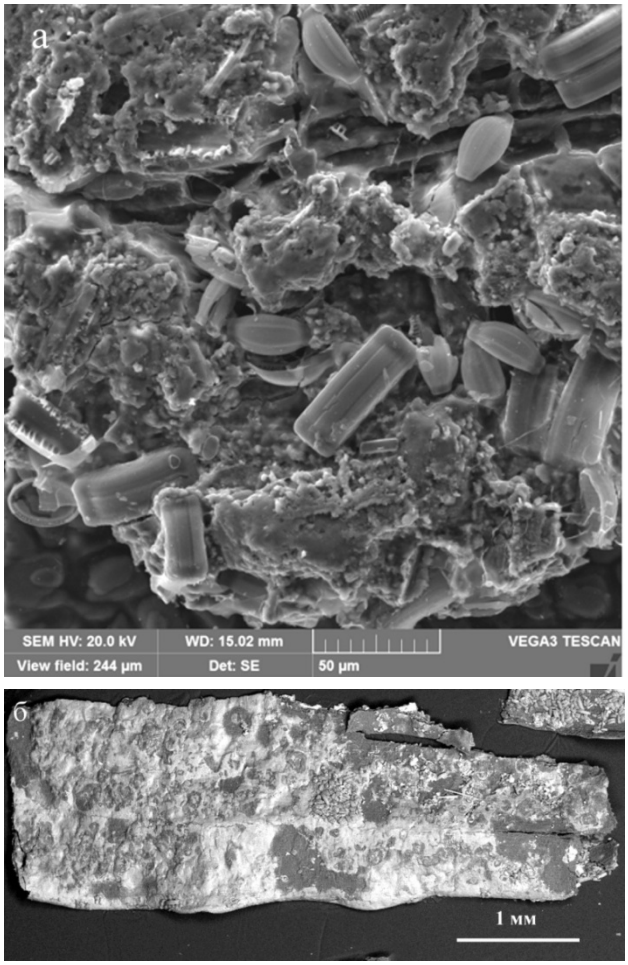


Рис 3. Бесструктурный кальцит и диатомеи (обр. T16-297): а – наружная поверхность листа. РЭМ-изображение в режиме вторичных электронов; б – внутренняя поверхность листа. РЭМ-изображение в режиме отраженных электронов.
Fig. 3. Structureless calcite and diatoms (sample T16-297): a – the outer surface of the leaf. SEM-image in the secondary electron mode; b – the inner surface of the leaf. SEM-image in the back-scattered electron mode.

Таблица 2

Химический состав фитолитов рдеста (мас.%, по данным рентгено-флуоресцентного анализа)

Table 2

Chemical composition of pondweed phytolites (mass %, according to x-ray fluorescence analysis)

Образец	Компоненты										
	Fe_2O_3	MnO	MgO	P_2O_5	CaO	Na_2O	SiO_2	$SO_{3\,общ}$	SrO	Al_2O_3	K_2O
Т16-279 Р. финский	0,69	0,30	0,86	0,21	68,62	0,25	26,39	1,44	0,08	0,83	0,33
Т16-281 Р. узколистный	0,23	0,11	<0,25	0,09	91,82	<0,10	6,3	1,03	0,11	0,23	0,07
Т16-282 Р.узколистный	0,36	0,24	<0,25	0,08	79,88	0,12	17,01	1,31	0,11	0,38	0,14
Т16-289 Р. вепсский	0,15	0,14	<0,25	0,12	81,21	0,12	16,88	0,97	0,14	0,13	0,51
Т16-297 Р. злаковидный	0,24	0,22	1,05	0,07	90,14	<0,10	6,61	1,05	0,12	0,31	0,19

Примечание: анализ выполнен без учета потерь при прокаливании.

слабых полос *кварца*, присутствуют полосы в области 780 и 1098 см$^{-1}$, характерные для аморфного кремнезема, что связано с развитием на поверхности макрофитов наслоений диатомовых водорослей.

Анализ РЭМ-изображений биоминеральных корочек рдеста показал, что, как правило, образования кальцита на поверхности листьев всех исследованных видов рдеста формируются в виде бесформенных скоплений среди множества диатомей (рис. 3, а, б). Следует отметить, что морфология и содержание кальцита различаются на поверхности листьев в зависимости от вида рдеста.

Рдест финский – многолетнее растение, длиною до 1,5 м. Встречается в экотопах с глубинами 0,3 – 1,5 м (до 2,5 м), быстрым, реже – медленным течением, песчаными, песчано-каменистыми и каменистыми грунтами. Образец (Т16-279) характеризуется незначительным содержанием отложений кальцита и наличием многочисленных колоний диатомей. На поверхности листьев, свободного от корочек, визуализируются наноразмерные выделения (500 нм) неправильной формы, состоящие из сульфата кальция. Кроме того, обнаружены дендритные образования размером 10 мкм (рис. 4, а, б).

Химический состав, определенный электронно-зондовым методом, близок *кальциолангбейниту,* мас.%: K_2O 15,36–17,90; CaO 13,73–16,36; SO_3 36,24–41,84. Формула минерального вида выглядит (расчет на базе 12 атомов O): $K_{2.2}Ca_{1.7}S_{3.00}O_{12}$. Следует заметить, что впервые данный минерал зарегистрирован как продукт фумарольной деятельности вулкана Толбачик (Камчатка) и встречается в виде ксеноморфных зерен размером до 1 мм и их агрегатов [8].

Рдест узколистный отмечается преимущественно в экотопах с глубинами 0,8 – 1,3 м (до 2 м), медленным течением и илисто-песчаными, песчано-каменистыми грунтами. Исследования РЭМ-изображений показали, что на внешней поверхности листа рдеста узколистного (обр. Т16-281) наблюдаются друзы, агрегаты наноблочной структуры и редкие монокристаллы кальцита, имеющие ромбоэдрический облик с гранью $\{10\bar{1}4\}$ (рис. 5).

Сложная иерархическая структура поверхности и морфологические особенности кристаллов свидетельствуют о бактериальном происхождении кальцита (рис. 6, а, б). Аналогичные структуры кальцита получены в гелевой среде в процессе жизнедеятельности кишечной палочки E. coli [9]. В результате проведенных экспериментов установлено, что габитус и морфология кристаллических образований зависят от кислотности геля.

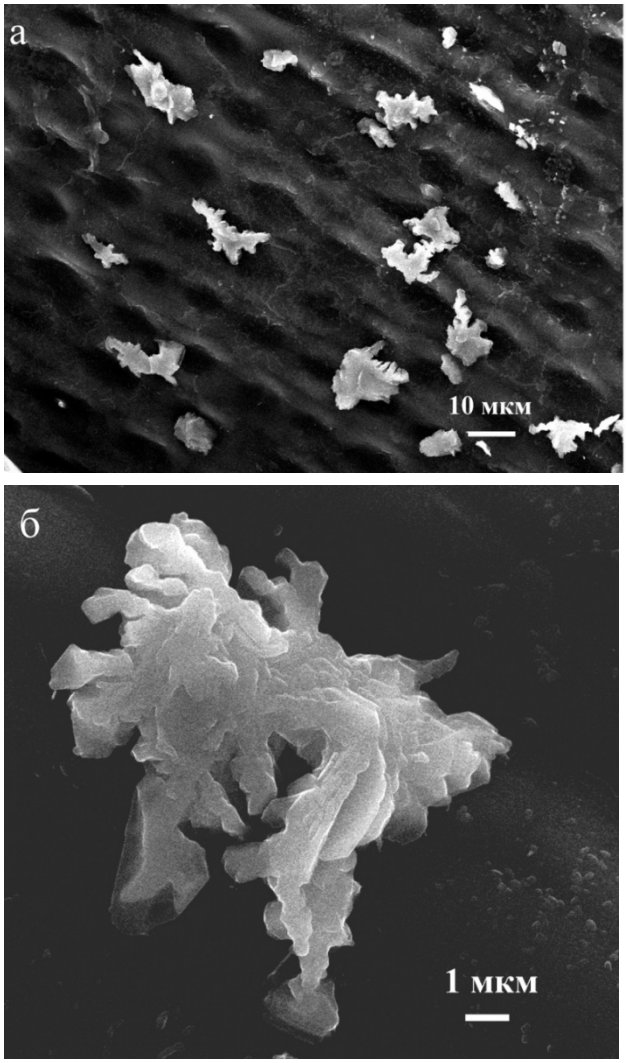


Рис. 4. Микровключения кальциолангбейнита на поверхности рдеста (обр. Т16-279): а – общий вид; б – чешуйчатая структура минерала. РЭМ-изображение в режиме отраженных электронов.

Fig. 4. Microinclusions of calciolangbeinite on the surface of pondweed (sample T16-279): a – general view; b – nano-scale, the enlarged image shows the scaly structure of the mineral. SEM-image in the back-scattered electron mode.

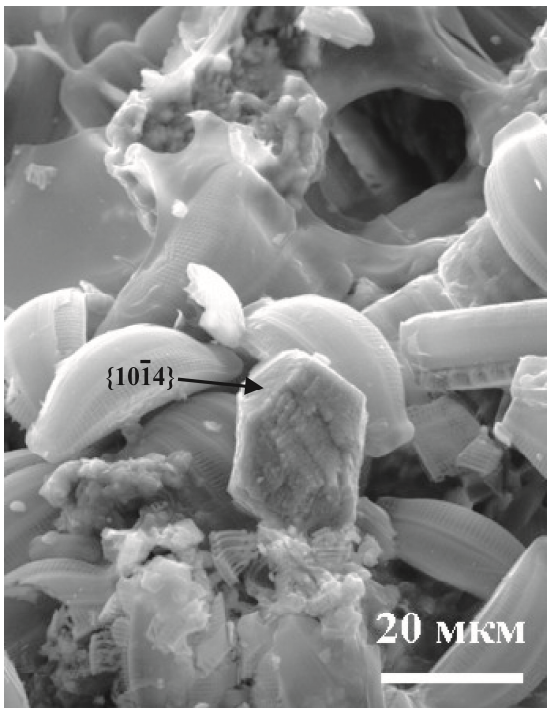


Рис. 5. Монокристалл кальцита ромбоэдрического облика (обр. Т16-281). РЭМ-изображение в режиме отраженных электронов.
Fig. 5. Monocrystal of calcite of rhombohedral shape (sample T16-281). SEM-image in the back-scattered electron mode.

Рдест вепсский (обр.Т16-289) – многолетнее растение, длиною до 2,5 м. Встречается в экотопах с глубинами 0,5 – 1,5 м (до 2,5 м), быстрым течением и песчаными, песчано-каменистыми грунтами. На наружной поверхности листа, кроме кальцита, обнаружены глобулярные агрегаты доломита размером 40–50 мкм, состоящие из наноглобул. При изучении поперечного среза листа рдеста вепсского выявлено, что элементы клеточной мембраны также могут замещаться кальцитом.

Рдест злаковидный (обр. Т16-297) произрастает в водоемах различного типа на глубинах до 1,2 м и в широком диапазоне грунтов: от илистых до каменистых; как в стоячих водоемах, так и в реках с большим течением. Отличительной особенностью этого образца, а также обр. Т16-289 является то, что наряду с биоминеральными корками минерализации подвергается эпидерма клеток рдеста. Гелеподобные кальцийсодержащие пленки на эпидерме формируются на наружной и внутренней поверхности листа. Содержание CaO в них составляет 54–57 мас.%. На микроснимках, кроме бесструктурных и наноблочных образований, выявлены экзотические формы кальцита – веерообразные агрегаты, состоящие из палочковидных субиндивидов.

Сравнительный анализ РЭМ-изображений рдеста, полученный при различных режимах, свидетельствует о присутствии полимерной органо-минеральной составляющей на образованиях кальцита. На микроснимке агрегата кальцита указаны четыре точки, в которых микрозондовым анализом оп-

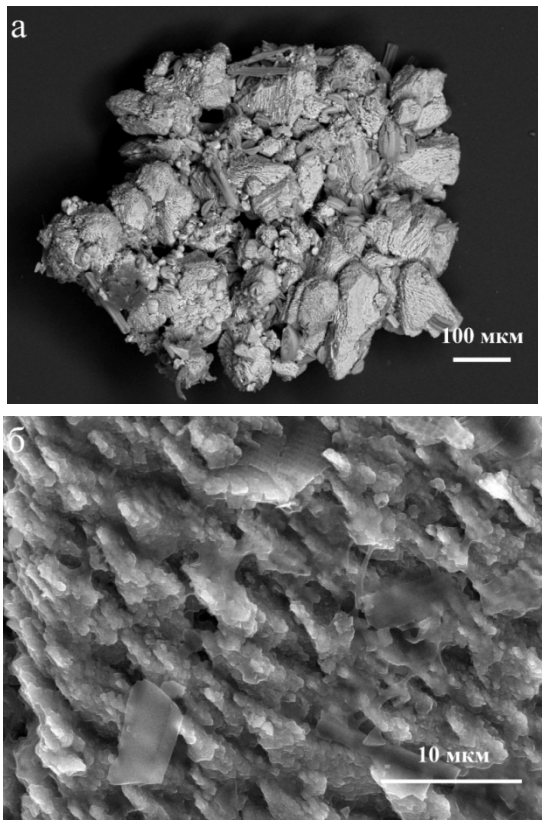


Рис. 6. Друза кальцита (обр. Т16-281). а – общий вид; б – субиндивиды на поверхности кристаллов кальцита. РЭМ-изображение в режиме отраженных электронов.
Fig. 6. Druse of calcite (sample T16-281). a – general view; b – subindividuals on the surface of calcite crystals. SEM-image in the back-scattered electron mode.

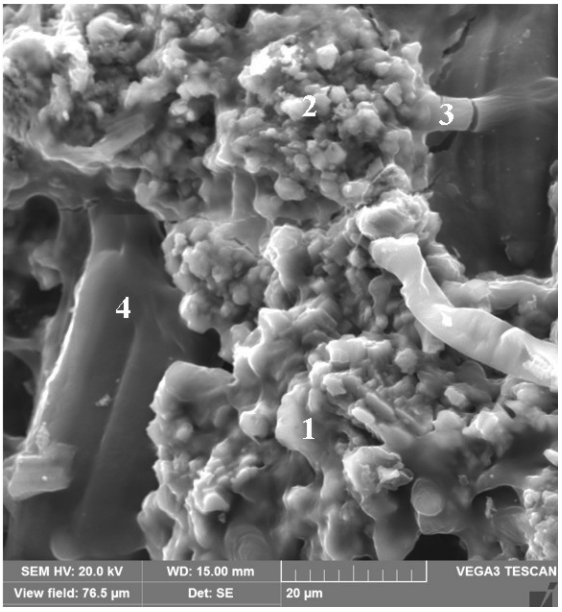


Рис. 7. Кальцит в кремнийсодержащем полимерном веществе (обр. Т16-297). Содержание, %: 1 – Ca – 15, Si –19; 2 – Ca–46, Si–0.47; 3 – Ca–3 , Si–20; 4 – Ca–3, Si–29.
Fig. 7. Calcite in silicon-containing polymer substance (sample T16-297). Content, %: 1 – Ca – 15, Si – 19; 2 – Ca–46, Si–0.47; 3 – Ca–3, Si–20; 4 – Ca–3, Si–29.

ределен химический состав, отличающийся содержанием кальция и кремния (рис. 7). Полагаем, что в генезисе кальцита на рдесте определенная роль отводится цианобактериальным колониям. Кальцит формируется в пределах гликокаликса, для синтеза которого колонии цианобактерий используют биогенный кремнезем – диатомеи.

Следует отметить, что на поверхности макрофитов, свободных от биоминеральных наслоений, микрозондовым методом также зафиксированы значительные вариации содержаний: Ca (4–12%), S (3–14 %), Si (0,3–7%) и K (2–3%). В составе биоминеральных корок спорадически выявляются фрамбоиды пирита, ильменита, ксенотима, кварца, выделения сульфата кальция и висмутсодержащие соединения.

Выводы

Таким образом, выявлено, что химический состав фитолитов отражает процессы карбонатосаждения в холодной пресной воде. Доля CaO в карбонатном осадке на поверхностях макрофитов составляет 68–92 мас.%. Кальцит, являющийся основной минеральной фазой корок, формируется в виде бесформенных образований, кристаллических друз, блочных агрегатов, единичных монокристаллов и экзотических форм (розочки, сферолиты и др.). Обнаружен редкий минерал – кальциолангбейнит.

Иерархическая структура кристаллов и агрегатов кальцита свидетельствует о важной роли цианобактерий, бактериальной микрофлоры, диатомовых и других микрофитов в карбонатизации макрофитов. Изменяя условия микросреды, они способствуют биохимической минерализации не только поверхности листьев, но и клеточных элементов рдеста.

Изучение минерализованных форм макрофитов семейства рдестовых, произрастающих в р.Вымь, показало сложность и многообразие проявлений взаимосвязи органической и минеральной составляющей в системе макрофиты–вода–порода, возможность современного пресноводного континентального карбонатообразования.

Авторы благодарят В.Н.Филиппова, Е.М.Тропникова, к.г.-м.н. Ю.С.Симакову и М.Ф.Самотолкову за сотрудничество в исследованиях.

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке проекта УрО РАН № 18-5-5-44 «Процессы и механизмы минералообразования, надмолекулярной организации минерального вещества, комплексной переработки минерального сырья и формирования наноструктурированных материалов».

Литература

1. *Лаврушин В.Ю., Кулешов В.Н., Киквадзе О.Е.* Травертины Северного Кавказа// Литология и полезные ископаемые. 2006. №2. С. 1–30.
2. *Силаев В.И., Чайковский И.И., Митюшева Т.П., Хазов А.Ф.* Современные карбонатные минерализации на испарительных и седиментационно-диагенетических изотопно-геохимических барьерах. Сыктывкар: Геопринт, 2008. № 2 (64). 68 с.
3. *Pentecost A.* Travertine. Springer. Berlin, 2005. 445 pp.
4. *Perri E., Manzo E., Tucker M.E.* Multi-scale study of the role of the biofilm in the formation of minerals and fabrics in calcareous tufa // Sedimentary geology. 2012. Vol. 263–264. P. 16–29.
5. *Pedley M., Rogerson M., Richard M.* Freshwater calcite precipitates from in vitro mesocosm flume experiments: a case for biomediation of tufas// Sedimentology. 2009. №56. P. 511–527.
6. *Каткова В.И., Митюшева Т.П., Патова Е.Н.* Гидробионтолиты как следствие биоминеральных взаимодействий (на примере харовых водорослей и цианобактерий озер Тимана) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2014. № 8. С. 24–27.
7. *Митюшева Т.П., Каткова В.И.* Роль харовых водорослей в карбонатном осадконакоплении озера Черманты (Тиман) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2015. № 5. С. 41–51.
8. *Каткова В.И., Митюшева Т.П., Тетерюк Б.И.* Карбонатизация макрофитов семейства рдестовых из реки Вымь (Республика Коми) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2018): Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2018. С. 137–138.
9. *Calciolangbeinite, $K_2Ca_2(SO_4)_3$,* a new mineral from the Tolbachik volcano, Kamchatka, Russia / I.V.Pekov, M.E.Zelenski, N.V.Zubkova, V.O.Yapaskurt, N.V.Chukanov, D.I.Belakovskiy and D.Yu.Pushcharovky // Mineral. Mag. 2012. Vol. 76. N 3. P. 673–682.
10. *Katkova V.I., Rakin V.I.* Bacterial genesis of calcite // J. Crystal Growth. 1994. №142. P. 271–274.

References

1. *Lavrushin V.Yu., Kuleshov V.N., Kikvadze O.E.* Travertiny Severnogo kavkaza [Travertines of the North Caucasus] // Litologiya i poleznyye iskopayemyye [Lithology and mineral resources]. 2006. № 2. P. 1–30.
2. *Silayev V.I., Chaikovsky I.I., Mityusheva T.P., Khazov A.F.* Sovremennyye karbonatnyye mineralizatsii na isparitel'nykh i sedimentatsionno-diageneticheskikh izotopno-geokhimicheskikh bar'yerakh [Modern carbonate mineralizations on evaporative and sedimentation-diagenetic isotope-geochemical barriers]. Syktyvkar: Geoprint, 2008. № 2 (64). 68 p.
3. *Pentecost A.* Travertine. Springer. Berlin, 2005. 445 p.
4. *Perri E., Manzo E., Tucker M.E.* Multi-scale study of the role of the biofilm in the formation of minerals and fabrics in calcareous tufa // Sedimentary geology. 2012. Vol. 263–264. P. 16 –29.

5. *Pedley M., Rogerson M., Richard M.* Freshwater calcite precipitates from in vitro mesocosm flume experiments: a case for biomediation of tufas // Sedimentology. 2009. №56. P. 511–527.
6. *Katkova V.I., Mityusheva T.P., Patova E.N.* Gidrobiontolity kak sledstviye biomineral' nykh vzaimodeystviy (na primere kharovykh vodorosley i tsianobakteriy ozer Timana) [Hydrobiontolites as the consequence of biomineral interactions (on the example of seaweed and cyanobacteria of Timan lakes)] // Bull. of Inst. of Geology. Syktyvkar: Geoprint, 2014. № 8. P. 24–27.
7. *Mityusheva T.P., Katkova V.I.* Rol' kharovykh vodorosley v karbonatnom osadkonakoplenii ozera Chermanty (Timan) [The role of charophytes in carbonate sedimentation of Chermanty lake (Timan)] // Bull. of MOIP. Geology Dept. 2015. № 5. P. 41–51.
8. *Katkova V.I., Mityusheva T.P., Teteryuk B.I.* Karbonatizaciya makrofitov semejstva rdestovyh iz reki Vym' (Respubliki Komi) // Sovremennye 75ineral teoreticheskoj, ehksperimental'noj i prikladnoj mineralogii [Carbonization of the macrophytes of the Potamogetonáceae family from the Vym river (Komi Republic) // Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy] (Yushkin's readings — 2018): Mater. of Mineralogy seminar with intern. partic. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2018. P. 137–138.
9. *Calciolangbeinite*, $K_2Ca_2(SO_4)_3$, a new mineral from the Tolbachik volcano, Kamchatka, Russia / I.V.Pekov, M.E.Zelenski, N.V.Zubkova, V.O.Yapaskurt, N.V.Chukanov, D.I.Belakovsky, D.Yu.Pushcharovsky // Mineral. Mag. 2012. Vol. 76. No. 3. P. 673–682.
10. *Katkova V.I., Rakin V.I.* Bacterial genesis of calcite // J. Crystal Growth. 1994. №142. P. 271–274.

Статья поступила в редакцию 02.07.2018.

УДК: 550.835; 550.83.042
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-76-82

**В.В. УДОРАТИН,
А.Ш. МАГОМЕДОВА, Ю.Е. ЕЗИМОВА**

ЛОКАЛЬНАЯ РАДОНОВАЯ АНОМАЛИЯ В ЗОНЕ ВЫЧЕГОДСКО-ЛОКЧИМСКОГО РАЗЛОМА

*Институт геологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

udoratin@geo.komisc.ru
asmagomedova@geo.komisc.ru
yeezimova@geo.komisc.ru

Аннотация

В статье представлены результаты радоновой эманационной съемки в зоне Вычегодско-Локчимского разлома. По результатам радиометрических исследований зона разлома отмечается повышенными значениями объемной активности радона. В пределах центрального сегмента разлома выделена область аномально высоких значений объемной активности радона. Эти значения сравнимы с данными по объемной активности радона в пределах радиевого промысла в районе пос. Водный. После детальных работ построена схема изолиний радоновой аномалии. По предварительным оценкам, аномалия связывается с Вычегодско-Локчимским разломом, с областью, где разлом меняет северо-западное направление на широтное.

Ключевые слова:
разлом, объемная активность радона, радоновая аномалия

**V.V. UDORATIN,
A.SH. MAGOMEDOVA, YU.E. EZIMOVA**

LOCAL RADON ANOMALY IN THE VYCHEGDA-LOKCHIM FAULT ZONE

*Institute of Geology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

Abstract

When mapping fault zones of the Vychegda trough radon survey was conducted. The Vychegda-Lokchim, Pritiman, Keltmin, and Vishera faults were investigated. The Vychegda-Lokchim fault is located in the southwestern part of the Vychegda trough and is the borderline with the Kirov-Kazhim aulacogen. Emanation studies across the Vychegda-Lokchim fault were carried out in its northern and central sections. High values of the volume radon activity were observed in the course of research near the village of Chetdino. In this regard, we carried out additional work to localize the radon anomaly. Monitoring of radon activity was performed in summer and autumn for 3 days. Maximum values of the volume radon activity in the central part of the anomalous region reached 12750 Bq/m^3, minimum - 3300 Bq/m^3. Measurements of volume radon activity in air give values of 35–130 Bq/m^3. These values were compared with the indications of volume activity of the radium industry near the settlement Vodny. As a result, the scheme of isolines of the anomalous radon zone was constructed. The anomaly has an elongated shape, located in the direction close to the strike of the Vychegda-Lokchim fault.
Further detailed study of the "Chetdinskaya" anomalous zone is recommended, using the entire available complex of geophysical and geochemical methods.

Keywords:
fault, volume radon activity, radon anomaly

Введение

Эманационная съемка – один из старейших методов радиометрической разведки. Он широко используется для решения фундаментальных задач сейсмологии и прикладных задач инженерной и промысловой геофизики [1]. Эманационная съемка

относится к доступным, экспрессным и дешевым геофизическим методам, который используется для поиска радиоактивных руд, залежей углеводородов [2], обнаружения и трассирования тектонических нарушений [3, 4], прогноза сейсмических событий [5] и вулканической активности [6]. В России в последнее время радоновая съемка активно используется для поиска и изучения кимберлитовых тел в Архангельской области [7], Якутии [8]. Нами такие работы проводились на территории Среднего Тимана в пределах Умбинской, Среднинской и Водораздельной кимберлитовых трубок взрыва [9].

Выделение разломных зон на местности имеет существенное практическое значение для определения границ распространения связанных с ними рудопроявлений, месторождений углеводородов, землетрясений и т.д. Для большинства регионов, в том числе и Тимано-Североуральского, выделение разломов прямыми методами невозможно из-за слабой обнаженности коренных пород. Поэтому для их изучения на первое место выходят геофизические методы. Несомненно, наиболее надежными являются сейсмические методы, однако не всегда удается получить материалы хорошего качества, поскольку они дорогостоящие и в основном направлены на поиски углеводородов. Данные магниторазведки, электроразведки, гравиразведки позволяют картировать разломные зоны. Они более доступны в производстве, но ограничены по природе метода. Эффективнее при картировании применять комплексирование методов. В комплекс методов для картирования разломов, как это показал опыт работ в различных регионах, входит радоновая съемка [10, 11]. Использование такой съемки в условиях перекрытых осадочным чехлом территорий, к которым относится и Республика Коми, ставит перед нами задачу выбора соответствующей методики наблюдения с учетом влияющих на проведение исследований различных факторов.

Физические предпосылки и факторы, влияющие на радоновую съемку

Понятием «радон» объединяется группа из 19 изотопов, из которых только три встречаются в природе. Они активно мигрируют в структурах континентальной коры с формированием аномалий в ее приповерхностной зоне. Определяющую роль в балансе природных изотопов радона играет радон-222 как продукт распада урана-238 (с периодом полураспада 3.82 сут.), инертный газ, без запаха, цвета и вкуса. Намного меньшее значение имеет торон (радон-220). Это продукт распада тория-232 с периодом распада 55 сут. Еще менее значим короткоживущий актинон (радон-219) с периодом полураспада 3.9 сут. [12].

Радон генерируется через ряд распада урана-238, производящего несколько изотопов с длительным периодом полураспада (уран-234, торий-230, радий-226), которые обычно встречаются в гранитных, магматических, осадочных, метаморфических породах, поэтому он производится практически всеми типами пород и почв на разных глубинах [13]. Среди осадочных пород наибольшей радиоактивностью обладают глины, глинистые сланцы, калийные соли и фосфориты. Повышенной радиоактивностью характеризуются также битумы и каменные угли, иногда песчаники и известняки, если они обогащены монацитовыми, глауконитовыми фракциями. Высокая радиоактивность осадочных пород иногда связывается с пластовыми водами хлоркальциевого и сульфидно-кальциевого типа [14]. Кроме этого, радон можно рассматривать как глубинный газ, который поднимается по разломам и трещинам. Основным механизмом транспортировки к дневной поверхности выступает поток газов в форме микропузырьков. На глубинах в несколько тысяч километров, согласно современным исследованиям, пузырьки газов-транспортеров (H_2, CO_2, CH_4) обеспечивают основной процесс миграции тяжелых газов [15].

В настоящее время радоновые исследования в геологии и геофизике проводятся во многих странах: в Китае, Индии, Турции, Италии, Греции, США, Мексике, Японии и т.д. В России изучением радоновой проблемы занимаются С.В.Анисимов, А.А.Бобров, Г.И.Войтов, С.В.Галиченко, А.Г.Григорян, К.Б.Данилов, М.В.Жуковский, Г.П.Киселев, П.В.Коваль, Н.О.Кожевников, И.А.Козлова, В.Т.Левшенко, П.С.Микляев, А.И.Овсюченко, В.П.Рудаков, К.Ж.Семинский, А.А.Спивак, М.В.Сухоруков, В.И.Уткин, П.П.Фирстов, А.В.Черемных, А.К.Юрков, Е.Ю.Яковлев, В.С.Яковлева и др. Нами были проанализированы работы различных авторов, благодаря которым удалось выделать основные факторы, влияющие на динамику концентрации радона в почвенном воздухе на разных территориях.

Таким образом, к основным факторам, влияющим на динамику концентрации радоновой активности в почвенном воздухе, относятся:

1) содержание материнских радиоактивных элементов (уран, торий, радий) в породах фундамента и осадочного чехла;

2) степень раздробленности и флюидопроницаемости пород, размеры и морфогенетический тип разломных зон;

3) геодинамическая обстановка;

4) метеоусловия (температура, влажность, атмосферное давление);

5) глубина скважины;

6) солнечная активность;

7) время накопления газа [16].

Цель нашего исследования заключается в создании оптимальной экспрессной методики измерений объемной активности радона (ОАР) в почвенном воздухе для локализации и трассирования разломных зон, перекрытых осадочным чехлом в пределах Тимано-Печорского региона и выявление факторов, влияющих на динамику концентрации почвенного радона. Объектом исследования является почвенный воздух в пределах разломных зон и вдали от них.

Аппаратурное обеспечение

При выполнении в полевых условиях измерений объемной активности радона применяли два измерительных комплекса: портативный радиометр РРА-01М-01 и комплекс «Альфарад плюс», предна-

значенные для экспрессных измерений ОАР и плотности потока (ППР) радона-222 в воздухе жилых помещений и на открытом воздухе. Наличие специальных пробоотборников позволяет проводить измерения содержания радона в воде, почвенном воздухе, определять ППР с поверхности почвы.

Измерение объемной активности основано на электростатическом осаждении заряженных ионов ^{218}Po (RaA) из отобранной пробы воздуха на поверхность полупроводникового детектора. Объемная активность радона-222 определяется по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде атомов RaA, осевших на полупроводниковый детектор. Электрические импульсы, образующиеся под воздействием на детектор альфа частиц, усиливаются зарядочувствительным предусилителем и поступают на вход амплитудно-цифрового преобразователя (АЦП) и далее обрабатываются микропроцессором. Импульсы, соответствующие альфа-частицам RaA, регистрируются счетчиком микропроцессора. Эффект, обусловленный накоплением RaA на поверхности детектора, не влияет на результаты последующих измерений в силу малого периода полураспада RaA [17, 18].

Объект исследования

При картировании разломных зон Вычегодского прогиба проводилась радоновая съемка. Исследовались Вычегодско-Локчимский, Притиманский, Кельтминский, Вишерский разломы (рис. 1). Вычегодско-Локчимский разлом находится в юго-западной части прогиба и является пограничным с Кировско-Кажимским авлакогеном. Разлом северо-западного простирания имеет протяженность 220 км. Эманационные исследования через Вычегодско-Локчимский разлом выполнялись в его северном и центральном участках. Всего было отработано шесть профилей и несколько отдельных пунктов. Северный сегмент разломной зоны по профилям «Студенец» и «Часово» характеризуется значениями радоновой активности 771–1171 Бк/м^3. В центральном сегменте наблюдаются максимальные значения ОАР по профилям «Позтыкерос», «Мордино», «Чет-дино», составляющие 1060–2985 Бк/м^3. В ходе выполнения исследований в районе с.Четдино отмечаются высокие значения объемной активности радона. В связи с этим нами проведены дополнительные работы с целью локализации радоновой аномалии.

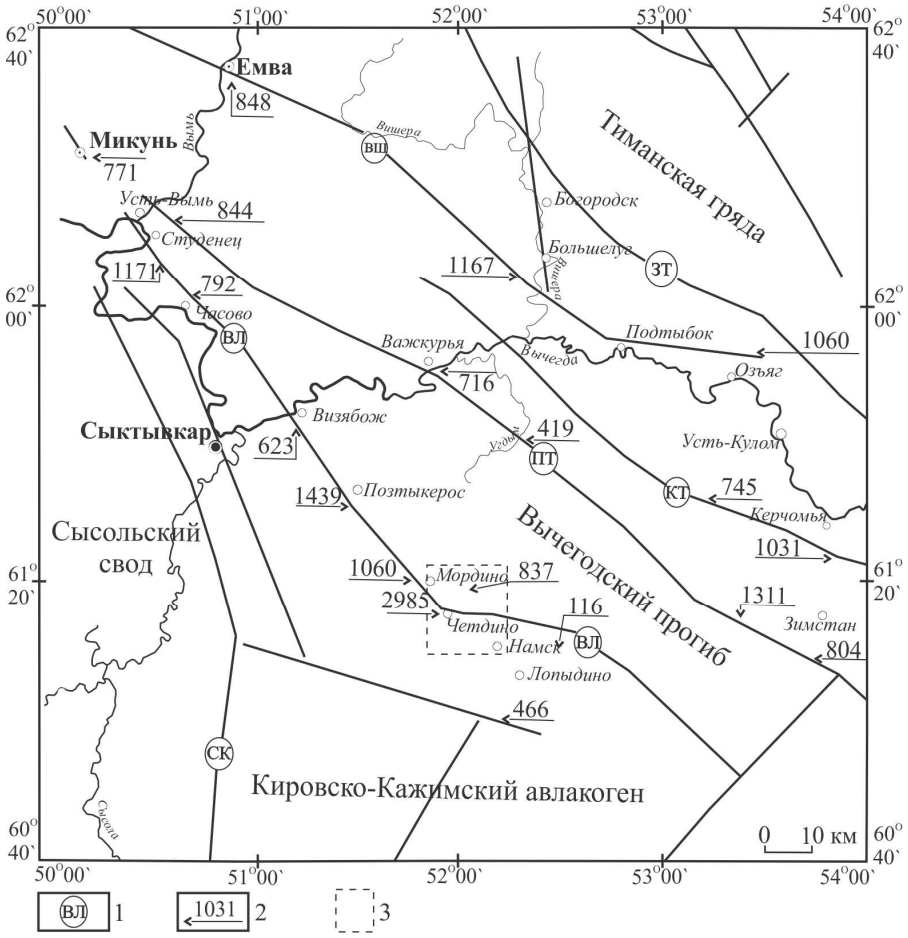


Рис. 1. Схема разломной тектоники юга Республики Коми с данными радоновой съемки.
Условные обозначения: 1 – разломы: СК–Сыктывкарский, ВЛ–Вычегодско-Локчимский, ПТ–Притиманский, КТ–Кельтминский, ВШ–Вишерский, ЗТ–Западно-Тиманский; 2 – значения объемной активности радона, Бк/м^3; 3 – участок детальных радиометрических работ.
Fig. 1. Fault tectonics scheme of the south of the Komi Republic with radon survey data.
Legend: 1 – faults: СК – Syktyvkar, ВЛ – Vychegda-Lokchim, ПТ – Pritiman, КТ – Kel'tmin, ВШ – Vishera, ЗТ – West-Timan; 2 – values of the volume radon activity, Bq/m^3; 3 – detailed radiometric works site.

Результаты работ

Вблизи предполагаемого эпицентра аномалии устанавливался прибор, где шла непрерывная регистрация объемной активности радона. Измерения выполнялись со скважины диаметром 0.1 м, глубиной 0.75 м. Одновременно регистрировались температура, влажность, давление и гамма-излучение. Замеры выполнялись непрерывно в течение четырех суток.

График объемной активности радона, построенный по наблюдениям в период 8–11 июня 2018 г., показан на рис. 2 А. График можно разделить на две области: левую, где средние значения достигают порядка 10 тыс. Бк/м^3, правую – со средними значениями 4 500 Бк/м^3. Объяснить падение значений затруднительно. Отдельно можно отметить обратную зависимость ОАР от температуры, частично от влажности. Но эти колебания проявляются как в правой части графика, так и в левой. Средние значения ОАР являются высокими и явно обращают на себя внимание.

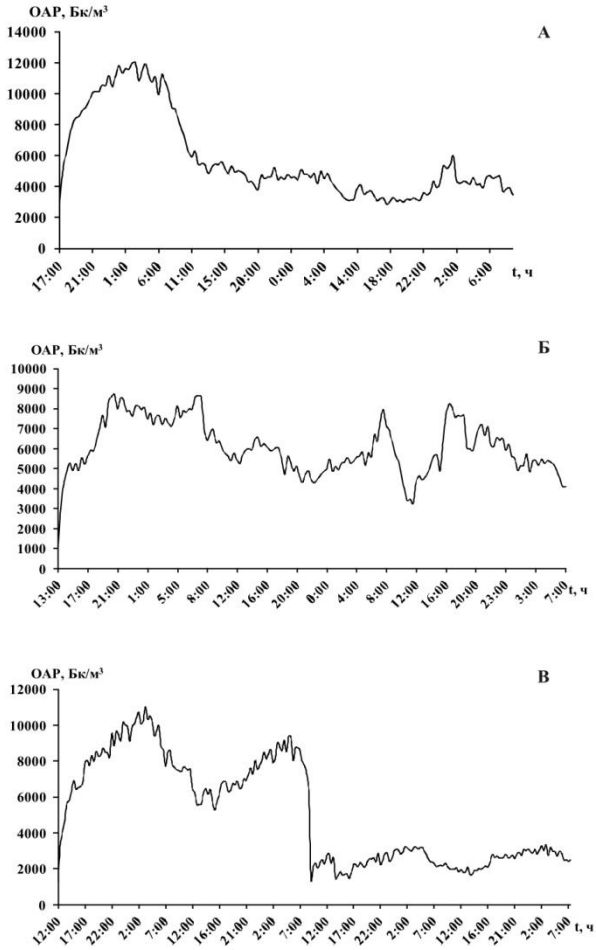


Рис. 2. Графики объемной активности радона. А – пункт наблюдения вблизи с. Четдино, 8.06–11.06.2018 г.; Б – пункт наблюдения вблизи с. Четдино, 11.09–14.09.2018 г.; В – пункт наблюдения в пос. Водный, 16.06–20.06.2018 г.

Fig. 2. Graphs of the volume radon activity. A – observation point near the village Chetdino, 8.06–11.06.2018; Б – observation point near the village Chetdino, 11.09–14.09.2018; B – observation point near the settlement Vodny, 16.06–20.06.2018.

В пределах Тимана имеются территории с естественным повышенным содержанием радионуклидов в породах, почвах, поверхностных и подземных водах. Водоносные горизонты протерозоя и девона Тиманского артезианского бассейна трещинных вод имеют повышенные содержания урана и тория (и продуктов их распада). Радиоактивные воды протерозоя использовались для извлечения радия на заводе «Водный промысел», и в настоящее время в районе пос. Водный Ухтинского района Республики Коми наблюдаются зоны с повышенным α-, β-, γ- излучением. В тектоническом плане Ухтинский район расположен в пределах северо-восточной части Южного Тимана. В его геологическом строении принимают участие породы верхнего протерозоя, слагающие фундамент и комплексы осадочного чехла, представленные девонскими и четвертичными отложениями. Повышенное содержание радиоактивных элементов на данном участке обусловлено близостью коренных пород к дневной поверхности.

Именно это определило необходимость проведения радоновых исследований в пределах радиевого промысла в районе пос. Водный, а также позволяет нам выбрать эту территорию для полигона отработки методики измерений ОАР при наличии постоянного потока радона. Нами были изучены материалы предшественников и выбраны участки с наиболее высокими показателями радиоактивного загрязнения [19]. Далее проведены измерения на отдельных пунктах (рис. 3), где значения ОАР составляли: т. 686 – 984 Бк/м^3, т. 687 – 3 024 Бк/м^3, т. 688 – 1 130 Бк/м^3, т. 689 – 1 217 Бк/м^3, т. 690 – 9 894 Бк/м^3, т. 691 – 3 057 Бк/м^3. Выбран стабильный по потоку участок и проведен мониторинг в течение нескольких суток. На рис. 2 В показан график ОАР. Интересно, что и в данном случае наблюдалась схожая картина: левая часть графика имеет средние значения около 8 тыс. Бк/м^3, правая часть – около 3 тыс. Бк/м^3; такая же зависимость ОАР и от температуры.

Дальнейшие детальные радиометрические работы в пределах выявленной «Четдинской» аномалии предусматривали усложнение методики наблюдений. Как и ранее, устанавливался прибор, с помощью которого проводилась непрерывная регистрация ОАР в течение трех суток. Одновременно выполнялись замеры по площади в разные стороны от стационарного прибора с шагом 500–1000 м. Для повышения точности измерения на отдельных пунктах проводились трижды с накоплением в течение одного часа. График ОАР за трое суток имеет стабильный характер, с суточными флуктуациями, связанными с температурными перепадами (рис. 2 Б). График не повторяет характер предыдущих по пос. Водному (рис. 2 В) и ранее выполненным измерениям (рис. 2 А). Средние значения ОАР в данный период составляют 6 500 Бк/м^3.

В результате построена схема изолиний аномальной радоновой зоны (рис. 4). Аномалия имеет вытянутую форму, располагающуюся по направлению близко к простиранию Вычегодско-Локчимского разлома. Максимальные значения ОАР в централь-

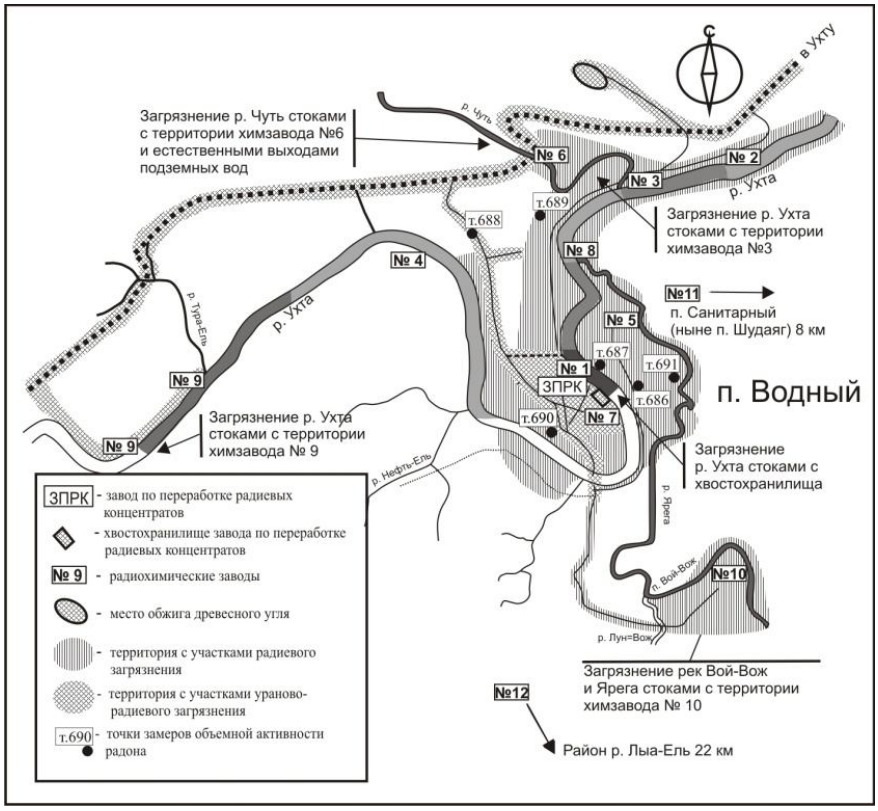


Рис. 3. Схема участков радиоактивного загрязнения на территории радиевого промысла [19] с точками замеров объемной активности радона.
Fig. 3. Scheme of radioactive contamination sites in the territory of the radium industry [19] with measurement points of the volume radon activity.

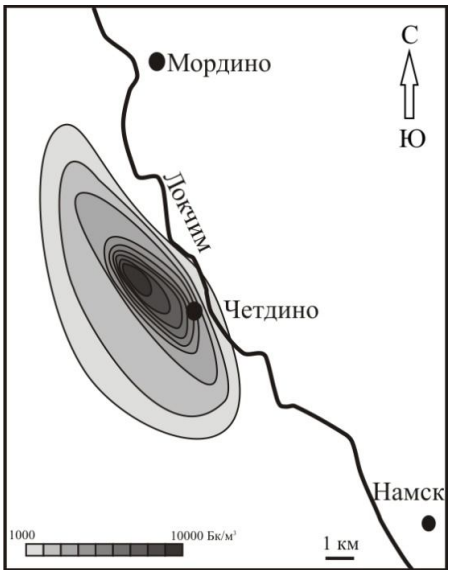


Рис. 4. Схема изолиний радоновой аномалии в пределах зоны Вычегодско-Локчимского разлома (вблизи с. Четдино).
Fig. 4. Scheme of isolines of the radon anomaly within the Vychegda-Lokchim fault zone (near the village Chetdino).

ной части аномальной области достигали 12 750 Бк/м^3, минимальные – 3 300. Замеры ОАР в воздухе дают значения 35–130 Бк/м^3, которые также являются высокими.

Заключение

В результате выполненных радиометрических исследований, входящих в комплекс геофизических работ, обосновано отражение разломных зон в поле радона. По данным экспрессной эманационной съемки, зона разлома отмечается повышенными значениями объемной активности радона. Вдоль и поперек линии разлома значения ОАР находятся в пределах 500–1500 Бк/м^3. Вдоль линии разлома ОАР может изменяться. Ширина зоны повышенных показаний ОАР больше самой зоны разлома. В пределах центрального сегмента Вычегодско-Локчимского разлома выделена область аномально высоких значений ОАР. Был проведен мониторинг ОАР в течение четырех суток в июне и трех суток в сентябре. Максимальные величины ОАР в центральной части аномальной области достигали 12 750 Бк/м^3, минимальные – 3 300 Бк/м^3. Эти показатели сравнимы с данными по ОАР в пределах радиевого промысла в районе пос. Водный. После детальных работ построена схема изолиний радоновой аномалии. По предварительным оценкам, аномалия связывается с Вычегодско-Локчимским разломом, с зоной, где разлом меняет северо-западное направление на широтное. Однако область проявления разлома по сейсмическим данным, имеющимся лишь для северного сегмента, охватывает фундамент и низы осадочного чехла и лишь незначительно эта область затрагивает его верхи, не выходя на поверхность. Для детального

построения глубинной схемы сейсмических материалов пока явно недостаточно. Авторами рекомендуется дальнейшее детальное изучение «Четдинской» аномальной зоны с использованием всего имеющегося комплекса геофизических и геохимических методов.

Исследования выполнены при частичной поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН №18-5-5-19.

Литература

1. *Рудаков В.П.* Эманационный мониторинг геосред и процессов. М.: Научный мир, 2009. 176 с.
2. *Киляков А.В.* История развития эманационных методов и их роль в нефтяной геологии на современном этапе // Известия Саратовского университета Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 13. Вып. 2. С. 57–60.
3. *Семинский К.Ж., Бобров А.А.* Радоновая активность разнотипных разломов земной коры (на примере Западного Прибайкалья и Южного Приангарья // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 8. С. 881–896.
4. *Удоратин В.В., Езимова Ю.Е., Магомедова А.Ш.* Объемная активность радона в пределах разломных зон Кировско-Кажимского и Печоро-Колвинского авлакогенов // Литосфера. 2017. Т. 17. № 6. С. 136–152.
5. *Уткин В.И., Юрков А.К.* Радон как индикатор геодинамических процессов // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 2. С. 277–286.
6. *Soil radon* measurements as a potential tracer of tectonic and volcanic activity / M.Neri, E.Ferrera , S.Giammanco, G.Currenti, R.Cirrincione, G.Patane, V.Zanon // Scientific reports. (2016) 6. 24581. 12 p.
7. *Киселев Г.П., Данилов К.Б., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В.* Радиометрические и сейсмометрические исследования кимберлитовой трубки Чидвинская (Архангельская алмазоносная провинция) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. №2 (30). С. 43–53.
8. *Семинский К.Ж., Бобров А.А., Оленченко В.В.* Электротомография и радоновая съемка кимберлитовмещающих разломных зон Алакит-Мархинского поля в западной Якутии: опыт применения // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. № 3. С. 3–12.
9. *Магомедова А.Ш., Удоратин В.В. Езимова Ю.Е.* Отражение разломных зон и трубок взрыва Среднего Тимана в геофизических по-лях // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2015. №10. С. 28–34.
10. *Комплексные геолого-геофизические* исследования активных разломов в Сочи – Краснополянском районе / А.Н.Овсюченко, А.В.Хилько, С.В.Шварев, К.А.Костенко, А.В.Мараханов, Е.А.Рогожин, С.С.Новиков, А.С.Ларьков// Физика земли. 2013. №6. С. 116–138.
11. *Левшенко В.Т., Григорян А.Г.* Использование данных комплексных исследований при определении положения разломов в платформенных районах (на примере Рославльского разлома) // Геофизические исследования. 2015. Т. 16. №3. С. 55–62.
12. *Андреев А.И., Коковкин А.А., Медведева М.Б.* Радон как индикатор сейсмогеодинамической активности // Безопасность в техносфере. 2011. № 5. С. 8 –13.
13. *Lopez J., Dena Ornelas O., Sago-Bohus L., Rodriguez G., Chavarria I.* Correlation between underground radon gas and dormant geological faults // Journal of Nuclear Physics. Material Sciences, Radiation and Applications. 2016. Vol. 4. № 1. P. 265–275.
14. *Березина Е.В.* Приземные концентрации и потоки радона-222 на территории России, и оценки биогенных эмиссий углекислого газа, метана и сухого осаждения озона: Дис. канд. физ.-мат. наук. М.: Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, 2014. 136 с.
15. *Фирстов П.П., Макаров Е.О., Максимов А.П., Чернев И.И.* Отражение геодинамической обстановки северо-западного обрамления Тихого океана в динамике подпочвенного радона в газовом составе теплоносителя Мутновской ГеоЭС // Вулканология и сейсмология. 2015. № 5. С. 1–7.
16. *Магомедова А.Ш., Езимова Ю.Е., Удоратин В.В.* Вариации объемной активности радона в почвенном воздухе юга Республики Коми: Материалы 26-й научной конференции Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2017. С. 113–117.
17. *Радиометр* радона портативный РРА-01М-01//Руководство по эксплуатации. М., 2009. 28 с.
18. *Комплекс* измерительный для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад плюс» // Руководство по эксплуатации. М., 2017. 81 с.
19. *Кичигин А.И.* Экологические последствия деятельности Ухтинского радиевого промысла (1931–1956) // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов: Материалы III Международной научной конференции. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2007. С. 242–243.

References

1. *Rudakov V.P.* Ehmanacionnyi monitoring geosred i processov [Emanation monitoring of geomediums and processes]. Moscow: Nauchnyi mir [Science world], 2009. 176 p.
2. *Kilyakov A.V.* Istoriya razvitiya ehmanacionnyh metodov i ih rol' v neftyannoi geologii na sovremennom ehtape [History of development of emanation methods and their role in oil geology at the present stage] // Proc. of Saratov Univ. New series. Series Earth Sciences. 2013. Vol. 13. Issue 2. P. 57–60.
3. *Seminsky K.Zh., Bobrov A.A.* Radonovaya aktivnost' raznotipnyh razlomov zemnoi kory (na primere Zapadnogo Pribaikal'ya i Yuzhnogo Priangar'ya [Radon activity of various types of faults of the earth's crust (on the ex-

ample of the Western Baikal region and the Southern Angara region] // Geology and Geophysics. 2009. Vol. 50. No. 8. P. 881–896.
4. *Udoratin V.V., Ezimova Yu.E., Magomedova A.Sh.* Ob"emnaya aktivnost' radona v predelah razlomnyh zon Kirovsko-Kazhimskogo i Pechoro-Kolvinskogo avlakogenov [The volume radon activity within the fault zones of the Kirov-Kazhim and Pechora-Kolvin aulacogenes] // Lithosphere. 2017. Vol. 17. No. 6. P. 136–152.
5. *Utkin V.I., Yurkov A.K.* Radon kak indikator geodinamicheskih processov [Radon as an indicator of geodynamic processes] // Geology and Geophysics. 2010. Vol. 51. No. 2. P. 277–286.
6. *Soil radon measurements* as a potential tracer of tectonic and volcanic activity / M.Neri, E.Ferrera, S.Giammanco, G.Currenti, R.Cirrincione, G.Patane, V.Zanon // Sci. reports. (2016) 6. 24581. 12 p.
7. *Kiselev G.P., Danilov K.B., Yakovlev E.Yu., Druzhinin S.V.* Radiometricheskie i seismometricheskie issledovaniya kimberlitovoi trubki Chidvinskaya (Arhangel'skaya almazonosnaya provintsiya) [Radiometric and seismometric studies of the kimberlite pipe Chidvinskaya (Arkhangelsk diamondiferous province)] // Bull. of KRAUNTS. Earth Sciences. 2016. No. 2(30). P. 43–53.
8. *Seminsky K.Zh., Bobrov A.A., Olenchenko V.V.* Ehlektrotomografiya i radonovaya s"emka kimberlitovmeshchayushchih razlomnyh zon Alakit-Marhinskogo polya v zapadnoi Yakutii: opyt primeneniya [Electrotomography and radon survey of kimberlite-containing fault zones of Alakit-Markhin field in Western Yakutia: application experience] // Kriosfera Zemli [Cryosphere of the Earth]. 2017. Vol. XXI. No. 3. P. 3–12.
9. *Magomedova A.Sh., Udoratin V.V., Ezimova Yu.E.* Otrazhenie razlomnyh zon i trubok vzryva Srednego Timana v geofizicheskih polyah [Reflection of fault zones and blast tubes of the Middle Timan in geophysical fields] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. 2015. No.10. P. 28–34.
10. *Kompleksnye geologo-geofizicheskie-issledovaniya* aktivnyh razlomov v Sochi – Krasnopolyanskom raione [Complex geological and geophysical studies of active faults in Sochi – Krasnaya Polyana area] / A.N.Ovsyuchenko, A.V.Khil'ko, S.V.Shvarev, K.A.Kostenko, A.V.Marakhanov, E.A.Rogozhin, S.S.Novikov, A.S.Lar'kov // Fizika Zemli [Earth Physics]. 2013. No. 6. P. 116–138.
11. *Levshenko V.T., Grigoryan A.G.* Ispol'zovanie dannyh kompleksnyh issledovanii pri opredelenii polozheniya razlomov v platformennyh raionah (na primere Roslavl'skogo razloma) [The use of complex research data in determining the position of faults in platform areas (on example of the Roslavl' fault)]. Geofizicheskie issledovaniya [Geophysical research]. 2015. Vol. 16. No. 3. P. 55–62.
12. *Andreev A.I., Kokovkin A.A., Medvedeva M.B.* Radon kak indicator seismogeodinamicheskoi aktivnosti [Radon as an indicator of seismogeodynamic activity] // Bezopasnost' v tehnosfere [Safety in the technosphere]. 2011. No. 5. P. 8–13.
13. *Lopez J., Dena Ornelas O., Sago-Bohus L., Rodriguez G., Chavarria I.* Correlation between underground radon gas and dormant geological faults // J. of Nuclear Physics. Material Sciences, Radiation and Applications. 2016. Vol. 4. № 1. P. 265–275.
14. *Berezina E.V.* Prizemnye kontsentratsii I potoki radona-222 na territorii Rossii I otsenki biogennyh emissii uglekislogo gaza, metana I suhogo osazhdeniya ozona [Surface concentrations and fluxes of radon-222 in Russia, and estimates of biogenic emissions of carbon dioxide, methane and dry ozone deposition]: Diss....Cand. Sci. (Phys.&Math.). Moscow: Inst. of Atmospheric Physics named after A.M. Obukhov, RAS, 2014. 136 p.
15. *Firstov P.P., Makarov E.O., Maksimov A.P., Chernev I.I.* Otrazhenie geodinamicheskoi obstanovki severo-zapadnogo obramleniya Tihogo okeana v dinamike podpochvennogo radona v gazovom sostave teplonositelya Mutnovskoi GeoEs [Reflection of the geodynamic situation of the northwestern frame of the Pacific Ocean in the dynamics of subsoil radon in the gas composition of the heat carrier of the Mutnovskaya GeoES] // Volcanology and seismology. 2015. No. 5. P. 1–7.
16. *Magomedova A.Sh., Ezimova Yu.E., Udoratin V.V.* Variatsii ob''emnoi aktivnosti radona v pochvennom vozduhe yuga Respubliki Komi [Variations of the volume radon activity in the soil air of the south of the Komi Republic]: Materials of the 26th sci. conf. of the Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. Syktyvkar, 2017. P. 113–117.
17. *Radiometr* radona portativnyi PPA-01M-01 [Radon radiometer portable PPA-01M-01] // Rukovodstvo po ekspluatatsii [Manual]. Moscow, 2009. 28 p.
18. *Kompleks* izmeritel'nyi dlya monitoring radona, torona I ih dochernih produktov "Al'farad plyus" [The measuring complex for monitoring radon, thoron and their daughter products "Alfarad plus"] // Rukovodstvo po ekspluatatsii [Manual]. Moscow, 2017. 81 p.
19. *Kichigin A.I.* Ekologicheskie posledstviya deyatel'nosti Ukhtinskogo radievogo promysla (1931–1956) // Problemy ratsional'nogo ispolzovaniya prirodnogo i tekhnogennogo syr'ya Barentseva regiona v tekhnologii stroitel'nyh i tekhnicheskih materialov [Ecological consequences of the activities of the Ukhta radium industry (1931–1956) // Problems of rational use of natural and technogenic raw materials of the Barents region in the technology of building and technical materials]: Materials of the III Intern. Sci. Conf. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS, 2007. P. 242–243.

Статья поступила в редакцию 01.10.2018.

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 39;398(=511.2)
DOI 10.19110/1994-5655-2019-10-83-92

В.И. СПОДИНА

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТРАДИЦИОННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ, СВЯЗАННЫЕ С РУКОЙ, У ОБСКИХ УГРОВ И САМОДИЙЦЕВ: ОТ ОБЫДЕННОГО К САКРАЛЬНОМУ

Обско-угорский институт прикладных исследований и разработок, г. Ханты-Мансийск

vspodina@mail.ru

Аннотация

На большом этнографическом материале раскрывается многофункциональность и полисимволичность верхних конечностей человека в традиционной культуре обских угров и самодийцев. Представлены отдельные языковые единицы, которые используются для инструментально-орудийной деятельности (названия пальцев, разновидностей пяди, пальцевый счёт). Сформулированы основные принципы построения семиотической концептуализации применительно к отдельной части тела человека. Впервые определена и описана иерархия пальцев руки у хантов, манси и ненцев. Высказано предположение о связи одного из элементов траурного обряда с обычаем ритуальных увечий.

Ключевые слова:
символика руки, оппозиция правой/левой руки, иерархия пальцев

V.I. SPODINA

SOME ASPECTS OF TRADITIONAL IDEAS ASSOCIATED WITH THE HAND IN THE OB UGRIANS AND SAMOYEDS: FROM THE ORDINARY TO THE SACRED

Ob-Ugric Institute for Applied Research and Development, Khanty-Mansiysk

Abstract

The large ethnographic material reveals the functional meaning, as well as symbolic meanings of the image of a hand, embodied in mythology, folklore, rituals, customs, and etiquette. Protective actions associated with the hand are noted.
Separate language units are presented used for instrumental and tool activity (names of fingers, varieties of span, finger count). It is emphasized that unlike the Khanty and Mansi, which have an independent name for every finger, the Forest Nenets nominate it descriptively, comparing it with a branch or an offshoot of the deer's horn.
The material on hierarchy of the fingers shows that the thumb had a close relationship with one of the varieties of souls in the Ob Ugrians and Samoyeds – a "burial soul", and the phalanx of the thumb of the right hand, cut off from the great shaman, became a major fetish of the descendants of the deceased and embodied shamanic power. The symbolism of the index finger emphasized the ability of a person to control; the connection of its name with sewing ("thimble-finger") was marked. The middle finger was characterized as "high" and had no symbolic meaning. The name of the ring finger ("finger without a name"), related to the organs symbolizing life (heart, liver) was explained by the fear of the evil eye. Little finger marked a boundary with the other world. It was given the role of creating a channel of mental communication between people.
The paper emphasizes the importance of the hand with an incomplete number of fingers as a marker of the inhabitants of the other world, as well as the symbolism of the hand in the funeral rite. The special role of the hand in the etiquette associated with the custom of avoidance is noted. The paper reveals the diversity of approaches to the study of the body as a socio-cultural phenomenon.

Keywords:
symbolism of a hand, opposition of the right/left hand, hierarchy of fingers, finger count

Можно утверждать, что пальцы – это окна, через которые лучше виден человек.

Л.Е. Этинген

Введение

Исследование социокультурного смысла телесности, её аксиологического содержания приобретает важное значение в связи с возрастанием интереса к различным аспектам изучения человека. Проблема тела и телесности не является новым направлением гуманитарных исследований. Деятельностная сущность человека, вопросы философской антропологии раскрываются в работах Г.С. Батищева (1969, 1984, 1987, 1990, 1991), Н.А. Бердяева (1931), Л.П. Буевой (1968, 1978, 1982), М.С. Каган (1974, 1988, 2000) и др. Телесность, как способ передачи смыслов, рассматривается в трудах Ю.М. Лотмана (1965, 1978, 1992, 1996, 2010), Я.В. Чеснова (1989, 2007), Р. Барта (1994, 1996, 2004). В зарубежных «соматологических» исследованиях преобладают работы, связанные с проблемами личности, межличностной коммуникации, самосознания, этнокультурных процессов: М. Мерло-Понти (1942), Ж.-П. Сартр (2000, 2001, 2012), И.Гофман (2004, 2009), Б. Тернер (1981, 2007, 2008), М. Дуглас (1970, 1973, 1994) и др. Критический анализ зарубежных концепций телесности нашел отражение в исследованиях Б.Т. Григорьяна (1982, 1990), П.С. Гуревича (1978, 1996, 1997, 2011) и др. Феноменологический подход в анализе телесности представлен в работах Э. Гуссерля (1913, 1928, 1936), М. Мерло-Понти (1945, 1964), Ж.-Л.Нанси (1999). Проблема тела затрагивается в этнографических исследованиях К. Леви-Стросса (1972, 1978, 1985, 1994), М. Мосса (1922, 1925, 1938), Э.Б. Тайлора (1871, 1881). Несмотря на такое, казалось бы, обширное поле различных аспектов исследований телесности, следует согласиться с замечанием И.М. Быховской о том, что проблемы мировоззренческого значения тела, роли телесности в структурировании жизни традиционных сообществ не стали предметом социокультурного анализа, и особенно с позиций «СМЫСЛА, ЦЕННОСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ этого явления для человека» [1, с. 58–68].

Человек занимает центральное место в системе представлений о мире и в соответствии со своим мировоззрением формирует описание телесного «Я-образа». С раннего детства тело подвергается интенсивной инкультурации, в результате чего оно приобретает признаки, значения и смыслы, маркирующие его интеграцию в социокультурное пространство своего этноса. Таким образом, телесность может с полным основанием рассматриваться как репрезентация смысловых концептов культуры. Это в полной мере касается представлений о руке – самой подвижной и многофункциональной части тела человека. В статье рука, а точнее кисть руки, рассматривается как элемент повседневной жизни, характерный для традиционной культуры обских угров и самодийцев, и в то же время как особая знаковая система, подлежащая раскодированию.

Материал и методы

Ценностный подход в описании телесности не является единственным для данной статьи. Важным представляется учёт целостности тела как объекта исследования. При этом нами учитывалась мысль, высказанная Н.Д. Арутюновой о том, что компоненты «неразборного целого» получают самостоятельный статус либо в качестве функциональных деталей организма (рука, палец, нос и т.п.), либо его топографических единиц (бок, грудь, спина, затылок и т. п.) [2, с. 156–249]. Таким образом, была обозначена тема дискретности человеческого тела. В качестве методологической базы автор опирался на труды представителей структурно-семиотического направления (К. Леви-Стросс, А.К. Байбурин) и одного из теоретиков британской социальной антропологии Э. Лича [3]. Это позволило определить два подхода к социокультурному анализу телесности: функционально-ценностный, рассматривающий верхние конечности человека в контексте выполнения действий, важных с точки зрения его существования, и символический, описывающий руку в качестве знаковой системы.

Результаты и обсуждение

Кисть человеческой руки (ладонь с пятью пальцами) являлась одним из наиболее распространенных символов еще со времен палеолита [4, с. 78]. Предположительно с этого же периода начало складываться семантическое поле разнообразных значений, связанных с руками. Их изображения рассматривались как способ связи живых с миром духов [5, с. 35], как символ внутренней силы шамана [6, с. 48]. А.П. Окладников высказал предположение, что отпечатки руки человека «не только заменяли его изображение, но и служили его двойником» [7, с. 136]. Неслучайно во многих архаических языках слово «человек» означает цифру 5, т.е. руку с пятью ее пальцами. Согласно теории, выдвинутой немецким историком Т. Моммзеном, латинский символ V (5) являлся «графическим отображением человеческой ладони с отогнутым большим пальцем [8, с. 33], а латинское *mánus* («рука»), означающее «человек», применяется также в значении «власть», «сила» [9]. Вероятно, такой аспект содержится в обряде обновления богов на святом месте представителей экзогамной группы Бобра – Айпиных-Лейковых (ханты, р. Аган). Вырезая богов, изготовитель обязательно наносит на их руках пальцы-зарубки. Когда все анатомические детали обозначены, божество «оживает» и может вершить судьбы людей [ПМА, пос. Варьёган, 1995; подробнее: 10, с. 125].

В наскальных изображениях палеолитического времени чаще всего представлена левая рука, что дало основание В. Иванову высказать предположение о символическом характере левой руки, игравшей особую ритуальную роль в обрядовой жизни первобытных и традиционных обществ [11, с. 111–113].

Классификационная символика левой и правой рук стала важным направлением антропологи-

ческого изучения телесности. Несмотря на то, что функциональная асимметрия генетически свойственна человеческому организму, она рассматривалась как один из главных классификационных признаков человеческого тела. Правая рука в подавляющем большинстве случаев наделялась положительными функциями и связывалась с удачей, благополучием, безопасностью. Левая же – воплощала отрицательное начало и ассоциировалась с несчастьем и неблагополучием. Так, по мнению М.Хертц, леворукость является признаком женского начала, слабости и зла [12]. Такого же мнения придерживается И. Кон, полагая, что знак левой руки в первобытном искусстве символизирует женское естество [13, с. 90].

Вопрос о причинах соотнесённости левой руки с женским началом, а правой – с мужским, не нашел пока должного объяснения на этнографических материалах. А.Байбурин и А. Топорков биологические предпосылки для праворукости связывают с функциональной асимметрией человеческого мозга, а культурным установкам отводят роль по поддержанию праворукости. «На этом фундаменте зиждется оппозиция правое – левое, определяющая многие особенности ритуального и этикетного поведения» [14, с. 28–29]. Множество теорий праворукости приводит Л.Е.Этинген, признавая её «явлением весьма сложным, зависящим как от врождённой асимметрии, так и от приобретаемого в течение жизни и под влиянием социальных условий» [15, с. 180–181].

Противопоставление правой и левой рук, где первый член оппозиции несёт положительный смысл, а второй – отрицательный, воплощало идею, в соответствии с которой традиционные коллективы классифицировали все явления окружающего мира, включая социальные [16, с. 49;17, с. 152]. Оценочные противопоставления «правое–левое» являются своеобразием этнических культур народов Севера. Согласно традиционным представлениям, правая сторона у всех угорских народов считается хорошей (*йӑмпєлӘк*, букв.: хорошая сторона, каз. хант.; *ёмас пӑл*, букв.: хорошая сторона; *ёмаспал ӧлнэ кӑтлам*, букв.: хорошей стороны моя рука, манс.; *jobbra* ‘направо’, от *jó* ‘хороший’, *jobb* ‘лучший’, венг.) [18, с. 73;19, с. 229, 344;19, с. 548; 20, с. 77, 90], а левая – плохой (*атӘм пєлӘк* ‘левая сторона’, букв.: плохая сторона, каз. хант.; *вӧртыпӑл* ‘левая сторона’, букв.: в лесу половина/сторона (находящаяся), в значении тёмная, затемнённая, невидимая взору, опасная сторона, манс.) [21, с. 29; устное сообщение Л.Н. Панченко, Ханты-Мансийск, 2018]. Можно предположить, что с такой трактовкой понятия «левый» (инаковый, чужой, дикий) связана характеристика левши у манси (*вӧртыпал кӑтыӈ хӧтпа* ‘урманной стороны руки [имеющий] некто’) [Устное сообщение Л.Н.Панченко, Ханты-Мансийск, 2017]. Следует заметить, что левша – особенный человек, «отмеченный», что не обязательно он относит его к категории плохих людей. У лесных ненцев, например, лучшие оленеводы обязательно леворукие. «Левше оленями управлять удобнее, чем правше» [22, с. 117]. В ненецком языке левая сторона номинируется как «со стороны лица» и имеет положительные характеристики, в отличие от правой (*маханяӈи*, букв.: со стороны спины). По поверьям ненцев, правая сторона считается «плохой», так как при походе «в тёмную землю» умерший ведёт оленей направо [23, с. 93]. По этой же причине покойники в Нижнем мире «садятся на нарты с правой стороны, а не с левой, как на земле» [24, с. 24]. В отличие от самодийцев, по представлениям обских угров, душа усопшего всё делает только левой рукой [25, с. 134], чем объясняется обычай у некоторых групп хантов «класть правую руку умершего за пояс» [26, с. 121–122], как «ненужную».

С руками связаны самые важные представления о социальной активности и социальной значимости человека. Являясь наиболее подвижной частью человеческого тела, они способны выполнять разнообразные движения, отличающиеся особой сложностью и чёткостью. Этим объясняется пристальное внимание к кисти руки.

Строение костей и суставов верхней конечности отражает функцию руки как органа, обеспечивающего специализированные тонкие движения и трудоспособность вообще. Поэтому в благопожеланиях здоровья и достатка непременно упоминается рука: *Пускӑт*, *пуслӑгыл*! ‘Здоровья’ (букв.: здоровых рук, здоровых ног), *Вос аквпал кӑтын мӑгыӈ тӘпыт хуи, аквпал кӑтын сӧрни тӘпыт хуи* ‘Живи в достатке!’ (букв.: пусть твоя рука лежит в медовой еде, другая – в золотой еде) [Устное сообщение Л.Н.Панченко, Ханты-Мансийск, 2018]. В противовес здоровому, работящему человеку порицается ленивый со следующими определениями: *ӈуташата* (букв.: без рук, без жил), *ӈута тянуӈа* («ленивая», букв.: руками делает медленно).

Рука, как важнейший орган функциональной активности человека, становилась наиболее частым объектом охранительных действий. З. П. Соколова отмечает, что хантыйские женщины надевали «на руку месячному ребёнку охранительный амулет (*еш сорак* – сын., *сак ловив* – кун.) – полоску бисера на нитке, которую ребёнок носит не снимая, пока не вырастет» [27, с. 212]. В качестве защиты от вредоносных сил у обских угров выступала и татуировка. О традиции нанесения рисунков (знаков) у остяков и вогулов писали многие исследователи ещё в XVIII–XIX вв. Татуировка преследовала различные цели: лечебную, эстетическую, магическую. Однако суть татуировок шире обозначенных целей. По выражению К. Леви-Стросса, они «также являются своего рода сообщениями, обладающими законченностью мысли, и наставлениями». Её предназначение видится исследователю «не только для начертания рисунка на коже, но и для запечатления в памяти традиций и философии племени» [28, с. 267]. На кисть наносились самые разные символы: линия, четырёхугольник, крест, различные фигурки, стилизованные изображения птичек. Считалось, что в эти фигурки «перейдут страдания и больной должен от них освободиться». Изображения создавались путём «втирания сажи или пороха в наколотые раны» [29, с. 30, 41]. Сажа, как знак огня, являлась сильнейшим оберегом человека.

Наибольшим смысловым значением наделены пальцы руки (*лой*, хант.; *тул ̄ёвыл*, манс.; *ӈутаӈ вяха'*, от *вяха'*«отдельные кусочки конечностей»; ср.: *моӈ вяха* ‘ветки дерева’, лесн. нен., в значении «руки ответвление»), что нашло отражение в развитой соматической терминологии. Следует заметить, что в отличие от хантов и манси, имеющих для обозначения пальца самостоятельное название (*лӯй/лойи тул ̄ёвыл* соответственно), лесные ненцы номинируют палец описательно. Его сравнивают с веткой (ответвлением), либо с отростком рога оленя. Отражение занятия оленеводством прослеживается и в названии у ненцев мизинца как «крайний» (*валы*). Так именуют бокового оленя в упряжке или с боку стоящий чум (*валы мят* ‘крайний чум’). Относительно названия «безымянного» пальца Л.Е. Этинген отмечает его связь то с сердцем, то с печенью, как важнейшими органами человека, символизирующими жизнь вообще. Боязнью сглаза, обманом духов он объяснял отсутствие имени у этого пальца [15, с. 198].

Среди пальцев руки существовала своя иерархия [30, с. 171–178]. В дополнение следует отметить, что ханты с р. Вах главным считали большой палец (*кӧт паӈк лой* ‘рука-большой [главный] палец’). Это его Л.Е. Этинген назвал «самым человечным из всех пальцев». Только он имеет относительно обособленное положение, и только он снабжён собственной артерией (артерия большого пальца кисти руки). В ненецком языке большой палец имел значение «направляющего», «удерживающего» (*пикша*), что, помимо чисто физиологических функций, отражало его роль в сакральной сфере. Например, селькупское слово *kaagaldžam* ‘направлять’ находит соответствие с понятием *gaagaal čeenčaŋ* ‘шаманить’ [31, с. 31].

Большой палец один из всех пальцев имел тесную связь с душой. Селькупы могильную душу называют *kaga*, также номинируют и большой палец – *kagal' mun* ‘могильный палец’ (‘могильная душа’) [32, с. 32]. Возможно, разгадка связи большого пальца с «могильной душой» кроется в том, что слова, обозначающие «палец», находят соответствия со значением «бездна» как символом становления, нарождения всего живого, а также как символом смерти, «которая в первобытном сознании уравнивалась с жизнью: ср. лат. *digitis* «палец»: табуированное образование с отрицанием *di-*; корень этого слова соотносится с др.-а-нем. *ketti* «могила, пучина» [33, с. 259].

Фаланга большого пальца правой руки, отрезанного у «великого» шамана, становилась главным фетишем потомков покойного, олицетворяя собой шаманскую силу. Алтайцы верили, что у шаманов внутри большого пальца «есть сердечко с шерстью, а та часть ладони, которая к пальцу примыкает, даже именовалась “грудь шамана”. Этот фетиш в специальном меховом мешочке наследовался по мужской линии вместе с шаманским даром» [34, с. 195]. Упоминание «сердечка с шерстью» уводит нас в область эвенкийского фольклора, где встречаются образы великого воина (*сонинга*) Шиктовуля, имевшего вместо сердца «комок медвежьей шерсти», или шамана Бади «с обросшим волосами сердцем» [35, с. 93]. Мотив волос (шерсти) в сочетании с большим пальцем значительно увеличивает магическую силу шамана.

Большой палец выступал символом фаллических действий и в этом качестве образовывал крайне неприличный жест – кукиш (фига), хотя сам фаллос является символом космической энергии, серединой микро- и макрокосмоса [33, с. 376]. Как отмечает Л.Е. Этинген, «палец-фаллос оказывался между двумя другими, отождествляемыми с половыми губами женщины. Так этот жест символизировал половой акт» [15, с. 196]. Похожее значение содержится в мансийском названии фиги (*туля хал*, букв.: *туля* – палец, *хал* – щель, промежуток). Считалось страшным проклятием показывать фигу. В ответ оскорбляющему говорили: «*Пещ хāлн наӈкти минэн*» ‘Между ног сам(а) пройди’; «*Наӈти та лē̄ӈхыл минэн*» ‘Сама той дорогой иди’; «*Наӈки вос силаявен, вос сяватаптавен*»‘Пусть тебя проткнут, пусть распластают’. Если маленькие дети, играя, показывали друг другу фиги, то взрослые их отчитывали словами: «*Я-я, тох ул варēн. Ат таи* ‘Ох, так не делайте. Запретно’» [Устное сообщение Л.Н. Панченко, Ханты-Мансийск, 2018].

Указательный палец манси (как и ненцы) считали главным, что отражено в его названии (*яныг тул ̄ёвыл* ‘большой [главный] палец’). Как вспоминал наш информант-ненец, когда ещё советская власть «прокладывала себе дорогу в таёжные посёлки и чумы», люди на собраниях с трепетом говорили про выступающего: «Указательный палец показал, указательный палец поднял!» (*Ӈумптя тилӈа, ӈумптямта ӈымчимчеӈа*), в значении «веско говорит» [ПМА, П.Я. Айваседа, пос. Варьёган, 1998]. Символика указательного пальца подчёркивает умение человека управлять, подавлять, что было под силу только богам. Другое название указательного пальца – *нумтя* ‘напёрсток’, так как традиционно ненки на него надевали это важное швейное приспособление [ПМА, пос. Варьёган, 2004]. Следует заметить, что и в мансийском языке название указательного пальца связано с шитьём («напёрсток» – *юнсхатын туля*,букв.: шитья палец). В хантыйском языке он определяется как *олäӈ лӯй* ‘первый палец’ (шур. хант.), что нарушает общий принцип последовательности исчисления, так как от большого он является вторым, а от мизинца – четвёртым. З.С. Рябчикова даёт следующее объяснение создавшейся коллизии: «Это первый из четырёх пальцев, стоящих в одном строгом ряду» [36, с. 47].

Средний палец характеризовался как «высокий» и какого-либо символического значения в традиционной культуре обских угров не имел. Хантыйское название безымянного пальца как *нэмлы лӯй* ‘без имени палец’, скорее всего, является калькированным определением с русского. З.С. Рябчикова на основании своих полевых материалов приводит ряд интересных его обозначений у тегинских хантов: *пилӈы лӯй пилӈ*‘без пары (без спутника, напарника) – палец-напарник’ («напарник пальца без пары», *пелэк лӯй*‘сторона-палец’ (т.е. «крайний па-

лец»). Исследователь отмечает, что «это стойкая форма употребления, ср.: *пеләк вўḷы* – крайний олень в упряжке» [36, с. 47– 48].

В названии мизинца у хантов и манси доминирует определение «маленький». Ненцы же подчёркивают его крайнее положение (*вaḷы*'крайний', лесн. нен.; *варты* 'крайний', тундр. нен., от *вар* 'край', 'кромка', 'граница') [37, с. 6; 38, с. 12]. Такая топографическая характеристика мизинца воспринимается как рубеж с потусторонним миром. Именно через мизинец осуществлялся контакт с потусторонним. Пробудить героя ото сна в селькупском фольклоре можно было, только «отрубив ему мизинец» [39, с. 102]. Согласно мансийским обрядам перехода в инициациях, отрубается кончик мизинца, как одного из маркеров символической смерти [Устное сообщение С.А.Поповой, Ханты-Мансийск, 2018].

Мизинцу отводилась важная роль в качестве создания канала ментальной связи. За мизинец ханты берут разговаривающего во сне человека, задавая ему при этом интересующие их вопросы. Во время исполнения хвалебных песен медведю (*кайёсян ар*) ханты «берутся за руки мизинцами, что создаёт тонкую связь между ними» [40, с. 25]. Т.А. Молданова отмечает, что «брать за мизинец означает войти в контакт с целью получения информации» [41, с. 32]. Манси при исполнении на медвежьем празднике священных песен (пять–семь мужчин) держатся друг за друга мизинцами, что должно способствовать усилению энергетики главного исполнителя [Устное сообщение С.А. Поповой, Ханты-Мансийск, 2016].

Если рука с полным количеством пальцев выступала в качестве двойника человека, то беспалость (рука с неполным количеством пальцев) или лишним пальцем, в числе прочего, была одной из характеристик обитателей потустороннего мира. Левая перчатка энецкого шаманского костюма, описанная Е.Д. Прокофьевой, «имеет три пальца (количество пальцев на левой руке, нарушающее норму, встречается также в кетском, якутском, ненецком шаманских костюмах) и называется перчаткой лесного урода…» [42, с. 74]. Известным персонажем ненецко-хантыйского фольклора являлась лесная ведьма *Паḷны* (*Порнэ, Парнэ*), которая, согласно одним источникам, имеет по два пальца с острыми чёрными когтями, а по другим – по три. У детей *Паḷны* могло быть по шесть пальцев на каждой руке и ноге [43, с. 277]. Отличительными признаками селькупской ведьмы-людоедки *Тёмнäӈк'и* (от *тōмтä*'лягушка') была нестандартная кисть руки (трёхпалость), ее хозяйственная беспомощность, нечёткая артикуляция: она не умеет ни толком шить, ни готовить, постоянно пытается накормить гостей или даже собственного мужа собачьим калом (*канантўт*) [39, с. 286].

Особо следует отметить символику руки в похоронном обряде. Так, салымские ханты в знак траура носят на руках и ногах тесьму, сплетённую из сухожильных нитей. «Если траур соблюдается по близким родственникам (отец, мать, жена, муж), то она – на правой руке или ноге, а если по дальним – на левой. У женщин этой тесьмой переплетаются средний и безымянный пальцы, на руках и ногах её носят также и мужчины» [44, с. 237]. Юганские ханты в день погребения «вдоль тела покойника клали нитку, которую перед выносом хозяйка наматывала на палец левой руки (её потом можно было использовать)» [45, с. 166]. В данном обычае, возможно, проявляется отголосок существовавших в древности ритуальных увечий – отрубании определённой фаланги, сустава или целого пальца, что принято объяснять смертью родственника, идентифицировавшегося с ним. «Если родственник умирал, то и фалангу в знак скорби отрубали, она словно "покидала" семейный круг, а её владелец, таким образом, разделял семейную утрату» [4, с. 145; 46, с. 123]. На обычай ампутации пальца обратил внимание Л. Е. Этинген с оговоркой, что чаще всего эта процедура касалась мизинца, который менее других пальцев задействован в трудовых процессах [15, с. 183].

Разделяя точку зрения М. Мосса о том, что «тело есть первый и наиболее естественный инструмент человека» [47, с. 311], следует отметить роль пальцев, суставов пальцев, ладони в качестве единиц измерения длины, ширины, высоты предметов. Наиболее распространёнными были пальцевые меры длины на основе различных видов пяди, образованных расстояниями между концами растянутых пальцев одной руки. К. Карьялайнен приводит фрагмент мухоморной песни, в которой описывается небо: «Там кедры высотой в пядь, трава высотой в пядь, деревья там кучами» [48, с. 143]. Е.В. Перевалова и К.Г. Карачаров приводят описания пальцевых мер длины у аганских хантов: *сорт*(*сурт*) – пядь (расстояние от указательного пальца до большого), а также вариации с использованием ширины сжатых пальцев – *нелли ḷой* (четыре пальца), длины пальцев – *воченыйкан* (мизинец), пять пальцев с поднятым кверху большим (*кот чем*). Собственно пальцами измерялась толщина (*ḷэт*) изделия: *няḷтём ӈуп* – «поперёк один (палец)», например, ячея мордушки для ловли ерша; *няḷтём шича* – «поперёк два», ячея мордушки для ловли щуки; *няḷтём няхалḷ* – «поперёк три», ячея мордушки на выдру; *няḷтём чет* – «поперёк четыре», ширина пяла-правилки для шкурки норки» [49, с. 208, 210].

В терминологии размера различные комбинации с применением пальцев были довольно распространены у шурышкарских хантов. Пядью измерялась длина топорища, а топорищем – длина полозьев нарты, высота подола одежды (малицы или ягушки), голенище меховых сапог (кисы). Длина подошвы обуви конкретного человека определялась расстоянием, равным большой пяди (*сурас*) с добавлением длины большого пальца. Комбинацией из пальцев (*нăḷ ḷўй вўтат* 'четырёх пальцев шириной', *хулэм ḷўй вўтат* 'трёх пальцев шириной') измерялась ширина различных полосок-вставок для меховой обуви, сумочки для рукоделий, меховых мешков и др. [Устное сообщение А.А. Шияновой, Ханты-Мансийск, 2018]. Пальцевыми мерами манси определяли длину шкуры добытых

трофеев: «*Яныг нӗёхыс пувыссум. Сове хӯрум кāт тōрас арыгтем*. Большого соболя добыл. Шкурка размером три пяди с лишком» [Устное сообщение Л.Н. Панченко, Ханты-Мансийск, 2018]. В три пальца и полпальца измерялась высота штырей-резонаторов шаманского бубна, в четыре пальца – ширина его обода-обечайки [50, с. 179]. Тундровые ненцы использовали слово «палец» для определения длины ножа: «*ӈумбья лет хар* – нож длиной с указательный палец» [38, с. 161].

Одним из древнейших является пальцевый счёт, что отразилось на формировании терминов для обозначения числа «десять». Если учитываются все пальцы рук, то вырабатывается десятеричная система; если же складывались пальцы рук и ног – то двадцатеричная. У некоторых финно-угорских народов число 10 звучит как *локке*(фин.), *лу*(мар.), *лов* (манс.), что соответствует хантыйскому *ӆӯй* ‘палец’. У коми *лыд* – «число, счет», в удмуртском *лукет* – «часть, доля», у финнов *луку* – «количество», у саамов *лоагк* – «счет», а также «потолок». Таким образом, все эти по-разному звучащие термины происходят, в общем-то, от слов, означающих «пальцы», «рука», «ладонь», что может свидетельствовать в пользу существования в период угорской общности десятеричного счисления [51]. Десять признаётся наиболее совершенным числом и даже «архетипом Вселенной» [15, с. 193].

Следует отметить важную роль руки в *арсенале этикета.* Обычай избегания предписывал замужней женщине определённые нормы поведения по отношению к старшим (мужским) родственникам мужа. В хантыйской культуре женщине возбранялось показывать руку свёкру, старшим родственникам мужа, его старшему брату, дядьям, тёща–зятю. Во время медвежьего праздника женщины «должны накрываться большим головным платком и натянуть рукава на кисти рук, чтобы не было видно голую кожу» [52, с. 165]. Мансийские женщины из с. Проточное (*Посал павылыт*) Октябрьского района ХМАО при посещении святилища со священным амбарчиком *Посалпавыл эквы* ‘Женщины кукушки’ закрывали лицо большим платком, а кисти рук – рукавицами [53, с. 55].

Во многих этикетных ситуациях, включая и речевой этикет, без руки в буквальном смысле слова невозможно обойтись. И хотя сейчас многие национально-культурные стандарты общения утрачены, искажены или забыты, часть из них все же оказалась устойчивой и сохранилась до настоящего времени. Так, например, манси предупреждают: «Протягивая руку друзьям, пальцы в кулак не сжимай (*Кāтын юртанынн ке тактэгын, тōнт тулӗвланын сяхныиг ул таӈыртэн*)» [54, с. 7]. Считалось неэтичным показывать пальцем («тыкать») в сторону человека, небесных светил (Луны и др.) из-за боязни покрыться бородавками [55, с. 18].

Выводы

Человеческое тело – это предмет исследования не только естественных наук, но и социально-гуманитарных, которые в настоящее время открывают в изучении телесности новые смысловые горизонты. Социально-культурную характеристику тела невозможно представить в законченном виде: тело человека в целом и такая его часть, как, например, рука (кисть руки), обладают многоуровневым содержанием. Помимо своих производственно-бытовых функций, рука всегда являлась важнейшим символом в сфере ритуалов, а идиоматика, связанная с рукой, обширна и многогранна.

В фольклорной традиции, связанной с мифоритуальными представлениями у обских угров и самодийцев, рука с пятью пальцами являлась символом человеческой природы, в то время как любые телесные аномалии считались признаком принадлежности к иному миру, нечеловеческой сущности (кисть с неполным количеством пальцев или многопалость). Можно предположить, что духи и другие обитатели потустороннего мира, вероятно, могли брать то, что им нужно, и без рук. В такой знаковой неполноте анатомии, по мнению В.Я. Чеснова, проявляется «атрибут архаичности разъятого тела» [56, с. 157].

Приведенные примеры не оставляют никаких сомнений в том, что образ и понятие руки – чрезвычайно ёмкий, многозначный и многомерный символ, и в этом качестве он всегда служил важным механизмом культурной памяти, перенося основополагающие смыслы из одного ее пласта в другой. Этот символ обладает почти бездонной смысловой глубиной, которую практически невозможно исчерпать какой-либо одной, жестко фиксированной интерпретацией. В целом, проведённое исследование выявило многообразие аспектов традиционных представлений, связанных с рукой, у обских угров и самодийцев, а также показало разнохарактерность подходов к изучению тела как социокультурного феномена.

Сокращения:

венг. – венгерский
ДСНЯ – Диалектологический словарь ненецкого языка
каз. хант. – казымские ханты
кун. – куноватские ханты
лесн. нен. – лесные ненцы
манс. – мансийский
мар. – марийский
сын. – сынские ханты
фин. – финский
хант. – ханты
шур. хант. – шурышкарские ханты

Литература

1. *Быховская И.М.* Человеческая телесность в социокультурном измерении: традиции и современность// Труды ученых ГЦОЛИФКа: 75 лет: Ежегодник. М.: ГЦИФК, 1993. С. 58–68.
2. *Арутюнова Н.Д.* К проблеме функциональных типов лексического значения // Аспекты соматических исследований. М.: Наука, 1980. С. 156–249.
3. *Лич Э.* Культура и коммуникация. Логика взаимосвязи символов. М.: Издательская фирма «Восточная литература» РАН, 2001. 142 с.

4. *Дэвлет Е.Г.* Альтамира: у истоков искусства. М.: Алетейа, 2004. 280 с.
5. *Кабо В.Р.* Происхождение и ранняя история аборигенов Австралии. Историко-этнографический справочник. М.: Наука,1969. 408 с.
6. *Waite D.* Kwakiutl transformation masks // The many faces of primitive art. New Jersey, 1966.
7. *Окладников А.П.* Утро искусства. Л.: Искусство, 1967. 136 с.
8. *Фоли Дж.* Энциклопедия знаков и символов. М.: Вече, 1997. 512 с.
9. *Латинско-русский словарь* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.classes.ru/al-latin/dictionary-latin-russiar (дата обращения: 20.06.2018).
10. *Сподина В.И.* Обряд «обновления богов» у аганских хантов // Вестник антропологии. 2015. № 3 (31). С. 120–134.
11. *Иванов Вяч.* Об одном типе архаичных знаков искусства и пиктографии// Ранние формы искусства. М.: Искусство, 1972. 479 с.
12. *Hertz R.*Death and the Right Hand. New York: Cohen & West, 1960. 391 p.
13. *Кон И.С.* Ребенок и общество: (Историко-этнографическая перспектива). М.: Наука, 1988. 269 с.
14. *Байбурин А., Топорков А.* У истоков этикета. Этнографические очерки. Л.: Наука, 1990. 165 с.
15. *Этинген Л.Е.* Мифологическая анатомия. М.: Изд-во «Институт гуманитарных исследований», 2009. 528 с.
16. *Толстой Н.И., Толстая С.М.* К семантике правой и левой стороны в связи с другими символическими элементами // Материалы Всесоюзного симпозиума по вторичным моделирующим системам. Тарту, 1974. № 1(5). С. 42–45.
17. *Толстой Н.И.* Язык и народная культура: Очерки по славянской мифологии и этнолингвистике. М.: Издательство «Индрик», 1995. 512 с.
18. *Соловар В.Н.* Хантыйско-русский словарь. СПб.: Миралл, 2006. 336 с.
19. *Ромбандеева Е.И.* Русско-мансийский словарь: учебное пособие для уч-ся 5-9 кл. общеобраз. учрежд. СПб.: Миралл, 2005. 186 с.
20. *Рябчикова З.С., Афанасьева К.В., Игушев Е.А.* Русско-хантыйско-мансийско-венгерский тематический словарь. Ханты-Мансийск: ООО «Печатный мир г. Ханты-Мансийск», 2012. 114 с.
21. *Соловар В.Н.* Хантыйско-русский словарь (казымский диалект). Тюмень: ООО «ФОРМАТ», 2012. 386 с.
22. *Вэлла Юрий.* Нити родства // Журн. «60 параллель». 2011. № 1 (40). С. 114–117.
23. *Лехтисало Т.* Мифология юрако-самоедов (ненцев). Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. 135 с.
24. *Хомич Л.В.* Проблемы этногенеза и этнической истории ненцев. Л.: Наука, 1976. 189 с.
25. *Источники по этнографии* Западной Сибири: Дневники В. Н. Чернецова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1987. 284 с.
26. *Старцев Г.* Остяки. Социально-этнографический очерк. Л.: Прибой, 1928. С. 121–122.
27. *Соколова З.П.* Пережитки религиозных верований у обских угров // Религиозные представления и обряды у народов Сибири в XIX – начале XX века. Л.: Наука, 1971. С. 211–238.
28. *Леви-Стросс К.* Структурная антропология. М.: Эскимо-Пресс, 2001. 512 с.
29. *Каннисто А.* Статьи по искусству обских угров. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1999. 52 с.
30. *Сподина В.И.* Облик человека в зеркале хантыйского и ненецкого языков // Этнографическое обозрение. 2007. № 6. С. 171–178.
31. *Ким А. А.* Очерки по селькупской культовой лексике. Томск: Изд-во НТЛ, 1997. 219 с.
32. *Пелих Г.И.* Материалы по селькупскому шаманству // Этнография Северной Азии. Новосибирск: Наука, 1980. С. 1–64.
33. *Маковский М.М.* Сравнительный словарь мифологической символики в индоевропейских языках: Образ мира и миры образов. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1996. 416 с.
34. *Потанин Г.Н.* Ерке. Культ сына неба в Северной Азии: материалы к турко-монгольской мифологии. Томск: Издание А. М. Григорьевой: Типо-литография Сибирского товарищества печатного дела, 1916. 129 с.
35. *Яковлев Я.А.* К семантике и этимологии лексемы ур/ор в обско-угорских языках (этнографический аспект) // Сибирские угры в ожерелье субарктических культур: общее и неповторимое. Ханты-Мансийск; Томск: Изд-во Том. ун-та, 2012. С. 77–104.
36. *Рябчикова З.С.* Соматическая лексика хантыйского языка: монография. Ханты-Мансийск: Принт-Класс, 2012. 264 с.
37. *Вершинин В.И.* Происхождение ненецких слов. Йошкар-Ола: Курсив, 2015. 120 с.
38. *Диалектологический словарь* ненецкого языка. Екатеринбург: Издательство «Баско», 2010. 352 с.
39. *Мифология селькупов.* Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. 382 с.
40. *Гриневич А.А.* Поэтика обрядовых песен медвежьего праздника казымских хантов: дис.... канд. филол. н. Новосибирск, 2012. 256 с.
41. *Молданова Т.А.* Архетипы в мире сновидений хантов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2001. 354 с.
42. *Прокофьева Е.Д.* Шаманские костюмы народов Сибири в XI – начале XX вв. // Сборник Музея антропологии и этнографии АН СССР. Л.: Наука, 1971. Т. XXVII. С. 5–100.
43. *Карьялайнен К.Ф.* Религия югорских народов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1995. 282 с.
44. *Салымский край.* Научно-художественное издание. Екатеринбург: Издательство “Тезис”, 2000. 344 с.
45. *Мартынова Е.П.* Очерки истории и культуры хантов. М.: ИЭАРАН, 1998. 235 с.
46. *Leroi-Gourhan A.*Prhistoire de l'art occidental. Paris: Mazenod, 1965. 480 p.
47. *Мосс М.* Техники тела // Общества. Обмен. Личность. Труды по социальной антрополо-

гии. М.: Восточная литература, 1996. С. 304–322.
48. *Карьялайнен К.Ф.* Религия югорских народов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994. 152 с.
49. *Перевалова Е.В., Карачаров К.Г.* Река Аган и её обитатели. Екатеринбург – Нижневартовск: УрО РАН: Студия «ГРАФО», 2006. 352 с.
50. *Сподина В.И.* Названия частей тела человека в природных объектах и элементах материальной культуры коренных народов Югры // Этнокультурное наследие народов Севера России: этнография и терминология. М.: ООО «Август Борг», 2010. С. 173–182.
51. *Плотников Н.* Доновгородский период истории Важского края: финны, угры, пермяне, весь и другие//«Важский край – НОВЫЙ РЕГИОН». № 19 (214), 4 июня 2009 г.
52. *Карьялайнен К.Ф.* Религия югорских народов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1996. 247 с.
53. *Партанов Н.П.* Слово Когтистого мужчины (‘Консынгойкилатынг’) // Мифология хантов: материалы научно-практического семинара. Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. С. 50–57.
54. *Мансийские пословицы и поговорки.* Тюмень: ООО «ФОРМАТ», 2017. 16 с.
55. *Пятникова Т.Р.* Традиционные обряды хантов усть-казымского Приобья. Екатеринбург: Баско, 2008. 80 с.
56. *Чеснов Я.В.* Телесность человека: философско-антропологическое понимание. М.: Институт философии РАН, 2007. 213 с.

References

1. *Bykhovskaya I.M.* Chelovecheskaya telesnost' v sotsiokul'turnom izmerenii: traditsii I sovremennost' [Human physicality in the sociocultural dimension: traditions and modernity] // Works of scientists of GTSOLIFK: 75 years: Yearbook. Moscow: GTSIFK, 1993. P. 58–68.
2. *Arutyunova N.D.* K problem funktsional'nyh tipov leksicheskogo znacheniya [On the problem of functional types of lexical meaning] // Aspekty somaticheskih issledovanij [Aspects of somatic research]. Moscow: Nauka, 1980. P. 156–249.
3. *Lich E.* Kul'tura I kommunikatsiya. Logika vzaimosvyazi simvolov [Culture and communication. Logistics of the relationship of the characters]. Moscow: Publishing company "Eastern literature", RAS, 2001. 142 p.
4. *Devlet E.G.* Al'tamira: u istokov iskusstva [Altamira: at the origins of art]. Moscow: Aleteja, 2004. 280 p.
5. *Kabo V.R.* Proiskhozhdenie I rannyaya istoriya aborigenov Avstralii. Istoriko-etnograficheskij spravochnik [Origin and early history of aboriginal Australia. Historical and ethnographic guide]. Moscow: Nauka, 1969. 408 p.
6. *Waite D.* Kwakiutl transformation masks // The many faces of primitive art. New Jersey, 1966.
7. *Okladnikov A.P.* Utro iskusstva [Morning of art]. Leningrad: Iskusstvo, 1967. 136 p.
8. *Foli J.* Entsiklopediya znakov i simvolov [Encyclopedia of signs and symbols]. Moscow: Veche, 1997. 512 p.
9. *Latinsko-russkij slovar'* [Latin-Russian dictionary]. – Access mode: http://www.classes.ru/al-latin/dictionary-latin-russiar (accessed: 20.06.2018).
10. *Spodina V.I.* Obryad «obnovleniya bogov» u aganskih hantov [The rite of "renewal of the gods" in the Agan Khanty] // J. of Anthropology. 2015. № 3 (31). P. 120–134.
11. *Ivanov Vyach.* Ob odnom tipe arhaichnyh znakov iskusstva I piktografii [About one type of archaic signs of art and pictography] // Early forms of art. Moscow: Iskusstvo, 1972. 479 p.
12. *Hertz R.* Death and the Right Hand. New York: Cohen & West, 1960. 391 p.
13. *Kon I.S.* Rebenok i obschestvo: (Istoriko-ehtnograficheskaya perspektiva) [Child and society: (Historical and ethnographic perspective)]. Moscow: Nauka, 1988. 269 p.
14. *Bajburin A., Toporkov A.* U istokov etiketa. Etnograficheskie ocherki [The origins of etiquette. Ethnographic essays]. Ltningrad: Nauka, 1990. 165 p.
15. *Etingen L.E.* Mifologicheskaya anatomiya [Mythological anatomy]. Moscow: “Institute of Humanities research” Publ., 2009. 528 p.
16. *Tolstoi N.I., Tolstaya S.M.* K semantike pravoj i levoj storony v svyazi s drugimi simvolicheskimi elementami [On the semantics of the right and left sides in connection with other symbolic elements] // Proc. of the All-Union Symp. on secondary modeling systems. Tartu, 1974. № 1(5). P. 42–45.
17. *Tolstoi N.I.* Yazyk i narodnaya kul'tura: Ocherki po slavyanskoj mifologii i etnolingvistike [Language and folk culture: essays on Slavic mythology and ethnolinguistics]. Moscow: «Indrik» Publ., 1995. 512 p.
18. *Solovar V.N.* Hantyjsko-russkij slovar' [Khanty-Russian dictionary]. St.Petersburg: Mirall Publ., 2006. 336 p.
19. *Rombandeeva E.I.* Russko-mansijskij slovar': uchebnoeposobiedlyauch-sya 5-9 kl. Obscheobraz. Uchrezhd. [Russian-Mansi dictionary: textbook for pupils of grades 5-9 of educational institutions]. St.Petersburg: Mirall Publ., 2005. 186 p.
20. *Ryabchikova Z.S., Afanasyeva K.V., Igushev E.A.* Russko-hantyjsko-mansijsko-vengerskij-tematicheskij slovar' [Russian-Khanty-Mansi-Hungarian thematic dictionary]. Khanty-Mansiysk: “Khanty-Mansiysk Printed world” Publ., 2012. 114 p.
21. *Solovar V.N.* Hantyjsko-russkij slovar' (Kazymskii dialect [Khanty-Russian dictionary (Kazym dialect)]. Tyumen: OOO «FORMAT», 2012. 386 p.
22. *Vella Yuri.* Niti rodstva [Filaments of kinship] // J. “60 Parallel”. 2011. № 1 (40). P. 114–117.
23. *Lekhtisalo T.* Mifologiya yurako-samoedov (nentsev) [Mythology of Yurako-Samoyeds (Nenets)]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 1998. 135 p.

24. *Khomich L.V.* Problemy etnogeneza i etni cheskoj istorii nentsev [Problems of ethnogenesis and ethnic history of the Nenets]. Leningrad: Nauka, 1976. 189 p.
25. *Istochniki po etnografii Zapadnoj Sibiri:* Dnevniki V.N. Chernetsova [Sources on ethnography of Western Siberia: the Diaries of V.N. Chernetsov]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 1987. 284 p.
26. *Startsev G.* Ostyaki. Sotsial'no-etnograficheskij ocherk [The Ostyaks. Socio-ethnographic sketch]. Leningrad: Priboi Publ., 1928. P. 121–122.
27. *Sokolova Z.P.* Perezhitki religioznyh verovanij u obskih ugrov // Religioznye predstavleniya i obryady u narodov Sibiri v XIX – nachale XX veka [Remnants of religious beliefs of the Ob Ugrians // Religious beliefs and rites among the peoples of Siberia in the XIX-early XX century. Leningrad: Nauka, 1971. P. 211–238.
28. *Levi-Stross K.* Strukturnaya antropologiya [Structural anthropology]. Moscow: Eskimo-Press, 2001. 512 p.
29. *Kannisto A.* Stat'I po iskusstvu obskih ugrov [Articles on the art of Ob Ugrians]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 1999. 52 p.
30. *Spodina V.I.* Oblik cheloveka v zerkale hantyjskogo i nenetskogo yazykov [The appearance of man in the mirror of the Khanty and Nenets languages] // Ethnographic Review. 2007. № 6. P. 171–178.
31. *Kim A.A.* Ocherki po sel'kupskoj kul'tovoj leksike [Essays on Selkup cult vocabulary]. Tomsk: NTL Publ., 1997. 219 p.
32. *Pelikh G.I.* Materialy po sel'kupskomu shamanstvu [Materials on Selkup shamanism] // Etnografiya Severnoj Azii [Ethnography of North Asia]. Novosibirsk: Nauka, 1980. P. 1–64.
33. *Makovsky M.M.* Sravnitel'nyj slovar' mifologicheskoj simvoliki v indoevropejskih yazykah: Obraz mira i miry obrazov [Comparative dictionary of mythological symbols in the Indo-European languages: the Image of the world and the worlds of images]. Moscow: Humanitarian publ. center VLADOS, 1996. 416 p.
34. *Potanin G.N.* Erke. Kul't syna neba v Severnoj Azii: materialy k turko-mongol'skoj mifologii [The cult of the son of heaven in North Asia: materials for Turkish-Mongolian mythology]. Tomsk: Izdanie A.M. Grigor'evoj: Tipolitografiya Sibirskogo tovarischestva pechatnogo dela [Publication of A.M. Grigorieva: Tipo-lithography of the Siberian Association of printing], 1916. 129 p.
35. *Yakovlev Ya.A.* K semantike i etimologii le ksemy yp/op v obsko-ugorskih yazykah (etnograficheskij aspekt) // Sibirskie ugry v ozherel'e subarkticheskih kul'tur: obschee i nepovtorimoe [To semantics and etymology of yp/op lexeme in the Ob-Ugrian languages (ethnographic aspect) // Siberian Ugrians in the necklace of subarctic cultures: common and unique. Khanty-Mansiysk; Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 2012. P. 77–104.
36. *Ryabchikova Z.S.* Somaticheskaya leksika hantyjskogo yazyka: monografiya [Somatic vocabulary of the Khanty language: monograph. Khanty-Mansiysk: Print-Klass, 2012. 264 p.
37. *Vershinin V.I.* Proiskhozhdenie nenetskih slov [Origin of Nenets words]. Ioshkar Ola: Kursiv, 2015. 120 p.
38. *Dialektologicheskij slovar'* nenetskogo yazyka [Dialectological dictionary of the Nenets language]. Ekaterinburg: "Basko" Publ., 2010. 352 p.
39. *Mifologiya sel'kupov [*Mythology of Selkups]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 2004. 382 p.
40. *Grinevich A.A.* Poetika obryadovyh pesen medvezh'ego prazdnika kazymskih hantov [Poetics of ritual songs of the Bear festival of the Kazym Khanty]: Diss... Cand. Sci. (Philology). Novosibirsk, 2012. 256 p.
41. *Moldanova T.A.* Arhetipy v mire snovidenij hantov [Archetypes in the world of Khanty dreams]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 2001. 354 p.
42. *Prokofyeva E.D.* Shamanskie kostyumy narodov Sibiri v XI-nachale XX vekah // Sbornik Muzeya antropologii i etnografii AN SSSR [Shaman costumes of the Siberian peoples in the XI - early XX century // Collection of the Museum of Anthropology and Ethnography, USSR Ac.Sci.]. Leningrad: Nauka, 1971. Vol. XXVII. P. 5–100.
43. *Karyalajnen K F.* Religiya yugorskih narodov [Religion of the Ugra peoples]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 1995. 282 p.
44. *Salymskij kraj.* Nauchno-hudozhestvennoe izdanie [Salym region. Scientific and art edition]. Ekaterinburg: "Tezis" Publ., 2000. 344 p.
45. *Martynova E P.* Ocherki istorii i kul'tury hantov [Essays on the history and culture of Khanty]. Moscow: Inst. of Ethnology and Anthropology, RAS, 1998. 235 p.
46. *Leroi-Gourhan A.* Prhistoire de l'art occidental. Paris: Mazenod, 1965. 480 p.
47. *Moss M.* Tekhniki tela // Obschestva. Obmen. Lichnost'. Trudy posotsial'noj antropologii [Techniques of the body // Societies. Exchange. Personality. Works on social anthropology]. Moscow: Vostochnaya literatura [Eastern literature], 1996. P. 304–322.
48. *Karyalajnen K.F.* Religiya yugorskih narodov [Religion of the Ugra peoples]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 1994. 152 p.
49. *Perevalova E.V., Karacharov K.G.* Reka Agan i eyo obitateli [Agan river and its inhabitants]. Ekaterinburg - Nizhnevartovsk: Ural Branch, RAS: "GRAFO" studio, 2006. 352 p.
50. *Spodina V.I.* Nazvaniya chastej tela cheloveka v prirodnyh ob"ektah i elementah material'noj kul'tury korennyh narodov Yugry // Etnokul'turnoe nasledie narodov Severa Rossii: etnografiya i terminologiya [Names of human body parts in natural objects and elements of material culture of the indigenous peoples of Ugra // Ethnocultural heritage of

the peoples of the North of Russia: Ethnography and terminology]. Moscow: OOO "Avgust Borg", 2010. P. 173–182.
51. *Plotnikov N.* Donovgorodskij period istorii Vazhskogo kraya: finny, ugry, permyane, ves' i drugie [Pre-Novgorod period in the history of Vazhsky Krai: Finns, Ugrians, Permians, and others] // "Vazhsky krai – NOVY REGION". № 19 (214), June 4, 2009.
52. *Karyalajnen K.F.* Religiya yugorskih narodov [Religion of the Ugra peoples]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 1996. 247 p.
53. *Partanov N.P.* Slovo Kogtistogo muzhchiny ('Konsyngojkilatyng')//Mifologiyahantov [The word of the Clawed man // Mythology of the Khanty]: materials of sci.-pract.seminar. Khanty-Mansiysk: Poligrafist, 2008. P. 50–57.
54. *Mansijskie poslovitsy i pogovorki* [Mansi proverbs and sayings]. Tyumen: OOO "FORMAT", 2017. 16 p.
55. *Pyatnikova T.R.* Traditsionnye obryady hantov ust'-kazymskogo Priob'ya [Khanty traditional ceremonies of Ust-Kazym Ob area]. Ekaterinburg: Basko, 2008. 80 p.
56. *Chesnov Ya.V.* Telesnost' cheloveka: filosofsko-antropologicheskoe ponimanie [The physicality of man: philosophical-anthropological understanding]. Moscow: Inst. of Philosophy, RAS, 2007. 213 p.

Статья поступила в редакцию 03.10.2018.

УДК 392.8(=511.132)(470.13)"19/195"
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-93-101

Т.И. ЧУДОВА

ТРАДИЦИОННАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ ВЕРХНЕВЫЧЕГОДСКИХ КОМИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар

ChudovX@mail.ru

Аннотация

Экологическая среда и хозяйственная деятельность верхневычегодских коми предопределили сложение оптимальной модели питания с включением продуктов земледелия, животноводства, охоты, рыболовства и собирательства. Особенности системы питания этой этнографической группы были связаны с сохранением архаичных способов готовки дичи и разных практик приготовления рыбы. Эти локальные особенности предопределены сохранением значительного удельного веса промысловой деятельности в структуре хозяйства на удаленной территории, а также отражают смешанный состав населения. Распространение старообрядческой культуры среди верхневычегодских коми не отразилось на модели их питания, а лишь внесло коррективы в систему пищевых запретов.

Ключевые слова:
верхневычегодские коми, системы питания, локальные особенности питания

T.I. CHUDOVA

TRADITIONAL NUTRITION SYSTEM OF THE UPPER VYCHEGDA KOMI IN THE FIRST HALF OF THE XX CENTURY

Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar

Abstract

The characteristics of the traditional nutrition system of the Upper Vychegda Komi, reflecting the features of subethnic and religious character, is given based on the analysis of the field material.
The chronological framework of the study covers the first half of the XX century as a time of sustained preservation of food traditions, despite all political and socio-economic changes in the country.
The ecological environment and economic activity of the Upper Vychegda Komi predetermined the addition of an optimal diet with the inclusion of agricultural products, livestock, fisheries and gathering. The basis of food consisted of dishes from grain crops, meat and dairy products did not often appear on the table, which is associated with the practice of observance of Christian fasts. Variety of food was achieved through the inclusion of vegetables and wild plants which at the same time were sources of vitamin complex. For residents of the Upper Vychegda Komi, as, indeed, for all Komi (Zyryans), hot food was typical, which was provided by the presence of the Russian stove, where in the morning they cooked food, which was kept there until the evening. The grain-meat-milk model of nutrition with the inclusion of fishing-hunting products of the Upper Vychegda Komi practically differed little from the nutrition model of other ethnographic groups of the Komi (Zyryans). Although there is variability in the methods of preparation of fishing-hunting products, reflecting the local tradition, which can be seen in the preservation of archaic ways of cooking game without heat treatment and cooking it whole, keeping clawed feet and head, as well as in different ways of preserving and cooking fish. This feature is predetermined by the preservation of a significant proportion of fishing-hunting activities in the structure of the economy in the remote territory of residence, and also reflects the mixed composition of this group, which is characterized by the integration of nutrition culture of different ethnographic groups with the leveling of intergroup differences. The spread of the old believer culture among the population of this group as a result of the entry of the alien component into its composi-

tion did not affect the nutrition model, but only introduced corrections to the system of food prohibitions.

Keywords:
the Upper Vychegda Komi, the Komi (Zyryans), traditional feeding system, local features

Введение

В центре внимания отечественной этнографии находятся вопросы формирования этнокультурных особенностей этнографических групп, исследование которых позволяет проследить процесс адаптации населения к природно-географической среде обитания. Впервые проблему историко-этнографического районирования народной культуры коми (зырян) обозначил в 1960 г. Л.П. Лашук, изложив свое видение его основных принципов. Взяв за основу совокупность хозяйственных и бытовых отличий, включающих тип хозяйства, характерные орудия труда, типы поселений, жилищ и одежды, дополнив их такими особенностями, как давние контакты с русским населением, старообрядчество, изолированность территории проживания и этнокультурные связи с тундровыми ненцами, он выделил семь этнографических районов: сысольский, нижневычегодский, вымский, верхневычегодский, удорский, ижемский и верхнепечорский. При этом подчеркивал, что в результате изучения, скорее всего, будет дополнительно выделен прилузсколетский этнографический район. Относительно вымских коми у него не было четкой позиции. По мнению Л.П.Лашука, с одной стороны, по многим признакам р. Вымь должна быть включена в состав нижневычегодского района, а с другой – там слабее представлено земледелие и нет непосредственного контакта с русским населением [1, с. 97–108]. Как видим, в совокупность бытовых отличий автор не включал пищу. Дальнейшее развитие этнографической науки позволило этнографам, основываясь на культурной специфике, выделить, как и предполагал Л.П. Лашук, восьмую этнографическую группу прилузско-летских коми. В настоящее время в коми этнографии принято выделять восемь этнографических групп коми (зырян), формирование которых происходило в разное время, а причиной появления культурно-бытовых отличий была известная обособленность, вызванная как замкнутостью территориальных общин, так и бездорожьем [2, с. 57].

Верхневычегодские коми (вылысэжвасаяс) проживают в бассейне верхней Вычегды с притоками Вишера, Локчим, Кельтма, составляя смешанную по составу этнографическую группу, сложение которой началось с переселения вымских коми на Вишеру во второй половине XV в., в XVI–XVII столетиях в бассейн верхней Вычегды устремились коми переселенцы с нижней Вычегды, Сысолы, Удоры и Прилузья. Кроме того, в состав верхневычегодских коми вошли русские переселенцы из Пермской губернии, приверженцы старой веры, растворившиеся в зырянской среде [3, с. 88].

Цель работы – дать характеристику традиционной системы питания верхневычегодских коми и определить ее особенности. Изучить состав пищевого сырья, способов его сохранения, технологических приемов приготовления блюд, правила приема пищи, пищевых ограничений и др. Сравнение с кулинарными практиками других этнографических групп коми (зырян) позволит выявить общее и особенное в пищевых традициях.

Хронологические рамки исследования определены первой половиной XX в. как время устойчивого сохранения традиций питания. Несмотря на все социально-политические и экономические изменения в стране, состав и структура пищевого сырья оставались в тот период неизменными. Продовольственный кризис в период Гражданской и Великой Отечественной войн отразился в росте доли дикоросов в структуре сырья и снижении количественных показателей пищи.

Источниковой базой исследования составляют полевые материалы, собранные в Корткеросском и Усть-Куломском районах Республики Коми студентами-историками под руководством автора работы и хранящиеся в научном архиве Музея археологии и этнографии Сыктывкарского государственного университета им. П. Сорокина (далее – НА МАЭ СГУ им. Питирима Сорокина. Ф. 14 (Э)). В корпус источников дополнительно включены материалы, собранные верхневычегодским этнографическим отрядом ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН под руководством И.В. Ильиной в 2001 г. в Усть-Куломском районе Республики Коми и хранящиеся в Научном архиве Коми НЦ УрО РАН (далее НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 5. Д. 578), включение которых расширяет представления о кухне вырхневычегодских коми.

Актуальность темы обусловлена тем, что, во-первых, пища характеризует народную культуру и подчеркивает ее самобытность. Состав традиционного сырья и блюд из него зависел от доступности пищевых ресурсов, технологии их приготовления, а также детерминирован генетической способностью людей усваивать тот или иной вид пищи [4, с. 117]. Во-вторых, знания о локальной традиции важны для сохранения здоровья этноса, так как массовое потребление несовместимых с местной диетальной традицией продуктов нарушает законы гигиены питания и приводит к ослаблению иммунитета человека [5, с. 95].

В ходе исследования в качестве научного инструментария используются такие ключевые понятия, как «модель питания» и «система питания», теоретическое осмысление которых впервые было предложено С.А. Арутюновым [6, с. 4]. Он рассмат-

ривал пищевую модель как родовое понятие, а систему питания как видовое понятие, отражающее своеобразие локальной кухни [7, с. 207]. Исследование структуры и состава пищевого сырья и технологии приготовления блюд верхневычегодских коми позволит ответить на вопросы, как и почему формируются локальные особенности традиции питания.

Изучение традиционной системы питания верхневычегодских коми остается вне исследовательского поля этнографов. Однако в контексте описания уклада жизни населения этой этнографической группы, так или иначе, включались состав пищевого сырья и технология приготовления блюд из него. Побывавший на верхней Вычегде в 1914 г. С.И. Сергель отмечал, что «питается зырянин неплохо» [8, с. 24]. Л.П. Лашук и Л.Н. Жеребцов подчеркивали, что в вишерском микрорайоне в пищу идут продукты собственного производства, а покупные – мало употребляют [9, с. 83–127]. Они же, характеризуя специфику населения бассейна верхней Вычегды, упоминали, что картофель вплоть до революции не был продуктом повседневного потребления, а из овощной продукции предпочтение отдавали капусте и репе [3, с. 87]. Изучая старообрядчество на этой территории, В.В. Власова определила систему пищевых запретов сторонников старой веры [10, с. 115–117].

Результаты исследований

Состав пищевого сырья верхневычегодских коми, отражающий хозяйственные занятия, был представлен зерновыми и овощными культурами, мясомолочной продукцией, дичью, рыбой и дикоросами. Из зерновых культур выпекали хлебобулочные изделия, готовили каши и похлебки, варили квас и пиво. Ржаной хлеб (тупӧсь, чӧлпан) из опарного теста, приготовленного на основе закваски (нянь шом), рассматривался как обязательный продукт ежедневных трапез. Значительно реже выпекали хлеб круглой формы небольших размеров из ячменной (ид нянь) и овсяной муки (вӧв нянь, букв. «лошадиный хлеб») [11, Д. 303 а]. При выпекании булочных изделий предпочтение отдавали пресному ржаному тесту, из которого выпекали сочни, пироги и шаньги. Сочень (сӧчӧн) представлял собой хрустящую продолговатую или круглую по форме лепешку. Основой выпечки с начинкой выступал такой сочень. Пирог (пирӧг) представлял подовую двухслойную открытую выпечку продолговатой формы, начинка выкладывалась на тонкий сочень, края которого загибались вверх и защипывались. В зависимости от начинки пироги номинировались как «пызя пирӧг» (пирог с мучной начинкой) или «шыдӧса пирӧг» (пирог с крупяной начинкой). Выпекали и закрытые пирожки с начинкой из капусты (азь, капуста) и грибов (тшак). Другим видом выпечки на сочне были шаньги с разнообразной начинкой: мукой (пызь), творогом (рысь), крупой (шыдӧс), сметаной (нӧк), мелкой рыбкой (ар) и др. Замена пресного теста на дрожжевое, отмечаемая в 40–50-х гг. XX в., повлекла за собой и изменение в номинации шаньги, ее стали определять как «кыз ку шаньга» (букв. шаньга на толстой корке). Шаньги выпекали и в металлических формочках, что закрепилось в их названии «рача шаньга» (букв. шаньга в формочке), для которых замешивали тесто из пшеничной муки на простокваше, а сверху поливали сметаной. Рыбники (черинянь) выпекали как из дрожжевого, так и пресного теста, в качестве начинки, кроме рыбы, использовали икру (пӧк черинянь) и молоки (нек черинянь). Колобки (кӧвдум) выпекали из безопарного теста из ячменной муки в специальных круглых формочках (рач). Блины выступали празднично-ритуальной пищей, они готовились не так часто [11, Д. 301 а]. Для данной этнографической группы характерна практика изготовления пельменей (пельнянь) с начинкой из грибов, мяса и соленой или свежей капусты [12, л. 22].

По технологии приготовления каши делятся на два типа: заварные и распаренные. В рассматриваемый период произошло смешение двух технологических традиций: заваривание сочеталось с распариванием. Заваривали, а затем распаривали в печи каши из ячной муки, называя их «гуа рок» (букв. каша с ямкой) или «повалюка рок». Первая номинация связана с практикой потребления каши: в центре горшка с кашей делали углубление, куда наливали топленое масло. Второе название заварной каши представляет собой симбиоз русского слова «повалиха» и коми слова «рок» (каша), что не выглядит случайным, так как в смешанном составе населения верхневычегодской этнографической группы было представлено и русское население. Из толокна заваривали густые (сорӧм) и жидкие (гежень) каши. Густую кашу из толокна часто готовили в случае отсутствия хлеба, ее ели ложками или формировали шарики. К толокняным кашам подавали сусло (чужва) в постные дни или молоко / простоквашу в скоромные дни. Распаренные каши готовили из крупы, а добавление дополнительных ингредиентов отражено в их названии: «йӧла рок» (молочная каша), «нӧкъя рок» (каша со сметаной), «выя рок» (каша с маслом). К распаренным кашам можно отнести и солодяную кашу с добавлением черемуховой муки (льӧмъя ляз), брусники (пувъя ляз), черники (чӧдъя ляз). Из перловой крупы готовили крупяные супы (азя шыд / шома шыд) с добавлением гороха, что хорошо сочетало углеводы и белки растительного происхождения. Закваска (нянь шом), капустный рассол (азь) или рассол борщевика сибирского (азь), добавляемые в крупяные супы, придавали блюду приятную кислинку. Такая практика приготовления крупяных похлебок характерна для постных дней. Технология приготовления распаренных каш и крупяных похлебок одинакова. Из овса и ржи варили густые кисели, которые подавали в зависимости от постных / скоромных дней с суслом или молоком. Из зерен ржи готовили домашнее пиво (сур) и квас (ырӧш), последний был излюбленным напитком. Подробное описание технологии приготовления домашнего пива представлено в статье [13, с. 129–142], поэтому нет необходимости здесь повторяться.

Зерновые культуры как углеводная компонента питания составляли основу пищевого рацио-

на, о чем свидетельствует широкий ассортимент хлебобулочных изделий и блюд из крупы и муки. Параллельное использование ряда зерновых культур (рожь, ячмень, овес, реже пшеница) точно так же, как сосуществование пресного и дрожжевого теста в хлебопечении, являются показателем сбалансированного культурного полиморфизма [7, с. 227], что позволяло населению варьировать меню питания.

Ощутимое развитие картофелеводства в Коми крае происходит поздно, с 70-х гг. XIX в. [14, с. 312]. Однако для этой этнографической группы культивирование картофеля отмечается только с 1900 г., а крахмал из него стали делать с 1918 г. [12, л. 22]. Объяснение поздней практики выращивания картофеля можно связать с запретом на его употребление, характерным для сторонников старой веры, приверженцы которой проживали на этой территории. Из картофеля готовили начинку для шанег, выпекали на противнях картофельные сочни (картупеля тучман, папурка), для которых замешивали густое тесто из картофельного пюре и муки с добавлением топленого масла [11, Д. 302 а). Картофель с добавлением сухарей томили в печи, получая блюдо, называемое «кизьӧр картупеля рок» (букв. жидкая картофельная каша), картофелем стали заправлять супы. В настоящее время картофель значительно потеснил зерновую составляющую рациона питания и рассматривается как половина хлеба.

Из гороха (анькытш) готовили кашу (горшнича) и кисель (анькытша кисель). Огородничество как направление хозяйственной деятельности было слабо развито. Из овощей выращивали репу (сёркни), редьку (кушман), брюкву (калига, галанка), капусту, а морковь, лук и чеснок были слабо представлены в продуктовом наборе. В единичных случаях фиксировалось выращивание огурцов, при этом информанты подчеркивали, что их потребляли только в свежем виде, засолка не практиковалась. Закладка на длительное хранение белокочанной капусты связана с технологией квашения, при этом ее предварительно отваривали. Для придания аромата в капусту добавляли размятые ветки смородины. Репу и брюкву использовали для приготовления сладкого блюда (пареньча), которое заправляли маслом или сметаной в скоромные дни. Из сушеной пареньчи готовили сладкий напиток (пареньча ва) или квас (пареньча ырӧш). Нарезанную или натертую на крупной терке редьку подавали с квасом, ее заправляли сывороткой, которая улучшала органолептические показатели блюда. В пост редька – «главная пища, могли три раза в день есть» [12, л. 39]. Включение в рацион питания овощей позволяло внести вкусовое разнообразие в меню и обогатить пищу витаминами и микроэлементами.

К продуктам растительного происхождения можно отнести и коноплю, из которой готовили масло (кӧнтуся вый) и сок (кӧнтуся сок), которыми заправляли пищу. Дикоросы вносили разнообразие в ежедневное меню. Из сухих грибов, предварительно замоченных в воде, варили грибной суп (тшака шыд). К соленым грибам подавали вареный картофель, заправляя конопляным соком [11, 302 а] или сметаной. Свежие грибы с добавлением молока пряжили в русской печи, получая блюдо, называемое «тшака пражка» (букв. пряженые грибы). В названии блюда отражена технология приготовления грибов – пряжение, наиболее древний вид жарения, возникший в русской кухне в XV–XVI вв. [15, с. 57].

Ягоды охотно включали в рацион питания, они вносили разнообразие в ежедневное меню, обогащая блюда витаминами. Собирали бруснику (пув), морошку (мырпом), чернику (чӧд), черемуху (льӧм), голубику (чӧдлач), малину (ӧмидз), землянику (оз), смородину (сэтӧр), а клюкву (турипув) не собирали [11, Д. 303 а]. Объяснение отсутствия практики сбора клюквы, отличающейся повышенной кислотностью, можно связать с недостатком сахара, который был слабо представлен в кухне верхневычегодцев. Остальные ягоды в свежем виде ели с молоком или сметаной, а на длительное хранение их замачивали, сушили или замораживали. Свежую черемуху толкли в ступе (гыр), получая блюдо, называемое «кӧмэк», ели его ложкой [11, Д. 300 а]. Бруснику ели с толокном (пувъя тесь). Из ягод готовили кисели. Верхневычегодские коми в небольшом количестве включали в рацион питания кедровые орешки.

Дикорастущие растения включались в рацион питания как биологически активные добавки, они обеспечивали витаминами, разнообразили меню будничных трапез. Заваривали и пили как чай кипрей (вой турун), зверобой (бортшай), плоды шиповника (лежнэг), листья и ягоды малины (ӧмидз), листья смородины (сэтӧр), чагу (бакатшак). В меню включали щавель (шомакор), борщевик сибирский (азь), их добавляли в супы. На длительное хранение борщевик сибирский квасили как капусту, рассол использовали при варке крупяной похлебки. Полевой хвощ (куз) и бутень Прескотта или морковь дикая (гӧне, гӧна гӧне), мужские соцветия ели (коляоз) весной употребляли в свежем виде. Клевер (бӧндюг) и пихтовую кору (кач) в измельченном виде добавляли в тесто в случае отсутствия муки в достаточном количестве, что особо отмечалось в голодные годы. Собирали и пили березовый сок (зарава), реже из него готовили квас.

Животноводческое направление хозяйства обусловило включение в меню блюд мясомолочного характера. Свежее молоко употребляли в пищу, как правило, дети, а взрослые отдавали предпочтение переработанному молоку, так как с возрастом у человека сокращается выработка фермента, расщепляющего крупную молекулу дисахарида лактозы [4, с. 119], поэтому в рационе питания широко представлена простокваша (выльльӧв, букв. новое молоко). Из сливок готовили сметану (нӧк), перед употреблением ее томили в печи в глиняных сосудах. Сметаной забеливали супы, добавляли в творог, тесто. Из сливок, снятых с простокваши, сбивали кисло-сливочное масло (вый), в процессе приготовления которого получалась пахта (нӧк йӧлва), которую использовали при замесе теста. Из простокваши готовили творог (рысь) методом отвари-

вания, что обеспечивало нежную консистенцию. Зимой творог, освобожденный от сыворотки, выкладывали в плоские глиняные латки, выносили на холод и замораживали. Замороженные круги творога можно было очень долго хранить. По мере необходимости творог размораживали возле устья печи или же заливали горячим молоком. Сыворотку (лӧз йӧлва) использовали при замесе теста, из нее готовили кисломолочный напиток, который хорошо утолял жажду в жару. На Пасху готовили творожную пасху (личкӧм рысь, букв. отжатый творог). Молозиво (чӧж йӧл), получаемое после отела коровы, не пригодно для переработки, но очень ценное сырье для приготовления омлета (быче люк), название которого отражает практику потребления этого блюда. Подавая на стол, хозяйка ложкой касалась лбов детей, приговаривая фразу: «Быче люк» (букв. бычок бодается). Очень часто такое действо начинала хозяйка, а затем продолжали дети [11, Д. 303 а]. Точно так же омлет называли и сысольские коми, что не выглядит случайностью, так как они (сысольские коми) в числе прочих осваивали территорию верхней Вычегды. Молоко использовалось и как среда для приготовления пищи: варили молочные супы (йӧла шыд), каши (йӧла рок), кисели (йӧла кисель), в качестве загустителя были мука или картофельный крахмал.

В рацион питания включали баранину (ыж яй), говядину (мӧс яй), телятину (кукань яй), а конину (вӧв яй) не ели, свинина была представлена в кухне локчимского этнографического микрорайона. Свежую, еще теплую кровь пили, считая ее полезной, особенно для слабых здоровьем людей, или запекали в печи, получая блюдо, называемое «пӧсь вир» (букв. горячая кровь). Иногда ее запекали с молоком, получалось «вкусно и хорошее средство от болезни горла» [12, л. 37]. Практику включения крови в рацион питания можно объяснить недостатком минеральных веществ в питьевой воде и малым количеством минеральных добавок при приготовлении пищи. Однако некоторые информанты подчеркивали, что «кровь животных не пили и не запекали» [12, л. 38]. Запрет на потребление крови был характерен для приверженцев старой веры, которые не включали в меню также давленую птицу, так как у нее кровь не была выпущена. Блюда из субпродуктов эпизодически появлялись на столе, их готовили во время забоя скота. Печень, легкие и почки подавали как отдельное блюдо или использовали как начинку для пирожков. Из кишок варили суп, предварительно вычистив и вымыв их. Основным блюдом из мяса был мясной суп (яя шыд), в качестве заправки использовали муку или крупу в небольшом количестве. Заправка супов овощами и картофелем – поздняя практика. Мясо из бульона, нарезая, подавали как отдельное блюдо, а с бульоном ели хлеб. На празднично-обрядовый стол подавали тушеное мясо. Весной, когда устанавливалась теплая погода, но еще не жарко, мясо вялили (тшупӧдӧм яй), из которого готовили супы, его брали с собой в дорогу, дети грызли его как лакомство.

Рыболовство предопределило включение в рацион питания рыбных блюд. Рыбу пряжили, ее номинировали и как «пражитӧм чери», и как «жаритӧм чери», первое название более соответствует технологии приготовления рыбы в русской духовой печи. «Всю рыбу, кроме окуня, чистят, окуня пряжат с чешуей, а после она хорошо отстает» [12, л. 42]. Уха (черива) готовилась из свежей рыбы или соленой, предварительно вымоченной в воде, реже в молоке. Особый привкус ухе придавали головы, плавники, хвосты, кости и кожа, поэтому их не убирали. Практика заправки ухи картофелем появляется поздно и связывается с недостатком рыбы. В уху крайне редко добавляли специи, полагая, что они только ухудшают вкус рыбы и рыбного бульона. Рыбу готовили в сметанно-молочном соусе (йӧла чери – букв. рыба в молоке). Поэтому любая рыба, приготовленная таким способом, приобретала нежный вкус. Ее готовили в глиняных латках, поскольку «в ней рыба лучше всего получалась» [11, Д. 301 а]. Такой способ приготовления рыбы был также характерен для сысольских коми. Позднее в это блюдо стали добавлять картофель, объясняя это отсутствием рыбы в достаточном количестве. Закладка рыбы на длительное хранение осуществлялась несколькими способами: заморозка, засолка, сушка и ферментация. При засолке убирали внутренности, а чешую не снимали. При ферментации процесс засолки был таким же, но рыбу оставляли в теплом месте. Ферментация (или квашение) рыбы способствовала увеличению содержания витамина С в продукте в несколько раз, что имело существенное значение для поддержания витаминно-минерального баланса в организме человека в условиях Севера. Кроме того, повышение кислотности продукта за счет ферментации приводит к тому, что рыбный белок легче усваивается человеком [16, с.132–133]. Такая рыба считается хорошим средством против цинги, но, к сожалению, отличается тяжелым запахом, поэтому она номинировалась как «дука чери» (букв. рыба с душком). Точно так же называли и называют ферментированную рыбу удорские коми. И это вполне объяснимо, поскольку в состав верхневычегодских коми вошли выходцы из Удоры. Фактически здесь наблюдается процесс интеграции культуры питания разных этнографических групп, связанный с нивелировкой межгрупповых отличий. Рыбу, особенно мелкую (ар), сушили, из сущика готовили заварную уху.

На верхней Вычегде долгое время сохранялся (и продолжает существовать в настоящее время) охотничий промысел. В большом количестве били боровую и водоплавающую дичь: рябчик (сьӧла), тетерев (тар), глухарь (дозмӧр), куропатка (байдӧг), гусь (дзодзӧг), утка (чӧж). Из дичи готовили супы, при этом добавляли только крупу или муку [11, Д. 214 а], или тушили в печи. Здесь необходимо подчеркнуть, что лесную птицу готовили целиком, сохраняя голову и когтистые лапы. Такая практика постепенно исчезает из быта, объясняют изменения так: «карса йӧз оз радейтны» (городские люди не любят). В меню верхневычегодских коми было включено блюдо из рябчика, которое можно рассматривать как архаичное блюдо сыроядения. Мясо рубили ножом или сечкой (в настоящее время

прокручивают через мясорубку), что отражено в названии блюда «масьтэм яй» ‘мелко рубленое мясо, мясной фарш’. В результате получалась мясная кашица, которую слегка солили (в настоящее время добавляют перец). Это блюдо ели, макая хлеб, или кроша сухари. Готовили его без термической обработки, оно очень сытное, но имеет специфический вкус. Малые размеры рябчика предопределили включение его в состав двухкомпонентного блюда, хотя для кухни зырян были характерны монокомпонентные блюда. Так, тушку самки или молодого глухаря варили вместе с двумя рябчиками, что придавало нежный вкус и особый аромат бульону (пётка шыд), а мясо дичи подавали в качестве второго блюда, что сохраняется до настоящего времени (см. фото). Мясо пушных животных в пищу, как правило, не употребляли, его отдавали собакам. Однако для некоторых населенных пунктов,

Цельно приготовленные глухарь и два рябчика. г.Сыктывкар. Фото С.И.Чудова. 2017 г.
Whole cooked grouse and two hazel grouses. Syktyvkar. Photo by S.I.Chudov. 2017.

например, дер. Парма, Усть-Куломский район, было характерно включение в рацион питания белок (ур), которых тушили в чугунках в русской печи. Точно так же готовили и клестов (уркай) [12, л. 42]. Информанты отмечали, что староверы зайчатину не включали в рацион питания, подчеркивая, что даже при их ловле на продажу надевали варежки, чтобы не оскверниться, так как зайцы были «пеж» (поганые). Однако встречается информация, что зайчатину с удовольствием включали в рацион питания, но при этом ее замачивали в воде, чтобы вышла кровь. В данном контексте уместно еще раз подчеркнуть, что давленая птица не включалась в рацион питания староверов, поскольку у нее не выпущена кровь. Запас зайчатины в некоторых хозяйствах был большой: «зимой мама привозила на санях, как дрова уложены» [11, Д. 303 а]. Тушку зайца разрезали на две половины, солили и клали в печь на ночь, потом грызли как сухари или из нее варили суп [12, л. 37]. Двойственное отношение к зайчатине объясняется тем, что, с одной стороны, зайчатина была «пеж» (поганая), с другой – у зайца на ушах есть божественная отметина, поэтому ее можно включать в пищу [10, с. 116]. Точно такое же отношение было и к медвежатине. В старообрядческой культуре долгое время сохранялся запрет на ее потребление, а в не старообрядческой среде сохранялся запрет на потребление медвежатины охотникам, ведь «медведь может почуять и задрать» [12, л. 37]. В данном контексте интерес представляет замечание, сделанное в начале XX в. П.А. Сорокиным: мясо медведя, несмотря на его вкус, зырянами в пищу не употребляется, считая его поганым (пеж) [17, с. 79)]. На верхней Вычегде отмечалось также собирание утиных яиц [12, л. 42].

В рамках большой верхневычегодской этнографической группы выделяются особенности локчимского и вишерского микрорайонов, на отличие последнего еще в 1958 г. обратили внимание корифеи коми этнографии Л.П. Лашук и Л.Н. Жеребцов [9, с. 83]. Кухня вишерского микрорайона близка кухне вымских коми, что не выглядит случайностью, так как вымичи освоили Вишеру, жили и продолжают жить в схожих природно-климатических условиях, вели одинаковое хозяйство и между ними были тесные связи. Единственное различие наблюдалось в рыбном ассортименте: вишерские коми включали в рацион питания привозную треску, что не было характерно для вымичей. Объясняется это явление тем, что рыбная ловля занимала небольшой сектор в структуре хозяйственной деятельности в вишерском микрорайоне. Кухня локчимских коми отличалась включением в продуктовый набор свинины, что было характерно только для прилузских коми, которые приняли участие в освоении бассейна р. Локчим.

Эргономика в создании запасов продуктов питания заключалась в несложных операциях заготовки, предусматривающих максимальное сохранение полезных веществ. Технология обработки и сохранения продуктового сырья предопределена природно-географическим фактором. Использовались заморозка, сушение, соление и квашение (или ферментация), последнее способствовало восполнению недостатка витаминов и микроэлементов, что весьма актуально для жителей Севера. Технологические приемы приготовления пищи напрямую связаны с духовой печью, в которой выпекали хлеб и хлебобулочные изделия, варили, тушили, запекали и пряжили пищу. Тип жарения слабо представлен в кухне, что делает пищу здоровой.

Основу питания верхневычегодских коми составляли зерновые культуры, что отразилось в собирательном названии еды «шыд-рок» (букв. суп-каша). Включение в рацион питания в начале XX в. картофеля не изменило ситуацию, а только расширило углеводную составляющую рациона питания. Белковая компонента питания, отраженная в выражениях «йöл-яй вылын овны» (букв. на молоке-мясе жить) или «чериöн-яйöн овны» (букв. с рыбой-мясом жить), в меньшей степени была представлена в меню ежедневных трапез, что связано с прак-

тикой соблюдения христианских постов, количество которых насчитывалось более 200 дней в году. Здесь уместно подчеркнуть, что антирелигиозная борьба советского государства слабо затронула принципы формирования ежедневного меню, что особенно было характерно для старообрядцев. Мясомолочные блюда, рыба и дичь подавались в дни, насыщенные тяжелой физической работой. Дикоросы и огородные культуры вносили разнообразие в ежедневное меню, обеспечение витаминами дополнительно осуществлялось за счет ферментации продуктового сырья и сыроядения. По соотношению углеводной и белковой компонентов модель питания верхневычегодских коми можно определить, как зерново-мясомолочную с сохранением значения промысловой продукции. При этом такая модель питания была едина для всех этнографических групп коми (зырян), а система питания как способ адаптации к природной среде обитания имеет локальные отличия, проявляющиеся, главным образом, в видовом составе промысловой продукции и способах ее готовки. По набору продуктового сырья и составу традиционных блюд кухня верхневычегодских коми близка кухням сысольских, вымских, удорских, нижневычегодских и верхнепечорских коми, при этом она несколько отличается от кухни ижемских и прилузских коми [18, с. 88–97]. Отличие кухни жителей верхней Вычегды проявлялось в бытовании архаичных способов приготовления дичи как результат проживания на изолированной территории, где охотничий промысел сохранял свое значение, и в разных практиках приготовления рыбы как отражение смешанного состава населения этой этнографической группы.

Для верхневычегодских коми как, впрочем, и для других этнографических групп коми (зырян), характерно трехразовое питание. При этом подача горячей пищи при каждом приеме была обязательна, что обеспечивалось наличием духовой печи, в которой утром готовили пищу и оставляли ее там до вечера. В данном контексте интерес представляет замечание выросшего в деревне человека, который на второй день подачи окрошки жарким летом сказал дочери фразу: «Тайö абу сёян, аски шыд пу» (Это не еда, завтра суп свари) [11, Д. 36]. Ежедневная трапеза имела определенную очередность в подаче блюд: холодная закуска, первое блюдо, каша и напиток (редька с квасом, азя шыд / шома шыд, каша, простокваша или цельное молоко) [12, л. 36]. Ежедневные трапезы были общими, детей с трех лет сажали за общий стол, с этого же возраста они начинали соблюдать пост. Праздничное застолье отличалось от будничного тем, что детей не сажали за общий стол, а кормили отдельно. Существовали общие правила застольного этикета: нельзя разговаривать, болтать ногами, класть локти на стол. Если дети баловались, то младшему один раз ударяли ложкой по лбу, старшему – два раза. Нельзя было оставлять ложку в тарелке, иначе черти заберутся, ее клали на стол вверх донышком, чтобы счастье (шуд) было. Пищу на стол подавала хозяйка. К еде приступали тогда, когда все члены семьи собирались за столом. Начинал будничную трапезу хозяин дома, он же нарезал хлеб и мясо [11, Д. 302 а].

Для всех этнографических групп, как приверженцев официальной церкви, так и сторонников старой веры, была характерна практика соблюдения христианских постов, когда в рацион питания не включались мясомолочные блюда, среда и пятница рассматривались как постные дни. Этнографы подчеркивали, что строгое соблюдение постов было присуще для сторонников старой веры. Антирелигиозная борьба в советский период предопределила то, что постные дни соблюдали, как правило, люди пожилого возраста. Старообрядцы в Рождественский пост первые два дня не ели, в остальные дни – хлеб и воду. В последнюю неделю Великого поста строго постились. В Петров пост – первая неделя строгая, после по воскресеньям можно есть рыбу. 11 сентября – Иван постный день: нельзя ничего круглого (репу, лук, свеклу). В Успенский пост – по средам и пятницам не едят даже растительное масло [12, л. 22]. Правила поведения за столом предписывали чтение молитвы до и после принятия пищи, а практика использования отдельной посуды старообрядцами выступала атрибутом повседневного быта. В старообрядческой культуре долгое время сохранялся запрет на чай. Однако в не старообрядческой среде информанты отмечали, что чай пили только по праздникам и воскресеньям [12, л. 37]. Полевые материалы, собранные в начале XXI в., согласуются с этнографическими данными середины XX в. в том, что отмечаемая путешественниками любовь к чаю у зырян не типична для этой этнографической группы [3, с. 87]. Из напитков предпочтение отдавали квасу.

Заключение

Таким образом, традиционная система питания верхневычегодских коми в первой половине XX в. по составу и структуре пищевых ресурсов близка кухням других этнографических групп коми (зырян). При этом вариативность способов приготовления пищи определяет ее локальную особенность, которая проявлялась в сохранении архаичных способов приготовления дичи и разных способов потребления рыбы. Эта особенность предопределена сохранением значительного удельного веса промысловой деятельности в структуре хозяйства на удаленной территории проживания, а также отражает смешанный состав этой группы, для которой характерна интеграция культуры питания разных этнографических групп с нивелировкой межгрупповых отличий. Распространение старообрядческой культуры среди населения этой группы как результат вхождения пришлого русского компонента в ее состав не отразилось на модели питания, а лишь внесло коррективы в систему пищевых запретов, поведенческие правила пользования отдельной посудой выступали как атрибуты староверия.

Литература

1. *Лашук Л.П.* Принципы историко-этнографического районирования Коми АССР // Известия Коми филиала Всесоюзного географиче-

ского общества. Вып. 6. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1960. С. 97–108.
2. *Конаков Н.Д.* Этнографические группы народа // Зырянский мир. Очерки о традиционной культуре народа. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 2004. С. 57–64.
3. *Жеребцов Л.Н., Лашук Л.П.* Этнографический уклад населения верхней Вычегды // Историко-филологический сборник. Вып. 5. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1960. С. 53–98.
4. *Боринская С.А., Козлов А.И., Янковский Н.К.* Гены и традиции питания // Этнографическое обозрение. 2009. № 3. С. 117–137.
5. *Колчина Е.В., Куликова Е.А.* Традиционная пищевая модель и современные предпочтения // Традиционное хозяйство в системе культуры этноса: Материалы IX Санкт-Петербургских этнографических чтений / Отв. ред. В.М. Грусман, А.В. Коновалов. СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2010. С. 93–97.
6. *Арутюнов С.А.* Введение // Этнография питания народов стран Зарубежной Азии. Опыт сравнительной типологии / Отв. ред. С.А.Арутюнов. М.: Наука, 1981. С. 3–11.
7. *Арутюнов С.А.* Народы и культуры. Развитие и взаимодействие. М.: Наука, 1989. 243 с.
8. *Сергель С.И.* В зырянском краю. М.-Л.: Государственное издательство, 1921. 79 с.
9. *Лашук Л.П., Жеребцов Л.Н.* Старая Вишера//Историко-филологический сборник. Вып.4. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1958. С. 83–127.
10. *Власова В.В.* Старообрядческие группы коми: конфессиональные особенности социальной и обрядовой жизни. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2010. 172 с.
11. *НА МАЭ* СГУ им. Питирима Сорокина. Ф. 14 (Э).
12. *НА Коми НЦ* УрО РАН. Ф. 5. Оп. 2. Д. 578.
13. *Чудова Т.И.* Технология приготовления домашнего пива у коми (зырян) // Музей и общество. Сыктывкар: Сыктывкарский университет, 2005. С. 133–142.
14. *Котов П.П.* Эволюция земледелия в Коми крае в XIX – начале XX вв. // Коренные этносы Севера европейской части России на пороге нового тысячелетия: история, современность, перспективы: Материалы научной конференции. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2000. С. 311–313.
15. *Похлебкин В.В.* Тайны хорошей кухни // Большая энциклопедия кулинарного искусства. Все рецепты В.В. Похлебкина. М.: Центрополиграф, 2003. 975 с.
16. *Козлов А.И.* Пища людей. Фрязино: Век 2, 2005. 272 с.
17. *Сорокин П.А.* Современные зыряне // Этнографические этюды. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1999. С. 67–115.
18. *Чудова Т.И.* Модель питания коми (зырян) и ее локальные традиции // Вестник Удмуртского университета. Серия «История и филология». Ижевск, 2017. Т. 27. Вып. 1. С. 88–97.

References

1. *Lashuk L.P.* Principy istoriko-ehtnograficheskogo rajonirovaniya Komi ASSR // Izvestiya Komi filiala Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva [Principles of historical and ethnographic zoning of the Komi ASSR] // Proc. of Komi Branch of the all-Union geogr. society. Issue 6. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1960. P. 97–108.
2. *Konakov N.D.* Ehtnograficheskie gruppy naroda // Zyryanskij mir. Ocherki o tradicionnoj kul'ture naroda [Ethnographic groups of the people // Zyryansky world. Essays on the traditional culture of the people]. Syktyvkar: Komi Book Publ., 2004. P. 57–64.
3. *Zherebtsov L.N., Lashuk L.P.* Ehtnograficheski uklad naseleniya verhnej Vychegdy // Istoriko-filologicheskij sbornik [Ethnographic structure of the population of the Upper Vychegda // Historical and philological collection]. Issue 5. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1960. P. 53–98.
4. *Borinskaya S.A., Kozlov A.I., Yankovsky N.K.* Geny i tradicii pitaniya // Etnograficheskoe obozrenie [Genes and nutrition traditions // Ethnographic review]. 2009. №3. P. 117–137.
5. *Kolchina E.V., Kulikova E.A.* Tradicionnaya pishchevaya model' i sovremennye predpochteniya // Tradicionnoe hozyajstvo v sisteme kul'tury ehtnosa: Materialy Devyatyh Sankt-Peterburgskih ehtnograficheskih chtenij [Traditional food model and modern preferences // Traditional economy in the system of ethnos culture: Materials of IX St.Petersburg ethnographic readings] / Eds. V.M. Grusman, A.V. Konovalov. St.Petersburg.: IPC SPGUTD, 2010. P. 93–97.
6. *Arutyunov S.A.* Vvedenie // Ehtnografiya pitaniya narodov stran Zarubezhnoj Azii. Opyt sravnitel'noj tipologii [Introduction // Ethnography of nutrition of the peoples of Foreign Asia. A comparative typology] / Ed. S.A. Arutyunov. Moscow: Nauka, 1981. P. 3–11.
7. *Arutyunov S.A.* Narody i kul'tury. Razvitie i vzaimodejstvie [Peoples and cultures. Development and interaction]. Moscow: Nauka, 1989. 243 p.
8. *Sergel' S.I.* V zyryanskom krayu [In the Zyryan land]. Moscow-Leningrad: State Publ., 1921. 79 p.
9. *Lashuk L.P., Zherebtsov L.N.* Staraya Vishera// Istoriko-filologicheskij sbornik [Old Vishera // Historical-philological collection]. Issue 4. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1958. P. 83–127.
10. *Vlasova V.V.* Staroobryadcheskie gruppy komi: konfessional'nye osobennosti social'noj i obryadovoj zhizni [Old believer groups of Komi: confessional features of social and ritual life]. Syktyvkar: Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS Publ., 2010. 172 p.
11. *Sci. archive of the Museum* of Archeology and Ethnography of Syktyvkar State Univ. named after P. Sorokin. F. 14 (E).

12. *Sci. achive of Komi Sci. Centre*, Ural Branch, RAS. F. 5. Op. 2. D. 578.
13. *Chudova T.I.* Tekhnologiya prigotovleniya domashnego piva u komi (zyryan) // Muzej i obshchestvo [Technology of making homemade beer in the Komi (Zyryans) // Museum and society]. Syktyvkar: Syktyvkar Univ., 2005. P. 133–142.
14. *Kotov P.P.* Evolyuciya zemledeliya v Komi krae v XIX – nachale XX vv. // Korennye ehtnosy Severa Evropejskoj chasti Rossii na poroge novogo tysyacheletiya: istoriya, sovremennost', perspektivy [Evolution of agriculture in the Komi region in the XIX-early XX century // Indigenous ethnic groups of the North of the European part of Russia on the threshold of the new Millennium: history, modernity, prospects]: Materials of sci. conf. Syktyvkar: Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2000. P. 311–313.
15. *Pokhlebkin V.V.* Tajny horoshej kuhni // Bol'shaya enciklopediya kulinarnogo iskus-stva. Vse recepty V.V. Pohlebkina [Secrets of good cuisine // Great encyclopedia of culinary art. All recipes of V.V. Pokhlebkin]. Moscow: Centropoligraf, 2003. 975 p.
16. *Kozlov A.I.* Pishcha lyudej [The food of the people]. Fryazino: Vek 2, 2005. 272 p.
17. *Sorokin P.A.* Sovremennye zyryane // Etnograficheskie ehtyudy [Modern Zyryans // Ethnographic studies]. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1999. P. 67–115.
18. *Chudova T.I.* Model' pitaniya komi (zyryan) i ee lokal'nye tradicii [Komi (Zyryan) nutrition model and its local traditions] // Bull. of Udmurt State Univ. Series “History and Philology”. Izhevsk, 2017. Vol. 27. Issue 1. P. 88–97.

Статья поступила в редакцию 11.05.2018.

УДК 398(470.6)
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-102-111

Т.Е. ГРЕВЦОВА

ФОЛЬКЛОР КАЗАКОВ-НЕКРАСОВЦЕВ О ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ: ТРАДИЦИИ И НОВАЦИИ

ФИЦ Южный НЦ РАН,
г. Ростов-на-Дону

tanyar_2@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются произведения устного народного творчества казаков-некрасовцев, созданные во время Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. на основе старинного фольклора. Автором проанализированы традиционные и новаторские черты в текстах разных жанров. Выявлены заимствования приемов и образов из одних жанров в другие, случаи контаминации жанровых форм и их трансформация, обусловленные восприятием некрасовцами событий войны. Будучи уникальным феноменом народной культуры, рассмотренные тексты позволяют делать выводы не только о состоянии фольклорной традиции группы некрасовских казаков и ее динамике, но и о закономерностях развития народной словесности в целом.

Ключевые слова:
фольклор, казаки-некрасовцы, Великая Отечественная война, плач-причет, былина, песня, сказка

T.E. GREVTSOVA

THE FOLKLORE OF NEKRASOV COSSACKS ABOUT THE GREAT PATRIOTIC WAR: TRADITIONS AND INNOVATIONS

Federal Research Centre
Southern Science Centre,
Rostov-on-Don

Abstract

The Nekrasov Cossacks are the descendants of the Don Cossacks who, after the defeat of the Bulavin uprising, retired with ataman I.Nekrasov first to Kuban, and then to Turkey. Having lived more than two centuries in a foreign environment, in the XX century they returned to Russia in several groups. Isolated living of the group, limited contacts with the Slavic population, conscious protection of their customs and language from external influences have become the factors of preservation of the traditional view of the world and folklore consciousness. During the Great Patriotic War, all this caused the emergence of folk works created on the basis of old Nekrasov bylinas, lamentations, songs, fairy tales and legends.
The lamentations about the war have a traditional compositional and figurative basis for this genre, but at the same time they reveal some innovative features, the main one being the change of the lyrical mood for the lyrical-epical one.
Narrations on the Great Patriotic War are similar to the Don and Nekrasov bylinas in the structure of the verse, small, compared to the North Russian bylinas, size of the text, the depiction of characters and a number of other features.
The events of 1941–1945 provoked the creation of songs about the war based on traditional military, historical and lyrical songs.
Nekrasov tales on the Great Patriotic War actively use artistic and compositional techniques of old fairy-tale texts. However, there is blurring of traditional genre: on the one hand, they are closer to stories and legends, on the other – with parables.
Being a unique phenomenon of folk culture, the considered works about the Great Patriotic War make it possible to draw conclusions not only about the state of the folklore tradition of the Nekrasov Cossacks group and its dynamics, but also about the laws of the development of folk literature in general.

Keywords:
folklore, Nekrasov Cossacks, Great Patriotic War, lamentations, bylina, song, tale

Введение

Произведения советской массовой культуры, создававшиеся по образцам народной словесности, до сих пор неоднозначно относятся исследователями к фольклору. Это обусловлено государственной политикой 1930-х гг., которая рассматривала фольклор как «орудие классовой борьбы» и поощряла «активное вмешательство и руководство устным поэтическим творчеством» со стороны собирателя в поиске актуальных для советского государства тем и сюжетов [1, с. 224–227]. Т.Г. Иванова называет их «псевдофольклорными мертворожденными творениями» и отмечает, что они «не получали главного творчества фольклора – не входили в традицию» [2, с. 411]. При этом многие произведения массовой культуры, хотя и имеют литературную основу, давно оторвались от нее и образовали новую, не похожую на фольклор в привычном значении этого понятия, но вполне народную традицию и «обросли» вариантами текста и музыки.

Произведения о Великой Отечественной войне занимают особое место в советском массовом творчестве. Война стала не только общенародной трагедией, но и катализатором творческих процессов как на фронте, так и в тылу, об этом свидетельствуют многочисленные записи военного фольклора, сделанные писателями-фронтовиками, участниками войны, а также фольклористами в специально организованных экспедициях по сбору такого материала.

Произведения о Великой Отечественной войне казаков-некрасовцев стоят особняком даже среди известных текстов о войне, созданных по фольклорным образцам. Это обусловлено феноменом данной социально-этнической группы. Казаки-некрасовцы (Игнат-казаки) являются потомками группы донских казаков, которая после поражения Булавинского восстания 1707–1708 гг. ушла с Игнатом Некрасовым сначала на Кубань, затем в Добруджу, в устье Дуная и в Турцию. Прожив более двух веков в иноязычном окружении, с 1911 по 1962 гг. казаки-некрасовцы несколькими партиями вернулись в Россию. Большая их часть поселилась компактно в Приморско-Ахтарском районе Краснодарского края и Левокумском районе Ставропольского края. Изолированное проживание казаков-некрасовцев в Турции, ограниченность контактов со славянским населением, осознанное оберегание своих традиций и языка от внешних влияний стали факторами сохранения традиционной картины мира, фольклорного сознания и вследствие этого живого бытования фольклорных жанров, уже утратившихся или редуцированных на других территориях. В годы войны все это стало фактором, спровоцировавшим появление народных произведений, отражающих восприятие и переживание казаками этих событий и созданных на основе некрасовского фольклора.

Целью данной статьи является выявление традиционных и новаторских черт в произведениях казаков-некрасовцев о Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.

Материал и методы

Источниками исследования выступили сборники некрасовского фольклора о войне Ф.В. Тумилевича «Меч правды» (1945) и «Песни и сказки» (1947) [3, 4], а также неопубликованные записи из коллекции семьи Тумилевич, хранящиеся в Южном научном центре Российской академии наук (ЮНЦ РАН). Фольклор о Великой Отечественной войне был записан Ф.В.Тумилевичем от проживающих на Кубани некрасовцев первой волны переселения в 1941–1946 гг. Несмотря на активное собирание произведений народного творчества о Великой Отечественной войне в советский период, текстов, созданных на основе традиционных фольклорных форм, записано не так много. Например, они вошли в сборники «Народное творчество в годы Великой Отечественной войны» (сост. В.А.Тонков, 1951), «Русский советский фольклор. Антология» (под ред. Н.В.Новикова и Б.Н.Путилова, 1967), «Рукописи, которых не было: подделки в области славянского фольклора» (2002), книгу В.Г.Базанова «Поэзия Печоры» (1943). Отметим, что на юге страны (за исключением Воронежской области и указанных собраний Ф.В. Тумилевича) такие произведения практически не записывались. Их научное рассмотрение началось еще в 1960-е гг. (А.М.Астахова, Н.В. Новиков, Б.П.Кирдан), продолжается и в настоящее время (И.В.Козлова, Т.Г.Иванова, Л.А.Теклева). Устное народное творчество казаков-некрасовцев многократно становилось предметом изучения как самого Ф.В. Тумилевича, так и других исследователей (А.И. Зудина, Н.В. Калиничевой, С.И. Кулешовой, С.И. Пигаревой, Е.Л. Попок, Т.С. Рудиченко). Однако некрасовские произведения о Великой Отечественной войне почти не попадали в поле зрения ученых. В связи с этим можно упомянуть лишь предисловия Ф.В. Тумилевича к двум сборникам, а также небольшую публикацию С.В. Мартыновой [5]. В настоящей работе использованы структурно-сравнительный и типологический методы, а также приемы текстологического, мотивного и композиционного анализа фольклорных произведений.

Результаты и обсуждение

Фольклор казаков-некрасовцев о Великой Отечественной войне можно разделить на две группы: 1) произведения, созданные по образцам традиционного фольклора (переделки исторических и лирических песен, сказы, сказки, причитания); 2) произведения, имеющие литературное происхождение. Большинство собранных Ф.В. Тумилевичем текстов принадлежит к первой группе. Представляется, что на это могла повлиять ориентация интересов самого собирателя на традиционные фольклорные жанры и, как следствие, работа преимущественно с представителями старшего поколения казаков [3, с. 45–54]. Сам Федор Викторович осознавал такое различие материала и писал о том, что репертуаром, созданным по примеру традиционных фольклорных форм, владеют в основном некрасовцы пожилого возраста, а молодежь исполняет

песни литературного происхождения и частушки – «жанры, которые обычны для любого колхоза, районного центра, города» [4, с. 7]. Поэтому научный интерес собирателя был обращен к произведениям, сложенным по традиционным образцам, а большинство текстов второй группы так и остались неопубликованными. Данная классификация не подразумевает разделения произведений на «народные» и «авторские».

Ф.В.Тумилевич не только указывает на авторство записанных текстов, но и приводит конкретные обстоятельства их создания. Например, плач «О депутатах районного совета» был сложен М.С.Рабаниной после истязания немцами депутатов Соломониды Чеботаревой (дочери исполнительницы) и Мокея Сиротинина. Поводом для создания плачей о Великой Отечественной войне для некрасовцев становился не только личный опыт, но и переживание услышанного о печальных событиях. И это тоже отличает рассматриваемые причитания от традиционных. Так, плач «Да вот пошел же он, враг» был создан А.Л.Зайцевой после прочтения ей Ф.В.Тумилевичем причитания Т.И. Капустиной «Будь ты проклят, Гитлер!». Вот как описывает Федор Викторович ситуацию рождения этого произведения: «Она (А.Л.Зайцева. – *Т.Г.*) расплакалась и стала рассказывать о пережитом ею при немцах, потом перешла на речитатив, а затем стала “голосить” (причитать)» [3, с. 48]. Т.И.Капустина, в свою очередь, сложила причет «Дитятка моя полоненная» после того, как ей рассказали о статье в газете «Правда», посвященной возвращению девушки из немецкого плена [4, с. 9].

Традиция похоронных плачей была особенно развита на Русском Севере. В советское время она продолжена причитаниями о Ленине и других советских вождях и героях. Великая Отечественная война дала толчок возникновению новых сюжетов плачей о погибших на фронте, угнанных в плен, замученных фашистами, которые, по словам И.В.Козловой, нельзя отнести ни к традиционному фольклору, ни к псевдофольклорным текстам, сочиненным на заказ [6, с. 122]. Плачи-причеты (термин введен Ф.В.Тумилевичем), созданные некрасовцами во время войны, в целом имеют традиционную для этого жанра композиционную и образную основу, но при этом обнаруживают ряд новаторских черт, главной из которых можно назвать смену лирического настроя на лиро-эпический. Традиционные причитания, хотя и являются лирическими произведениями, содержат и эпические элементы [7, с. 220]. В рассматриваемых плачах усиливается роль эпического начала. Ф.В.Тумилевич отмечал, что они пронизаны не личным, а общим горем, ненавистью к врагу и стремлением дать ему отпор [3, с. 6]. Например, переживание трагедии войны выходит на первый план в плаче «Да вот пошел же он, враг»:

Да вот пошел же он, враг,
на Рассею-матушку,
Разорил он наши домы все счастливаи,
Засиротил нашу сторонушку советскую,
Да напоил нашу землю кровью христианскаю,
Да побил наших детушек милых,
бурлачинок ясных.
А пришел он, проклятый, да все с крестами:
На самолетах – кресты,
на мундирах и шеях – кресты,
А младенческие души загубил,
сатана подземельная! [3, с. 21].

Переживание народной трагедии как личной меняет общий настрой данных текстов. Так, в плаче «Дитятка моя полоненная», основой которого стало традиционное причитание, исполнявшееся матерью в последний вечер перед свадьбой дочери, наставление быть покорной мужу сменяется призывом не подчиняться врагам:

Ты не слушай немчугу злодейную,
Тебя будут посылать, а ты, дитё, не иди,
Тебе скажут сделать, а ты, дитятка, не делай.
И будешь ты, родная, всем нам желанная,
Только ворогу не будь послушная-покорная.
Во всякий час да во всякий день
Будь ты русская – станешь вольная!..
[3, с. 22].

Эпическое начало в плачах о войне проявляется также в изображении врага, тягот войны, советских войск, противопоставлении своих и чужих. Последнее сближает их с былинами: немцы ассоциируются со злом, огнем, антихристом, воронами, змеями, волками, Гитлер – с отрицательными персонажами былин и сказок (Змеем Горынычем, Змеем Тугарином), советские солдаты – с соколами и орлами:

Против всей Рассеи пошел,
хотел выхвалиться,
А сам антихрист проклятый,
забыл заповедь Господню…
(Из плача «Если б воры да наживали домы»)
[8, с. 39].

А они, злые вороги-немчуги треисподние,
Да со своим Змеем Горынычем
Всё едят наших детушек, да не наедятся.
…
Вы вернитесь, наши соколы сизокрылаи,
Вы вернитесь, наши воины любимаи,
Порубайте змею со змеенышами головы,
Чтобы не ползали они по земле нашей
(Из плача «О депутатах районного совета»)
[3, с. 23–24].

Отметим в приведенном отрывке плача «О депутатах районного совета» мотив поедания, встречающийся и в других некрасовских текстах о войне в разных вариациях (кормления, съедения, кровожадности врага, символического клевания «тела» земли черным вороном-врагом и т.д.):

Ох! Враг зубатый погрыз-поел
наших детушек.
Ох! Оставил, как меня,
многих матерей кукушками…
(Из «Плача по сыну-воину»).

Да напоили они землю кровью русскаю,
А накормили они ее телами молодецкими.
(Из сказа «Расступись ты,
мать-земля русская»).

Как сошлись они вкруг, разбойники,
И набросились же на твою телу белую,
Как шакалки терзать тебя начали,
А с тобою нашего Мокеюшку Сиротина.
(Из плача «О депутатах районного совета») [3, с. 15, 23, 25].

Представление о войне, «пожирающей» людей без остатка, встречается и в фольклорных текстах других территорий России и опирается на народные представления об ее иррациональности и демоническом характере, сближающие войну со смертью и наиболее тяжелыми жизненными ситуациями и утратами [9, с. 18]. И наоборот, через мотив съедения может изображаться уничтожение врагов как в плачах, так и в произведениях других жанров:

Расступись да ты, сыра-земля,
Ты пожри, поешь кровь немецкую,
Кровь немецкую, всё бусурманскую.
(Из сказа «Как пошел Иосиф-свет»).

Расступись же ты, мать-земля русская,
Поглоти-поешь ты силу черную,
силу немецкую
(Из сказа «Расступись ты,
мать-земля русская») [3, с. 13–15].

Ф.В.Тумилевич, определив эти произведения как «плачи-причеты», тем самым уподобил их традиционным плачам по покойнику, которыми был наполнен похоронный обряд [4, с. 8]. Одним из наиболее очевидных отличий этих причитаний от похоронных является то, что большинство из них (кроме «Плача по сыну-воину») не относятся к факту смерти, что отчасти сближает их с окказиональными голошениями. Сюжетами для них выступают истязание советских депутатов немцами, угон в плен и трагедия войны. При этом в этих причитаниях присутствуют устоявшиеся в фольклоре мотивы и приемы плачей по покойнику: зачин-обращение (в традиционных текстах это обращение к покойнику, в данных текстах это могут быть обращения к живым или к абстрактному собеседнику), риторические вопросы, мотив сиротства оставшихся в живых, восхваление «покойника»:

Чадушки мои милаи,
Ой да, светики мои роднаи!
Отколь взялся огонь палючий,
Огонь палючий, немец проклятый?
(Из плача «Будь ты проклят, Гитлер»).

Ой же, голубка моя родная, ты, Солушка!
Ой, дочушка ты моя, всё сердечная,
Да солнышка моя, а ты всё ясная.
…
Как остались мы, люди добрые, сиротами,
Да все сиротинушками одинешенькими.
(Из плача «О депутатах районного совета») [3, с. 20, 23].

Непосредственное переживание событий войны некрасовцами, горе и боль, принесенные оккупантами, становились не только причиной народного страдания, но и порождали гнев в адрес врага. Это обусловило появление в плачах о Великой Отечественной войне призывов к разгрому неприятеля и проклятий в его адрес, не характерных для традиционных причитаний. Эти проклятия отражают всю глубину трагедии войны, и поэтому их однократного произнесения становится мало: они повторяются трижды, «тысячу раз и трижды», распространяются на весь немецкий народ:

Будь ты проклят,
Будь ты проклят,
Будь ты проклят, Гитлер!
(Из плача «Будь ты проклят, Гитлер»).

Будь он тысячу раз и трижды проклятый,
Пусть ему места не будет на страшном суде.
Враг он есть, враг он и будет,
немчуга злодейская!
(Из плача «Да вот пошел же он, враг»).

Будьте прокляты матеря,
спородившие змеев лютых!
Ох, изойдите ж вы все кровью черною,
Кровью черною, немчуги ненавистные!
(Из плача «О депутатах районного совета») [3, с. 21, 23–24].

Следствием непосредственного переживания войны стала еще одна особенность произведений казаков-некрасовцев о ней – использование сниженной и жаргонной лексики, характеризующей немецких захватчиков. При этом в текстах она нередко соседствует с возвышенным стилем традиционного фольклора: «Станьте с воинами рядом и накажите выблидка антихристова, только не убивать его, а гоните его с немчугой проклятой в их проклятые земли» (Из неопубликованной сказки «Сын беса») [8, с. 25];

Ой же, и не дали тебе, Солушка,
покрасоваться
Они, заразы немецкие, изверги проклятые…
(Из плача «О депутатах районного совета») [3, с. 23].

В целом, тексты некрасовских причитаний, созданных во время Великой Отечественной войны, указывают на то, что традиция голошения была хорошо развита и актуальна для этой группы казаков. Об этом свидетельствуют значительный объем данных текстов, их ритмическая организация, традиционные для похоронных плачей приемы и образы.

От казаков-некрасовцев было записано несколько произведений о Великой Отечественной войне, которые Ф.В.Тумилевич обозначил как «сказы», хотя по содержанию, образным средствам, композиционным особенностям они скорее сходны с «новинами» – новыми былинами о советской действительности, которые создавались в 1930-е гг., названными так в противоположность старинным былинам, «старинам» [10, с. 553]. Их главным отличием от традиционных былин стало отражение современных событий и реалий, а не далекой старины. В.Я. Пропп по этому поводу писал, что «эпическая замкнутость старого эпоса оказалась взорванной» [10, с. 552]. Основой для некрасовских «новин» о Великой Отечественной войне, записанных Ф.В.Тумилевичем, стали былины казаков-некра-

совцев, которые, как и донские, были значительно меньше по объему, чем севернорусские, и обнаруживали меньшее количество сюжетов, в связи с чем признавались исследователями скорее лирическим, а не эпическим жанром [11, с. 39; 12, с. 17–18].

Данные произведения о Великой Отечественной войне сходны с донскими и некрасовскими былинами по структуре стиха, небольшим, по сравнению с севернорусскими былинами, объемом текста, изображением действующих лиц, а также рядом композиционных приемов. Так, первые строки сказов в основном близки к типичному былинному зачину (табл. 1).

Таблица 1

Зачины сказов о Великой Отечественной войне и былин

Table 1

Introductions of tales of the Great Patriotic War and bylinas

Сказы о Великой Отечественной войне	Былины
Как пошел он, да Иосиф-свет, А Иосиф-свет да ведь на собрание. А отколь взялись они, тучи грозные? Воспролили они дожди сильные, Возгремели они громы громкие! (Из сказа «Как пошел Иосиф-свет») [3, с. 12–13].	Как пошел, пошел да Костянтин-царь, Костянтин-царь да ко заутрени, Да отколь взялись тучи грозные, Воспролили они дожди сильные, Возгремели они громы громкие. (Из духовного стиха «Федор Тыринин»*) [12, с. 30].

*Героико-эпические произведения о Федоре Тирянине (Тироне) относятся фольклористами к духовным стихам, но при этом обнаруживают тесную связь с былинными традициями [7, с. 432]. Текст о Федоре Тыринине, записанный Ф.В.Тумилевичем от казаков-некрасовцев, помещен в сборнике «Песни казаков-некрасовцев» (1947) в раздел «Былины» с пометкой «духовный стих».

В новых сказах, как и в былинах, повествование движется неторопливо за счет повторения отдельных эпизодов, тавтологических сочетаний, поэтических уточнений (табл. 2).

Таблица 2

Замедление повествования в сказах о Великой Отечественной войне и былинах

Table 2

Slowing down the narration in the tales about the Great Patriotic War and bylinas

Сказы о Великой Отечественной войне	Былины
Мы пойдем, пойдем на силу немецкую, Мы побьем, побьем силу вражию. (Из сказа «Как пошел Иосиф-свет») [3, с. 13].	Никто ж по той дорожуньке не хаживал, Не хаживал по дорожуньке, не езживал. (Из былины «Русские богатыри») [12, с. 25].
Как упала же к ногам Сталина, Ой, упала весть нерадостна, Да весть нерадостна, весть печальная. (Из сказа «Как пошел Иосиф-свет») [3, с. 13].	Как упала же Костянтину-царю, Ой, упала в ноги калена стрела. (Из духовного стиха «Федор Тыринин») [12, с. 30].

Типичны для былин и некоторые общие места сказов о войне, например, характеристики «богатыря» (Иосифа Сталина) и его антагонистов (немецкой армии и Гитлера), снаряжение героя «невладанным» (т.е. не бывшим в употреблении) оружием (табл. 3).

Сближение сказов об Отечественной войне с былинами достигается не только за счет отдельных образов и мотивов, но и вследствие прямой преемственности новых и старых текстов и сюжетов. Например, сказ «Как пошел Иосиф-свет» создан на основе духовного стиха «Федор Тыринин». Некоторые сказы построены на приеме развернутого параллелизма, характерном и для традиционного фольклора. Например, в сказе «Расступись ты, мать-земля русская» состояние природы сопоставлено с войной и разрушениями, к которым она привела [3, с. 14–15]. Неопубликованный сказ «Змей Тугаринин» состоит из двух частей, первая из которых дословно воспроизводит популярную у некрасовцев былину «В Вавилоне, славном городе» [12, с. 27], а вторая проводит параллель между зарождением Змея Тугаринина и разорением им Вавилона и Великой Отечественной войной [8, с. 18–19].

События 1941–1945 гг. актуализировали в некрасовской традиции исполнение служивых и исторических песен, в особенности о русско-турецких войнах и Отечественной войне 1812 г. Создание новых текстов о войне с использованием форм народной поэзии, как отмечал Ф.В.Тумилевич, не происходило механически [4, с. 7]. Например, песня «Из гор немец сбушевался» переделана А.Л.Зайцевой из исторической песни о Русско-турецкой войне 1877–1878 гг. со словами: «А энта песня-та “Из гор турка сбушевался”, уж больно хорошо под немца подходит, ни дать, ни взять, как турку, немса бьем» [8, с. 4–5]. Вообще образ врага-турка старых исторических песен активно использовался некрасовцами при создании произведений о Великой Отечественной войне. Например, по образцу песни «Ой, в семьдесят седьмом году объявил турок войну» [12, с. 47] создана песня «В сорок первеньком годочку объявил немец войну». Образы войны 1812 г. актуализированы в неопубликованных песнях «Как задумал злодей-Гитлер ворог» (переделка песни «Ой, как задумал француз, злодей-варвар» [12, с. 43]), «Как загнали мы германца» (переделка песни «Как хранцуз Сувору мальчик» [13, с. 195], вариант казачьей песни «Эй, я на острове родился» [14, с. 141]).

Таблица 3

Характеристики героев и типичные места в сказах о Великой Отечественной войне и былинах

Table 3

Characteristics of heroes and typical places in the tales about the Great Patriotic War and bylinas

Сказы о Великой Отечественной войне	Былины
Да куда же летят они, орлята могучаи? Ой, куда же держат путь ясные соколы? (Из сказа «Про свет-сударя Иосифа») [3, с. 11].	Вы, орлы мои да сизокрылые, Да соколья мои все поднебеные. (Из былины «Садко») [12, с. 30].
Ой, и дай ты нам оружие невладанное Да и дай нам копья острые, Ой, и дай нам танки могучие. (Из сказа «Как пошел Иосиф-свет») [3, с. 12–13].	Ой, ведите мне коня невладанного, Да несите остро копие да невладанное Да боевую клюшечку невладанную. (Из духовного стиха «Федор Тыринин») [12, с. 32].
Зародился он, собака, Он собака, Гитлер проклятый О двенадцати головах, Об семи-то хоботах. (Из сказа «Змей Тугаринин») [8, с. 16].	Нападала на Илюшуньку черна гадина, Черна гадина, собака-зверя лютая. Забродила она, собака, коню под пузу. Она крикнула, собака, по-змеиному. (Из былины «Нападала на Илюшеньку собака-зверя лютая») [12, с. 24].

Основой лирических произведений о Великой Отечественной войне становились некрасовские исторические и служивые песни. По их образцу созданы песни «Разливались быстрые речушки» (переделка песни «Ой да, разливались они, быстрые речушки»), «Мать зеленая дубравушка» (переделка песни «Ой да, не с нашей ли со сторонушки»), «Назад воротила Красная армия» (переделка песни «Из-под яру же, яру высокого»), «Во когтях держит орел» (переделка песни «Ой вы, горы мои, да все Майносские») [12, с. 61–62, 73–74, 87, 134]. Сочинение произведений о войне могло осуществляться за счет практически дословного воспроизведения старого текста с заменой этнонимов – названий врага и топонимов – названий мест сражений – на актуальные и современные исполнителям. Иногда конец новых текстов имеет противоположный изначальному смысл. Например, песня «Разливались быстрые речушки» оканчивается, в отличие от грустного финала старой песни, оптимистичными строками, оформленными по образцу традиционного фольклора (табл. 4).

В некрасовских произведениях о Великой Отечественной войне находилось место и смеховому началу. Здесь комизм достигается за счет изображения неприятеля в абсурдных и нелепых ситуациях, как например, в песне «Пошел немец на бахчу» (вариант некрасовской песни «Пошел козел на бахчу» [12, с. 142–143]). В традиционном произведении юмор нарастает от начала к концу, а его кульминацией становится диалог мужа с женой, которая, накупив себе румян и белил на деньги от продажи нашкодившего козла, солгала супругу, что весь день работала. В новом варианте этой песни, наоборот, шуточный зачин с описанием ущерба от действий немца («козла») сменяется серьезным диалогом между схваченным врагом и партизаном (табл. 5).

Таблица 4

Концовки песен о Великой Отечественной войне и традиционных некрасовских песен

Table 4

Endings of songs about the Great Patriotic War and traditional Nekrasov Cossacks' songs

Концовка песни о Великой Отечественной войне «Разливались быстрые речушки»	Концовка песни «Ой да, разливались они, быстрые речушки»
Никто ж-то не понесет поклона нашим женушкам, Ой да, а мы сами понесем домонь весточку, Да домонь весточку во счастливый день, – Как возьмем, братцы, Берлин-город, Да как возьмем мы немчуру во полон, Да со победою мы домонь явимся, Принесем женам мы себя, добры молодцы [3, с. 19].	– Ой, и кто ж то из нас это летичко домонь пойдет? Ой, да понесите поклон моей жинке молодой. Да нехай-ка жена серых коней со двора продает, А меня, молодца, да со неволюшки нехай не ждет: Уж и я-то, парень, парень, три беды-то сотворил [12, с. 74].
Концовка песни о Великой Отечественной войне «Назад воротила Красная армия»	Концовка песни «Из-под яру же, яру высокого»
Они промежду собой речи говорили: – Не догнали мы да красных девочек, Не пригнали мы красных во Германию. – Не догнала немчуга до Германии, – Красных девочек да назад воротила, Назад воротила Красна армия [3, с. 19].	Как просила она себе да перевозчика, Перевозчика, переправщичка: – Переправь меня на ту сторону, На ту сторону к отцу, к матери. За работу с меня возьми да чего хочешь, Хоть и злата с меня, хоть и серебра, Коли мало тебе да покажется, А возьми с меня мелкого жемчугу [12, с. 88].

Таблица 5

Шуточные песни «Пошел немец на бахчу» и «Пошел козел на бахчу»

Table 5

Humorous songs about the Great Patriotic War "Poshel nemets na bakhchu" and "Poshel kozel na bakhchu"

Песня «Пошел немец на бахчу»	Песня «Пошел козел на бахчу»
Поел немец лук-чеснок. Мало немцу чесноку,– Он добрался до курей. Захотелось и свиней. <…> Тут же вышел партизан. Поймал немца за уши. Привел немца во допрос: – «Хороша ль бахча у нас?» – «По бахче я просто шел». – «Вкусны ль куры, немчуга?» – «Не за курами пришел». – «Жирны ль свиньи, немчуга?» – «Я свиней-то не видал». – «А барашки ль нравятся?» – «Я барашек не едал, Понапрасну я попал». – «Понапрасну или нет, Натворил ты много бед И держи теперь ответ» [4, с. 22–23].	Поел козел лук, чеснок Поймали козла за рога, Повели козла на базар. Продали козла за три рубля <…> Приехал же сударь-муж. – Ой, что же ты, жена, бела? – Муку, сударь, сеяла. – Ой, что же, жена, ты черна? – Трубу, сударь, чистила. – Ой, что же ты, жена, красна? – Против жару стояла. [12, с. 142–143].

Последние три строки – ответ партизана на все оправдания противника – звучат практически торжественно. В частушках о войне комизм также заключается в нелепости описываемой ситуации:

Сидит Гитлер на березе,
Плетет лапти языком,
Чтобы вшивая команда
Не ходила босиком [4, с. 43].

По напрасно небо красно:
В небе звездочки горять
Толькя Гитлер на закате
Все обшаривает хаты [8, с. 109].

Некоторые из записанных Ф.В.Тумилевичем частушек о Великой Отечественной войне обнаруживают сходные образы и сюжеты в текстах, бытовавших на других территориях. Это закономерно, поскольку в частушках нашли отражение в первую очередь не исторические факты, а отношение к войне и ее оценка [15, с. 104]. Например, в некрасовской частушке «На закате возле хаты / Ходит немец с котелком: / "Давай курку, давай яйки, / И корову с молоком"» [4, с. 44] и частушке, записанной на севере России, «Как по нашей по деревне / Низко ходят облака. / Немцы ходят по деревне: / "Матка, яйца, молока!"» [16, с. 395] такое сходство достигается благодаря пародии на речь врага. Для частушек «Сидит Гитлер на березе» и «Понапрасну Гитлер ходит» зафиксированы практически дословные «аналоги» в Тверской области [15, с. 110].

Помимо народной поэзии о Великой Отечественной войне, от казаков-некрасовцев были записаны сказки-легенды и устные рассказы. Так же, как и в случае лирических произведений о войне, некрасовские сказки в целом основаны на традиционном фольклорном наследии, а их появление обусловлено сохранением фольклорного сознания исполнителей. Так, сказка «Как девка на войну ходила» является переосмыслением некрасовской сказки «Аскер-девка» (в тюркских языках «аскер» – 'война, солдат'). Русский вариант произведения «Как Василиса на войну поехала» значительно отличается по сюжету от некрасовского [17, с. 28–38]. Наиболее близка к сказке «Аскер-девка» греческая сказка «Девица на войне» [18]. Однако в произведении «Как девка на войну ходила», в отличие от сказки «Аскер-девка», в которой значительное место уделено попыткам героя и его матери распознать девицу в парне и ее уловкам, направленным на сокрытие своего пола, главный акцент сделан на героизме и предприимчивости советской девушки на войне, не уступающей солдатам-мужчинам, а в чем-то и превосходящей их.

В сказке «Меч правды» использован образ чудесного меча, сходного с волшебным мечом-кладенцом, взять в руки который может не каждый человек, а лишь сказочный протагонист – богатырь. Здесь таким героем становится Сталин. Чтобы получить меч, он должен обладать в первую очередь положительными морально-психологическими качествами: «Глядит на меч правды, а на нем написано-напечатано: "Владеть мною тот будет, у кого сердце твердое и чистое, кто никого в жизни безвинно не обижал"» [3, с. 29]. В отличие от меча-кладенца, являющегося в сказках маркером силы [19, с. 98], меч правды – это не только богатырское оружие, но и символическое средство восстановления справедливости, что отражено в его названии. Держава, где лежит этот меч, – воплощение народных представлений о заветном царстве, утопической земле. В преданиях казаков-некрасовцев это место связывалось с землей Игната Некрасова, располагавшейся «за песчаным морем», как и в сказке «Меч правды» (например, в преданиях «Уплыл Игнат на корабле», «Корабль из города Игната» и др.) [20, с. 186–188, 194–196].

Еще одна особенность героя некрасовских сказок о войне в том, что он является конкретным историческим лицом (Владимиром Лениным или Иосифом Сталиным), что также придает этим про-

изведениям сходство с историческими преданиями. В сказке «Меч правды» подчеркивается преемственность Сталиным дела, начатого Лениным, а в сказке «Сын Солнца и Луны», наоборот, Иосиф помогает Владимиру в борьбе со злом [3, с. 26–34]. Для образа антагониста (Гитлера) используются как традиционные образы (змей в сказке «Меч правды», «антихрист-змей о двенадцати головах» в сказке «Москва белокаменная»), так и нетипичные для сказочной прозы приемы. Например, большая часть неопубликованной сказки-легенды (так определил жанр этого произведения Ф.В. Тумилевич) «Сын беса» посвящена «биографии» человека, рожденного женщиной от беса. При этом отмечено, что Гитлер («сын беса») с самого детства отличался от других детей: «Время идет, растет и парнишка, только не как все. Другие играют себе, бывает, подерутся, а потом помирятся. А этот же норовит все сделать по-иному, да похуже, поплоше» [8, с. 23]. Данное произведение трудно отнести к сказочной прозе, поскольку, в отличие от традиционных сказок, оно посвящено отрицательному, а не положительному герою. По тону повествования, сюжету, морально-нравственным установкам этот текст больше напоминает притчу.

Некрасовские сказки о Великой Отечественной войне активно используют художественные и композиционные приемы традиционных сказочных текстов. Зачин этих сказок в основном типичен: «В тридесятом было царстве, в тридесятом было государстве» («Меч правды»), «Было это в небесном царстве, в небесном государстве» («Сын Солнца и Луны») [3, с. 26, 30]. Однако в произведении «Разрядилась Москва белокаменная» первые слова «В не нашем царстве, в не нашем государстве», сходные со сказочным зачином, относятся не к абстрактному месту действия, как в сказках, а к Германии, где зародился «змей со змеенышами». Это нарушает «широту обобщенного смысла волшебных сказок», на которую указывает В.П.Аникин [7, с. 473].

Концовки рассматриваемых сказок могут быть традиционными: «Читать-то я сама не читала, а наши дьячки читали. Может, что и не так пересказала, только портрет ее своими глазами в газете видела» («Как девка на войну ходила») [3, с. 39]. Но чаще они сближаются по настрою с последними строками рассмотренных выше лирических произведений, в которых звучит надежда на скорую победу над врагом: «Как придут в Берлин, до конца зло изничтожат. А орел-то обратно в свою державу улетит» («Меч правды»), «Скоро до главного города дойдут до Берлина. Как дойдут, так Итлера изничтожат, а с ним и его иродово племя» («Сын беса») [3, с. 30; 8, с. 25]. Обращенность сказок не только к прошлому, составляющему основной сюжет сказки, но и к будущему в концовках – новая черта этих произведений, напрямую связанная с основной темой – войной, ее героями и антигероями и надеждой сказителей на победу.

Отметим и некоторые другие типичные сказочные мотивы и образы. Так, в сказке «Меч правды» герой преодолевает испытания, получает помощь от волшебных помощников-зверей (лев, орел, ласточка), превращается в орла по совету мудрого старика-отправителя (волшебный помощник). Однако звери помогают герою, в отличие от фольклорных сказок, не потому, что он их выручает, а потому, что он «за правдой идет» [3, с. 28]. В сказке «Сын Солнца и Луны» присутствует мотив чудесного рождения героя от Солнца и Луны (ср. звезды, месяц и солнце как знаки, выделяющие героя или героиню в русских сказках). В нескольких сказках присутствуют образы чудесных предметов (ковер-летунок в сказке «Сын Солнца и Луны»», ширинка, которая осушает море, в сказке «Меч правды»). В сказках изображаются типичные волшебные локусы: «За морем-океаном, в том самом месте, где земля сходится с небом, есть держава, а в державе той – большой луг. На лугу терем золотой выстроен и разноцветными каменьями украшен» («Меч правды») [3, с. 26].

В целом можно констатировать, что в сказках казаков-некрасовцев о Великой Отечественной войне происходит размывание традиционного жанра. Новые тексты отличаются более «бедным», по сравнению со сказками, сюжетом, любовные и волшебные мотивы в них замещены героической патетикой, аллегориями на темы войны. Использование сказочных приемов, мотивов и образов направлено на передачу этих идей, что также влечет за собой трансформацию жанра. С одной стороны, отнесенность к конкретным историческим лицам и событиям придает им сходство с легендами и историческими преданиями. Не зря Ф.В.Тумилевич называет их «сказками-легендами» [3, с. 8; 4, с. 11]. С другой стороны, определенные аксиологические, морально-нравственные установки этих произведений и аллегорическое изображение конкретных исторических лиц и событий сближают их с притчами.

К традиционным некрасовским преданиям об Игнате Некрасове примыкает произведение «Игнат помогает Красному войску», в котором соединились мотив земли обетованной (город Игната) и мотив бессмертия и воскрешения героя, хорошо известный в мифологии и фольклоре многих народов и использовавшийся и в других сказах и сказках советского времени [2, с. 405]. Как и в случае с историческими преданиями о Некрасове, в это произведение включен отрывок песни об Игнате. В данном случае – это отрывок плача о Великой Отечественной войне «Да вот пошел же он враг». Однако, сохраняя традиционную форму предания, этот текст повествует о современных рассказчику событиях и героях. Так, мифологизированный образ И. Некрасова здесь соседствует с образом современного героя – Иосифа Сталина, а также казаков, защищающих Родину: «В Красном войске и наши казаки сражаются и разные награды имеют». Как и другие рассмотренные произведения о войне, данное предание заканчивается словами, выражающими надежду народа на победу: «Игнат-то все идет и идет вместе с Красным войском и до тех пор не ляжет он в свою могилу, пока черный город Берлин наши не возьмут» [3, с. 36].

Заключение

События войны и их переживание народом – тема в традиционной культуре и фольклоре не но-

вая. Великая Отечественная война актуализировала те жанры фольклора казаков-некрасовцев, которые как нельзя лучше «подошли» для того, чтобы выразить народное горе, восприятие личной и общенародной трагедии, ненависть в адрес оккупантов родной земли, надежду на скорейшую победу. Желание передать эти чувства в привычных и понятных некрасовцам фольклорных формах стало причиной их трансформации, появления контаминированных жанров и заимствования одними жанрами фольклора приемов и образов других.

Подводя итог, отметим, что произведения казаков-некрасовцев о Великой Отечественной войне – уникальное явление народного творчества, как вся традиционная культура данной группы казаков. Несмотря на то, что большинство произведений имели достаточно короткий период бытования и сегодня сохранились лишь в письменной фиксации, они позволяют не только судить о восприятии некрасовцами военных событий и отражении их в фольклоре, но и делать предварительные выводы о степени сохранности ряда традиционных фольклорных жанров на период записи рассмотренных текстов, а также о функционировании и закономерностях развития фольклора в целом. Они подтверждают, что народная традиция вбирает в себя и развивает только то, для чего существует определенная основа в фольклорном сознании народа и что органично вписывается в нее. С этой точки зрения могут быть проанализированы и другие произведения «советских сказителей», созданные по образцам традиционного фольклора, и выявлено их территориальное, фольклорное, языковое своеобразие.

Исследование выполнено в рамках проекта Российского научного фонда № 17-18-01411 «Войны и население юга России в XVIII – начале XXI в.: история, демография, антропология».

Литература

1. *Блажес В.В.* Советская идеология и фольклор// Советское прошлое и культура настоящего: монография; в 2 т. Т.1. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2009. С. 220–239.
2. *Иванова Т.Г.* О фольклорной и псевдофольклорной природе советского эпоса // Рукописи, которых не было. Подделки в области славянского фольклора. М.: Ладомир, 2002. С. 403–431.
3. *Меч правды*: Фольклор казаков-некрасовцев о Великой Отечественной войне/запись, предисл. и сведения о сказителях Ф.В. Тумилевича. Ростов н/Д: Ростиздат, 1945. 56 с.
4. *Песни и сказки*. Фольклор казаков-некрасовцев о Великой Отечественной войне/ запись, вступительная статья и сведения о сказителях Ф.В. Тумилевича. Ростов н/Д: Ростовское областное книгоиздательство, 1947. 56 с.
5. *Мартынова С.В.* Образ врага в контексте народных знаний казаков-некрасовцев (на материале фольклора периода Великой Отечественной войны)//Значение сражений 1941–1943 гг. на юге России в Победе в Великой Отечественной войне: материалы Всерос. науч. конф., Ростов-на-Дону, 3–6 июня 2015 г. Ростов н/Д: Изд-во Южного НЦ РАН, 2015. С. 483–488.
6. *Козлова И.В.* Плачи советских сказительниц о родных-героях (между фольклором и пропагандой) // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 5. С. 122–129.
7. *Аникин В.П.* Устное народное творчество: Учебник для вузов. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2009. 735 с.
8. *Песни казаков-некрасовцев*. Рукопись Ф.В. Тумилевича. Ростов н/Д, 1946. (Хранится в ЮНЦ РАН. 284 с.).
9. *Подюков И.А., Свалова Е.Н.* Образ войны в народном представлении (по диалектным и фольклорным материалам Прикамья конца XX – начала XXI в.) // Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология. 2013. № 3(23). С. 17–27.
10. *Пропп В.Я.* Русский героический эпос / Под ред. С.П. Бушкевича. М.: Лабиринт, 1999. 640 с.
11. *Листопадов А.М.* О складе былин северных и донских // Песни донских казаков: в 5 т. Т. 1. Ч. 1. М.: Музгиз, 1949. С. 33–49.
12. *Песни казаков-некрасовцев*. Зап., вступ. ст. и сведения о сказителях Ф.В. Тумилевича / Под общ. ред. П.Г. Богатырева. Ростов н/Д: Ростиздат, 1947. 174 с.
13. *Фольклор некрасовцев* / Зап. Ф.В. Тумилевича, предисл. и ред. М.Л. Поторацкой. Ростов н/Д: Ростовское областное книгоиздательство, 1941. 228 с.
14. *Народное творчество Дона*. Книга 1 / Под ред. П.Т. Громова. Ростов н/Д: Ростовское областное книгоиздательство, 1952. 292 с.
15. *Белецкая Е.М.* Частушки Великой Отечественной войны в записях 1944–1946 гг. (по материалам Государственного архива Тверской области) // Фольклор Великой Отечественной войны: Сборник научных трудов. Тверь: Золотая буква, 2005. С. 104–118.
16. *Фольклор военных лет*// Из первых уст. Великая Отечественная война глазами очевидцев / Сост. и авт. вступ. ст. А.В. Кулагина М.: ГРЦРФ, 2010. С. 347–423.
17. *Ни далеко, ни близко*, ни высоко, ни низко. Сказки славян. Л.: Детская литература, 1976. 319 с.
18. *Девица на войне*. Греческая сказка [Электронный ресурс] // Сказки. Сетевая библиотека. – URL: https://azku.ru/skazki-narodov-evropyi/devitsa-na-voyne.html (дата обращения 20 апреля 2018 г.).
19. *Добровольская В.Е.* Предметные реалии волшебной сказки. М.: ГРЦРФ, 2009. 224 с.
20. *Тумилевич Ф.В.* Сказки и предания казаков-некрасовцев. Ростов н/Д: Ростовское книжное издательство, 1961. 272 с.

References

1. *Blazhes V.V.* Sovetskaja ideologija i fol'klor [Soviet ideology and folklore]// Sovetskoe proshloe i kul'tura nastoyashchego [Soviet past

and culture of the present]: monograph; in 2 volumes. Vol. 1. Ekaterinburg: Ural Univ. Publ., 2009. P. 220–239.
2. *Ivanova T.G.* O fol'klornoj i psevdofol'klornoj prirode sovetskogo jeposa [On the folklore and pseudo-folklore origin of the Soviet epic] // Rukopisi, kotorykh ne bylo. Poddelki v oblasti slavyanskogo fol'klora [Manuscripts that did not exist. Fakes in the field of Slavic folklore]. Moscow: Ladomir Publ., 2002. P. 403–431.
3. *Mech pravdy*: Fol'klor kazakov-nekrasovtsev o Velikoi Otechestvennoi voine [Sword of Truth: the Nekrasov Cossacks' folklore on the Great Patriotic War] / Record, introductory and information about the storytellers by F.V. Tumilevich. Rostov-on-Don: Rostov Publ., 1945. 56 p.
4. *Pesni i skazki*. Fol'klor kazakov-nekrasovtsev o Velikoi Otechestvennoi voine [Songs and fairy tales. Nekrasov Cossacks' folklore on the Great Patriotic War] / Record, introductory and information about the storytellers by F.V. Tumilevich. Rostov-on-Don: Rostov Regional Book Publ., 1947. 56 p.
5. *Martynova S.V.* Obraz vraga v kontekste narodnyh znanij kazakov-nekrasovcev (na materiale fol'klora perioda Velikoj Otechestvennoj vojny) [The image of enemy in the context of folk knowledge of the Nekrasov Cossacks (on the material of folklore of the period of the Great Patriotic War)] // Znachenie srazhenii 1941–1943 gg. na yuge Rossii v Pobede v Velikoi Otechestvennoi voine [The significance of the battles of 1941–1943 in the South of Russia in the Victory in the Great Patriotic War]: materials of the all-Russian Sci. Conf., Rostov-on-Don, June 3–6, 2015. Rostov-on-Don: Southern Sci. Centre, RAS, Publ., 2015. P. 483–488.
6. *Kozlova I.V.* Plachi sovetskih skazitel'nic o rodnyh-gerojah (mezhdu fol'klorom i propagandoj) [The lamentations of Soviet storytellers about relatives-heroes (between folklore and propaganda)] // Bull. of N.I. Lobachevsky Nizhni Novgorod Univ. 2014. №. 5. P. 122–129.
7. *Anikin V.P.* Ustnoe narodnoe tvorchestvo: Uchebnik dlya vuzov. [Oral folk art: Textbook for high schools]. 3rd ed. Moscow: Vysshaya shkola [High School Publ.], 2009. 735 p.
8. *Pesni kazakov-nekrasovtsev* [Nekrasov Cossacks' songs]. Manuscript of F.V. Tumilevich. Rostov-on-Don, 1946. (Stored in Southern Sci. Centre, RAS. 284 p.).
9. *Podyukov I.A., Svalova E.N.* Obraz vojny v narodnom predstavlenii (po dialektnym i fol' klornym materialam Prikam'ja konca XX – nachala XXI v.) [The image of war in the views of the people (on the dialectal and folklore materials of the Kama region of the late XX-early XXI century)] // Bull. of Perm Univ. Russian and foreign philology. 2013. №. 3(23). P. 17–27.
10. *Propp V.Ya.* Russkii geroicheskii epos [Russian heroic epic] / Ed. S.P. Bushkevich. Moscow: Labirint Publ., 1999. 640 p.
11. *Listopadov A.M.* O sklade bylin severnyh i donskih [On the composition of Northern and Don bylinas] // The Don Cossacks' songs: In 5 volumes. Vol.1. Part 1. Moscow: Muzgiz Publ., 1949. P. 33–49.
12. *Pesni kazakov-nekrasovtsev* [Nekrasov Cossacks' songs]. Record, introductory and information about the storytellers by F.V.Tumilevich / Ed. P.G. Bogatyrev. Rostov-on-Don: Rostov Publ., 1947. 174 p.
13. *Fol'klor nekrasovtsev* [Nekrasov Cossacks' folklore] / Record by F.V. Tumilevich, preface and ed. by M.L. Potoratskaya. Rostov-on-Don: Rostov Regional Book Publ., 1941. 228 p.
14. *Narodnoe tvorchestvo Dona* [Folk creativity of the Don]. Book 1 / Ed. P.T. Gromov. Rostov-on-Don: Rostov Regional Book Publ., 1952. 292 p.
15. *Beletskaya E.M.* Chastushki Velikoj Otechestvennoj vojny v zapisjah 1944–1946 gg. (po materialam Gosudarstvennogo arhiva Tverskoj oblasti) [Ditties of the Great Patriotic War in the records of 1944–1946 (on materials of the State Archive of the Tver Region)] // Fol'klor Velikoi Otechestvennoi voiny [Folklore of the Great Patriotic War]: Collection of sci. papers. Tver: Zolotaya bukva Publ., 2005. P. 104–118.
16. *Fol'klor voennykh let* [Folklore of the war years] / Comp. and introductory article by A.V.Kulagin. Moscow: GRTsRF Publ., 2010. P. 347–423.
17. Ni daleko, ni blizko, ni vysoko, ni nizko. Skazki slavyan [Neither far, nor close, nor high, nor low. Fairy tales of the Slavs]. Leningrad: Detskaya literatura Publ., 1976. 319 p.
18. *Devica na vojne*. Grecheskaja skazka [Girl in the war. Greek tale] // Skazki. Setevaya biblioteka [Tales. On-line library]. URL: https://azku.ru/skazki-narodov-evropyi/devitsa-na-voyne.html (accessed April 20, 2018).
19. *Dobrovol'skaya V.E.* Predmetnye realii volshebnoi skazki [Substantive realities of a fairy tale]. Moscow: GRTsRF Publ., 2009. 224 p.
20. *Tumilevich F.V.* Skazki i predaniya kazakov-nekrasovtsev [Tales and stories of the Nekrasov Cossacks]. Rostov-on-Don: Rostov Book Publ., 1961. 272 p.

Статья поступила в редакцию 29.05.2018.

УДК 94:82(47+57)"196/198"
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-112-119

Д.В. ИВАНЧУК

ПРОБЛЕМА ЛИКВИДАЦИИ «НЕПЕРСПЕКТИВНЫХ» ДЕРЕВЕНЬ В ПУБЛИЦИСТИЧЕСКОМ ОТРАЖЕНИИ АВТОРОВ «ДЕРЕВЕНСКОЙ ПРОЗЫ»

Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

IDW-80@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема ликвидации в России периода 1960–1980-х гг. многочисленных сел и деревень как итог непродуманной государственной аграрной политики. В официальных партийно-государственных решениях эти поселения были отнесены к категории «неперспективных». Впервые в отечественной исторической науке проанализированы публицистические произведения известных писателей, представителей так называемой «деревенской прозы», доказавших искусственность созданной властями данной проблемы. Художественные произведения стали важными историческими источниками в ее изучении.

Ключевые слова:
аграрная политика; «неперспективная деревня»; исчезновение деревень; укрупнение колхозов, сел; миграция из сельской местности; Нечерноземье; деревенская публицистика

D.V. IVANCHUK

THE PROBLEM OF LIQUIDATION OF «UNPROMISING» VILLAGES IN THE JOURNALISTIC REFLECTION OF THE AUTHORS OF «VILLAGE PROSE»

Tolyatti State University, Tolyatti

Abstract

This paper deals with the problem of elimination of numerous rural settlements in the Russian Federation in the period from the 1960s to the early 1980s in connection with the implementation of the state agrarian policy aimed at liquidation of villages called "unpromising" in the official party-state decisions, documentation and propaganda. For the first time in the Russian historical science, the journalistic works of famous writers - representatives of the so-called "village prose", V.G. Rasputin, B.A. Mozhaev, F.A. Abramov and V.I. Belov, are analyzed as a historical source providing insight into the practice of the implementation of this policy. Appealing to the journalistic genre as a means of civil protest, these authors were the first to raise the issue of the tragic for the Russian people consequences of the policy of liquidation of "unpromising" villages, having considered it in the context of peasant identity loss and concomitant depopulation of the Russian people. This is the reason for the scientific significance of the abovementioned journalism of these authors, without which it is impossible to comprehensively study the stated problem. The historical orientation of the research predetermines the use of general historical methods and approaches. Among them, the most important is the principle of historicism, which focuses on the study of specific historical conditions of the disappearance of tens of thousands of villages in those years, taking into account the complex influence of both internal and external factors. Thus, in their topical articles and essays the authors of "village prose", having analyzed in detail the consistency of both official and hidden motives of the state settlement policy, convincingly proved its perniciousness, as well as the fact that the unfavorable factors for the majority of villages, called by officials "unpromising", were largely artificially created by the authorities at various levels.

Keywords:
agrarian policy, "unpromising village", disappearance of villages, agglomeration of collective farms and villages, migration from rural areas, Non-Black Earth region, village journalism

Актуальность проблемы

Трудно переоценить значение творчества и гражданской позиции авторов «деревенской прозы» в защите интересов многострадальной российской деревни и связанного с ней духовно-культурными скрепами большинства народа русского. А.И. Солженицын, вручая в 2000 г. премию В.Г. Распутину, сказал: «На рубеже 1960-х и в 70-е гг. в советской литературе произошел не сразу замеченный беззвучный переворот, без мятежа, без тени диссидентского вызова. Ничего не свергая и не взрывая декларативно, большая группа писателей стала писать так, как если б никакого «соцреализма» не было – нейтрализуя его немо, стала писать в простоте, без какого-либо угождения, кадения советскому режиму, как бы позабыв о нем. В большой доле материал этих писателей был – деревенская жизнь, и сами они выходцы из деревни, поэтому (а отчасти из-за снисходительного самодовольства культурного круга, и не без зависти к удавшейся вдруг чистоте нового движения) эту группу стали называть деревенщиками. А правильно было бы называть их нравственниками, ибо суть их литературного переворота – возрождение традиционной нравственности, а сокрушенная вымирающая деревня была лишь естественной наглядной предметностью» [1, с. 186].

Как точно отметила Л.Ш. Вильчек, деревенская тема обусловлена особым своим звучанием в литературе тем, «что Россия за небывало короткий срок превратилась из крестьянской страны в страну крестьянских детей» [2, с. 11]. Общественный интерес к публицистике, посвященной проблемам нашего села, ее крайняя актуальность объясняются переплетением многих факторов. И, прежде всего, – тяжелейшей судьбой советского крестьянства в XX в., вынесшего на своих плечах коллективизацию, раскулачивание, Великую Отечественную войну, основной груз послевоенного восстановления, многочисленные конъюнктурные и непродуманные сельскохозяйственные эксперименты власти. Аграрная политика СССР в 1960-х – сер. 1980-х гг., основанная на дальнейшем огосударствлении, централизации и концентрации сельскохозяйственного производства, привела к окончательному отчуждению крестьян от земли, превращению их в наемных рабочих. Развернувшиеся же в 50 – 70-е гг. прошлого века процессы укрупнения колхозов, преобразования колхозов в совхозы, сселения «неперспективных» деревень ускорили трагедию раскрестьянивания. Причем, если резко активизировавшаяся, в связи с начавшейся с конца 1950-х гг. раздачей паспортов, закономерная в условиях индустриального общества сельская миграция в города являлась «внутренним» фактором данного процесса, то изменения в расселении исследователем российской деревни М.А. Безниным специально выделены как «внешний» фактор раскрестьянивания [3, с. 24].

Курс партии на все большую концентрацию сельскохозяйственного производства, начатый еще в 1950-е гг., получил в 1960-е – начале 1980-х гг. дальнейшее развитие в ликвидации «неперспективных» сел и деревень. Начало этой кампании связано с утверждением в 1960 г. НИИ Сельхозстроем Министерства сельского хозяйства СССР «Правил застройки сельских населенных пунктов РСФСР», в которых впервые и появился термин «неперспективная деревня». Те же идеи лежали и в основе известного Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР» (март 1974 г.), намечавшего укрупнение сел и ликвидацию 114 тыс. населенных пунктов из 143 тыс. [4, с. 441]. Как справедливо отмечает Л.Н. Мазур, «по своим целям и задачам, объемам капиталовложений, резонансу в обществе реконструкция советской деревни относилась к крупнейшим проектам правительства» [5, с. 25]. Наряду с традиционным приоритетом производственных вопросов, решение которых считалось невозможным без концентрации ресурсов, заявленная политика переселения жителей в крупные поселки идеологически была обусловлена приверженностью концепции стирания существенных различий между городом и деревней. Но одновременно с этим, идея разделения населенных пунктов на перспективные и неперспективные исходила из необходимости решения серьезнейшей социальной и экономической проблемы. Связана она была с тем, что уже к началу 1960-х гг. в целом ряде традиционных сельскохозяйственных районов страны, и особенно в Нечерноземье, сложилась негативная демографическая тенденция устойчивого старения населения, роста дефицита трудовых ресурсов [4, с. 444–447; 6, с. 35–36]. Для поступательного развития села, стабильного роста его благосостояния требовалось перенаправить миграционные потоки сельчан, добиться стабильного закрепления деревенских жителей на селе.

Примечательно, что под указанные постановления была подведена серьезная научная основа. Глубокие социологические исследования 1960-х гг. (осуществленные группой социологов-экономистов из Новосибирска под руководством Т.И.Заславской) показали, что главным направлением внутрисельской миграции было переселение жителей мелких периферийных поселков на центральные усадьбы хозяйств (а колхозы к тому времени уже были укрупнены в административном порядке) или в крупные индустриальные поселки сельского типа. В результате миграционного обмена с городами все группы сельских поселений теряли население и рабочие кадры, но в благоустроенных населенных пунктах, насчитывавших более 500 жителей, их отток был в 3 – 3,5 раза меньше, чем в небольших поселениях, условия жизни в которых значительно отставали от возросших требований и запросов населения. Однако данные тенденции и закономерности были учтены в постановлении 1974 г. и в практической деятельности односторонне, прямолинейно, что еще более усугубит и без того кризисную социально-экономическую и демографическую ситуацию в сельской местности. Кроме того, не учитывались исторически сложившиеся особенности ведения сельского хозяйства и расселения в различных регионах страны. Совершенно не бралось во вни-

мание и то обстоятельство, что село, помимо производственных функций, выполняет и другие, важные для страны и общества задачи: культурные, экологические, рекреационные, обеспечения общественного контроля над территорией.

Отнесение многих тысяч сел и деревень к сомнительной категории «неперспективных», а по всей РСФСР в этот разряд в 1960-е гг. попало 70 – 80% сел и деревень [4, с. 442], привело к прекращению строительства в них новых и свертыванию имевшихся школ, магазинов и клубов, хлебопекарен, фельдшерских и акушерских пунктов, ликвидации нерентабельных автобусных маршрутов, закрытию или переносу на центральные усадьбы ферм. В итоге такие деревни оставались без рабочих мест, качество жизни в них резко ухудшилось, что породило интенсивную миграцию населения, особенно молодежи. При этом жители «неперспективных» поселений устремились не в «перспективные», как ожидали столичные реформаторы, а прямым путем в город. Особенно болезненно данная политика власти ударила по российскому Нечерноземью, где исторически преобладали мелкие и средние, сильно рассредоточенные по территории поселения: до 100 жителей – 23%, от 100 до 500 – 45% поселений [7, с. 42]. Как образно писал Б.Можаев, такое расселение было связано с тем, что «поля там лоскутные, жмутся меж боров, уремов да суземов, луга и пастбища на погорях да лесных болотах: и все это, отвоеванное в вековой борьбе у леса, может быть в любую пору безвременья снова заполнено лесным половодьем» [8, с. 201]. И население соответственно расселилось применительно к способам земледелия.

Разрушение исконно сложившегося уклада жизни привело к вымиранию малых российских деревень. В результате организованного сселения (по оценкам специалистов, составило примерно 2–3% общего объема миграции сельского населения [5, с. 34]) и самоликвидации таких населенных пунктов, число сел и деревень в Нечерноземье уменьшилось на треть – на 60 тысяч! [6, с. 129]. Опустели деревни, заросли пастбища, луга, пахотные земли. Незначительное число переселенцев на центральные усадьбы не в состоянии были удержать имеющиеся сельскохозяйственные рубежи, не говоря уже о повышении, увеличении, росте. Тяжелая, бесперспективная жизнь привела к новым волнам отъезда из Нечерноземья, которое стабильно пустело.

Публицистика авторов «деревенской прозы»

Для писателей «деревенской прозы» – Б.А.Можаева, Ф.А.Абрамова, В.И.Белова, В.Г.Распутина, В.А.Солоухина, В.П.Астафьева и др. – все это явилось и личной трагедией. Именно они первыми широко подняли и представили на суд общественности многочисленные проблемы российского села, причем многие из которых, такие как грядущее вымирание русской деревни, они выявили на самой начальной стадии. Это были люди с различным мировоззрением, отношением к советской власти и ее политике, но всех их объединяло то, что интересы российской деревни, справедливые запросы ее простых жителей составляли основу жизненных ориентиров, гражданской позиции этих писателей. Не ограничиваясь рамками художественной литературы, ряд указанных авторов обратились и к публицистическому жанру как средству гражданского протеста, направленного против непродуманной и столь тяжкой по своим последствиям аграрной политики государства.

Хотя «деревенское направление» в отечественной публицистике 1960 – 1980-х гг. было также представлено и профессиональными журналистами-публицистами – В.Овечкиным, И.А.Васильевым, С.Залыгиным и др., предметом обсуждения данной статьи является, главным образом, анализ публицистического наследия наиболее известных русских писателей: В.Г.Распутина, Б.А.Можаева, Ф.А.Абрамова и В.И.Белова, связанного с рассмотрением ими трагических для народа последствий политики ликвидации «неперспективных» деревень в контексте раскрестьянивания села в целом. Именно им и принадлежит первенство освещения в отечественной литературе данной проблематики.

В очерке «Вопросы, вопросы…», написанном в середине 1980-х гг., ***В.Г.Распутин*** четко обозначил свою позицию по данной проблеме. «Я решительно отказываюсь соглашаться с этим понятием: «неперспективная» деревня», – пишет он. «Что такое «неперспективная»? – Если там живут люди – там должен быть магазин для обеспечения их всем необходимым; если есть дети – должна быть школа. Вокруг земля, пашни – они будут трудиться на этой земле, выращивать хлеб, содержать скот. Если даже в деревне осталось 10 – 15 семей, и в этом случае перспективу ее нужно видеть в увеличении населения, в возрождении жизни, а не в ее уничтожении. «Неперспективная» появилась из неверного подхода: как сподручней, легче хозяйничать, а не как лучше обихаживать землю и проявлять заботу о людях. Люди оказались средством экономики, а не наоборот. Вот и сдвинули человека с насиженного места как предмет, откуда он, не останавливаясь на промежуточной станции, справедливо сочтя ее ненадежной, сразу ушел на асфальт – попробуйте вернуть его обратно на осиротевшую землю. Теперь выясняется, что и с экономической точки зрения убирать «неперспективную» было невыгодно, что и здесь наломали дров. О чем же вы, умные головы, думали раньше, *почему из ваших сердец, как неперспективное, оказалось изъято чувство Отчизны*, *складывающееся, в том числе, из таких маленьких деревень*?!» [9, с. 168–169].

Одним из первых среди представителей данного литературного направления, проблему ликвидации «неперспективных» деревень поднимает в своих очерках ***Б.А.Можаев*** («Где кому жить» (1968), «Старые земли» (1972), «На Тверце»(1976)). Во взвешенной и рассудительной манере, оперируя конкретными фактами и цифрами, он убедительно доказывает всю пагубность администрирования сверху в решении проблемы расселения в сельской местности как для простых людей, ставших объектом данной государственной политики, так и для

сельского хозяйства страны в целом. «Какая же непостижимая смелость нужна, – пишет он, – чтобы откуда-то издали определить из великого множества селений огромной страны одни «перспективные», а вторые «неперспективные», подлежащие ликвидации, руководствуясь при этом либо теперешними гигантскими границами колхозов, либо пресловутой выгодой за счет экономии средств на строительстве дорог и канализации» [8, с. 202]. Одной из главных причин объявления сел и деревень в Нечерноземье неперспективными, равно как и повального ухода из них жителей, продающих за бесценок добротные дома и подворья, Можаев считает бездорожье (того же мнения придерживались и другие представители «деревенской прозы» – *прим. авт.*). Говоря о неприемлемости определения «сверху» за людей, где им жить, он доказывает, что для государства экономически гораздо более целесообразно построить к еще крепким деревням, но объявленных неперспективными, хорошие дороги, чем утратить в связи с их исчезновением огромные площади ранее освоенных сельскохозяйственных земель. При этом будут заброшены великолепные среднерусские и северные луга, что обернется непоправимым ущербом для развития животноводства. «Резервных пастбищ на центральных усадьбах нет, а выращивать скот в средней полосе по южному образцу – на стойловом держании – накладно. Конечно, для кубанских или украинских хлебов огромные животноводческие комплексы в самый раз – пастбищ там нет, а фуража, силоса много. Но ведь пастбищное содержание скота самое дешевое. Голландцы вон у моря отвоевывают землю и пускают ее под пастбища. А мы готовые луга забрасываем» [8, с. 210–211].

Всякое дело по месту складывается, – продолжает Б. Можаев, – по природе да по погоде. «На Кубани кукуруза да зерно, а на Тверце – ленок да луга. Там степи, здесь леса… Разница. Создали на Кубани гигантские колхозы – и двигай эту методу по всей стране. Но на Кубани один колхоз располагается в гигантской станице, а где-нибудь на Вятке в один гигантский колхоз объединили сотню деревень, раскиданных на территории в четверть Голландии. И дорог нет. Руководи, председатель, как хочешь» [8, с. 212]. Придерживаясь общей с представителями рассматриваемого литературного течения точки зрения об огромном нереализованном потенциале развития сельского хозяйства в Нечерноземье, Можаев подчеркивает такие особые факторы региона, как наличие уникальных лугов, длинный световой день, а также то, что на этих землях почти не бывает ни засухи, ни вымерзания. «По статистике академика Прянишникова, опубликованной в 1929 г., сравнительные данные многолетних урожаев юга России и Нечерноземья, были почти по всем показателям в пользу Нечерноземья» [8, с. 209].

Возможно, и был бы смысл смириться с потерей навсегда в этих краях деревень, признанных «неперспективными», – подытоживает Б. Можаев, – «кабы не осознание того, что тысячу лет кормили они Русское государство, кабы без них Кубань да Ставрополье, пусть даже взятые вкупе с Сибирью и Казахстаном, смогли бы накормить страну и хлебом, и мясом, и молоком. И пора нам, давно пора, засучив рукава браться за строительство деревни средней полосы и северо-запада России, поднимать целину, оказавшуюся в центре отечества нашего» [8, с. 214].

Свою лепту в защиту российской деревни на публицистическом направлении внес и ***Ф.А. Абрамов.*** В конце 1970-х гг. он в соавторстве с А. Чистяковым пишет очерки о поездках по Новгородчине: «Пашня живая и мертвая» и «От этих весей Русь пошла…», посвященных социальным проблемам сельского Нечерноземья. Осуждая практику бездумного объявления «неперспективными» огромного числа сел и деревень, Абрамов стремится подойти к этой теме с различных сторон, не отрицая безоговорочно практику объединения сельских населенных пунктов. Наряду с жесткой критикой со стороны опрошенных им респондентов, писатель стремится принять во внимание и доводы сторонников данного курса – как правило, представителей партийно-государственного аппарата на местах. Последние состояли как в доказывании псевдо экономической целесообразности данного проекта (в том духе, что «нужен простор пашне, простор такой технике, как трактор К-700» [10, с. 161]), так и к научно-обоснованному учеными стремлению переорганизовать доминирующие миграционные потоки из села в город в переселение жителей «неперспективных» деревень в «перспективные» населенные пункты.

Однако стремление учесть общегосударственную необходимость в этом деле перемежается в его строках с искренней болью утраты при виде масштабов запущенных, вышедших из хозяйственного оборота пахотных земель, обезлюдевшей исконной земли русской. «Сотворили списки жизнеспособных и обреченных сел. Обнародовали кое-где даже через печать. Тех же, кого, по сути, лишали права жить в своей родной деревеньке, на улицах своих предков, на берегу своей речки, забыли или не посчитали нужным спросить, нравится или не нравится им этот список, где перечеркнуто место их рождения и место будущего жительства их детей и внуков, нравится ли место, куда переселяют. С момента подписания этого приговора утекло немало воды, на разных заседаниях и собраниях о последствиях не говорят, мнение “низов” тогда игнорировали, и сейчас оно никого не интересует, считают дело решенным. А дело-то оказалось таким, о котором говорят: какое место не потрогай – везде больно» [10, с.158]. В качестве показательного примера автор приводит услышанный диалог в редакции одного из райцентров Новгородской области:

«– Карловку центром утвердили…Грязища непролазная, низина!..

– А сухое боровое село Лезно – неперспективное, его – в Карловку!

Причина? Причина одна – попытка решить труднейшую проблему и экономического и духовно-нравственного характера сию минуту. Оказывается, к лезновскому бору две версты дороги надо починить, и контора не в Лезно, а в Карловке…Так ог-

ромную проблему и перспективу закрыли мелочные сиюминутные заботы. Ну, подумаешь, два километра дороги! Это же не БАМ. Нет сил и средств сегодня, будут завтра. Не горят же эти села!» [10, с. 159].

Рассмотрев все «за» и «против», Абрамов резюмирует: «Сселение – не такая уж простая проблема, чтобы решать в обычном порядке, определяя число перспективных сел. Нужен был не директивный подход, а обсуждение, дискуссия, не бумажная перекличка, а в каждом сельсовете общий сход с правом решающего голоса в определении своей судьбы. Народ бы безошибочно решил, где сселение необходимо, а где – нелепо, определились бы и перспективные центры в колхозе или совхозе, которым жить и благоденствовать» [10, с. 162–163]. Рассуждая о контрасте в сохранении и развитии аграрного потенциала пригородных и отдаленных сельских районов, подытоживая свои размышления, Ф.А.Абрамов делает вывод: «Возродить дальние районы можно только одним-единственным путем – путем превращения их в современный цивилизованный мир. Надо так благоустроить глубинку, чтобы она выстояла в тяжелом поединке с городом за душу человека, бросив вызов урбанизации, противопоставив ей комплекс своих ценностей: радость общения с живой природой, свежий воздух, полевой простор. Другого преимущества у села нет и не будет» [10, с. 173].

Особенно много сил борьбе за сохранение сел и деревень, причисленных в высоких кабинетах к «неперспективным», защите своей Вологодчины, всей сельской России от надвигающегося запустения, отдал ***В.И.Белов***. Если Абрамов в какой-то мере оправдывает необходимость сселения сельских населенных пунктов качественным повышением уровня жизни сельчан, то для В.И.Белова государственная политика укрупнения хозяйств и связанная с ней ликвидация неперспективных деревень неприемлема в принципе. Именно в этом он видит одну из главных причин обезлюдивания, вымирания русских деревень в 60–80-е гг., особенно трагически ярко проявившегося на Русском Севере. Однако корни этого разрушительного процесса В.Белов, равно как и все прочие рассматриваемые авторы, видит в коллективизации и раскулачивании. Подчеркнуто русский, национально ориентированный во всем писатель воюет, бьется с этой политикой государства всеми доступными ему средствами: в газетах, журналах, книгах, в кабинетах больших чиновников, на трибуне Верховного Совета СССР. Русская деревня для него, даже самая малая – центр мироздания, Родина в самом высоком смысле этого слова, благополучие которой есть и благополучие всей настоящей России.

«Жутковато становится, когда безымянный кто-то и где-то планирует мою жизнь, решает, не спрашивая меня, быть моей деревне или не быть, течь ли моей речке, шуметь ли сосновому бору», – пишет В.И. Белов в своем документальном очерке «Ремесло отчуждения» (1988) [11, с. 12]. Анализируя причины резкого сокращения сельского населения Вологодской области и приводя в пример родной Харовский район, он отмечает: «По переписи 1959 г. в деревнях проживало 30,5 тыс. человек, а в 1982 г. всего лишь 14,6 тыс. С 1950 г. по настоящее время в районе исчезло с лица земли около 100 деревень. Решающую роль во всем этом сыграло, на мой взгляд, не столько низкое экономическое положение тогдашних хозяйств, сколько административное их объединение, не оправданное местными условиями» [12, с. 109].

Старт данному процессу дала предпринятая в начале 1950-х гг. попытка укрупнения колхозов, получившая у В.И. Белова (по аналогии с аграрной политикой конца 1920 – нач. 1930-х гг.) наименование «коллективизация колхозов». Как отмечает он, «в 1937 г. Вологодская область имела три с половиной тысячи колхозов. Каждый из них насчитывал в своем составе от 16 до 60 дворов. Выработался оптимальный, как говорят ученые, вариант по количеству дворов — хорошо управляемый и компактный, так как хозяйства строились по ландшафтному принципу. Худо-бедно армию пополняли, войну выстояли, города прокормили, несмотря на жесточайшие налоги. Но после войны вместе с отменой непосильных налогов кому-то до зарезу понадобилась новая коллективизация: началось объединение уже самих колхозов» [11, с. 13]. И далее продолжает: «Я хорошо помню, как из десятков сельскохозяйственных артелей, сложившихся исторически и ландшафтно, выстоявших даже во время войны, сделали в наших местах один, всего один колхоз! Из конца в конец протяженность его была около 50 км. Что тогда началось – долго рассказывать. Вскоре пришла директива разъединяться. Но укрупнение успело развалить бывшие жизнеспособные колхозы, не укрепив маломощных. Когда стряслось это гигантское укрупнение, народ в наших местах правдами и неправдами начал бросать обжитые родные места. От того укрупнения оставалось два шага до так называемой бесперспективности» [11, с. 37–38]. Но позвольте, что значит бесперспективная деревня? – вопрошает Белов. «Стояла на земле полтысячи лет – и вдруг на тебе! Долой ее, под бульдозер. Что, разве там земли нет? Или воды? Я скажу читателю на ушко: все там есть. И земля, и вода, и люди, и дома. *Не было власти, чтобы за нее заступиться*» [11, с. 31].

Что сказать? В самую точку в этом выводе своем попал Василий Иванович. С советского времени и по сегодняшний день это было свойственно русским людям, пробившимся во власть, и тем паче вознесшимся на ее вершины – безразличное, наплевательское отношение к представителям своего народа, к традициям, к землякам, а зачастую и к родне – что уж там говорить о малой Родине. Верноподданнический менталитет государствообразующего народа русского на руку им – легче всего пожертвовать именно его интересами, принеся их в жертву очередным идеологически выдержанным и «безотлагательно приоритетным» целям всепоглощающего Левиафана под названием государство, будь оно советское или современное российское. Типичным подтверждением этого является пассаж будущего члена горбачевского Политбюро, а в 1970-е гг. Первого секретаря Томского обкома

КПСС Е.К. Лигачева, предлагавшего объединить ряд деревень в городок овощеводов, направленный против сторонников сохранения этих деревень: «Где же мы найдем силы, средства обустраивать все эти двенадцать деревень? А почему мы должны их обустраивать? Потому что наши деды, прадеды и мы там с вами жили, что ли? Наверное, это не является главным условием сохранения всех населенных пунктов» [13, с. 131]. Начальству же из представителей национальных меньшинств, тех же татар или народов Северного Кавказа, где земляк испокон веков стоит за земляка, брат за брата, это свойственно неизмеримо меньше. Чтобы убедиться в этом, достаточно сегодня просто проехаться по тем же татарским селам, наполненных молодежью и нормально развивающихся. Они удивительным образом(!) в абсолютном большинстве своем смогли избежать в советское время навешивание ярлыка «неперспективности» и неплохо адаптировались к современным российским реалиям.

Интересны рассуждения В.И.Белова и о мотивах, которыми руководствовались партийно-хозяйственные деятели на самых различных уровнях, рьяно начавшие проводить данную политику в жизнь. «Для руководителя-бюрократа просто клад такие идеи, как немедленное сселение тысяч маленьких деревень. Потому что медленное их никак не устраивает. В самом деле, разве не заманчиво? Сселить (то есть уничтожить) все мелкие деревни в районе, сделать два-три поселка городского типа. Ликвидировать все пекарни, сельские школы, магазины, лавки, больницы и медпункты. Поставить на поток руководство, обслуживание, образование и здравоохранение. Любой вопрос можно в полминуты решить по телефону» [12, с. 83]. «Под ширмой “бесперспективности” бюрократу-руководителю легче жить, у него меньше забот, не надо заботиться и думать о десятках дальних деревень. Построил два-три комплекса, сселил всех в одно место – и живи себе, в ус не дуй. И что самое страшное – вскоре он же и оказывается прав, бесперспективные деревни действительно после этого появляются» [11, с. 31]. Зачем строить сельские школы? – продолжает автор. «Возиться со строителями, доставать шифер, цемент, трубы? Не лучше ли собрать детей со всего района в интернат да и учить? И для ленивых родителей, которым высвобождается время для пьянки. Свез кучу детей в интернат – и всю зиму в ус не дуй: там их накормят, оденут и спать уложат вовремя. А то, что они уже потеряны для деревни, – не в счет». Все эти выводы В. Белов делает не на пустом месте, а опираясь на трагические факты, примеры из жизни своих односельчан, земляков, обусловленные такой политикой [12, с. 83–84]. Показательные для русской деревни алкоголизм и прочие проявления морально-нравственной деградации людей, катастрофический рост смертности в расцвете лет – все эти явления, достигшие пика в «лихие» 90-е гг., возникли и стали «расцветать» еще в 60–70-е гг., являясь наглядным результатом непростительных «ошибок» власти в аграрной сфере.

Необходимо отметить, что ту же бюрократическую мотивацию еще в 1959 г. разглядел в укрупнении колхозов, определившем в итоге политику ликвидации «неперспективных» деревень, и Е.Я.Дорош в своем «Деревенском дневнике». «Мне все больше представляется, что укрупнение колхозов, как оно проводится в здешних местах, мера по преимуществу административная, бюрократическая…В этом есть известное удобство для районного начальства, которое спрашивает теперь не с тридцати или тридцати пяти председателей, а с девятидесяти. Помимо того, возникает иллюзия, будто в районе нет отстающих хозяйств, хотя в среднем продуктов производится столько же, сколько прежде, а иногда и меньше, потому что крепкие колхозы, как это случилось с библейскими тучными коровами, поедаются тощими. Но что совсем плохо, колхозники в этих огромных хозяйствах лишены какого-либо участия в обсуждении колхозных дел – живут по своим деревенькам и не то что друг дружку, председателя в лицо не знают» [14, с. 414].

Говоря о тяжелых экономических последствиях подобной концентрации производства на селе, В.И.Белов в статье «Требуется доярка» (1984) с горечью констатирует: «А то, что исчезают не только отдельные животноводческие фермы, но и целые производственные бригады, что поголовье скота не увеличивается, а покосы и пашни сокращаются, это как-то умалчивается, сходит с рук. Что значит ликвидировать хотя бы и мелкую ферму или отдельную бригаду? Это значит сразу или постепенно исключить из хозяйственного пользования многие гектары пашни, окончательно забросить остатки лугов, лесных покосов и пастбищ. (Кстати, по самым скромным подсчетам пашенные земли в области за 40 лет сократились на 400 тыс. га. Только за последние 15 лет заросло лесом и кустарником либо заболочено около 250 тыс. га покосов, которые испокон веку играли главную роль в заготовке кормов. Пастбища уменьшились, по данным ЦСУ, с 815 тыс. до 317 тыс. га.) Наверняка и в других областях дело обстоит не лучше, а в некоторых, может, и еще хуже» [12, с. 110]. Государственная аграрная политика, по его мнению, должна быть скорректирована: дополнена необходимостью перемещения в сельские региональные районы страны всех институтов, занимающихся проблемами сельского хозяйства, а также интенсивного возрождения всех заброшенных деревень без исключения. «Места проживания в деревнях наши предки выбирали с умом, а правильность выбора подтверждалась долгим проживанием дедов, отцов. Строить дома в заброшенных деревнях, отвечающие современным требованиям, с приусадебными участками, с необходимыми пристройками, и продавать в длительную рассрочку, продуманную с одной целью: закрепление земледельца на земле» [12, с. 130].

Отсутствие значимого экономического эффекта, еще более усилившаяся миграция сельского населения в города, заставили власть к концу 1970-х гг. пересмотреть эту порочную расселенческую политику. Не последнюю роль в этом, равно как и в оста-

новку проекта переброски вод северных рек в Среднюю Азию, сыграло давление со стороны писателей-деревенщиков (в частности, на страницах газеты «Труд», «Литературной газеты», журналов «Сельская новь», «Нева», «Наш Современник»), всколыхнувших своим творчеством общественность страны. Начатый изначально на областном и республиканском уровнях [15, с. 22] данный пересмотр нашел свое отражение в выпущенном 13 августа 1980 г. циркуляре Госгражданстроя СССР «Об устранении недостатков в проектах районной планировки в части расселения в сельской местности», отменившем выделение неперспективных сельских населенных пунктов. Но по-прежнему сохранялось выделение «перспективных» поселений, в которых следовало концентрировать основные объемы строительства, а вместо «неперспективных» были введены две категории населенных пунктов: «сохраняемые на расчетный срок» и «сселяемые в первую очередь» [15, с. 21–22].

На основе указанного документа были внесены соответствующие изменения в региональные проекты и схемы планировок сельскохозяйственных районов. В.Белов на примере своего района демонстрирует, каким образом это осуществлялось на местном уровне: «Институт Вологдагражданпроект (со ссылкой на Госстрой РСФСР) разослал как-то по райисполкомам одну директиву. Получили эту бумагу и в нашем райцентре. В приложении к ней Харовскому райисполкому предлагалось сселить 37 деревень. Спрашивается: почему сселять и почему 37, а не 7 и не 137? Директива не дает ответов на такие вопросы. Моя Тимониха в эту директиву не попала, а деревня Семеновская, где жителей больше, почему-то попала. Пошел я в институт, пошел в облисполком. И там и тут столько директив начитался, что голова кругом. Видимо, учитывая бесперспективность термина «бесперспективность», то ли в Госстрое, то ли еще где сделали такую поправку: «В дальнейшем именовать перспективные пункты развиваемыми, неперспективные – сохраняемыми» (решение облисполкома № 454 от 17 августа 1983 г.). Что в лоб, что по лбу! Ведь ясно, что сохраняемый, но не развиваемый населенный пункт равносилен неперспективному» [11, с. 63]. Окончательно от выделения в той или иной форме «неперспективных» деревень Госгражданстрой СССР отказался лишь в конце 1983 г. [15, с. 22].

Заключение

Подводя итоги анализа публицистики рассмотренных авторов, следует объективно указать, что при всей болезненности и значимости поднятой в ней проблематики, их аналитике была присуща и определенная ограниченность, обусловленная как политико-идеологическими рамками 1960-х – начала 1980-х гг., так и иными факторами. Коллективизация еще не обозначена как корень трагедии исчезновения деревень в последующие десятилетия (на что тот же В.Белов на рубеже 1980 – 1990-х гг. укажет в своем романе «Кануны»). Не подвергается критике и порочность командно-административной, плановой системы экономики и управления в целом, которая по сути своей не была в состоянии учесть особенности развития сельской местности различных территорий обширной страны. Присутствует и определенная недооценка закономерности процесса урбанизации, последствия которого для российского села были усугублены политикой ликвидации «неперспективных» деревень.

Вместе с тем, обратившись к публицистическому жанру, авторы «деревенской прозы» убедительно доказали, что неблагоприятные факторы для большинства деревень, названных чиновниками «неперспективными», во многом создавались искусственно. В своих литературных произведениях, статьях и очерках 60 – 80-х гг. известные писатели, обращаясь как обществу в целом, так и целенаправленно к власти, буквально били в набат, крича о надвигающейся катастрофе депопуляции русского народа как неминуемом следствии раскрестьянивания и исчезновения, вымирания деревень. И если в 1960–1980-е гг. эти процессы были наиболее наглядно представлены в сельском Нечерноземье, то с наступлением 1990-х процесс исчезновения деревень приобрел лавинообразный характер и охватил большинство, преимущественно «русских», регионов РФ, исторически имевших плотную сельскую поселенческую сеть.

Литература

1. *Солженицын А.И.* Слово при вручении премии Солженицына Валентину Распутину. 4.05. 2000// Новый мир. 2000. №5. С. 186–189.
2. *Вильчек Л.Ш.* Советская публицистика 50–80-х годов (от В. Овечкина до Ю.Черниченко). М.: Издательство МГУ, 1996.
3. *Безнин М.А.* Крестьянский двор российского Нечерноземья в 1950 – 1965 годах // Отечественная история. 1992. №3. С. 16–29.
4. *Судьбы российского крестьянства* / Под ред. Ю.Н. Афанасьева. М.: Изд-во Рос. гос. гуманитарного ун-та, 1995. 624 с.
5. *Мазур Л.Н.* Политика реконструкции российской деревни (конец 1950-х – 1980 гг.) // Отечественная история. 2005. №3. С. 25–36.
6. *Денисова Л.Н.* Исчезающая деревня России: Нечерноземье в 1960–1980-е гг. М.: Институт Российской истории РАН, 1996. 216 с.
7. *Итоги Всесоюзной переписи* населения 1959 г. РСФСР. М.: Госстатиздат, 1962.
8. *Можаев Б.А.* Запах мяты и хлеб насущный: эссе, полемические заметки. М.: Московский рабочий, 1982.
9. *Распутин В.Г.* Что в слове, что за словом: очерки, интервью, рецензии. Иркутск: Восточно-Сибирское кн. изд-во, 1987. 336 с.
10. *Абрамов Ф.А.* Чем живем-кормимся: Очерки; Статьи; Воспоминания; Литературные портреты; Заметки; Размышления; Беседы; Интервью; Выступления/Сост. Л.Крутикова-Абрамова. Л.: Советский писатель, 1986. 528 с.
11. *Белов В.И.* Ремесло отчуждения. М.: Советская Россия, 1988. 86 с.
12. *Белов В.И.* Раздумья на Родине: Очерки и статьи. М.: Современник, 1989. 352 с.

13. *Усольцева О.В.* Сельская поселенческая сеть Томской области во второй половине 1940-х–1980-е гг.: Дис. на соискание учен. степени канд. истор. наук. Томск, 2016. 271 с.
14. *Дорош Е.Я.* Дождь пополам с солнцем. Деревенский дневник. М.: Советский писатель, 1990. 734 с.
15. *Хорев Б.С.* Кто же назвал деревню «неперспективной»? // Сельская новь. 1990. №3. С.21–22.

References

1. *Solzhenitsyn A.I.* Slovo pri vruchenii premii Solzhenicyna Valentinu Rasputinu 4.05.2000 [Valentin Rasputin's speech at the Solzhenitsyn Prize award ceremony 04/05/2000] // Novy Mir [New World]. 2000. No. 5. P. 186–189.
2. *Vilchek L.Sh.* Sovetskaja publicistika 50-80-h godov (ot V. Ovechkina do Ju.Chernichenko) [Soviet journalism of the 1950s-1980s (from V. Ovechkin to Yu.Chernichenko)]. Moscow: Moscow State Univ. Publ., 1996.
3. *Beznin M.A.* Krest'janskij dvor rossijskogo Nechernozem'ja v 1950 – 1965 godah [A peasant farmhouse in the Russian Non-Black Earth region in the 1950s - 1965s] // Otechestvennaja istorija [Russian history]. 1992. No. 3. P. 16–29.
4. *Sud'by rossijskogo krest'janstva* [The fate of the Russian peasantry] / Ed. Yu.N. Afanasyev. Moscow: Russian State Humanitarian Univ. Publ., 1995. 624 p.
5. *Mazur L.N.* Politika rekonstrukcii rossijskoj derevni (konec 1950-h – 1980 gg.) [The policy of reconstruction of the Russian village (late 1950s - 1980s)] // Otechestvennaja istorija [Russian history]. 2005. No. 3. P. 25–36.
6. *Denisova L.N.* Ischezajushhaja derevnja Rossii: Nechernozem'e v 1960-1980-e gg [The disappearing village of Russia: the Non-Black Earth Region in the 1960s-1980s]. Moscow: Inst. of Russian History, RAS, 1996. 216 p.
7. *Itogi vsesojuznoj perepisi naselenija 1959 g. RSFSR.* [Results of the All-Union Population Census of 1959 in the RSFSR]. Moscow: Gosstatizdat, 1962.
8. *Mozhaev B.A.* Zapah mjaty i hleb nasushhnyj: jesse, polemicheskie zametki [The smell of mint and daily bread: essays, polemical notes]. Moscow: Moscow Worker, 1982.
9. *Rasputin V.G.* Chto v slove, chto za slovom: ocherki, interv'ju, recenzii. [What is in the word, what is the word: essays, interviews, reviews]. Irkutsk: East Siberian Book Publ., 1987. 336 p.
10. *Abramov F.A.* Chem zhivem-kormimsja: Ocherki; Stat'i; Vospominanija; Literaturnyj portrety; Zametki; Razmyshlenija; Besedy; Interv'ju; Vystuplenija/ Sost. L. Krutikova-Abramova. [How we live-feed: Essays; Articles; Memories; Literary portraits; Notes; Reflections; Conversations; Interview; Speeches] / Compiled by L. Krutikova-Abramova. Leningrad: Soviet writer, 1986. 528 p.
11. *Belov V.I.* Remeslo otchuzhdenija [Craft of alienation]. Moscow: Soviet Russia, 1988. 86 p.
12. *Belov V.I.* Razdum'ja na Rodine: Ocherki i stat'i [Meditations at Homeland: Essays and articles]. Moscow: Contemporary, 1989. 352 p.
13. *Usoltseva O.V.* Sel'skaja poselencheskaja set' Tomskoj oblasti vo vtoroj polovine 1940-h – 1980-e gg [Rural settlement network of Tomsk region in the second half of the 1940s – 1980s]: Diss...Cand. Sci. (History). Tomsk, 2016. 271 p.
14. *Dorosh E.Ya.* Dozhd' popolam s solncem. Derevenskij dnevnik. [Rain and the sun. Village diary]. Moscow: Soviet writer, 1990. 734 p.
15. *Khorev B.S.* Kto zhe nazval derevnju «neperspektivnoj»? [Who called the village "unpromising"?]. Sel'skaja nov' [Rural News]. 1990. No. 3. P.21–22.

Статья поступила в редакцию 29.06.2018.

УДК 94(470)“19”
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-120-126

Е.Т. АРТЁМОВ

КАДРОВЫЕ МОБИЛИЗАЦИИ В «СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ»: СЛУЧАЙ АТОМНОГО ПРОЕКТА

Институт истории и археологии УрО РАН, г. Екатеринбург

iia-history@mail.ru

Аннотация

В статье анализируются стратегия и практика решения кадровой проблемы в советском атомном проекте. В центре внимания пути и способы формирования коллективов предприятий и организаций ядерно-оружейного комплекса, использования методов морального поощрения и материального стимулирования, воспитания и убеждения, принуждения и насилия для мотивации работников. Делается вывод, что эти меры носили экстраординарный характер. Они могли применяться лишь в приоритетном сегменте «командной экономики» с его специфическими, мобилизационными принципами организации работы.

Ключевые слова:
командная экономика, советский атомный проект, кадровые мобилизации, кадровая политика, мотивация труда, режимный труд

E.T.ARTEMOV

PERSONNEL MOBILIZATION IN THE «SOCIALIST ECONOMIC SYSTEM»: NUCLEAR PROJECT CASE

Institute of History and Archaeology, Ural Branch, RAS, Ekaterinburg

Abstract

The general goal of the Soviet nuclear project was the creation of nuclear weapons and equipment the armed forces with them. This was considered “a matter of national concern” with an ultimate priority status over all other needs of the national economy. A decisive success in the implementation of the nuclear project was achieved in 1945–1953 owing to the maximum use of the mobilization potential of the “Stalinist” “command” economy. This required a “special adjustment’ of its institutions. However, for the new nuclear industry to function properly it had to be filled with high quality and well motivated “human resources”. These tasks were addressed in parallel. The work teams of the nuclear industry facilities were recruited from among the “best workers”. The recruitment was organized in the form of mass scale mobilization campaigns which left the identified candidates no chances to avoid the “draft”. Labor motivation was based on a combination of moral incentives and material stimulation together with education and persuasion, as well as coercion and violence. Moreover, there were no restrictions either in encouraging the “well performers”, or in punishing the “delinquents”. When performing particularly important tasks, the collective responsibility of managers and leading specialists was practiced. At the construction of “nuclear facilities” the prisoners' labor was widely used. Severe administrative and repressive methods were applied for their motivation. However, there was something in common with all those involved in the nuclear project: they were all considered a production resource. This approach was aimed at solving the “nuclear problem” as soon as possible. This was its main specificity.

Keywords:
command economy, soviet nuclear project, personnel mobilization, staff policy, labor motivation, regime work

Введение

В современных интерпретациях советской истории концепту мобилизация отводится особая роль. С его помощью пытаются (и небезуспешно) объяснить как причины устойчивости режима, так и его плачевный финал [1–3]. Вместе с тем, в трактовке содержания, форм и масштабов мобилизаций наблюдаются существенные различия. В их числе – отсутствие согласия в вопросе границ между рутинными практиками и чрезвычайными действиями. Это затрудняет прояснение сущностных характеристик советского общества. В частности, речь идет о соотнесении понятий советская экономика и мобилизационная экономика. Зачастую между ними ставится знак тождества. Но в таком случае «смазывается» специфика функционирования и развития «приоритетных» и «неприоритетных» сегментов экономики.

Сказанное объясняет выбор темы настоящей статьи. Она посвящена реконструкции путей и способов решения кадровой проблемы в советском атомном проекте. В его реализации были сполна задействованы мобилизационные механизмы. И их анализ позволяет оценить условия использования и результативность чрезвычайных подходов для достижения жизненно важных, по мнению власти, целей.

Задача номер один

Генеральная цель советского атомного проекта заключалась в создании ядерного оружия и оснащения им Вооруженных сил. Это рассматривалось как действенный способ упрочения геополитических и военно-стратегических позиций СССР. Неслучайно атомному проекту предоставили практически неограниченный доступ к ресурсам страны. В пятой пятилетке (1951–1955 гг.), по данным Минсредмаша (правопреемника Первого главного управления при Совмине СССР – исполнительного органа атомного проекта), они вышли на уровень 6 млрд. руб. ежегодно. Это составляло 4 % общего объема капитальных вложений в народное хозяйство страны. Огромные вложения позволили в сжатые сроки развернуть совершенно новую, атомную отрасль промышленности. В середине 1953 г. «контингент» занятых на ее предприятиях и в организациях достиг 145 тыс. чел. Еще 190 тыс. работало на урановых рудниках и обогатительных фабриках в ГДР, Чехословакии, Польше, Болгарии. Численность же персонала организаций-«смежников», по всей видимости, составляла несколько сот тысяч человек. Только в Главпромстрое МВД, который являлся основным подрядчиком при возведении объектов атомной индустрии, было занято 260 тыс. работников [4, с. 98, 263]. Столь масштабная мобилизация финансовых, материально-технических и кадровых ресурсов накладывала существенные ограничения на развитие других отраслей производства, потребительского сектора, социальной инфраструктуры. Однако подобные издержки в расчет не принимались. Для высшего руководства страны обладание ядерным оружием имело гораздо большее значение, чем любые другие нужды.

Решающие успехи в реализации атомного проекта были достигнуты в 1945–1953 гг. Именно тогда удалось создать и вывести на самостоятельную траекторию развития ядерно-оружейный комплекс. Это позволило Советскому Союзу на протяжении десятилетий наращивать и поддерживать на высоком уровне качество своего стратегического арсенала. Такого результата удалось добиться благодаря целенаправленной мобилизационной политике. Для ее реализации потребовалось провести «специальную настройку» институтов «командной экономики». Она заключалась в создании обособленной управленческой вертикали. На самом ее «верху» находился Специальный комитет во главе с Л.П. Берией, подотчетный только И.В. Сталину. И никакие партийно-государственные органы не имели права вмешиваться в его дела. В атомном проекте были использованы еще две важные новации: работа строилась в «ручном режиме», в соответствии с проектным принципом управления и официально поощрялась конкуренция непосредственных исполнителей. Однако организация специальных структур и корректировка действующих «правил игры» еще не решали проблемы. Чтобы созданная система функционировала должным образом, требовалось заполнить ее качественным «человеческим материалом» и побудить отобранных работников ответственно относиться к выполнению своих обязанностей и интенсивно трудиться [5]. Эти задачи решались параллельно путем массовых кадровых мобилизаций и использования специфических способов мотивации труда.

Кадровая политика

Для работы на предприятиях и в организациях формирующейся атомной отрасли отбирали «лучшие кадры». Поскольку от управленцев высшего звена, руководителей предприятий и организаций, ведущих ученых и конструкторов в решающей степени зависела судьба атомного проекта, то к их отбору относились особенно тщательно, подыскивая кандидатов по всему Советскому Союзу. Согласно «установленному порядку» для перевода работника с одной номенклатурной должности на другую требовалось желание самого кандидата, а также согласие его начальства и кураторов по партийной линии. Но в атомном проекте эти условия не соблюдались. По словам А.Н. Поскребышева, помощника И.В. Сталина, и управляющего делами Совета Министров СССР М.Т. Помазнева, «Спецкомитет назначал и освобождал работников по своей линии без ЦК КПСС, т.е. Спецкомитет подменял не только Совмин, но и ЦК КПСС» [6, с. 364, 375]. И эти слова подтверждают многочисленные, документально зафиксированные факты. Мнением же самих мобилизуемых фактически не интересовались.

В какой-то мере принцип добровольности соблюдался в отношении ученых. Сначала руководство атомного проекта определяло, кто может возглавить то или иное научное направление. Затем с ними проводились «разъяснительные беседы»: им обещали «все возможности для работы — лучше, чем где-либо», «лучшие материальные условия» и

т.д. [7, с. 147]. Однако это являлось скорей формальной процедурой. Разумеется, все кандидаты проходили проверку на «благонадежность». Но ее проводили «без фанатизма». Для руководства атомного проекта главным критерием при назначении ученого на ответственную должность была его квалификация и компетентность. Поэтому оно весьма выборочно реагировало на «сигналы» спецслужб, что кто-то «не внушает политического доверия», «идеологически не выдержан», «имеет сомнительные родственные связи» и т.д. Иногда руководители организаций, у которых «изымались» ведущие специалисты, пытались протестовать. Однако их возражения в расчет не принимались.

При подборе административных и хозяйственных руководителей поступали еще проще. Их уведомляли о предстоящей мобилизации без предварительного согласования с кем-либо. Характерный пример – перевод заместителя министра цветной металлургии СССР Е.П. Славского на работу в Первое главное управление (ПГУ). Не желая никуда «переходить», он заручился поддержкой члена Политбюро ЦК А.И. Микояна, курировавшего Минцветмет. Но это не помогло. Буквально через день вышло постановление Совета Министров СССР о переводе Славского. И Микоян сказал ему: «Слушай, кто теперь пойдет к товарищу Сталину, чтобы он отменил решение?». Другим кандидатам на крупную хозяйственную должность, пытавшимся уклониться от «мобилизации», могли заявить: «Работать все равно будешь. Под конвоем водить будем». И это была реальная угроза. Чаще, конечно, использовались другие способы принуждения. Как правило, отказ от перехода в структуры атомного проекта оборачивался исключением из партии и увольнением с номенклатурной должности [4, с. 151–152].

Нежелание же у отдельных кандидатов участвовать в атомном проекте объяснялось жестким режимом работы. Да и «выйти из игры» по собственному желанию было практически невозможно. Только после смерти И.В.Сталина ситуация стала меняться. Либерализация политического режима дала занятым в атомном проекте определенную свободу выбора. В первую очередь ею воспользовались некоторые ведущие специалисты. В результате из Минсредмаша «и вообще с работ, связанных с атомным и водородным оружием», сразу же обозначился «отлив» мобилизованных ранее «известных крупных ученых» [8, с. 51].

Рядовых работников «откомандировывали в распоряжение» структур атомного проекта без всяких предварительных уведомлений и объяснений. В отношении инженерного и научно-технического персонала, управленцев среднего и низшего звена, квалифицированных рабочих использовалась схема индивидуального отбора. Он проводился в несколько этапов. Сначала Секретариат ЦК ВКП(б) по поручению Спецкомитета устанавливал разнарядку различным министерствам и ведомствам, областным комитетам партии — сколько и каких «лучших» работников нужно откомандировать для нужд ПГУ. Запрещалось предлагать бывших заключенных, проживавших в годы войны на оккупированных территориях, имевших родственников за границей. Затем в дело вступали кадровые службы атомного проекта. Они учитывали социальное происхождение, партийность, национальность кандидатов. Но эти характеристики могли не приниматься во внимание, если конкретный работник был необходим для производства. Похожий порядок действовал при распределении молодых специалистов. Ежегодно свыше тысячи выпускников ведущих вузов направлялись в распоряжение структур атомного проекта [9, с. 251–252; 10, с. 420, 421; 11, с. 210–216, 757–759; 12, с. 311–318].

Основной производственный персонал атомной отрасли комплектовался путем группового набора. На работу направляли целые выпуски учреждений профессионально-технического и среднего специального образования. Значительную часть пополнения составляли демобилизованные военные строители срочной службы. Их в «добровольно-принудительном» порядке оставляли работать на «объектах», которые они до этого возводили. Набранная таким образом «рабочая сила» по сути прикреплялась к предприятиям. Особенно в сложном положении оказывался «контингент», занятый в производстве «ядерной взрывчатки» (плутония и обогащенного урана), в разработке и выпуске «готовых изделий». Соответствующие предприятия со своими поселками были надежно ограждены от «внешнего мира». И только с началом «оттепели» их жителям разрешили хотя бы проводить свой отпуск вне «режимных объектов». Одновременно у занятых в атомной отрасли появилась гипотетическая возможность сменить место работы.

Специфическую категорию работников, занятых в атомном проекте, составлял «спецконтингент» – заключенные, военнопленные, спецпоселенцы, репатрианты. Их труд, за редким исключением, не использовался на основном производстве. Правда, в уранодобывающей промышленности восточноевропейских стран значительную часть работников составляли военнопленные, депортированные и осужденные по политическим мотивам [12, с. 728; 13, с. 337]. В Советском Союзе «спецконтингент», в основном состоящий из заключенных, использовался при возведении объектов атомной промышленности. Сначала он составлял свыше половины всех строителей. Затем его численность стала снижаться. И это было осознанное решение. Заключенные хорошо справлялись с общестроительными работами. Но для выполнения более сложных работ они мало подходили. Причина состояла в низкой квалификации и негативном отношении заключенных к труду. И уже в конце 1940-х гг. было принято решение о постепенной замене заключенных «на проверенных вольнонаемных или военнообязанных рабочих». К таковым относили военных строителей и уволенных в запас солдат-«срочников». Их численность стала расти опережающими темпами. Важную роль в этом процессе сыграла амнистия, проведенная после смерти И.В. Сталина. И в 1955 г. на долю «вольнонаемных» и военных строителей уже приходилось почти две трети занятых на возведении объектов атомной

индустрии [11, с. 156–158,520, 521, 528, 529; 12, с. 544–547; 14, с. 52–54; 15, с. 815].

Мотивация труда

Для мотивация труда в атомном проекте использовалось сочетание стандартных для сталинской эпохи методов: морального поощрения и материального стимулирования, воспитания и убеждения, принуждения и насилия. Отличие заключалось в снятии любых ограничений как при поощрении «отличившихся», так и в наказании «провинившихся», в применении практики коллективной ответственности. Естественно, существовала специфика в мотивации отдельных категорий персонала. Для руководящих кадров и высококлассных специалистов, пожалуй, главную роль играли нематериальные факторы: решение проблемы самореализации, статусные соображения, перспективы профессионального и карьерного роста. И когда все получалось, то их ожидания сбывались. «Отличившихся» щедро отмечали высокими государственными наградами. Они добивались упрочения своей профессиональной репутации и быстро продвигались «по службе». Атомный проект стал стартовой площадкой для карьерного взлета многих высших хозяйственных руководителей и крупных организаторов науки позднесоветской эпохи. Важную роль в мотивации «атомной элиты» также играла убежденность в жизненной необходимости и исключительной важности своей работы. Представление, что создавая ядерное оружие ты тем самым «защищаешь Москву» от возможной «участи Хиросимы и Нагасаки», подвигало «ответственных исполнителей» к самоотверженному, на пределе человеческих возможностей, труду [16, с. 24–32].

Сказанное отнюдь не умаляет важности материального стимулирования в мотивации «ответственных работников». Они имели высокие должностные оклады, регулярно получали стимулирующие выплаты. По завершении этапных работ – создания первой атомной бомбы и т.п. – «ключевым фигурам» атомного проекта полагались премии в десятки, а то и в сотни раз превышавшие среднемесячную зарплату рядового врача или инженера. И им было на что потратить деньги, благодаря доступу к специальным распределителям и другим преференциям [9, с. 530–562; 18, с. 61; 19, с. 501–502].

С другой стороны, халатность, нераспорядительность, предоставление «наверх» недостоверной информации, «ненадлежащее» выполнение поручений сразу же оборачивалось жесткими санкциями. И все же, уголовное преследование руководящих работников являлось скорей исключением. От него в первую очередь ожидали демонстрационного эффекта. Каждый должен был видеть, чем грозит работа «спустя рукава». Этого вполне хватало, чтобы мобилизовать руководителей на «безусловное» выполнение утвержденных планов, оперативное устранение допущенных «просчетов и недостатков».

В подтверждение сказанному можно привести пример организации производства «термоядерной взрывчатки» – дейтерида лития. Возглавлял данное направление работ генерал-лейтенант госбезопасности Н.М. Павлов. Имелось два варианта решения проблемы. Первый – предполагалось использование действовавшей установки. Но этот вариант отличался низкой производительностью и высокой себестоимостью «конечного продукта». Второй метод был более прогрессивным. Однако для доработки технологии, изготовления и монтажа оборудования требовалось дополнительное время и крупные капитальные вложения. Павлов попытался разрешить данное противоречие, как-то скомбинировав оба подхода – и просчитался. План производства дейтерида лития оказался сорван. Вину возложили на Павлова. И Берия заявил ему примерно следующее: «Сейчас мы вас не будем наказывать, мы надеемся, что вы исправите ошибку. Но имейте в виду, у нас в тюрьме места много!» Разумеется, после таких слов Павлов сразу же «перестроился» и прогрессивная технология производства дейтерида лития была освоена в кратчайшие сроки [7, с. 231, 232; 20, с. 10, 11].

За выполнение особо важных заданий руководящие работники несли солидарную ответственность. По сути, их связывали круговой порукой. Так было при вводе в строй комбината № 813. На стадии пусконаладочных работ обнаружилось, что предприятие, в строительство которого вложили миллиарды рублей, не выдает конечного продукта (оружейного урана) «нужной кондиции». Чтобы разобраться с проблемой, прибывший на «пусковой объект» Л.П. Берия, собрал совещание «с узким кругом лиц». Но никто не мог вразумительно сказать, в чем дело. И Берия прервал заседание, заявив, обращаясь к разработчикам технологии, руководству комбината и стройки, примерно следующее: «даю вам сроку три месяца… и если вы не обеспечите … что от вас требуется, сушите сухари». Все прекрасно знали, что председатель Спецкомитета «слов на ветер не бросал». Его установки «специально на то обученные люди» легко превращали в дела о «саботаже» или «вредительстве». В общем, проблема была решена в оговоренные сроки [9, с. 407; 11, с. 359, 363–365; 22, с. 85, 86; 23, с. 57–65].

Еще в более жесткие условия попадали рядовые участники атомного проекта. На всех предприятиях отрасли была установлена полувоенная дисциплина. Невыполнение заданий, «пререкания» с начальством оборачивались выговорами с последующим ограничением доступа к материальным благам, а то и переводом на низкооплачиваемую работу. В случае прогулов или опозданий «на службу» виновные приговаривались к исправительным работам и даже к тюремному заключению. Особо строго следили за соблюдением технологий, выполнением требований, предусмотренных технической документацией. Их, нарушителей, ожидал суд и исправительно-трудовые лагеря. Масштабы подобных репрессий были весьма значительны. Так, в КБ-11, первом ядерно-оружейном и конструкторском центре, где практиковался особо тщательный отбор работников, за девять месяцев 1950 г. уго-

ловному преследованию за различные «проступки» подвергся каждый тридцатый сотрудник [23, с. 45]. Помимо демонстрационного эффекта, это позволяло избавляться от «нерадивых» работников. Их увольнение с выездом на «большую землю» не допускалось по режимным соображениям. Так что оставался один выход: дать «злостным нарушителям» трудовой, производственной и технологической дисциплины «срок», и отправлять не желающих ударно трудиться в «дальние лагеря».

Напряженный характер работы и неудобства, связанные с изолированностью от «внешнего мира», власти стремились компенсировать повышенным уровнем жизни. Должностные оклады инженерно-технического персонала и служащих были заметно выше «против обычных предприятий». Оплата труда рабочих осуществлялась по завышенным тарифным ставкам. Широко использовались различные льготы: переводимые на предприятия атомной отрасли получали пособия и ссуды, компенсацию за проведенный на «объекте» отпуск, направляемым на лечение в санатории и дома отдыха оплачивались путевки и т.д. Сложней решалась жилищная проблема. Но благодаря интенсивному строительству, обеспеченность «атомных» предприятий жилым фондом и объектами культурно-бытового назначения уже в начале 1950-х гг. заметно превысила общесоюзные стандарты [18, с. 288–290; 22, с. 176, 177]. В общем, всем занятым в атомной отрасли были созданы достойные по меркам послевоенных лет условия жизни. Это побуждало их ценить свою работу и стимулировало трудовые усилия. Свою роль также играла интенсивная пропаганда «советского патриотизма». Она хорошо согласовывалась с чувством угрозы со стороны «капиталистического мира», распространенном в послевоенном обществе. Так в глазах многих любые издержки, связанные с работой на атомных предприятиях, получали оправдания.

К «спецконтингенту» относились как к малоценному, легко возобновляемому «расходному материалу». Для его принуждения к труду преимущественно использовались жесткие административно-репрессивные методы. Поощрения ограничивались «надбавкой продовольствия к основной норме питания» и сокращением срока заключения для выполнявших и перевыполнявших производственные задания. Сначала допущение на «спецстройках» досрочного освобождения позволило значительно повысить производительность «подневольной» рабочей силы. Однако эффект от введения этой нормы оказался краткосрочным. Чтобы «не рассекретить объекты», большинство бывших заключенных оставляли в качестве вольнонаемных на прежнем месте работы или вывозили в Дальстрой МВД СССР [11, с. 198, 199, 331–333, 521]. Естественно, такое «освобождение» не создавало у «спецконтингента» особых мотивов для производительного труда. Неслучайно его стремились заменить военными строителями. Последние, по своему статусу, приближались к работникам основного производства, и их мотивировали похожим образом. А чтобы не терять «подготовленную рабочую силу», увольняемых в запас солдат-«срочников», по сути, принуждали оставаться на «объектах» в качестве «вольнонаемных» строителей. Так «спецстройки» получили надежный источник пополнения кадрами, с пониманием воспринимавшими призывы к производительному и самоотверженному труду.

Заключение

Суммируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы. Во-первых, кадровая политика и мотивация труда, имевшие место в атомном проекте, не были закреплены законодательно или «прописаны» в каких-то инструкциях. Однако все причастные к нему прекрасно знали о существовании неформальных норм правил, подлежащих «неукоснительному» исполнению. Во-вторых, их институализация в ходе повседневной практики по сути стерла грань между трудом «вольнонаемным» и «принудительным». Возник некий промежуточный феномен, который можно назвать разновидностью «режимного труда» [24, с. 1032]. И, в-третьих, специфика форм и методов решения кадровой проблемы задавалась общей стратегией реализации атомного проекта. Она была направлена на достижение чрезвычайных целей экстраординарными способами и могла использоваться лишь для «точечных прорывов» в развитии науки, техники, производства. Другими словами, в советской «командной экономике» в ее классическом, сталинском варианте существовало два обособленных сегмента: приоритетный и неприоритетный, дополняемые некими промежуточными секторами. И только в отношении первого можно говорить о его преимуществе в мобилизационном характере.

Статья подготовлена при поддержке РФФИ, проект № 17-01-00102-ОГН.

Литература

1. *Фонотов А.Г.* Россия: от мобилизационного общества к инновационному. М., 1993. 271 с.
2. *Мобилизационная модель* развития российского общества в XX веке. Челябинск, 2013. 128 с.
3. *Социальная мобилизация* в сталинском обществе (конец 1920-х — 1930-е гг.). Новосибирск, 2013. 419 с.
4. *Артёмов Е.Т.* Атомный проект в координатах сталинской экономики. М., 2017. 343 с.
5. *Artemov E.* The Soviet Atomic Project: Ingredients of Success // Social Sciences. A Quarterly Journal of the Russian Academy of Sciences. Vol. 49. 2018. № 2. P. 102–121.
6. *Лаврентий Берия.* 1953: Стенограмма Июльского пленума ЦК КПСС и другие документы. М., 1999. 512 с.
7. *Сахаров А.Д.* Воспоминания 1921–1971: Так сложилась жизнь. М., 2016. 544 с.
8. *Артемов Е.Т., Волошин Н.П., Литвинов Б.В., Никитин В.И.* В целях усиления работ// Уральский исторический вестник. 2008. № 3 (20). С. 38–58.

9. *Атомный проект СССР*: документы и материалы: в 3 т. Т. 2. Атомная бомба. 1945–1954. Кн. 1. М. – Саров, 1999. 719 с.
10. *Атомный проект СССР:* документы и материалы: в 3 т. Т. 2. Атомная бомба. 1945–1954. Кн. 2. М. – Саров, 2002. 640 с.
11. *Атомный проект СССР:* документы и материалы: в 3 т. Т. 2. Атомная бомба. 1945–1954. Кн. 4. М. – Саров, 2003. 816 с.
12. *Атомный проект СССР:* документы и материалы: в 3 т. Т. 2. Атомная бомба. 1945-1954. Кн. 5. М. – Саров, 2005. 976 с.
13. *Хейнеман-Грудер А.* Советский атомный проект и нехватка урана. Добыча урана в Восточной Германии и Чехословакии после 1945 г. // Наука и общество: история советского атомного проекта (40–50-е годы)/ Труды Международного симпозиума ИСАП-96. Т. 2. М., 1999. С. 331–339.
14. *Атомный проект СССР:* документы и материалы. в 3 т. Т. 2. Атомная бомба. 1945-1954. Кн. 3. М. – Саров, 2002. 996 с.
15. *Дерябин И.Е., Жуманов Р.А.* Строительная индустрия Минатома России // Ядерная индустрия России. М., 2000. С. 810–871.
16. *Альтшулер Л.В.* Вся жизнь в Автограде // Наука и жизнь. 1994. № 2. С. 24–32.
17. *Цукерман В.А., Азарх З.А.* Люди и взрывы. Арзамас-16, 1994. 157 с.
18. *Зубкова Е., Кошелева Л., Кузнецова Г.* Советская жизнь. 1945–1953: Сб. документов. М., 2003. 720 с.
19. *Создание первой советской* ядерной бомбы / Отв. ред. В.Н.Михайлов. М.: Энергоатомиздат, 1995. 447 с.
20. *Новиков А.В., Бедель А.Э., Кондратьева Е.В., Кузнецов В.Н.* Федеральное государственное унитарное предприятие «Комбинат Электрохимприбор» // Атомные города Урала. Город Лесной: Энциклопедия. Екатеринбург, 2012. С. 7–32.
21. *Петросьянц А.М.* Дороги жизни, которые выбирали нас. М., 1993. 304 с.
22. *Артемов Е.Т., Бедель А.Э.* Укрощение урана. Екатеринбург, 1999. 352 с.
23. *История создания* ядерного оружия в СССР. 1946–1953 годы (в документах): в 8 т. Т. 2. Кн. 1. Саров (Арзамас-16), 1999. 266 с.
24. *Красильников С.* Между правом и наказанием: труд в раннесоветском обществе// Quaestio Rossica. Vol. 5. 2017. № 4. С. 1027–1046.

References

1. *Fonotov A.G.* Rossiya: ot mobilizatsionnogo obshchestva k innovatsionnomu [Russia: from the mobilization society to innovation]. Moscow, 1993. 271 p.
2. *Mobilizatsionnaya model* razvitiya rossiyskogo obshchestva v XX veke. [Mobilization model of the development of Russian society in the XX century]. Chelyabinsk, 2013. 128 p.
3. *Sotsialnaya mobilizatsiya* v stalinskom obshchestve (konets 1920-kh — 1930-e gg.). [Social mobilization in Stalinist society (late 1920s-1930s)]. Novosibirsk, 2013. 419 p.
4. *Artemov E.T.* Atomnyy proekt v koordinatakh stalinskoy ekonomiki [Nuclear project in the coordinates of the Stalin economy]. Moscow, 2017. 343 p.
5. *Artemov E.* The Soviet Atomic Project: Ingredients of Success // Social Sciences. A Quarterly J. of the RAS. Vol. 49. 2018. № 2. P. 102–121.
6. *Lavrenty Beriya.* 1953: Stenogramma iyulskogo plenuma TsK KPSS i drugie dokumenty [Lavrenty Beriya. 1953: Transcript of the July Plenum of the CPSU Central Committee and other documents]. Moscow, 1999. 512 p.
7. *Sakharov A.D.* Vospominaniya 1921–1971: Tak slozhilas zhizn. [Memories 1921-1971: Such was the life]. Moscow, 2016. 544 p.
8. *Artemov E.T., Voloshin N.P., Litvinov B.V., Nikitin V.I.* V tselyakh usileniya rabot [In order to strengthen the work] // Ural Historical Bull. 2008. № 3 (20). P. 38–58.
9. *Atomnyy proekt SSSR:* dokumenty i materialy: v 3 t. T.2. Atomnaya bomba. 1945–1954. Kn. 1 [Atomic project of the USSR: documents and materials: in 3 volumes. Vol. 2. Atomic bomb. 1945-1954. Book 1]. Moscow– Sarov, 1999. 719 p.
10. *Atomnyy proekt SSSR:* dokumenty i materialy: v 3 t. T. 2. Atomnaya bomba. 1945–1954. Kn. 2 [Atomic project of the USSR: documents and materials: in 3 volumes. Vol. 2. Atomic bomb. 1945-1954. Book 2]. Moscow–Sarov, 2002. 640 p.
11. *Atomnyy proekt SSSR:* dokumenty i materialy: v 3 t. T. 2. Atomnaya bomba. 1945–1954. Kn. 4 [Atomic project of the USSR: documents and materials: in 3 volumes. Vol. 2. Atomic bomb. 1945-1954. Book 4]. Moscow–Sarov, 2003. 816 p.
12. *Atomnyy proekt SSSR:* dokumenty i materialy: v 3 t. T. 2. Atomnaya bomba. 1945–1954. Kn. 5 [Atomic project of the USSR: documents and materials: in 3 volumes. Vol. 2. Atomic bomb. 1945-1954. Book 5]. Moscow–Sarov, 2005. 976 p.
13. *Kheineman-Gruder A.* Sovetskiy atomnyy proekt i nekhvatka urana. Dobycha urana v Vostochnoy Germanii i v Chekhoslovakii posle 1945 g. [The Soviet atomic project and the lack of uranium. Uranium extraction in East Germany and Czechoslovakia after 1945] // Nauka i obshchestvo: istoriya sovetskogo atomnogo proekta (40-e – 50-e gody) [Science and society: the history of the Soviet nuclear project (1940s-1950s) / Proc. of Intern. Symp. ISAP-96. Vol. 2. Moscow, 1999. P. 331–339.
14. *Atomnyy proekt SSSR:* dokumenty i materialy: v3 t. T. 2. Atomnaya bomba. 1945– 1954. Kn. 3 [Atomic project of the USSR: documents and materials: in 3 volumes. Vol. 2. Atomic bomb. 1945-1954. Book. 3]. Moscow–Sarov, 2002. 996 p.
15. *Deryabin I.E., Zhumanov R.A.* Stroitelnaya industriya Minatoma Rossii [Minatom Construction Industry of Russia] // Yadernaya

industriya Rossii [Nuclear industry of Russia]. Moscow, 2000. P. 810–871.
16. *Altshuler L.V.* Vsya zhizn v Avtograde [All life in Autograd] // Nauka i zhizn [Science and life]. 1994. № 2. P. 24–32.
17. *Tsukerman V.A., Azarkh Z.A.* Lyudi i vzryvy [People and explosions]. Arzamas-16, 1994. 157 p.
18. *Zubkova E., Kosheleva L., Kuznetsova G.* Sovetskaya zhizn. 1945–1953 [Soviet life. 1945-1953]: Collected documents. Moscow, 2003. 720 p.
19. *Sozdanie pervoy* sovetskoy yadernoy bomby [The creation of the first Soviet nuclear bomb] / Ed. V.N.Mikhailov. Moscow: Energoatom Publ., 1995. 447 p.
20. *Novikov A.V., Bedel A.E., Kondratyeva E.V., Kuznetsov V.N.* Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie «Kombinat Elektrokhimpribor» [Federal State Unitary Enterprise "Combine Electrochemical Device"] // Atomnye goroda Urala. Gorod Lesnoy [Nuclear towns of the Ural. The town of Lesnoi]: Encyclopedia. Ekaterinburg, 2012. P. 7–32.
21. *Petrosyants A.M.* Dorogi zhizni, kotorye vybirali nas [The roads of life that have chosen us]. Moscow, 1993. 304 p.
22. *Artemov E.T., Bedel' A.E.* Ukroshchenie urana [The taming of the uranium]. Ekaterinburg, 1999. 352 p.
23. *Istoriya sozdaniya* yadernogo oruzhiya v SSSR. 1946-1953 gody (v dokumentakh): v 8 t. T. 2. Kn. 1 [History of nuclear weapons in the USSR. 1946-1953 (in documents): in 8 volumes. Vol. 2. Book 1]. Sarov (Arzamas-16), 1999. 266 p.
24. *Krasilnikov S.* Mezhdu pravom i nakazaniem: trud v rannesovetskom obshchestve [Between law and punishment: work in early Soviet society] // Quaestio Rossica. Vol. 5. 2017. № 4. P. 1027–1046.

Статья поступила в редакцию 29.09.2018.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 544.6.001.57:621.372.43
DOI 10.19110/1994-5655-2019-10127-134

Н.А. СЕКУШИН

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ МОДЕЛЕЙ МАКСВЕЛЛА И ВОЙТА

Институт химии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

sekushin-na@chemi.komisc.ru

Аннотация

Работа посвящена теории преобразования резисторно-конденсаторных двухполюсников, что необходимо при моделировании электрических свойств различных сред, исследуемых методом импеданс-спектроскопии. На ряде примеров показано, что аппроксимация экспериментальных данных может быть осуществлена с одинаковой точностью эквивалентными схемами, имеющими совершенно разную структуру. Рассмотрены необходимые и достаточные условия математической эквивалентности двухполюсников. Показано, что частотные характеристики модели Войта могут быть с идеальной точностью воспроизведены моделью Максвелла и наоборот. Приведена общая теория преобразования одной модели в другую. Впервые найдено относительно простое решение задачи прямого и обратного преобразования – трехзвенная модель Войта в соответствующую модель Максвелла. В работе приведена распечатка этого алгоритма для программы Mathcad.

Ключевые слова:
модель Максвелла, модель Войта, эквивалентные схемы, импеданс-спектроскопия

N.A.SEKUSHIN

MATHEMATICAL EQUIVALENCE OF MAXWELL AND VOIGT MODELS

Institute of Chemistry,
Federal Research Centre Komi Science
Centre, Ural Branch, RAS,
Syktyvkar

Abstract

The work is devoted to the theory of transformation of resistor-capacitor two-terminal networks, the use of which simplifies the construction of electrical models of various ion-conducting media based on the data obtained by the method of impedance spectroscopy. It is shown that the frequency characteristics of the samples can be modeled with the same accuracy by equivalent circuits (EC) with different structure. Two or more such ECs are proposed to be called mathematically equivalent two-terminal networks. The necessary and sufficient conditions for the mathematical equivalence of two-terminal networks are given. It is shown that the Voigt and Maxwell models with equal number of elements are mathematically equivalent. The theory of direct and inverse transformation of the Voigt and Maxwell schemes is considered. As an example, the formulas that allow to obtain the parameters of the three-link Voigt model from the known parameters of the Maxwell model and vice versa are given. The paper provides a printout of this algorithm from the desktop of the program Mathcad.

Keywords:
Maxwell model, Voigt model, equivalent circuit, impedance spectroscopy

Введение

Настоящая работа посвящена низкочастотной электромагнитной спектроскопии (диапазон частот 10^{-3}–10^{6} Гц), которая широко применяется при исследовании диэлектрических, полупроводниковых и ионопроводящих материалов [1–3], а также электродных процессов в электрохимии [4], где данный метод называется импеданс-спектроскопией (ИС). В последние годы к низкочастотной спектроскопии проявляют интерес также биология и медицина, как к новому способу диагностики заболеваний. В литературе это направление получило название «биоимпедансная спектроскопия» [5]. При обработке данных, полученных методом ИС, большое значение придается построению эквивалентной схемы (ЭС). Это позволяет разделить сложный релаксационный процесс на элементарные составляющие. Для решения этой задачи разработаны компьютерные программы: «EquivCrt» (B.A. Boukamp), «LEVM» (J.R.Macdonald) и «ZView» (Scribner Associates Inc). Как правило, исследуемый образец изготавливают в виде диска, на обе стороны которого наносят серебряные и платиновые электроды. В этой связи наиболее распространенной задачей является разделение поляризационных процессов, происходящих в объеме и на электродах. Поэтому полная ЭС должна состоять, как минимум, из двух частей, одна из которых отвечает за электрод, а другая – за объем. Целью настоящей работы является устранение некоторых «белых пятен» в теории ИС, связанных с построением и преобразованием ЭС.

Постановка задачи

В ИС любых объектов получают две основные частотные характеристики: вещественную $Z'(\omega)$ и мнимую $Z''(\omega)$ составляющие импеданса. Из этих функций можно рассчитать вещественную $Y'(\omega)$ и мнимую $Y''(\omega)$ составляющие адмиттанса, модули импеданса и адмиттанса, фазочастотную характеристику и др. [6, 7]. При построении ЭС объекта необходимо использовать дискретные элементы – резисторы (*R*, *r*) и конденсаторы (*C*, *c*), а также ряд специальных элементов с распределенными параметрами [6, 7]. В теории пассивных дискретных двухполюсников обычно рассматривают прямую задачу (расчет частотных характеристик для известной принципиальной схемы) и обратную (построение схемы двухполюсника на основе его частотных характеристик). Решение прямой задачи для дискретных двухполюсников не представляет сложности [6, 7]. Вместе с тем, при решении обратной задачи было обнаружено, что существуют двухполюсники, имеющие разные принципиальные схемы и совершенно одинаковые характеристики во всем диапазоне частот [6]. Пары таких ЭС далее будем называть математически эквивалентными двухполюсниками (МЭД). Замену двухполюсника на его математически эквивалентного «дублера» будем называть преобразованием двухполюсника. В таблице приведены несколько МЭД и математические формулы, связывающие параметры двухполюсников. Следует заметить, что в приведенных формулах отсутствует частота ω, что является необходимым и достаточным условием их математической эквивалентности. Можно назвать три признака математической эквивалентности. Во-первых, обе ЭС должны состоять из равного количества однотипных элементов. Во-вторых, если полюса (два ввода для внешних подключений) исходного двухполюсников замкнуты цепочкой из резисторов, то и у дублера такое соединение также должно присутствовать. В-третьих, если у исходного двухполюсника полюса соединены цепочкой из конденсаторов (эта цепь задает геометрическую емкость), то и в схеме дублера полюса должны быть замкнуты одним или несколькими конденсаторами. Есть еще одно условие, которое мы назвали «корректностью эквивалентной схемы». В литературных источниках встречаются *RC*-двухполюсники такой структуры, что некоторые их параметры невозможно рассчитать из частотных характеристик. Например, в схеме имеется пара резисторов, соединенных параллельно или последовательно. Определить номиналы каждого из резисторов электрическими методами нельзя, так как измерительная система зарегистрирует общее сопротивление этой части двухполюсника. То же самое относится и к паре параллельно или последовательно соединенных конденсаторов. Необходимым условием корректности *RC*-двухполюсника является следующее. В его схеме количество резисторов и конденсаторов должно быть либо одинаковым, либо отличаться не более чем на 1.

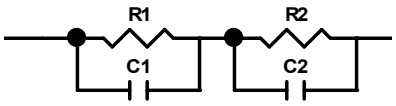
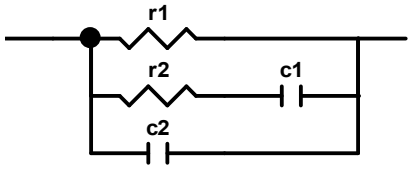
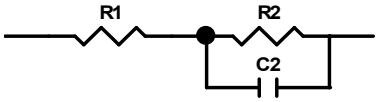
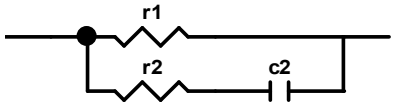
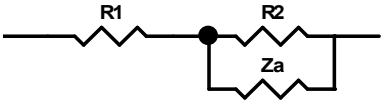
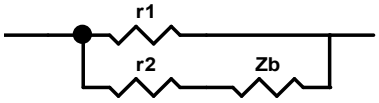
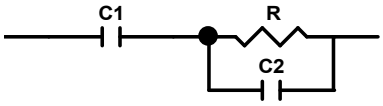
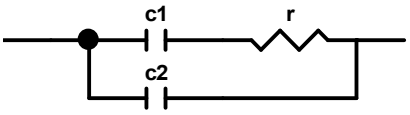
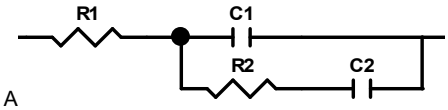
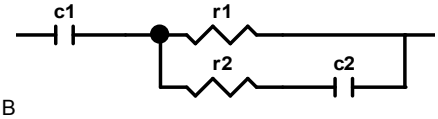
Преобразование исходного двухполюсника возможно, если все его параметры известны. В этом случае по приведенным в таблице формулам необходимо рассчитать параметры двухполюсника дублера. После этого исходный двухполюсник заменяется дублером, что не приводит к изменению электрических характеристик. Убедиться в том, что частотные свойства не изменились можно с помощью программы ZView (опция Simulation).

Таким образом, обратная задача имеет, как правило, несколько решений. Для устранения неоднозначности было рекомендовано использовать два универсальных двухполюсника: параллельную модель Максвелла и последовательную модель Войта (рис. 1) [4].

В настоящей работе модель Войта нами обозначена символом «VK», а модель Максвелла – «ML», где K – число звеньев в модели Войта; L – число *RC*–цепей в модели Максвелла. При этих обозначениях первую пару МЭД из таблицы можно записать как $V2$ и $M1$, соответственно. Их математическую эквивалентность будем обозначать двунаправленной стрелкой: $V2 \leftrightarrow M1$.

Авторы монографии [6] полагали, что частотные характеристики более крупных моделей Максвелла и Войта можно сделать одинаковыми за счет подбора их параметров. Для пары $VK \leftrightarrow M(K\text{-}1)$ все три перечисленные выше признаки математической эквивалентности выполняются. Несложно показать, что обе модели корректны, если все постоянные времени у обеих схем имеют разную ве-

Математически эквивалентные пары двухполюсников
Mathematically equivalent two-terminal pairs

№	МЭД		Точные формулы
1	Преобразование последовательной схемы А в параллельную В [6, 9]  A  B	A→B B→A	$T=\frac{R_1R_2(C_1+C_2)}{R_1+R_2}$; $r_1=R_1+R_2$; $c_1=\frac{(R_1C_1-R_2C_2)^2}{(C_1+C_2)(R_1+R_2)^2}$; $c_2=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$; $r_2=\frac{T}{c_1}$ ---------- $\tau_1=\frac{2r_1r_2c_1c_2}{a-\sqrt{a^2-4r_1r_2c_1c_2}}$, где $a=r_1c_2+r_1c_1+r_2c_1$; $\tau_2=\frac{r_1r_2c_1c_2}{\tau_1}$; $R_1=\frac{r_1(\tau_1-r_2c_1)}{\tau_1-\tau_2}$; $R_2=\frac{r_1(r_2c_1-\tau_2)}{\tau_1-\tau_2}$; $C_1=\frac{\tau_1}{R_1}$; $C_2=\frac{\tau_2}{R_2}$.
2	Перенос резистора через узел  A  B	A→B B→A	$r_1=R_1+R_2$; $r_2=R_1(1+\frac{R_1}{R_2})$; $c_2=\frac{R_2^2C_2}{(R_1+R_2)^2}$. ---------- $R_1=\frac{r_1r_2}{r_1+r_2}$; $R_2=\frac{r_1^2}{r_1+r_2}$; $C_2=\left(1+\frac{r_2}{r_1}\right)^2c_2$.
3	Перенос резистора через узел (*Za* и *Zb* – импедансы с нулевой проводимостью при ω = 0)  A  B	A→B B→A	$r_1=R_1+R_2$; $r_2=R_1(1+\frac{R_1}{R_2})$; $Z_b=\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)^2Z_a$. Если $R_1 << R_2$, то $r_1\approx R_2$; $r_2\approx R_1$; $Z_b\approx Z_a$. ---------- $R_1=\frac{r_1r_2}{r_1+r_2}$; $R_2=\frac{r_1^2}{r_1+r_2}$; $Z_a=\left(\frac{r_1}{r_1+r_2}\right)^2Z_b$.
4	Перенос конденсатора через узел  A  B	A→B B→A	$c_1=\frac{C_1^2}{C_1+C_2}$; $c_2=\frac{C_1\cdot C_2}{C_1+C_2}$; $r=R\cdot\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)^2$ Если $C_1 >> C_2$, то $c_1\approx C_1$; $c_2\approx C_2$; $r\approx R$. ---------- $C_1=c_1\left(1+\frac{c_2}{c_1}\right)$; $C_2=c_2\left(1+\frac{c_2}{c_1}\right)$; $R=r\cdot\left(\frac{c_1}{c_1+c_2}\right)^2$.
5	Перестановка резистора с конденсатором  A  B	A→B B→A	$r_1=R_1+R_2\left(\frac{C_2}{C_1+C_2}\right)^2$; $r_2=R_1+\frac{R_1^2(C_1+C_2)^2}{R_2C_2^2}$; $c_1=C_1+C_2$; $c_2=C_1\left(\frac{R_2C_2^2}{R_1(C_1+C_2)^2+R_2C_2^2}\right)^2$. ---------- $C_1=\frac{c_1c_2(r_1+r_2)^2}{r_1^2c_1+(r_1+r_2)^2c_2}$; $R_1=\frac{r_1r_2}{r_1+r_2}$; $C_2=\frac{(r_1c_1)^2}{r_1^2c_1+(r_1+r_2)^2c_2}$; $R_2=\frac{c_1r_1^2+c_2(r_1+r_2)^2}{c_1(r_1+r_2)}$.

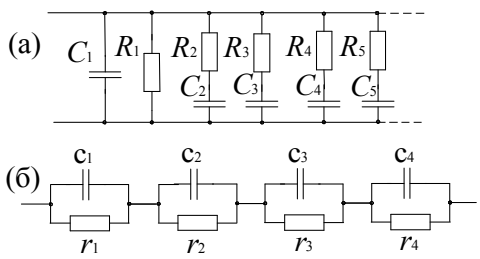


Рис. 1. Модели Максвелла «$M4$» (а) и Войта «$V4$» (б).
Fig. 1. Models of Maxwell «$M4$» (a) and Voigt «$V4$» (b).

личину. Постоянные времени вычисляются по формулам $\tau_i = r_i c_i$ (Войт) и $T_i = R_i C_i$ (Максвелл), где i принимает значения от 1 до K (Войт) или до (K-1) (Максвелл). Впервые строгое доказательство математической эквивалентности $VK \leftrightarrow M(K\text{-}1)$ приведено в работе [8]. Было показано, что RC-двухполюсник любой сложности можно преобразовать в модель Максвелла. Следовательно, модель Войта трансформируема в модель Максвелла, что доказывает их математическую эквивалентность. Вместе с тем, конкретных вычислительных формул для более сложных преобразований, чем $V2 \leftrightarrow M1$ [6, 9], в литературе нет. В настоящей работе поставлена задача выработки общего подхода, позволяющего осуществлять преобразование $VK \leftrightarrow M(K\text{-}1)$ для $K \geq 3$. Вторая задача заключалась в получении конкретного алгоритма преобразования $V3 \leftrightarrow M2$.

Преобразование модели Войта в модель Максвелла

При анализе линейных цепей целесообразно применять операторный метод [3, 6, 7]. В этом случае импеданс двухполюсника заменяется операторным импедансом (ОИ), а вместо адмиттанса используют операторный адмиттанс (ОА). ОИ модели Войта имеет следующий вид [6, 7]:

$$Z_V(s) = \sum_{i=1}^{n} \frac{r_i}{\tau_i s + 1}, \qquad (1)$$

где $\tau_i = r_i c_i$ – постоянная времени i-го звена (рис. 1б); n – количество звеньев в модели Войта; s – переменная Лапласа.

Известна формула ОА модели Максвелла в общем виде [6, 7]:

$$Y_M(s) = \frac{1}{R_1} + sC_1 + s\sum_{i=2}^{n} \frac{C_i}{T_i s + 1}, \qquad (2)$$

где $T_i = R_i C_i$ $(i = 2, 3..., n)$ – постоянные времени релаксации.

Приведенный ниже анализ подразумевает корректность обеих моделей. ОА модели Войта получаем из формулы (1) после суммирования дробей:

$$Y_V(s) = \frac{1}{Z_V(s)} = \frac{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + ... + a_n}{b_1 s^{n-1} + b_2 s^{n-2} + ... + b_n} = \frac{Y_1(s)}{Y_2(s)}, \qquad (3)$$

где $Y_1(s)$ и $Y_2(s)$ – полиномы числителя и знаменателя, соответственно.

ОА следует воспринимать как передаточную функцию звена, у которого входным сигналом является разность потенциалов между полюсами, а выходным – электрический ток. При отключении напряжения ток, проходящий через пассивный двухполюсник, неизбежно упадет до нуля. Это является признаком устойчивой системы. Таким образом, можно воспользоваться всеми известными критериями устойчивости. Полиномы в знаменателе передаточной функции называются характеристическими полиномами. Следовательно, $Y_1(s)$ и $Y_2(s)$ являются характеристическими полиномами для ОИ и ОА, соответственно. Известно необходимое условие устойчивости – это положительный знак у всех коэффициентов полиномов $Y_1(s)$ и $Y_2(s)$ [10]. Согласно теоремам Ляпунова, у устойчивой системы характеристический полином имеет отрицательные вещественные корни и отрицательные действительные части комплексных корней. Однако комплексных корней у $Y_1(s)$ и $Y_2(s)$ не может быть по следующей причине. Из теории линейных систем [10] следует, что комплексные корни характеристического полинома приводят к появлению решений, имеющих колебательный характер. Для двухполюсников, в схему которых входят реактивные элементы одного типа (конденсаторы есть, индуктивностей нет), колебательные переходные процессы невозможны. Таким образом, все корни полиномов $Y_1(s)$ и $Y_2(s)$ должны быть вещественными и отрицательными. Кратные корни у этих полиномов также отсутствуют, так как все постоянные времени различны.

Для решения задачи выражение (3) необходимо привести к виду (2). Сопротивление R_1 и емкость C_1 модели Максвелла можно определить из следующих пределов:

$$\lim_{s\to 0} Y_V(s) = \frac{a_n}{b_n} = \frac{1}{R_1}; \qquad \lim_{s\to\infty} Y_V(s) = \frac{a_0}{b_1} s = sC_1. \qquad (4)$$

Вычтем из дроби (3) часть ОА, связанного с элементами R_1 и C_1:

$$Y_0(s) = Y_V(s) - C_1 s - \frac{1}{R_1} = \frac{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + ... + a_{n-1} s + a_n}{b_1 s^{n-1} + b_2 s^{n-2} + ... + b_n} - \frac{a_0 s}{b_1} - \frac{a_n}{b_n}.$$

После вычислений получаем выражение для оставшейся части ОА:

$$Y_0(s) = s\frac{f_1 s^{n-2} + f_2 s^{n-3} + ... + f_{n-1}}{b_1 s^{n-1} + b_2 s^{n-2} + ... + b_n} = s\frac{Y_3(s)}{Y_2(s)}, \qquad (5)$$

где $Y_3(s)$ – полином, коэффициенты которого можно рассчитать по формулам [8]:

$$f_k = a_k - \frac{a_n}{b_n} b_k - \frac{a_0}{b_1} b_{k+1} \ (k = 1, 2, \ldots n\text{-}1). \qquad (6)$$

Дробь в выражении (5) необходимо далее разложить на простые дроби с помощью формулы [11]:

$$\frac{Y_3(s)}{Y_2(s)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Y_3(s_i)}{Y_2'(s_i)} \frac{1}{s - s_i}, \qquad (7)$$

где $Y_2'(s) = \frac{dY_2(s)}{ds}$ – производная полинома $Y_2(s)$, s_i – корни полинома $Y_2(s)$.

Сравнивая (2) и (7), находим параметры модели Максвелла:

$$C_i = \frac{Y_3(s_i)}{-s_i Y_2'(s_i)}; \; R_i = -\frac{1}{s_i C_i}; \; T_i = -\frac{1}{s_i}. \qquad (8)$$

В качестве примера запишем формулы преобразования $V3$ в $M2$. Известны: $r_1, r_2, r_3, c_1, c_2, c_3$ (рис. 1б). Находим постоянные времени звеньев модели Войта:

$$\tau_1 = r_1 c_1, \tau_2 = r_2 c_2, \tau_3 = r_3 c_3. \qquad (9)$$

ОИ $V3$: $Z_V(s) = \frac{r_1}{\tau_1 s + 1} + \frac{r_2}{\tau_2 s + 1} + \frac{r_3}{\tau_3 s + 1}$. (10)

После суммирования дробей в правой части (10) получаем следующее выражение:

$$Z_V(s) = \frac{b_1 s^2 + b_2 s + b_3}{a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3},$$

где $b_1 = r_1\tau_2\tau_3 + r_2\tau_1\tau_3 + r_3\tau_1\tau_2$;

$$b_2 = r_1(\tau_2 + \tau_3) + r_2(\tau_1 + \tau_3) + r_3(\tau_1 + \tau_2); \qquad (11)$$

$$b_3 = r_1 + r_2 + r_3; a_0 = \tau_1\tau_2\tau_3; \; a_1 = \tau_2\tau_3 + \tau_1\tau_3 + \tau_1\tau_2;$$

$$a_2 = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3; \; a_3 = 1. \qquad (12)$$

OA модели Войта:

$$Y_V(s) = \frac{a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3}{b_1 s^2 + b_2 s + b_3}.$$

Остаток OA после удаления C_1 и R_1:

$$Y_0(s) = s\frac{f_1 s + f_2}{b_1 s^2 + b_2 s + b_3} = s\frac{Y_3(s)}{Y_2(s)},$$

где коэффициенты полинома в числителе находим по формулам (6):

$$f_1 = a_1 - \frac{b_1}{b_3} - \frac{a_0 b_2}{b_1}; \; f_2 = a_2 - \frac{b_2}{b_3} - \frac{a_0 b_3}{b_1}. \qquad (13)$$

Корни полинома $Y_2(s)$:

$$s_1 = -\frac{1}{2b_1}\left(b_2 - \sqrt{b_2^2 - 4b_1 b_3}\right);$$

$$s_2 = -\frac{1}{2b_1}\left(b_2 + \sqrt{b_2^2 - 4b_1 b_3}\right). \qquad (14)$$

Корни (14) связаны друг с другом следующим образом:

$$s_1 s_2 = \frac{b_3}{b_1}; \quad s_1 + s_2 = \frac{b_2}{b_1}.$$

Постоянные времени $M2$ равны: $T_1 = \frac{1}{-s_1}$;

$$T_2 = \frac{1}{-s_2}. \qquad (15)$$

Производная полинома $Y_2(s)$ равна:

$$\frac{dY_2(s)}{ds} = 2b_1 s + b_2.$$

Емкости и сопротивления, входящие в $M2$, рассчитываем по формулам (8):

$$C_2 = \frac{f_1 s_1 + f_2}{-s_1(2b_1 s_1 + b_2)}; \quad C_3 = \frac{f_1 s_2 + f_2}{-s_2(2b_1 s_2 + b_2)}; \qquad (16)$$

$$R_2 = \frac{T_1}{C_2}; \qquad R_3 = \frac{T_2}{C_3}. \qquad (17)$$

Для вычислений использована программа Mathcad [12]. На рабочем столе программы необходимо записать исходные значения: $r_1, r_2, r_3, c_1, c_2, c_3$ и формулы (4), (9), (11) – (17). На рис. 2 приведена копия рабочего стола Mathcad 7 (заголовок: Transformation $V3$--- $M2$), содержащая все формулы и результаты расчета.

Преобразование модели Максвелла в модель Войта

Из соотношения (3) получим ОИ модели Максвелла:

$$Z_M(s) = \frac{Y_2(s)}{Y_1(s)} = \frac{b_1 s^{n-1} + b_2 s^{n-2} + \ldots + b_n}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \ldots + a_n}. \qquad (18)$$

Поскольку полином $Y_1(s)$ имеет отрицательные, вещественные и разные по величине корни, то дробь в (19) всегда можно разложить на простые дроби, воспользовавшись формулой (6):

$$Z_M(s) = \sum_{i=1}^{n} \frac{Y_2(s_i)}{Y_1'(s_i)} \frac{1}{s - s_i}, \qquad (19)$$

где $Y_1'(s) = \frac{dY_1(s)}{ds}$ – производная; s_i – корни полинома $Y_1(s)$.

Сравнивая выражения (19) и (1), получаем необходимые формулы для определения параметров модели Войта:

$$\tau_i = -\frac{1}{s_i}; \; r_i = \frac{Y_2(s_i)}{-s_i Y_1'(s_i)}; \; c_i = \frac{\tau_i}{r_i}. \qquad (20)$$

В качестве примера запишем формулы преобразования $M2$ в $V3$. Известны величины элементов модели $M2$ (рис. 1а): R_1, R_2, R_3, C_1, C_2, C_3.

Определяем постоянные времени:

$$T_1 = R_1 C_1; \quad T_2 = R_2 C_2; \quad T_3 = R_3 C_3;$$

$$d = \frac{1}{T_1 T_2 T_3}. \qquad (21)$$

Transformation V3 --- M2

$r1 := 1 \quad r2 := 10 \quad r3 := 100 \quad c1 := 10^{-6} \quad c2 := 10^{-5} \quad c3 := 10^{-4}$

$\tau 1 := r1 \cdot c1 \quad \tau 2 := r2 \cdot c2 \quad \tau 3 := r3 \cdot c3$

$b1 := r1 \cdot \tau 2 \cdot \tau 3 + r2 \cdot \tau 1 \cdot \tau 3 + r3 \cdot \tau 2 \cdot \tau 1 \quad b2 := r1 \cdot (\tau 2 + \tau 3) + r2 \cdot (\tau 1 + \tau 3) + r3 \cdot (\tau 2 + \tau 1)$

$b3 := r1 + r2 + r3 \quad a0 := \tau 1 \cdot \tau 2 \cdot \tau 3 \quad a1 := \tau 1 \cdot \tau 2 + \tau 1 \cdot \tau 3 + \tau 2 \cdot \tau 3 \quad a2 := \tau 1 + \tau 2 + \tau 3$

$f1 := a1 - \frac{b1}{b3} - \frac{a0 \cdot b2}{b1} \quad f2 := a2 - \frac{b2}{b3} - \frac{a0 \cdot b3}{b1} \quad s1 := \frac{-b2 + \sqrt{b2^2 - 4 \cdot b1 \cdot b3}}{2 \cdot b1}$

$s2 := \frac{b3}{s1 \cdot b1} \quad R1 := b3 \quad C1 := \frac{a0}{b1} \quad T1 := \frac{-1}{s1} \quad T2 := \frac{-1}{s2}$

$C2 := \frac{f1 \cdot s1 + f2}{-s1 \cdot (2 \cdot b1 \cdot s1 + b2)} \quad C3 := \frac{f1 \cdot s2 + f2}{-s2 \cdot (2 \cdot b1 \cdot s2 + b2)} \quad R2 := \frac{T1}{C2} \quad R3 := \frac{T2}{C3}$

$R1 = 111 \quad R2 = 14.608 \quad R3 = 1.361$

$C1 = 9.009 \cdot 10^{-7} \quad C2 = 7.35 \cdot 10^{-5} \quad C3 = 6.845 \cdot 10^{-6}$

Рис. 2. Распечатка рабочего стола Mathcad 7 для преобразований $V3 \to M2$.
Fig. 2. Desktop printout of Mathcad 7 for conversions $V3 \to M2$.

Выражение для ОА $M2$:

$$Y_M(s) = \frac{1}{R_1} + sC_1 + \frac{sC_2}{T_2 s + 1} + \frac{sC_3}{T_3 s + 1} = T_1 T_2 T_3 \frac{Y_1(s)}{Y_2(s)},$$

где $Y_1(s) = s^3 + as^2 + bs + d$; (22)

$$Y_2(s) = R_1(T_2 s + 1)(T_3 s + 1); \quad (23)$$

$$a = d(T_1T_2 + T_1T_3 + T_2T_3 + R_1T_2C_3 + R_1T_3C_2); \quad (24)$$

$$b = d(T_1 + T_2 + T_3 + R_1C_2 + R_1C_3). \quad (25)$$

Выражение для ОИ $M2$:

$$Z_M(s) = \frac{dY_2(s)}{Y_1(s)}.$$

Находим корни характеристического полинома $Y_1(s)$ методом Кардано [13]. Делаем замену переменной в $Y_1(s)$:

$$s = y - \frac{a}{3}. \quad (26)$$

Уравнение $Y_1(s) = 0$ переходит к неполному виду: $y^3 + py + q = 0$, (27)

где $p = -\frac{a^2}{3} + b$; $q = 2\left(\frac{a}{3}\right)^3 - \frac{ab}{3} + d$. (28)

Поскольку нам заранее известно, что все корни вещественные и разные, то их величины для уравнения (27) следует рассчитывать по формулам [13]:

$$y_1 = 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cdot \cos\frac{\alpha}{3}; \quad y_{2,3} = -2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{3} \pm \frac{\pi}{3}\right), \quad (29)$$

где параметр α находим из уравнения:

$$\cos\alpha = -\frac{q}{2\sqrt{-\left(\frac{p}{3}\right)^3}}. \quad (30)$$

Окончательно корни полинома $Y_1(s)$ после подстановки (29) в (26):

$$s_1 = y_1 - \frac{a}{3}; \quad s_2 = y_2 - \frac{a}{3}; \quad s_3 = y_3 - \frac{a}{3}. \quad (31)$$

Постоянные времени звеньев $V3$ τ_i (i = 1, 2, 3) находим по формуле (20).

Производная полинома $Y_1(s)$ равна:

$$Y_1'(s) = 3s^2 + 2as + b. \quad (32)$$

Сопротивления и емкости $V3$ рассчитываем по формулам:

$$r_i = \frac{dY_2(s_i)}{-s_i Y_1'(s_i)}; \; c_i = -\frac{1}{s_i r_i} (i = 1, 2, 3). \quad (33)$$

Transformation M2---V3

$R1 := 100 \quad R2 := 100 \quad R3 := 100 \quad C1 := 10^{-4} \quad C2 := 1 \quad C3 := 10^{-2}$

$T1 := R1 \cdot C1 \quad T2 := C2 \cdot R2 \quad T3 := C3 \cdot R3 \quad d := \frac{1}{T1 \cdot T2 \cdot T3}$

$a := d \cdot (T1 \cdot T2 + T1 \cdot T3 + T2 \cdot T3 + R1 \cdot C3 \cdot T2 + R1 \cdot T3 \cdot C2)$

$b := d \cdot (T1 + T2 + T3 + R1 \cdot C2 + R1 \cdot C3) \quad p := b - \frac{a^2}{3} \quad q := 2 \cdot \left(\frac{a}{3}\right)^3 + d - \frac{a \cdot b}{3}$

$\beta := \frac{-q}{2 \cdot \sqrt{-\left(\frac{p}{3}\right)^3}} \quad \alpha := \mathrm{acos}(\beta)$

$y1 := 2 \cdot \sqrt{\frac{-p}{3}} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{3}\right) \quad y2 := -2 \cdot \sqrt{\frac{-p}{3}} \cdot \cos\left(\frac{\alpha + \pi}{3}\right) \quad y3 := -2 \cdot \sqrt{\frac{-p}{3}} \cdot \cos\left(\frac{\alpha - \pi}{3}\right)$

$s1 := y1 - \frac{a}{3} \quad s2 := y2 - \frac{a}{3} \quad s3 := y3 - \frac{a}{3}$

$Y2(s) := d \cdot (R1 \cdot (T2 \cdot s + 1) \cdot (T3 \cdot s + 1)) \quad Y1'(s) := 3 \cdot s^2 + 2 \cdot a \cdot s + b$

$r1 := \frac{Y2(s1)}{-s1 \cdot Y1'(s1)} \quad r2 := \frac{Y2(s2)}{-s2 \cdot Y1'(s2)} \quad r3 := \frac{Y2(s3)}{-s3 \cdot Y1'(s3)}$

$c1 := \frac{-1}{s1 \cdot r1} \quad c2 := \frac{-1}{s2 \cdot r2} \quad c3 := \frac{-1}{s3 \cdot r3}$

$r1 = 50.253 \quad r2 = 16.488 \quad r3 = 33.258$

$c1 = 3.99 \quad c2 = 0.091 \quad c3 = 1.001 \cdot 10^{-4}$

Рис. 3. Распечатка рабочего стола Mathcad 7 для преобразований $M2 \to V3$.
Fig. 3. Desktop printout of Mathcad 7 for conversions $M2 \to V3$.

При выполнении расчетов необходимо на рабочем столе Mathcad 7 разместить формулы (21), (23), (24), (28) – (33). На рис. 3 приведена копия рабочего стола Mathcad 7 (заголовок: Transformation *M*2---*V*3).

Заключение

Проведенное в настоящей работе исследование имеет не только теоретический интерес, но и является полезным руководством по моделированию электрических свойств электрохимических систем методом эквивалентных схем. Метод преобразования двухполюсников в сочетании с программой ZView позволяет заметно быстрее обрабатывать данные ИС. Известно, что программа ZView достаточно эффективна при моделировании экспериментальных данных ИС последовательными ЭС (в частности, моделью Войта). Использование для моделирования параллельных схем вызывает большие трудности. Поэтому параллельную схему проще рассчитать из последовательной схемы с помощью приведенных в работе формул. Знание МЭД позволяет быстро выявлять некорректные ЭС и преобразовывать исходную ЭС с целью согласования её с физико-химической моделью образца. Известно также, что теоретические вычисления удобнее осуществлять на основе модели Максвелла. В работе [9] благодаря переходу *V*2→*M*1 удалось линеаризовать систему уравнений и получить решение задачи. Модель Максвелла имеет меньше постоянных времени на 1, что облегчает расчеты. Следует также отметить, что усредненные по объему образца характеристики удобнее рассчитывать из параллельной схемы.

Литература

1. *Определение вида* распределения релаксаторов методом экстраполяции/ А.С.Богатин, Е.В.Андреев, С.А.Ковригина, Ю.А.Игнатова, В.Н.Богатина, А.Л.Буланова // Известия

Российской академии наук. Серия физическая. 2016. Т. 80. № 11. С. 1519 –1521.
2. *Орешкин П.Т.* Физика полупроводников и диэлектриков. М.: Высшая школа, 1977. 448 с.
3. *Стойнов З.Б., Графов Б.М., Саввова-Стойнова Б., Елкин В.В.* Электрохимический импеданс. М.: Наука, 1991. 336 с.
4. *Графов Б.М., Укше Е.А.* Электрохимические цепи переменного тока. М.: Наука, 1973. 128 с.
5. *Grimnes S., Martinsen O.G.* Bioimpedance and bioelectricity basics// Academic Press. 2000. 360 p.
6. *Barsoukov E., Macdonald J.R.* Impedance spectroscopy: theory, experiment and application. Wiley – Interscience, 2005. 606 p.
7. *Lasia A.* Electrochemical impedance spectroscopy and its applications. New York: Springer Science+Business Media, 2014. 369 p.
8. *Секушин Н.А.* Универсальная эквивалентная схема электрохимической ячейки // Электрохимия. 2009. Т. 45. № 3. С. 372–377.
9. *Секушин Н.А.* Исправление хаотических искажений в спектрах электрохимического импеданса // Электрохимия. 2016. Т. 52. № 4. С. 362–368.
10. *Бесекерский В.А., Попов Е.П.* Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1975. 768 с.
11. *Дёч Г.* Руководство по практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. М.: Наука, 1971. 288 с.
12. *Очков В.Ф.* Mathcad 7 Pro для студентов и инженеров. М.: КомпьютерПресс, 1998. 384 с.
13. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике (для научных работников и инженеров). М.: Наука, 1973. 832 с.

References

1. *Opredelenie vida* raspredeleniya relaksa-torov metodom ekstrapolyacii [Determining the form of relaxators distribution by extrapolation] / A.S.Bogatin, E.V.Andreev, S.A.Kovrigina, Yu.A. Ignatova, V.N. Bogatina, A.L. Bulanova // Proc. of the Russian Academy of Sciences. Series Physics. 2016. Vol. 80. № 11. P. 1344–1346.
2. *Oreshkin P.T.* Fizika poluprovodnikov i dielectrikov [Physics of Semiconductors and Dielectrics]. Moscow: Vysshaya shkola, 1977. 448 p.
3. *Stoinov Z.B., Grafov B.M., Savvova-Stoinova B. Elkin V.V.* Elektrohimicheskij impedans [The Electrochemical Impedance]. Moscow: Nauka, 1991. 336 p.
4. *Grafov B.M., Ukshe E.A.* Elektrohimicheskie cepi peremennogo toka [Electrochemical AC circuits]. Moscow: Nauka, 1973. 128 p.
5. *Grimnes S., Martinsen O.G.* Bioimpedance and bioelectricity basics// Academic Press. 2000. 360 p.
6. *Barsoukov E., Macdonald J.R.* Impedance spectroscopy: theory, experiment and application. Wiley – Interscience, 2005. 606 p.
7. *Lasia A.* Electrochemical impedance spectroscopy and its applications. New York: Springer Science+Business Media, 2014. 369 p.
8. *Sekushin N.A.* Universalnaya ekvivalentnaya schema elektrohimicheskoi yacheiki [Universal equivalent circuit of electrochemical cell] // Russian J. of Electrochemistry. 2009. Vol. 45. № 3. P. 372–377.
9. *Sekushin N.A.* Ispravlenie haoticheskih iskazhenii v spektrah elektrohimicheskogo impedansa [Correction of Chaotic Distortions in Electrochemical Impedance Spectra] // Russian J. of Electrochemistry. 2016. Vol. 52. № 4. P. 362-368.
10. *Besekersky V.A., Popov E.P.* Teoriya sistem avtomaticheskogo regulirovaniya [Theory of automatic control systems]. Moscow: Nauka, 1975. 768 p.
11. *Doetsch G.* Anleitung zum praktischen gebrauch der Laplace-transformaton und der Z-transformaton. R. Oldenbourg, Munchen, Wien: 1967. 301 p.
12. *Ochkov V.F.* Mathcad 7 Pro dlya studentov i inzhenerov. [Mathcad 7 Pro for students and engineers]. Moscow: ComputerPress, 1998. 384 p.
13. *Korn G., Korn T.* Mathematical handbook for scientists and engineers. New York, San Francisco, Toronto, London, Sydney: McGraw-Hill Book Company, 1968.

Статья поступила в редакцию 29.10.2018.

УДК 691.5 + 553.551 + 548.3
DOI 10.19110/1994-5655-2019-1-135-143

Л.Ю. НАЗАРОВА*, Ю.И. РЯБКОВ*, Н.В. ГРИЩЕНКО**

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ И СТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДОЛОМИТОВ ТИМАНА И МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ MgO-$MgCl_2$-H_2O

**Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*
***Сыктывкарский государственный университет им.Питирима Сорокина, г. Сыктывкар*

Ryabkov-yi@chemi.komisc.ru; nazarova-lu@chemi.komisc.ru

Аннотация

Выполнены минералого-кристаллохимические исследования доломитов Тиманской позднерифейской карбостромовой формации (Республика Коми). Проведена оценка возможности получения на их основе магнезиального цемента. Изучены процессы фазообразования и кристаллообразования при формировании цементного тела в модельной (MgO-$MgCl_2$-H_2O) и полученной на основе доломитовой породы (каустический доломит – $MgCl_2$-H_2O) системах. Установлены факторы, влияющие на рост анизотропных магнийоксихлоридных кристаллов, обуславливающих увеличение конструкционной прочности цементного камня до стандартных значений.

Ключевые слова:
доломит, рентгенография, электронная микроскопия, магнезиальные вяжущие

L.YU. NAZAROVA*, YU.I. RYABKOV*, N.V. GRISHCHENKO**

CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITION OF MAGNESIA BINDERS AND THE STRUCTURE OF THE CEMENTS OBTAINED ON THE BASIS OF THE TIMAN DOLOMITES AND THE MODEL SYSTEM MgO-$MgCl_2$-H_2O

**Institute of Chemistry, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar*
***Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar*

Abstract

Mineralogical and crystal chemical studies of the dolomites of the Timan Late Riphean Carbostromal formation (the Komi Republic) was carried out. Assessment of the possibility of obtaining magnesia cement on their basis was made. Research methods: X-ray diffractometry (XRD 6000), X-ray fluorescence analysis, thermogravimetric analysis, scanning electron microscopy and others. The processes of phase and crystal formation were studied during the formation of a cement body in the model system (MgO – $MgCl_2$ – H_2O) and the system obtained on the basis of dolomite rock (caustic dolomite — $MgCl_2$ – H_2O). In the presence of 1-3% of halite, or 5-7% of bischofite, the calcination temperature of the Puzla dolomites can be reduced by 150-170°C, and the temperature interval between the end of decarbonization of the Mg component and the beginning of decarbonization of the Ca component of the Puzla dolomite increases to 95 degrees. The compaction of the building stone structure occurs through the formation of crystalline hydrates. As a result of crystallization of the new formations, the final products are $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ (phase 3-1-8), $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ (phase 5-1-8) or a mixture of these oxychlorides. The factors of anisotropic magnesium oxychloride crystals growth and the increase of the structural strength of cement stone to standard values are established. The crystallization medium and the activity of magnesium oxide affect the velocity of the occurring processes, and when caustic dolomite hardens at a temperature up to 620 ° C, needle crystals (whiskers) grow more noticeably than with caustic dolomite obtained at temperatures above 700 ° C. At high temperatures the length of whiskers decreases sharply or their growth is not observed at all. Well-crystallized phases of magnesium oxychloride cement, obtained on the basis of model compositions, consist mainly of needle crystals.

Keywords:
dolomite, X-ray diffractometry, scanning electron microscopy, magnesia binders

Введение

Разработка технологий, ориентированных на комплексное и эффективное использование местных минеральных ресурсов и отходов промышленного производства, относится к числу важнейших и актуальных задач ученых и технологов. На Приполярном Урале в приосевой зоне и на западном склоне относительно широким развитием пользуются доломиты позднерифейского возраста, содержащие микрофитолиты и строматолиты. На Среднем Тимане они входят в состав павьюгской свиты вымской серии и представлены в основном хемогенными доломитами, среди которых отмечаются пачки доломитизированных известняков (100–150 м) [1]. Практически не содержащие примесей разновидности тиманских доломитов (табл.1, обр. Д2 и Д3) могут быть использованы как при реализации технологических схем производства оптического волокна, так и в качестве радиопрозрачного материала [2]. Понижение качества доломитов за счет примесей (табл.1, обр.Д1, Д4) позволяет использовать их как сырье для металлургической промышленности и для получения из них высоких марок магнезиального цемента. Известен опыт использования такого сырья для производства строительных материалов – магнезиальных вяжущих, сухих строительных смесей, каустического доломита, доломитового цемента и доломитовой извести [3].

Таблица 1

Химический состав представительных проб доломита, мас.%*

Table 1

Chemical composition of representative dolomite samples, mass %*

Образец	Оксиды								
	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3/FeO	TiO_2	Al_2O_3	MnO	K_2O	SO_3
Д1	45,9	28,6	14,2	1,6	0,2	8,4	0,1	1,0	-
Д2	58,7	41,1	-	0,2	-	-	-	-	-
Д3	70,8	28,1	0,5	0,4	0,1	0,1	-	-	-
Д4	56,7	25,9	10,1	1,5	0,2	4,2	0,1	1,1	0,2

* По данным рентгено-флуоресцентного анализа; аналитик С.Т.Неверов, лаборатория химии минерального сырья, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН.

* according to x-ray fluorescent analysis, analyst S.T.Neverov, Laboratory of Chemistry of Mineral Raw Materials, Institute of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS.

Интерес к исследованию доломитов в последнее десятилетие стабилен. Новые результаты связаны с получением композитов на основе магнезиальных вяжущих, обладающих повышенными влагостойкостью, морозостойкостью, механическими и другими эксплуатационными свойствами и обеспечивающими на их основе высокое качество строительных материалов [4–9]. Эти вяжущие затворяются водными растворами определенных солей-электролитов [10,11], а уплотнение структуры строительного камня идет через образование кристаллогидратов, что обеспечивает стабильный гидроизоляционный эффект [12]. Соотношение между затворителем и вяжущим может приводить к изменению прочности, водостойкости и водопоглощения, высолообразованию, иногда и к растрескиванию. В некоторых работах исследованы процессы твердения вяжущих с различными затворителями и добавками, приводящие к образованию плотной мелкозернистой структуры камня в процессе кристаллизационного структурообразования при твердении магнезиального (оксихлоридного) цемента [13–15]. В связи с необходимостью повышения конструкционной прочности магнезиальных цементов интересен эффект формирования анизотропных кристаллов магнийоксихлоридных фаз, армирующих их структуру. Однако в описаниях результатов исследований не проведено однозначных корреляций между составом затворяемых композиций и микроструктурой цементного тела, в частности морфологией кристаллических зерен оксихлоридного цемента.

Учитывая распространенность доломитового сырья разного качества, разработка технологической схемы его переработки в высококачественные строительные материалы повысит ресурсный потенциал региона.

Цель работы – изучение закономерностей формирования вяжущих композиций в процессе термообработки доломитовых пород Тиманской позднерифейской карбостромовой формации (Республика Коми).

Материал и методы исследования

Для всех образцов определен химический состав (табл.1) методом рентгенофлуоресцентного анализа (Horiba MESA-500W). При проведении исследований использованы галит Сереговского месторождения (основной компонент – хлорид натрия – соответствует ТУ 9102-002-00352816-2004) в качестве добавки-интенсификатора обжига и бишофит (ГОСТ 7759-73) в качестве затворителя, а также коммерческий оксид магния (ТУ 6-09-841-76) и молотый брусит (ТУ 1517-001-59074732-05).

Рентгеноструктурные исследования проводились на рентгеновском дифрактометре XRD-6000 (SHIMADZU, Япония) с CuK_α - излучением. Съемка для порошковой дифрактограммы велась в области брэгговских углов 2Θ 10–80° со скоростью 1°/мин. Полнопрофильный анализ рентгенодифракционных картин выполнен с помощью программы POWDER CELL v.2.4 [16]. Изучение термических свойств образцов проведено методом ДСК/термографии (прибор NETZSCH STA 409 PC/PG), температура нагрева до 1000°С. Микроструктура и морфология описаны с использованием метода сканирующей электронной микроскопии (VEGA3 SBU; TESCAN) и элементного микрозондового анализа (энергодисперсионный микроанализатор Model X-act, AZTEC, Oxford Instruments, UK).

Результаты и обсуждение

Проведенный XRD-анализ показывает, что основная фаза исследуемых карбонатных пород представлена доломитом $CaMg(CO_3)_2$ (ICSD87088),

в небольших количествах (не более 1–2 %) присутствуют фазы кварца и кальцита (рис.1,табл.2).

Элементный микрозондовый анализ образца доломитовой породы Д4 (по данным ЭДС) в нескольких точках определил в основном наличие магния и кальция, а также углерода и кислорода (рис.2).

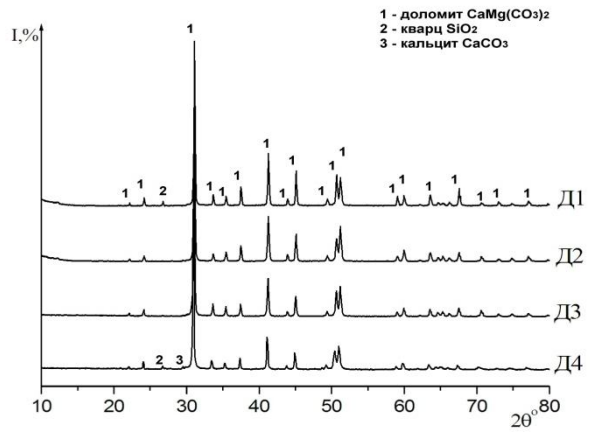


Рис.1. Рентгеновские порошковые дифрактограммы доломитовых пород Д1, Д2, Д3 и Д4 (табл.1).
Fig.1. X-ray powder diffraction patterns of dolomite rocks D1, D2, D3 and D4 (Table 1).

Примеси, обнаруженные в результате химического анализа в исследуемых доломитовых породах, либо образуют рентгеноаморфные соединения, либо распределены в идентифицированных кристаллических фазах. Это значит, что соотношение кальция и магния в доломитовой фазе образцов Д1 и Д2 (табл.2), рассчитанное в соответствии с представленными в табл.1 данными валового химического состава, показывает, что они близки по структуре к стехиометрическому доломиту (стехиометрический доломит в пересчете на оксиды содержит, мас.%: 30.41 CaO, 21.86 MgO, 47.73 CO_2). По содержанию оксида кремния, образцы Д1 и Д4 относятся к группе низкокремнистых, в которых SiO_2 может колебаться от 4 до 16 мас.%. Кремнистые доломиты являются нестехиометрическими: отношение MgO/CaO составляет 0.55–0.63, тогда как в низкокремнистых – 0.62–0.75 (при значении этого отношения в стехиометрическом доломите 0.71) [17]. В нашем случае по соотношению содержания кальция и магния к стехиометрическому доломиту близок образец Д2, образец Д1 можно по всем упомянутым выше параметрам отнести к группе низкокремнистых доломитов. В природе доломит редко имеет идеальный состав и, как правило, является избыточным по кальцию.

Таблица 2

Кристаллохимические характеристики образцов доломитовых пород

Table 2

Crystal chemical characteristics of samples of dolomite rocks

Образец	Д1	Д2	Д3	Д4	$CaMg(CO_3)_2$ (ICSD87088)
Фазовый состав и параметры кристаллической решетки	98% доломит a=4.806Å, c=16.007Å 2% кварц a=4,917 Å, c=5,326 Å	100% доломит a=4.804Å, c=16.004Å	100% доломит a=4.806Å, c=16.003Å	98,1% доломит a=4.811Å, c=16.043Å 0,5% кварц a=4,905 Å, c=5,384 Å 0,4% кальцит a=4,984Å, c=17,111 Å	100% доломит a=4.809Å, c=16.018Å
Рассчитанное соотношение MgO/ CaO	0,62	0,70	0,40	0,46	0,71
d_{104}, Å	2,875	2,877	2,880	2,891	2,887

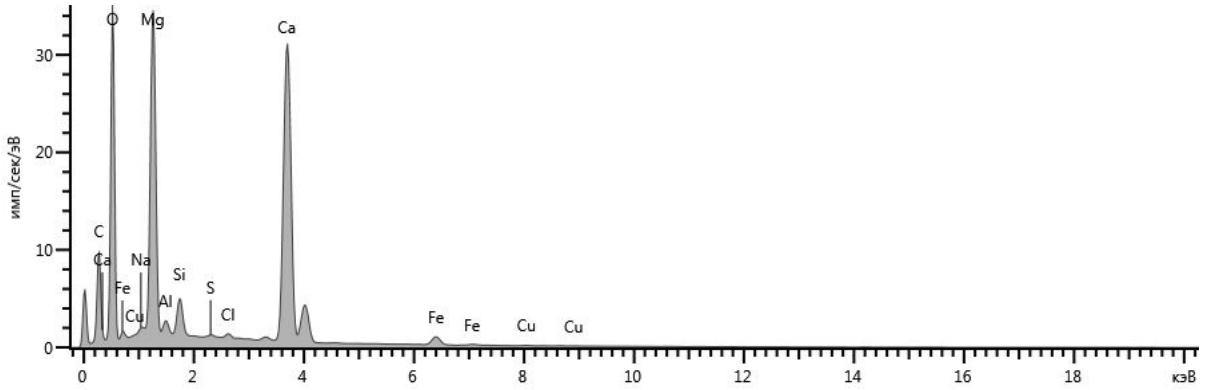


Рис.2. Локальный элементный состав образца Д4 (по данным ЭДС).
Fig.2. Local elemental composition of sample D4 (according to EDS data).

Диагностика доломитовых пород Тимана, проведенная по наиболее интенсивным отражениям hkl=104 в области углов 30-32° 2Θ CuKα, показала небольшое различие между дифракционными линиями и параметрами кристаллической решетки исследуемых образцов (Д1, Д2 и Д3) и стехиометрического доломита (табл.2). Сравнивая параметры *c* кристаллической решетки и значение d_{104} образца Д4 и стехиометрического доломита, сделано предположение, что этот образец следует отнести к Са-избыточным доломитам. Структура Са-избыточных доломитов описывается как смешанослойная, в которой слои нестехиометрического доломита с различным содержанием избыточного кальция чередуются с небольшим количеством кальцитоподобных и стехиометрических доломитовых слоев в различных пропорциях и с разной степенью порядка [18]. Избыточное присутствие кальция является существенным ограничением применения таких доломитов в массовом производстве вяжущих, а наличие свободного CaO в вяжущей композиции негативно влияет на свойства магнезиального цемента.

Ранее изучено влияние качества и количества хлоридов на процесс декарбонизации доломита и показано, что с целью снижения температуры обжига до 550–700°С в доломитовую массу добавляют 1–1,7% от массы сырья водный раствор шлама карналлитового хлоратора ($KCl{\cdot}MgCl_2{\cdot}6H_2O$+ NaCl+MgO) [10]. Изделия на полученном доломитовом вяжущем твердели без образования трещин и обладали достаточной прочностью на сжатие (до 70 МПа через 28 суток).

В качестве представительной пробы минерального сырья Республики Коми изучен доломит Пузлинского месторождения (обр. Д4). Для определения роли хлоридсодержащих добавок образцы молотого доломита Д4 (фракция 60-150 мкм) предварительно пропитывали водными растворами хлорида натрия и хлорида магния в определенных пропорциях и затем высушивали при 105°С. Декарбонизация доломита при термообработке происходит по двум стадиям:

1 стадия – $MgO+CaCO_3+CO_2$ в температурном интервале $\Delta T_1 = T_{1\,кон} - T_{1\,нач}$,

2 стадия – $MgO+CaO+CO_2$ в температурном интервале $\Delta T_2 = T_{2\,кон} - T_{2\,нач}$.

Эти стадии обычно накладываются друг на друга (табл.3). Поэтому необходим подбор добавок, регулирующих процесс конверсии доломита для получения кондиционного продукта, обеспечивающего формирование магнийоксихлоридного цемента, в котором отсутствует CaO, а $CaCO_3$ выполняет роль наполнителя.

Установлено, что в присутствии 1–3% галита или 5–7% бишофита для образования каустического доломита температура обжига может быть снижена на 150–170°С. И температурный интервал ($T_{2нач}$-$T_{1кон}$) между окончанием декарбонизации доломита по 1-й стадии ($T_{1кон}$) и началом декарбонизации доломита по 2-й стадии ($T_{2нач}$) возрастает до 95°С (табл.3), что немаловажно для производства качественного продукта в промышленных условиях.

Таблица 3

Конверсия доломитовой фазы в процессе термообработки (по данным ДТА)

Table 3

Conversion of the dolomite phase during heat treatment (according to DTA data)

Исследуемый образец	$T_{1нач}$÷$T_{1кон}$, °С	$T_{2нач}$÷$T_{2\,кон}$, °С	$T_{2нач}$ - $T_{1кон}$, °С
Доломит	700-800	800-900	0
Доломит + 1% NaCl	610-735	777-850	42
Доломит + 5% $MgCl_2{*}6H_2O$	598-650	700-820	50
Доломит + 3% NaCl +5%$MgCl_2{*}6H_2O$	595-630	725-750	95

Снижение температуры и продолжительности обжига доломитовых композиций способствует сохранению высокой активности образовавшегося оксида магния, обеспечивающего формирование высокопрочных структур в композиционном магнезиальном материале на основе гидроксохлоридов магния, а также отсутствие высоло- и трещинообразования на их поверхности.

Для уточнения влияния состава исходной смеси на особенности микроструктуры и морфологии кристаллитов, формирующих цементный камень, были проанализированы результаты отверждения в модельных системах на основе чистого оксида магния. Добавление бишофита в шихту перед обжигом оправдано тем, что в результате термического разложения бишофита образуются оксихлориды магния (табл.4), являющиеся зародышами цементообразующих фаз.

Отметим, что рентгенофазовый анализ может показывать занижение содержания компонентов магнезиального вяжущего, которое в силу мелкокристалличности или аморфности с трудом диагностируется на рентгенограммах.

При значительном изменении концентрации затворяющего раствора $MgCl_2$ в результате кристаллизации новообразований фазовые переходы метастабильных соединений в стабильные могут быть приостановлены на одной из стадий, и конечными продуктами могут быть только $3Mg(OH)_2{\cdot}MgCl_2{\cdot}8H_2O$ (фаза 3-1-8), или только $5Mg(OH)_2{\cdot}MgCl_2{\cdot}8H_2O$ (фаза 5-1-8), или смеси этих оксихлоридов (рис.3). Так, в модельных образцах, полученных с использованием оксида магния, синтезированного из $Mg(OH)_2$, конечным продуктом была фаза 5-1-8, а при уменьшении плотности затворяющего раствора от 1,24 до 1,1 г/мл – фаза 3-1-8. Содержание этих фаз не является постоянным и может колебаться в довольно широких пределах. Изменение плотности хлоридного затворителя в существенной степени определяет также и скорость твердения, фазовый и морфологический составы хлормагнезиальных композиций. На модельных системах продемонстрировано, что активный оксид магния при взаимодействии с хлоридом образует анизотропные армирующие кристаллы. Хорошо окристаллизованные фазы магнийоксихлоридного

Таблица 4

Содержание цементообразующих фаз оксихлоридов магния, полученных при затворении разных видов сырья

Table 4

The content of cement-forming phases of magnesium oxychlorides obtained during the mixtering of different types of raw materials

Композиция затворения, мас.%	Плотность раствора бишофита ρ, г/мл	Фазовый состав цементного камня после выдержки 7 суток	
		Содержание оксихлоридов магния, мас.% (по данным XRD)	Остальные фазы, мас.% (по данным XRD)
93 мас.% каустического доломита + 7 мас.% бишофита	1,2	15% $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ следы $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$	70% $CaCO_3$ 3% $Mg(OH)_2$ 1% $CaMg(CO_3)_2$ 10% MgO 1% SiO_2
Коммерческий MgO + бишофит	1,1-1,2	80% $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$	20% MgO
MgO, синтезированный из брусита $Mg(OH)_2$, + бишофит	1,24	99% $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$	1% MgO
	1,1	95% $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$	5% MgO

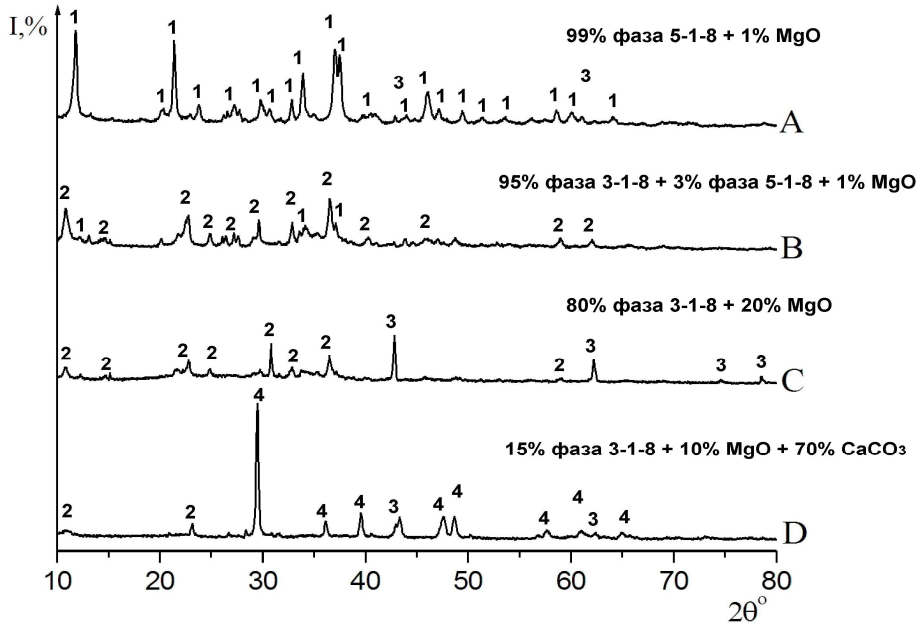


Рис.3. Фазовый состав магнезиального цемента на основе оксихлоридов магния: A,B – из MgO, синтезированного из брусита $Mg(OH)_2$; C – из коммерческого MgO; D – из каустического доломита с добавкой 7% бишофита (по данным XRD).

1 – $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ (фаза 5-1-8)
2 – $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ (фаза 3-1-8)
3 – MgO
4 – $CaCO_3$.

Fig.3. Phase composition of magnesia cement based on magnesium oxychloride: A, B – from MgO synthesized from brucite $Mg(OH)_2$; C – from commercial MgO; D – from caustic dolomite with the addition of 7% bischofite (according to XRD data).

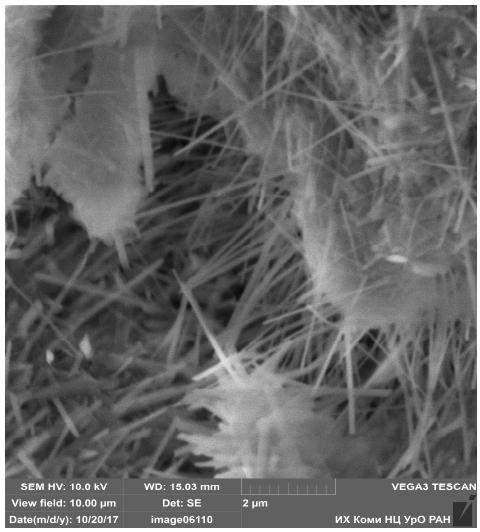
1 – $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ (phase 5-1-8)
2 – $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ (phase 3-1-8)
3 – MgO
4 – $CaCO_3$.

цемента ранее были описаны как спирально-трубчатые вискеры [19]. Полученные нами экспериментальные данные показывают, что кристаллические фазы магнийоксихлоридного цемента состоят в основном из иглообразных кристаллов. Для микроструктурного исследования были отобраны образцы, в которых, по данным рентгенофазового анализа (рис.3 A,B,C), доминируют кристаллические фазы 5-1-8 и 3-1-8.

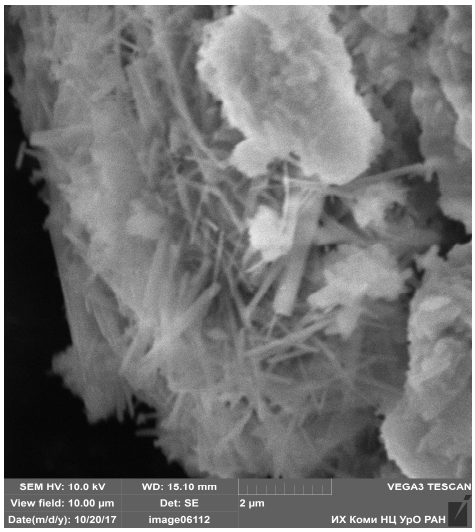
После семи суток выдержки в полученных нами образцах цемента на основе оксида магния, синтезированного из брусита, образовались ните-

видные оксихлормагниевые кристаллы с игольчатой микроструктурой (рис.4 A,B). Магнезиальный цемент, синтезированный из коммерческого оксида магния, обладает плотной мелкозернистой структурой камня (рис.4C).

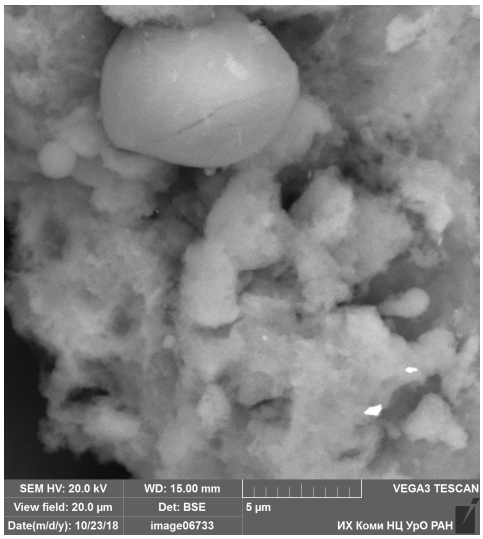
кристаллами с низкой симметрией кристаллов – триклинный тригидроксохлорид магния (фаза 3-1-8) и моноклинный пентагидроксохлорид магния (фаза 5-1-8). Из опыта работы с керамическими материалами можно утверждать, что наличие игольчатых



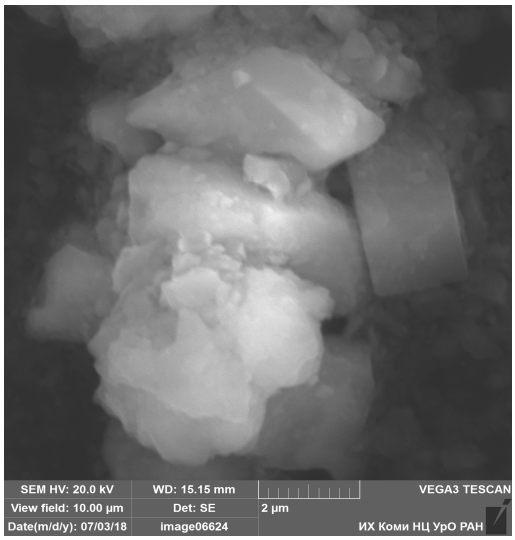
A) 99% фаза 5-1-8 + 1% MgO



B) 95% фаза 3-1-8 + 1% MgO + 3% фаза 5-1-8



C) 80% фаза 3-1-8 + 20% MgO



D) 15% фаза 3-1-8 + 10% MgO + следы фазы 5-1-8 + 70% $CaCO_3$

Рис.4. Микроструктура магнезиального цемента на основе оксихлоридов магния: A,B – из MgO, синтезированного из брусита $Mg(OH)_2$; C – из коммерческого MgO; D – из каустического доломита с добавкой 7% бишофита (по данным СЭМ).

Fig. 4. The microstructure of magnesia cement based on magnesium oxychloride: A, B – from MgO synthesized from brucite $Mg(OH)_2$; C – from commercial MgO; D – from caustic dolomite with the addition of 7% bischofite (according to SEM data).

Для сравнения на рис. 4D показана микроструктура цементного камня на основе каустического доломита, затворенного бишофитом. По данным рентгенофазового анализа эти образцы содержат 80% фазы 3-1-8 (рис.3C) и не более 15% фазы 3-1-8 и следы фазы 5-1-8 (рис.3D), но визуально анизотропные кристаллы этих соединений на снимках СЭМ не наблюдаются. В процессе фазообразования формируется микроструктура с анизотропными

кристаллов в теле магнийоксихлоридного цемента способствует повышению его прочности за счет механической блокировки трещинообразования. Анализ результатов образования анизотропных фаз в модельной системе ($MgO – MgCl_2 – H_2O$) использован для определения условий формирования микроструктуры магнезиального цемента на основе каустического доломита из природного Са-избыточного доломита (обр.Д4, Пузла).

Таблица 5

Механические свойства стандартных магнезиальных цементов и магнезиальных композиций на основе доломита

Table 5

Mechanical properties of standard magnesia cements and dolomite-based magnesia compositions

Композиция	Микротвердость по Виккерсу HV, МПа	Прочность на сжатие, Мпа
Магнезиальный цемент + бишофит [20]	420–790	от 30 до 50 и более
[15] Доломит [ГОСТ 4001-2013]	630–1120 490–630	от 40 до 80 от 35 до 40
Цемент общестроительный [ГОСТ 31108-2016]	980 250	до 62,5 (28 суток) не менее 16 (7 суток)
$3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ [15]	392–490	от 25 до 35
Коммерческий MgO + бишофит	100	7
MgO, синтезированный из брусита $Mg(OH)_2$, + бишофит	360–570	от 30 до 36
Каустический доломит+MgO+бишофит	310–450	от 20 до 28

Хлоридные добавки – модификаторы обжига, о которых было сказано выше, а также дополнительное количество вводимого активного оксида магния, рассчитанное исходя из достижения приемлемого качества материала, способны формировать оксихлоридные фазы $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ и $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ частично в виде анизотропных кристаллов. Это обеспечит армирование цементного тела и повышение прочности до значения, сопоставимого со стандартными значениями для магнезиального цемента (табл.5). Магнийоксихлоридные фазы 5-1-8 и 3-1-8 близки по структуре и свойствам [14,15] и их морфология, наряду с пористостью цементного тела, существенно влияют на физико-механические свойства цемента [21]. Химизм протекающих процессов зависит от среды кристаллизации и активности оксида магния, и при отверждении каустического доломита, полученного при температуре до 620°С, наблюдается более заметный рост нитевидных кристаллов (вискеров), чем при отверждении каустического доломита, полученного при температуре более 700°С, когда длина вискеров резко уменьшается или рост вискеров вообще не наблюдается.

Заключение

Таким образом, впервые проведено сравнительное изучение процесса формирования магнийоксихлоридного цемента на основе природных (доломитовые породы Пузлинского месторождения) и модельных систем и оценено влияние микроструктуры цемента на прочностные характеристики. Определен оптимальный состав затворяющих компонентов, обеспечивающий формирование игольчатых кристаллов магнийгидроксохлоридных фаз $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ и $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$, армирующих и повышающих прочность магнезиальных цементов. Установлено оптимальное содержание добавок-интенсификаторов обжига тиманских доломитовых пород– не более 3% галита и/или 7% бишофита, влияющих на процесс декарбонизации. Предложенный подход к переработке доломитового сырья месторождения Пузлы может быть рекомендован для создания промышленной технологии производства магнезиальных цементов из минерального сырья Республики Коми.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Института химии Коми НЦ УрО РАН Е.И.Истоминой, В.А.Белому, А.В.Надуткину, И.Н.Васеневой.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии Коми НЦ УрО РАН.

Литература

1. *Оловянишников В.Г.* Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. ISBN 5-7691-0745-6.
2. *Назарова Л.Ю., Голдин Б.А., Секушин Н.А., Рябков Ю.И.* Состав и радиочастотные свойства офикальцитов и доломитов Тимано-Североуральской верхнерифейской провинции // Минералогические перспективы: Материалы Международного минералогического семинара. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 337–339.
3. *Белоусов М.В., Колесникова М.П., Шопперт Н.В., Никоненко Е.А. и др.* О возможности комплексного использования доломитов Бойцовского месторождения // Технические науки: традиции и инновации: Материалы Международной заоч. науч. конференции (г.Челябинск, январь 2012 г.). / Под общ. ред. Г.Д. Ахметовой. Челябинск: Два комсомольца, 2012. С.101–105.
4. *CN 103396026* «Preparation method and application of dolomite-based concrete admixture». By Ruan, Jiongzheng. From Faming Zhuanli Shenqing (2013).
5. *Пат. №2479509 РФ.* Способ производства вяжущих, состоящих, преимущественно, из оксидов кальция и магния /Ю.Г.Мещеряков, С.В.Федоров. Опубл. 20.04.2013. Бюл. №11.
6. *CN 103923350* «Method for preparation of dolomite-intercalated silicon-calcium composite». By Li, Haibin; Zou, Jiansheng; Peng, Hesong; Li, Yuyue. From Faming Zhuanli Shenqing (2014).
7. *CN 104211992* «Modified dolomite for fluoro plastic heat-retardant wire and cable materials and its preparation method». By Li, Jianrong;

Wu, Yongzhi; Pang, Wei; Li, Xin; Liu, Lei. From Faming Zhuanli Shenqing (2014).
8. *Пат. №2504527 РФ.* Способ изготовления строительных плит универсального назначения (варианты) / Е.П.Гордон, Л.В.Демченко, Н.Т.Касымов, А.В.Коротченко и др. Опубл. 20.01. 2014. Бюл. №2.
9. *Пат. 1288169 СССР.* Способ декарбонизации доломита/ Р.А.Марусяк, Я.В.Дмитрук, Л.И. Нестор, И.И.Ковалишин и др. Опубл. 07.02. 87. Бюл. №5.
10. *Пат. 2506235 РФ.* Способ получения доломитового вяжущего/ Б.Я.Трофимов, Е.А.Гамалий, А.А.Орлов, Л.Я.Крамар и др. Опубл. 10.02. 2014. Бюл. №4.
11. *Wen, Ming; Zhang, Ting-an; Dou, Zhi-he; Zhou, Lian.* Pellets preparation by direct briquetting for silicothermic magnesium production // Dongbei Daxue Xuebao, Ziran Kexueban (2014). 35(10). 1460–1463.
12. *Кононова О.В., Черепов В.Д.* Модифицированный искусственный камень на основе отсевов дробления карбонатных пород // Современные проблемы науки и образования. 2013. №1. С.227–234.
13. *Некрасов Б.В.* Основы общей химии. Т.2. М.: Химия, 1973. 689 с.
14. *Черных Т.Н.* Физико-химические закономерности получения энергоэффективных магнезиальных вяжущих веществ с улучшенными характеристиками и материалов на их основе: Дис. на соиск. уч. ст. д-ра техн. н. Челябинск, 2016.
15. *Зуев В.В., Поцелуева Л.Н., Гончаров Ю.Д.* Электрон.книга «Кристаллоэнергетика как основа оценки свойств твердотельных материалов (включая магнезиальные цементы)»/ ООО «АЛЬФАПОЛ»: Промышленные полы и смеси специального назначения. Санкт-Петербург, 2006.
16. *Kraus W., Nolze G.* POWDER CELL – a program for the representation and manipulation of crystal structures and calculation of the resulting X-ray powder patterns // J. Appl. Cryst. 1996. Vol. 29. № 3. P. 301–303.
17. *Крупенин М.Т.* Особенности химического состава доломитов в вулканогенно-терригенных отложениях серебрянской серии Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория// Региональная геология, литология, геотектоника. ЕЖЕГОДНИК-2008. Екатеринбург, 2009. С. 63–67 (Тр. ИГГ УрО РАН; вып. 156).
18. *Солотчина Э.П., Солотчин П.А.* Состав и структура низкотемпературных природных карбонатов кальцит-доломитового ряда // Журнал структурной химии. 2014. Т. 55. №4. С. 814–820.
19. *Matkovic B., Young J.F.,* Microstructure of magnesium oxychloride cements // Nat Phys Sci. (1973). 246:79–80.
20. *Волженский А.В.* Электрон.книга «Минеральные вяжущие вещества». М.: Стройиздат, 1986 (с изменениями).
21. *Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.* Строительные минеральные вяжущие вещества. М.: Инфра-Инженерия, 2011. 544 с.

References

1. *Olovyanishnikov V.G.* Verkhniy dokembriy Timana i poluostrova Kanin [The Upper Precambrian of Timan and Kanin Peninsula]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 1998. ISBN 5-7691-0745-6.
2. *Nazarova L.Yu., Goldin B.A.*, Sekushin N.A., Ryabkov Yu.I. Sostav i radiochastotnyye svoystva ofikal'tsitov i dolomitov Timano-Severoural'skoy verkhnerifeyskoy provintsii [The composition and the radio frequency properties of the ophicalcites and dolomites of the Timan-North Urals Upper Riphean province] // Mineralogical prospects: mater. of intern. mineral. seminar. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2011. P.337–339.
3. *Belousov M.V., Kolesnikova M.P.*, Shoppert N.V., Nikonenko E.A. et al. O vozmozhnosti kompleksnogo ispol'zovaniya dolomitov Boytsovskogo mestorozhdeniya // Tekhnicheskiye nauki: traditsii i innovatsii [On the possibility of complex use of dolomites of the Boitsovsky field] // Technical Sciences: traditions and innovations]: mater. of intern. sci. conf. (Chelyabinsk, January 2012). / Ed. G.D. Akhmetova. Chelyabinsk: Dva komsomol'tsa, 2012. P.101–105.
4. *CN 103396026* «Preparation method and application of dolomite-based concrete admixture». By Ruan, Jiongzheng. From Faming Zhuanli Shenqing (2013).
5. *Patent 2479509 RF.* Sposob proizvodstva vyazhushchikh, sostoyashchikh preimushchestvenno iz oksidov kal'tsiya i magniya [Method of production of binders consisting mainly of calcium and magnesium oxides] / Yu.G.Meshcheryakov, S.V.Fedorov. Published 20.04.2013. Bull. No. 11.
6. *CN 103923350* «Method for preparation of dolomite-intercalated silicon-calcium composite». By Li, Haibin; Zou, Jiansheng; Peng, Hesong; Li, Yuyue. From Faming Zhuanli Shenqing (2014).
7. *CN 104211992* «Modified dolomite for fluoro plastic heat-retardant wire and cable materials and its preparation method». By Li, Jianrong; Wu, Yongzhi; Pang, Wei; Li, Xin; Liu, Lei. From Faming Zhuanli Shenqing (2014).
8. *Patent 2504527 RF.* Sposob izgotovleniya stroitel'nykh plit universal'nogo naznacheniya (varianty) [A method of manufacturing multi-purpose building boards (variants)]/ E.P.Gordon, L.V.Demchenko, N.T.Kasymov, A.V.Korotchenko et al. Published 20.01. 2014. Bull. № 2.
9. *Patent 1288169 USSR.* Sposob dekarbonizatsii dolomita [The way of dolomite decarbonization] / R.A.Marusyak, Ya.V.Dmitruk, L.I.Nestor, I.I.Kovalishin et al. Published 07.02.87. Bull. №5.

10. *Patent 2506235 RF*. Sposob polucheniya dolomitovogo vyazhushchego [A method of producing a dolomitic binder] / B.Ya.Trofimov, E.A. Gamaly, A.A.Orlov, L.Ya.Kramar et al. Published 10.02.2014. Bull. № 4.
11. *Wen, Ming; Zhang, Ting-an; Dou, Zhihe; Zhou, Lian*. Pellets preparation by direct briquetting for silicothermic magnesium production // Dongbei Daxue Xuebao, Ziran Kexueban (2014), 35(10), 1460–1463.
12. *Kononova O.V., Cherepov V.D.* Modifitsirovannyy iskusstvennyy kamen' na osnove otsevov drobleniya karbonatnykh porod [Modified artificial stone on the basis of carbonate rocks crushing screenings] // Modern problems of science and education. 2013. № 1. P.227–234.
13. *Nekrasov B.V.* Osnovy obshchey khimii [Basics of General Chemistry]. Vol. 2. Moscow: Chemistry, 1973. 689p.
14. *Chernykh T.N.* Fiziko-khimicheskiye zakonomernosti polucheniya energoeffektivnykh magnezial'nykh vyazhushchikh veshchestv s uluchshennymi kharakteristikami i materialov na ikh osnove [Physico-chemical regularities of obtaining energy-efficient magnesium binders with improved characteristics and materials on their basis]: Diss... Dr. Sci. (Techn.). Chelyabinsk, 2016.
15. *Zuyev V.V., Potselueva L.N., Goncharov Yu.D.* Elektron.kniga «Kristalloenergetika kak osnova otsenki svoystv tverdotel'nykh materialov (vklyuchaya magnezial'nyye tsementy)» [E-book "Crystal power engineering as a basis for assessing the properties of solid materials (including magnesium cements)] / OOO «AL'FAPOL»: Promyshlennyye poly i smesi spetsial'nogo naznacheniya [Industrial floors and mixtures of special purpose]. St.Petersburg, 2006.
16. *Kraus W., Nolze G.* POWDER CELL – a program for the representation and manipulation of crystal structures and calculation of the resulting X-ray powder patterns // J. Appl. Cryst. 1996. Vol. 29. № 3. P. 301–303.
17. *Krupenin M.T.* Osobennosti khimicheskogo sostava dolomitov v vulkanogenno-terrigennykh otlozheniyakh serebryanskoy serii Kvarkushsko-Kamennogorskogo megantiklinoriya // Regional'naya geologiya,litologiya, geotektonika [Features of the chemical composition of dolomites in volcanogenic-terrigenous deposits of the silver series of Kvarkush-Kamennogorsk mega-anticlinorium // Regional geology, lithology, geotectonics]. Yearbook-2008. Ekaterinburg, 2009. P. 63–67 (Proc. of Inst. of Geol. & Geochem., Ural Branch, RAS; Issue 156).
18. *Solotchina E.P., Solotchin P.A.* Sostav i struktura nizkotemperaturnykh prirodnykh karbonatov kal'tsit-dolomitovogo ryada [Composition and structure of low-temperature natural carbonates of calcite-dolomite series]// J. of Structural Chemistry. 2014. Vol. 55. № 4. P. 814–820.
19. *Matkovic B., Young J.F.* Microstructure of magnesium oxychloride cements // Nat. Phys. Sci. (1973). 246:79–80.
20. *Volzhensky A.V.* Elektron.kniga «Mineral'nyye vyazhushchiye veshchestva» [E-book "Mineral binders"]. Moscow: Stroyizdat, 1986 (with changes).
21. *Dvorkin L.I., Dvorkin O.L.* Stroitel'nyye mineral'nyye vyazhushchiye veshchestva [Building mineral binders]. Moscow: Infra-Engineering, 2011. 544 p.

Статья поступила в редакцию 24.08.2018.

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ФОЛЬКЛОР И ФОЛЬКЛОРНО-ЛИТЕРАТУРНЫЕ СВЯЗИ В СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ» (обзор)

28–29 мая 2018 г. в г. Торунь (Польша) состоялась Международная научная конференция «Фольклор и фольклорно-литературные связи в современных исследованиях», организованная кафедрой славянской филологии филологического факультета Университета Николая Коперника и сектором фольклора Института языка, литературы и истории Коми научного центра Уральского отделения РАН (Сыктывкар) в рамках Соглашения о сотрудничестве этих двух организаций.

Цель конференции – обсуждение широкого круга вопросов, связанных с рядом актуальных направлений исследований в области фольклора и фольклорно-литературного взаимодействия. Участники форума рассматривали вопросы поэтики и семантики фольклорного текста, изучения языка фольклорных произведений, исследования региональных, локальных, конфессиональных фольклорных традиций и культур в XXI в. Часть докладов была посвящена проблеме, обозначенной в названии конференции: особенности воплощения литературных сюжетов и мотивов в фольклоре, фольклорные образы, сюжеты и мотивы как объект художественного переосмысления и специфика их выражения в литературном тексте, типология фольклорно-литературных связей, фольклор и фольклорно-литературные связи в польском и русском научном дискурсе.

В работе конференции приняли участие исследователи из научных центров, институтов, университетов Польши, России, Китайской Народной Республики, а именно, Лодзинского, Вроцлавского, Варшавского университетов, Университета Николая Коперника в Торуни, Университета им. Казимира Великого в Быдгоще, Университета им. Адама Мицкевича в Познани, Университета Марии Склодовской-Кюри в Люблине, Университета Хэйхэ (КНР), Института языка, литературы и истории Коми научного центра Уральского отделения РАН (Сыктывкар), Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Москва), Национально-исследовательского университета «Высшая школа экономики» (Москва), Российского государственного гуманитарного университета (Москва), Вятского государственного университета (Киров), Пермского государственного национального исследовательского университета (Пермь), Новокузнецкого института (филиала) Кемеровского государственного университета (Новокузнецк), Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева (Орёл).

На открытии конференции прозвучало приветствие заместителя декана филологического факультета Университета Николая Коперника, профессора Дариуша Пневского, который поздравил всех присутствующих с началом конференции, пожелал продуктивной работы и выразил надежду, что сотрудничество между Университетом Николая Коперника и Институтом языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН будет длительным и плодотворным для обеих сторон. От имени организаторов, участников конференции приветствовали профессор кафедры славянской филологии Ивона Жепниковска (Торунь) и заведующая сектором фольклора Юлия Крашенинникова (Сыктывкар).

Проблематика докладов, прозвучавших на пленарном заседании, была по большей части связана с процессами фольклорно-литературного взаимодействия. В центре внимания Йоланты Луговской (Вроцлав) оказались вопросы преимущества устного типа коммуникации и жанровой модели народной сказки в процессе приобщения ребенка к литературе. Механизмы адаптации народной культурой и фольклорной традицией авторских литературных текстов в славянском погребальном и свадебном обрядах были рассмотрены в докладах Елены Левкиевской (Москва) и Юлии Крашенинниковой (Сыктывкар). Е.Левкиевская на материале традиции украинского анклава, существующего в Самойловском районе Саратовской области, представила корпус текстов, с помощью которых осуществляется неформальное «отпевание» покойников, и описала способы, посредством которых литературные тексты становятся «отпевальными» стихами и начинают функционировать в похоронном обряде. Ю.Крашенинникова на материале русских свадебных приговоров выделила механизмы использования и приемы адаптации фольклорными текстами авторских литературных произведений, способы творческой переработки создателями свадебных текстов и фольклорной традицией литературных произведений разных жанров. Александр Шайкин (Орёл), привлекая записи XIX – XX вв., сделал попытку выявить типологическую связь апокрифа «Сказания отца нашего Агапия» с русскими фольклорными текстами на уровне мотивов и персонажной системы. Проблеме развития фольклорной традиции переселенцев, сформированной в отрыве от материнской культуры, был посвящен доклад Михала Глушковского (Торунь). Используя понятие «культурного имплантата» (М. Голька), докладчик проанализировал современный репертуар польского ансамбля «Яжумбек» из д. Вершина Боханского района Иркутской области, основанного добровольными поселенцами из Малой Польши в начале XX в., и попытался ответить, насколько традиционны фольклорные произведения, исполняемые участниками фольклорной группы.

Первый нижний ряд (слева направо): Агнешка Голембиовска-Сухорска (Быдгощ, Польша), Светлана Низовцева (Сыктывкар, Россия), Эрика Кузьмина (Варшава, Польша), Томаш Кальнюк (Торунь, Польша), Вячеслав Поздеев (Киров, Россия).
Второй ряд: Ивона Жепниковска (Торунь, Польша), Юлия Крашенинникова (Сыктывкар, Россия), Надежда Рычкова (Москва, Россия), Магдалена Даниельс (Торунь, Польша), Фэн Мин (Хэнан, Китай)
Третий ряд: Светлана Королева (Пермь, Россия), Доминика Высочиньска (Торунь, Польша), Анджелика Павлячик (Торунь, Польша), Елена Левкиевская (Москва, Россия), Ирина Лагутина (Москва, Россия)
Четвертый ряд: Роберт Петровски (Торунь, Польша), Матеуш Напюрковски (Торунь, Польша), (???), Наталья Петрова (Москва, Россия), Дежан Айдачич (Лодзь, Польша).

Обрядовому фольклору и современным ритуальным практикам были посвящены доклады, прозвучавшие на одноименной секции. Похоронно-поминальные практики, связанные с захоронением детей вне действующих кладбищ, на материалах 2010 г. из Коми-Пермяцкого округа Пермского края, а также повествующие об этих практиках устные рассказы рассмотрены Светланой Королевой (Пермь). Светлана Низовцева (Сыктывкар) проанализировала рассказы о святочных гаданиях, записанные в с.Лойма Прилузского района Республики Коми в XXI в., уделив внимание текстам о «страшных», в которых реализуется мотив вмешательства в процесс ворожбы демонологических персонажей, гаданиях. Доклад Натальи Петровой и Никиты Петрова (Москва) построен на записях 2013–2018 гг. из Беларуси и посвящен ритуальным практикам, предполагающим символическое использование денег в рамках традиционных обрядов жизненного цикла (свадьба, похороны), строительной обрядности и в пространстве современного города (туристическое ритуализованное поведение, переходные субкультурные обряды). Особое внимание уделено особенностям ритуализованного поведения, сложившегося после денежной реформы 1994 г., когда из обращения были изъяты монеты и в денежном обороте участвовали только бумажные купюры. Специфике изготовления и использования хлебных изделий в свадебном обряде украинцев Саратовской области, а также номинациям свадебного хлеба в населенных пунктах украинского анклава Саратовщины посвящен доклад Надежды Рычковой (Москва).

В секции «Поэтика и семантика фольклорного текста» заслушано семь докладов. Они показали, что научно-исследовательский интерес в первую очередь вызывают сказочные жанры. Кроме того, докладчики обращались к современной городской легенде, заговорам и песенному фольклору. Два выступления были основаны на материале словаря польской народной сказки (http://bajka.umk.pl/), готовящегося при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования. Виолетта Врублевска (Торунь) в

своем выступлении проследила способы изображения души в сказочных нарративах. И.Жепниковска (Торунь) раскрыла значение и определила функции огня в сказочной и несказочной прозе, притом материалом исследования послужили как польские, так и восточнославянские реализации сюжетных типов. Объектом рассмотрения Роберта Пётровского (Торунь) явился корпус сказочных текстов о черте, одураченном при дележе урожая, которые стали источником для реконструкции представлений о потустороннем мире в его демоническом варианте. Постфольклорным трансформациям образов Бабы Яги и ведьмы, персонажей разных по своему происхождению и функциям, посвящен доклад Эрики Кузьминой (Варшава). К современной фольклорной традиции обратился также Матеуш Напюрковски (Торунь), сделав объектом анализа польскую городскую легенду, уделив внимание ее жанровым особенностям, а также ее связи с классической быличкой. В выступлении Виктории Трубициной (Новокузнецк) затрагивались вопросы семантики и сюжетно-композиционных функций пасторальных мотивов и образов в песенном фольклоре Кемеровской области. Магдалена Група (Торунь) попыталась раскрыть поэтические особенности заговоров и заклинаний, записанных от старообрядцев, проживающих в Польше. К фольклору представителей той же конфессиональной группы обратилась Анджелика Павлячик (Торунь), рассмотрев концепт «молодость». Исследовательница выступила в секции «Традиция сказительского искусства и современность», в которой также был представлен доклад Изабелы Котлярской (Познань) о современных городских рассказчиках. Как показала в своем выступлении докладчица, практика устной передачи текстов разных жанров активно развивается, а репертуар сегодняшних носителей ораторской традиции постоянно пополняется за счет различных источников, преимущественно книжного происхождения.

Вопросы использования фольклора художественной литературой, способы и возможности художественного переосмысления явлений фольклорного наследия рассматривались в докладах, прозвучавших на секции «Фольклорные образы, сюжеты и мотивы как объект художественного переосмысления». Изабэлла Малэй (Вроцлав) говорила об изображении райских птиц Виктором Васнецовым, картины которого вдохновили Александра Блока, создавшего лирические варианты мифических существ. Катажина Смык (Люблин) попыталась проанализировать функции фольклора в массовой культуре на примере детективного романа и ретродетектива. Ирина Лагутина (Москва) в своем докладе восстановила фольклорно-литературный контекст баллады В.А. Жуковского «Лесной царь» (1818): докладчик проанализировала русские фольклорные источники, привлекавшиеся Жуковским в процессе его работы над переводом баллады Гёте «Erlkönig» (1782). Дежан Айдачич (Лодзь) говорил о типологии сюжетов славянской прозы XIX в. (О.М. Сомов, Н.В. Гоголь, М.Н. Загоскин, Г.Ф. Квитка-Основьяненко, М.Глишич, С.Матавуль и др.), связанной с народными суевериями о демонах, и способах демистификации этих суеверий. Анна Богинская (Вроцлав) рассмотрела фольклорные мотивы в любовном дискурсе русской и польской деревенской прозы на примере произведений В.Распутина и Т.Новака. Агнешка Голембиовска-Сухорска (Быдгощ) на материале романов «Кысь» Т.Толстой и «Станция-призрак» А. Калинкиной продемонстрировала способы включения фольклорных произведений в ткань литературного текста, уделив внимание приему использования мотива письменного фольклора, при котором в тексты романов на внефабульном уровне вводятся несложные тексты-граффити. Александра Шиманьска (Лодзь) в своем докладе обратилась к сюжету о Дон Жуане и рассмотрела произведения русских авторов с этим сюжетом (А.К.Толстого, А.Блока, Д.Самойлова, Н.Оцупа, С.Алешина и др.); опираясь на мнение В.Багно о том, что сюжет о Дон Жуане возник на пересечении легенды о повесе и предания о севильском обольстителе, докладчик отметила, что оба мотива присутствуют в русском фольклоре, и описала способы их трансформации в процессе литературной обработки.

Материалом для доклада Вячеслава Поздеева (Киров) послужили опубликованные в 1830-е гг. произведения «писателей из народа» Федота Кузмичева и Александра Орлова; в докладе представлены трактовки фольклорных элементов «страшного» и «разбойничьего», которые, с одной стороны, показывают хорошее знание писателями народной традиции, с другой, демонстрируют жанрово-стилевые особенности произведений «третьей культуры». Людмила Лобанова и Алексей Рассыхаев (Сыктывкар) проанализировали современные устные рассказы о вишерском колдуне Тювэ, сопоставляя их с литературными текстами, написанными К.Ф. Жаковым в нач. XX в. Доклад Валентины Лимеровой (Сыктывкар) был посвящен специфике бытования фольклорного текста в народоведческих сочинениях первых литераторов Коми края XIX в., в которых фольклор воспринимался как источник для определения ментальных свойств, умственных и нравственных качеств, особенностей национального характера народа коми. Наталья Горинова (Сыктывкар), анализируя произведения коми драматургии рубежа XX – XXI вв., выделила способы использования современными драматургами сюжетов устной прозы коми и остановилась на наиболее популярных в драматургии коми фольклорных сюжетах. Доклад Мина Фэна (Хэйхэ – Киров) построен на анализе вятских легенд о силачах и специфике отражения содержания этих легенд в художественно-документальной прозе о спорте и спортсменах кировского писателя Б.А.Порфирьева. Магдалена Даниельс (Торунь) обратилась к традиции русского юродства, рассмотрев литературные разработки этого феномена в романах Ф.Достоевского «Идиот» и С.Василенко «Дурочка». Томаш Кальнюк (Торунь) сделал объектом своего анализа св. Анджея Боболю, польского и белорусского священномученика, и показал причины появления его культа в д. Страхоцина, который возник только в 1988 г., несмотря на то, что в других местах польско-белорусского пограничья святой почитается с XVIII в.

Надо отметить, что во многих прозвучавших на конференции докладах были представлены новые полевые фольклорные материалы, неопубликованные архивные данные. Докладчиками привлекались фольклор и литература славянских народов, коми, коми-пермяков. Конференция собрала довольно много молодых исследователей, некоторые из них показали в своих работах весьма нестандартные подходы к анализу изучаемого материала. На заключительном заседании были озвучены предварительные итоги работы форума, принято решение о публикации материалов, выражена благодарность организаторам конференции.

Юлия Крашенинникова (г. Сыктывкар),
Ивона Жепниковска (г. Торунь)

ЮБИЛЕИ

СВЕТЛАНА АЛЬБЕРТОВНА РУБЦОВА

21 января отметила юбилей ВРИО директора Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, доктор химических наук **Светлана Альбертовна Рубцова**.

В 1981 г., закончив химико-биологический факультет СГУ, Светлана Альбертовна была принята на работу в Отдел химии Коми филиала АН СССР. Талант исследователя и организаторские способности позволили ей стать одним из ведущих специалистов Института химии, где она прошла путь от старшего лаборанта до руководителя авторитетной научной организации.

С самого начала трудовой деятельности Светлана Альбертовна посвятила себя исследованиям в области химии сероорганических соединений и органического синтеза. После окончания аспирантуры 26 июня 1996 г. в диссертационном совете Нижегородского государственного технического университета она успешно защитила кандидатскую диссертацию «Терпены и их производные сульфатного скипидара и камфорного масла». При творческом участии чл.-корр. РАН А.В.Кучина тематика научной работы С.А.Рубцовой сформировалась в новое направление исследований – разработка селективных методов окисления сероорганических соединений, которое нашло отражение в докторской диссертации «Хемо-, стерео- и энантиоселективное окисление сульфидов и дисульфидов», успешно защищенной в 2012 г.

Научная деятельность Светланы Альбертовны удачно совмещается с административной работой. В апреле 2000 г. под ее руководством в институте была создана лаборатория сероорганических соединений, переименованная в 2009 г. в лабораторию химии окислительных процессов. Под ее руководством коллективом этого подразделения Института химии были разработаны новые химические реакции с использованием диоксида хлора, который широко используется в целлюлозно-бумажной промышленности для отбелки целлюлозы и в водоподготовке для очистки и обеззараживания воды, открыты новые реакции его взаимодействия с сернистыми соединениями в ходе получения сульфохлоридов, выявлено новое направление получения важного класса соединений – трисульфидов с участием терпентиолов и дисульфидов. Полученные результаты имеют не только фундаментальное значение, но и реальные перспективы практического применения. Продукты окисления сернистых соединений могут использоваться в качестве гербицидов, инсектицидов при получении лекарственных средств и красителей.

Получила дальнейшее развитие разработка селективных методов окисления сероорганических соединений для создания новых физиологически активных веществ на основе природных соединений. На сегодняшний день при непосредственном участии Светланы Альбертовны разработаны методы функционализации терпеноидов и получены новые сера-, кислород-, азот-, фторсодержащие терпеноиды с противомикробной, антиоксидантной и мембранопротекторной активностями, имеющие несомненное практическое значение в промышленности и медицине. Со своими коллегами за цикл работ «Комплексная переработка сернистых соединений и терпеноидов сульфатного скипидара для получения практически важных продуктов и решения экологических проблем» С.А.Рубцова удостоена премии Правительства Республики Коми в области научных исследований (2012 г.).

С 2002 по 2016 г. Светлана Альбертовна занимает должность заместителя директора по научной работе, решает сложные организационные и научные задачи, участвует в организации и проведении научных мероприятий, неизменно входит в состав организационного комитета Всероссийской научной конференции «Химия и технология растительных веществ».

Светлана Альбертовна является руководителем тем НИР, проектов РФФИ, УрО РАН. Ведет научно-педагогическую работу как председатель государственной экзаменационной комиссии и научный руководитель аспирантов. Под ее руководством защищено девять кандидатских диссертаций. Является членом редколлегии журналов «Известия Коми НЦ УрО РАН» и «Теоретическая и прикладная экология», сборника «Ежегодник Института химии Коми НЦ УрО РАН».

С.А.Рубцова автор более 300 публикаций, в том числе 21 патента на изобретение.

За многолетний, добросовестный труд Светлана Альбертовна награждена: Почетными грамотами Республики Коми (2004 г.), Российской академии наук (2006 г.), министерства экономического развития Республики Коми (2014 г.), имеет Почетное звание «Заслуженный работник Республики Коми» (2009 г.).

Дорогая Светлана Альбертовна, сердечно поздравляем Вас с юбилеем! Желаем долгих и счастливых лет жизни в окружении любящих людей, а также интересных, продуктивных идей и возможностей для их воплощения.

Спасибо Вам за Вашу поддержку и заботу обо всех и о каждом из нас.

Коллектив Института химии

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@frc.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 подрисуночные 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 подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 pix).

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 цитированную 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.* Elektrotehnichsekie materialy [Electrotechnical materials]. Moscow: Nauka, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 p.) или конкретная страница (например, P. 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-online.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 коллегию 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 коллегию 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 соблюдение 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,
ФИЦ 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. 1(37)

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
Корректура английского перевода Т.А. Искакова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999.
Компьютерный набор. Подписано в печать 20.03.2019.
Формат бумаги 60x84 1/8. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 19. Уч.-изд.л. 18,75. Тираж 300. Заказ № 6.
Свободная цена.

Подготовлено к изданию редакцией журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН».
167982, ГСП, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.
Отпечатано в редакционно-издательском отделе ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.
167982, ГСП, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48.

Адрес учредителя, издателя: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр УрО РАН».
167982, ГСП-2, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.