

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

№2(34)

2018

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. Роцевская*, д.х.н. *С.А. Рубцова*,
к.и.н. *А.В. Самарин* (помощник главного редактора), д.филол.н. *Г.В. Федюнева*,
д.т.н. *Ю.Я. Чукуреев*, д.б.н. *Е.В. Шамрикова*,
д.г.-м.н. *В.С. Шатский*, д.б.н. *Д.Н. Шамаков*

Редакционный совет:

акад. *В.В. Алексеев*, чл.-корр. РАН *В.Н. Анфилов*, 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. Матвеев*,
акад. *Г.А. Месяц*, чл.-корр. РАН *Е.В. Пименов*, чл.-корр. РАН *В.Н. Пучков*,
проф. *Д. Росина*, акад. *М.П. Роцевский*, 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. Цхада*

Адрес редакции:

167982, 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 ком-
муникаций и охране культурного наследия. Свид. о ре-
гистрации средств массовой информации ПИ № ФС 77-
26969 от 11 января 2007 г.

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр УрО РАН», 2018

Science Journal

Founded in 2010
Published 4 times a year

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

PROCEEDINGS

OF THE KOMI SCIENCE CENTRE
URAL BRANCH
RUSSIAN ACADEMY OF
SCIENCES

№2(34)

2018

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
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

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.

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

© Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center
"Komi Science Centre, Ural Branch, RAS", 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

- В.Ю. Андрюкова, В.Н. Тарасов. Об устойчивости колец, подкрепленных нитями
одностороннего действия..... 5
- А.Н. Тихомиров. Простые доказательства неравенства Розенталя для линейных форм
от независимых случайных величин и его обобщения на квадратичные формы 8
- С.И. Колосов. Функция грин для одной задачи кинематической теории дифракции14

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- И.А. Кириллова. Биологические особенности и состояние ценопопуляций орхидных
бассейна р. Щугор (национальный парк «Югыд ва»)17
- Н.В. Герлинг, Я.И. Пылина, Д.М. Шадрин. Определение систематического положения видов
P. Juniperus, произрастающих на Северо-Востоке европейской части России.....26
- Е.В. Яковлева, Д.Н. Габов, К.С. Вежев. Накопление полиаренов
в почвах и кустарниках *Betula nana* в условиях южной тундры.....33
- Т.И. Шишова, И.В. Бешлей, Н.А. Голубкина. Содержание селена
в почвах некоторых районов Республики Коми43

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Д.В. Камашев, А.М. Асхабов, А.А. Кряжев. Механизм формирования
сферических частиц кремнезема по данным динамического рассеяния света.....49
- Е.Г. Довжикова, Л.П. Бакулина. Состав и строение ксенокристаллов
и глубинных включений в пикритах Четласского камня.....56
- О.В. Гракова. Рудная минерализация няровейской серии (Полярный Урал).....64

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- С.Л. Егорова, В.И. Королева. «Куратовская энциклопедия»:
неосуществленный замысел А.Е. Ванеева (1933–2001).....71
- Ю.П. Шабаев, И.Л. Жеребцов, О.В. Лабунова. Культурная эволюция заполярного города:
от города-концлагеря к городу-призраку (I часть)...78

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- А.С. Пестич. Анализ основных географических исследований роли «второго города»
и «города-конкурента» в регионе.....89

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Е.П. Калинин. О роли атмосферного метана в глобальном климате Земли96

ИСТОРИЯ НАУКИ

- К.С. Зайнуллина, А.В. Самарин, В.М. Швецова, Г.Н. Табаленкова, Т.В. Тарабукина.
П.П. Вавилов и академическая наука на Севере
(к 100-летию со дня рождения П.П.Вавилова (1918–1984)) 100
- М.В. Гецен. Патриарх отечественной почвенной альгологии
(к 110-летию М.М.Голлербаха)..... 110

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

- А.Я. Полле. Итоговое заседание Ученого совета Коми НЦ УрО РАН за 2017 г. 125

- ЮБИЛЕИ 128

CONTENTS

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

- V.Yu. Andryukova, V.N. Tarasov. On the stability of the rings backed by threads of unilateral action 5
- A.N. Tikhomirov. Simple proofs of Rosenthal inequalities for linear forms of independent random variables and its generalization to quadratic forms 8
- S.I. Kolosov. The Green's function for one problem of the kinematic x-ray diffraction 14

BIOLOGICAL SCIENCES

- I.A. Kirillova. The biological characteristics and the state of coenopopulations of Orchids of the basin of the Shchugor river ("YugydVa" National park)..... 17
- N.V. Gerling, Ya.I. Pylina, D.M. Shadrin. Determination of the systematic position of species *P. Juniperus* growing in the North-East of the European Russia..... 26
- E.V. Yakovleva, D.N. Gabov, K.S. Vezhov. Accumulation of polyarenes in soils and shrubs of *Betulanana* in the southern tundra..... 33
- T.I. Shirshova, I.V. Beshley, N.A. Golubkina. The content of selenium in soils of some regions of the Komi Republic 43

GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES

- D.V. Kamashev, A.M. Askhabov, A.A. Kryazhev. Mechanism of formation of silica spherical particles according to dynamic light scattering data 49
- E.G. Dovzhikova, L.P. Bakulina. The composition and structure of xenocrystals and depth inclusions in picrites of Chetlass Stone 56
- O.V. Grakova. Ore mineralization of the Nyarovei series (Polar Urals) 64

HISTORICAL AND PHILOLOGICAL SCIENCES

- S.L. Egorova, V.I. Koroleva. "Kuratov encyclopedia": unrealized intent of A.E. Vaneev (1933-2001) 71
- Yu.P. Shabaev, I.L. Zherebtsov, O.V. Labunova. Cultural evolution of the Polar town: from the town - concentration camp to the ghost town (part 1) 78

SOCIAL SCIENCES

- A.S. Pestich. Analysis of the main geographical studies of the role of the "second town" and "competitor-town" in the region..... 89

PAPERS-IN-BRIEF

- E.P. Kalinin. On the role of atmospheric methane in the Earth's global climate 96

HISTORY OF SCIENCE

- K.S. ZainullinA, A.V. Samarin, V.M. Shvetsova, G.N. Tabalenkova, T.V. Tarabukina. P.P. Vavilov and academic science in the North (to the 100 birth anniversary of P.P. Vavilov (1918–1984)) 100
- M.V. Getsen. The Patriarch of the Russian soil Algology (to the 110 anniversary of M.M. Gollerbakh)..... 110

SCIENCE NEWS

- A.Ya. Polle. The final meeting of the Academic Council of the Komi Science Centre, Ural Branch, RAS for 2017 125

- ANNIVERSARIES..... 128

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕЦ, ПОДКРЕПЛЕННЫХ НИТЯМИ ОДНОСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

В. Ю. АНДРЮКОВА, В. Н. ТАРАСОВ

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

Численно решена задача устойчивости колец при односторонних ограничениях на перемещения. Рассмотрены два вида нагрузки: нормального внешнего давления и случай центральных сил. Проведен сравнительный анализ полученных результатов. Изучено влияние на критическую нагрузку двух видов подкрепления: центральные нити и нити, расположенные по сторонам правильного многоугольника. Данная проблема сводится к определению параметров, при которых происходит бифуркация решения некоторой задачи нелинейного программирования.

Ключевые слова: кольцо, критическая нагрузка, устойчивость, нерастяжимые нити, вариационная задача, прогиб

V. YU. ANDRYUKOVA, V. N. TARASOV. ON THE STABILITY OF THE RINGS BACKED BY THREADS OF UNILATERAL ACTION

The problem of the stability of the rings with one-sided restrictions on the movement is analytically solved. Two cases of external pressure: normal pressure and the external pressure of the central forces are considered. A comparative analysis of the obtained results is made. The influence of two types of strengthening on the critical load is studied: central bracing wires and bracing wires located on the sides of a regular polygon. This problem is in determination of parameters at which a bifurcation of the solution of some problem of nonlinear programming takes place.

Keywords: ring, critical load, stability, non-stretchable thread, variational problem, deflection

Введение

Исследуется устойчивость упругих колец, подкреплённых нерастяжимыми нитями. В отличие от классического случая наличие односторонних связей приводит к определению параметров, при которых вариационная задача с ограничениями на искомые функции в виде неравенств имеет нетривиальное решение. В работе дано численное решение задачи устойчивости подкреплённых нитями колец, находящихся под действием центральных сил или внешнего нормального давления с применением сплайн-аппроксимации. Изучены два вида подкрепления: центральные нити и нити, расположенные по сторонам правильного m -угольника. Некоторые задачи устойчивости с неудерживающими связями рассматривались авторами в работах [1, 2].

1. Постановка задачи

Рассмотрим задачу устойчивости упругого кольца радиуса R , нагруженного внешним давлением P , и подкреплённого упругими нитями, которые не воспринимают сжимающих усилий. Пусть ϑ – цен-

тральный угол, $x(\vartheta) = R \cos \vartheta$, $y(\vartheta) = R \sin \vartheta$ – координаты точек кольца. Введем систему единичных ортов (i, j) , орт j – единичный вектор касательной, орт i – единичный вектор, направленный в сторону внешней нормали. Рассматривается случай плоской деформации кольца, тогда вектор перемещений имеет вид

$$\eta = w(\vartheta)i + v(\vartheta)j,$$

где $w(\vartheta)$ – прогиб, $v(\vartheta)$ – касательное перемещение.

Предположим, что кольцо подкреплёно нитями одностороннего действия. Нити являются нерастяжимыми и не воспринимают сжимающих усилий.

Изучаются два вида подкрепления: в первом случае один конец нити прикреплен к неподвижному центру кольца, а другой – к некоторой его точке, $\vartheta = \vartheta_i$ – соответствующий угол, таким образом, что расстояние между центром кольца и точкой прикрепления нити не может увеличиваться. Это приводит к ограничениям на перемещения

$$w(\vartheta_j) \leq 0, \quad j \in M_1 = [1..m_1], \quad (1)$$

где m_1 – количество таких нитей. Во втором случае один конец нити прикреплен к точке кольца, соответствующей углу $\vartheta_1 = \varepsilon_{1j}$, а второй – к углу $\vartheta_2 = \varepsilon_{2j}$

таким образом, что расстояние между точками прикрепления нити не может увеличиваться. Пусть

$$\alpha_j = \varepsilon_{2j} - \varepsilon_{1j}.$$

Обозначим $\rho_j = 2R \sin \frac{\alpha_j}{2}$ – расстояние между точками прикрепления нитей до деформации. Пусть

$$\xi_1 = w(\varepsilon_{1j}), \quad \xi_2 = w(\varepsilon_{2j}), \quad \eta_1 = v(\varepsilon_{1j}), \quad \eta_2 = v(\varepsilon_{2j}).$$

Тогда расстояние между точками после деформации будет равно

$$\rho_j^* = \left(\left(-R \sin \frac{\alpha_j}{2} + \xi_2 \cos \alpha_j - \eta_2 \sin \alpha_j - \xi_1 \right)^2 + \left(R \cos \frac{\alpha_j}{2} + \xi_2 \sin \alpha_j - \eta_2 \cos \alpha_j - \eta_1 \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Таким образом, для этого подкрепления должно выполняться неравенство

$$\rho_j^* - \rho_j \leq 0, \quad j \in M_2 = [m_1 + 1..m_2]. \quad (3)$$

Считая деформации малыми, можно приблизительно предположить

$$\rho_j^* - \rho_j = \sin \frac{\alpha_j}{2} \xi_1 - \cos \frac{\alpha_j}{2} \xi_2 + \cos \frac{\alpha_j}{2} \eta_1 + \sin \frac{\alpha_j}{2} \eta_2. \quad (4)$$

Для $j \in M_2$. Выражение (4) есть первый ненулевой член ряда Тейлора по переменным $\xi_1, \xi_2, \eta_1, \eta_2$. Считая деформации кольца плоской, приходим к задаче: найти минимальное значение силы P , при которой вариационная проблема

$$J(w) = \frac{B}{2R^3} \int_0^{2\pi} (w'' + w)^2 d\vartheta - \frac{P}{2} \int_0^{2\pi} (w'^2 - bw^2) d\vartheta \rightarrow \min_w \quad (5)$$

при ограничениях (1) – (3) имеет нетривиальное решение. В (5) $b = 1$ в случае сил внешнего нормального давления (нагрузка все время остается нормальной к деформированной оси кольца), и $b = 2$ в случае центральных сил (нагрузка до и после деформации направлена к неподвижному центру кольца). В (5) B – жесткость кольца при изгибе, первый интеграл представляет собой упругую энергию кольца, второй – работу внешних сил [1]. Прогиб $w(\vartheta)$ связан с касательным перемещением $v(\vartheta)$ условием несжимаемости

$$v = -w. \quad (6)$$

Для конечномерной аппроксимации прогиб $w(\vartheta)$ будем приближать интерполяционными кубическими периодическими сплайнами

$$S(w, \vartheta) = w_i(1-t)^2(1+2t) + w_{i+1}t^2(3-2t) + m_i h t(1-t)^2 - w_{i+1} h t^2(1-t), \quad (7)$$

$$t = h^{-1}(\vartheta - \vartheta_i), \quad t \in [0; 1], \quad h = \vartheta_{i+1} - \vartheta_i = \frac{2\pi}{n},$$

n – число точек сетки. При этом должны быть выполнены условия периодичности

$$S^{(r)}(w; 0) = S^{(r)}(w; 2\pi), \quad r = 0, 1, 2.$$

Здесь $S^{(r)}$ – производная порядка r .

Введем вектор

$$z = (z_1, z_2, \dots, z_n), \quad z_i = w(\vartheta_i), \quad i \in [0..n].$$

Подставляя сплайн $S(w, \vartheta)$ в (5), получаем две квадратичные формы

$$f(z) = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} (s''^2 - 2s'^2 + s^2) d\vartheta = \frac{1}{2} (Az, z) \quad (8)$$

и

$$g(z) = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} (s'^2 - bs^2) d\vartheta = \frac{1}{2} (Qz, z) \quad (9)$$

(дифференцирование в (8) – (9) осуществляется по ϑ .) Интегралы от сплайна $S(w; \vartheta)$ и его производных вычисляются с помощью системы MAPLE 13. Используя условие несжимаемости (6), запишем

$$v(\vartheta_i) = - \int_0^{\vartheta_i} w(\vartheta) d\vartheta \cong \int_0^{\vartheta_i} s(z, \vartheta) d\vartheta.$$

Для численного интегрирования по формуле трапеций находим

$$v(\vartheta_i) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^i (w_{j-1} + w_j) h = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^i (z_{j-1} + z_j) h, \quad (10)$$

причем, можно положить из условия периодичности $v_0 = 0, \quad v_n = v_0$.

2. Решение задачи нелинейного программирования

Ограничения (1), (3), (4) образуют конус, определяемый линейными неравенствами

$$(a_j, z) \leq 0, \quad j \in M_1 \cup M_2. \quad (11)$$

Если $j \in M_1$, то ограничения (11) записываются в виде $z_j \leq 0$. Если же $j \in M_2$, то коэффициенты линейной формы (11) определяются следующим образом: $\phi(z) = \rho_j^* - \rho_j$. Полагаем $z_k = 1, j_0 \in M_2, z_j = 0$, при $j \neq k$. Тогда $a_k = \phi(z) - \phi(0)$. Обозначим через Γ конус, определяемый неравенствами (11), и рассмотрим задачу нелинейного программирования

$$f(z) = \frac{1}{2} \sum (Az, z) \rightarrow \min_z, \quad (12)$$

при ограничениях

$$g(z) = \frac{1}{2} \sum (Qz, z) \rightarrow \min_z, \quad (13)$$

$$(a_j, z) \leq 0, \quad j \in M_1 \cup M_2. \quad (14)$$

Пусть z_* – решение задачи (12) – (13). Тогда по теореме Куна–Таккера найдутся множители Лагранжа λ_* и $\mu_j, j \in M_1 \cup M_2$, такие, что

$$Az_* - \lambda_* Qz_* + \sum_{j \in M_1 \cup M_2} \mu_j a_j = 0. \quad (15)$$

$\mu_j \geq 0$ и выполнены условия дополняющей нежесткости

$$\mu_j (a_j, z_*) = 0. \quad (16)$$

Умножая скалярно (15) на z_* , находим $f(z_*) - \lambda_* g(z_*) = 0$, $\|z_*\| > 0$. Так как z_* – решение (12) – (14), то, очевидно, для всех $\lambda < \lambda_*$ квадратичная форма

$$\frac{1}{2} \sum (Az, z) - \lambda \frac{1}{2} \sum (Qz, z) > 0$$

для всех $z \in \Gamma$, т.е. является условно положительно определенной на конусе Γ . Таким образом, множитель Лагранжа λ_* есть значение безразмерного параметра

$$P_* = \frac{PR^3}{B}$$

критической нагрузки. Задача (12)–(14) является задачей невыпуклого математического программирования. Для ее решения можно предложить метод последовательных приближений [1].

3. Обсуждение результатов

Результаты вычислений представлены в таблицах 1, 2. Для множества M_1 нити прикрепляются в вершинах правильного m -угольника, для множества M_2 нити расположены по сторонам правильного m -угольника, как изображено на рисунке.

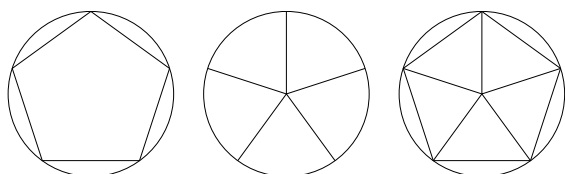


Рис. Способ подкрепления: при $M_1 = \emptyset$ и $M_2 \neq \emptyset$ (слева), при $M_1 \neq \emptyset$ и $M_2 = \emptyset$ (в центре), при $M_1 \cup M_2$, $M_1 \neq \emptyset$ и $M_2 \neq \emptyset$ (справа).

Fig. The way of reinforcement: for $M_1 = \emptyset$ and $M_2 \neq \emptyset$ (left), for $M_1 \neq \emptyset$ and $M_2 = \emptyset$ (middle), for $M_1 \cup M_2$, $M_1 \neq \emptyset$ and $M_2 \neq \emptyset$ (right).

Таблица 1

Случай центральной нагрузки

Table 1

The case of central load

m	5	7	10	14	20	25
$M_2 = \emptyset$	7.73	10.84	13.16	15.34	17.99	18.71
$M_1 = \emptyset$	4.92	9.12	13.89	17.98	32.98	43.41
$M_1 \cup M_2$	7.73	12.30	20.31	32.65	53.24	84.96

В работе [2] получено точное значение безразмерного критического параметра в случае непрерывного распределения центральных нитей ($M_2 = \emptyset$) $P^* = 18.72$. Значение критической нагрузки для кольца без подкреплений $P^* = 4.5$.

Таблица 2

Случай нормальной нагрузки

Table 2

The case of normal load

m	5	7	10	14	20	25
$M_2 = \emptyset$	4.90	5.63	7.19	7.20	7.73	8.001
$M_1 = \emptyset$	3.18	7.20	10.07	14.76	31.03	41.06
$M_1 \cup M_2$	5.41	9.21	17.59	29.30	48.40	79.58

В случае непрерывного распределения центральных нитей ($M_2 = \emptyset$) вдоль обода кольца точное значение критической нагрузки $P^* = 8.0$ [1]. По результатам численных экспериментов при подкреплении кольца центральными нитями для $m \geq 25$, нити можно считать непрерывно распределенными по ободу кольца. Значение критической нагрузки для кольца без подкреплений $P^* = 3.0$.

Таким образом, при малых m подкрепление нитями вдоль сторон правильного многоугольника слабо влияет на значение критической силы. При возрастании m значение критической нагрузки быстро растет.

Заключение

В работе показано, что значение критической силы значительно возрастает при подкреплении кольца нитями вдоль сторон правильного m -угольника. Особенно эффективным является комбинированное подкрепление ($M_1 \cup M_2$). При большом количестве нитей подкрепления ($m = 20$), значение критической силы возрастает в почти в три раза в случае центральной нагрузки и почти в семь раз при нормальной нагрузке.

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

Литература

1. Андрюкова В.Ю., Тарасов В.Н. Об устойчивости упругих систем с неудерживающими связями // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 3(15). С. 12–18.
2. Андрюкова В.Ю. Некоторые задачи устойчивости упругих систем с односторонними ограничениями на перемещения // Вычислительная механика сплошных сред. 2014. Т. 7. №4. С. 412–422.

References

1. Andryukova V.Yu., Tarasov V.N. Ob ustoychivosti uprugih sistem s neudergivayuschimi svyazyami [On the stability of elastic systems under uncontrolled connections] // Izvestiya Komi NTs UrO RAN [Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Br. RAS]. 2013. No. 3(15). P. 12–18.
2. Andryukova V.Yu. Nekotorye zadachi iustoychivosti uprugih sistem s odnostoronnimi ogranicheniyami na peremescheniya [Some stability problems of elastic systems with unilateral constraints on displacements] // Vychislitel'naya mexanika sploshnyx sred [Computational mechanics of continuum]. 2014. Vol. 7. №4. P. 412–422.

Статья поступила в редакцию 16.02.2018.

УДК 519.2

ПРОСТЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА НЕРАВЕНСТВА РОЗЕНТАЛЯ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ФОРМ ОТ НЕЗАВИСИМЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН И ЕГО ОБОБЩЕНИЯ НА КВАДРАТИЧНЫЕ ФОРМЫ

А.Н. ТИХОМИРОВ

Физико-математический институт Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
sasha-tikh@yandex.ru

Представлены простые доказательства неравенства Розенталя для линейных форм от независимых случайных величин и его обобщение на квадратичные формы. Приведены точные константы. Для доказательства используется рекуррентное оценивание моментов, основанное на применении метода Стейна.

Ключевые слова: неравенство Розенталя, квадратичные формы

A.N. TIKHOMIROV. SIMPLE PROOFS OF ROSENTHAL INEQUALITIES FOR LINEAR FORMS OF INDEPENDENT RANDOM VARIABLES AND ITS GENERALIZATION TO QUADRATIC FORMS

The Rosenthal inequality (without specifying the dependence on p) was obtained by Rosenthal in 1970, [3]. An extensive literature is devoted to the refinements and various generalizations of the Rosenthal inequality. In this note, Theorem 1 refines the Rosenthal-type inequality that was obtained in the paper [2] of Pinelis (1994) and gives its elementary proof. Exact inequality constants are given. Theorem 2 represents the generalization of the inequality to quadratic forms. This result without specifying the constants follows from the paper [1] of Gine, Latala, Zinn (2000), but we give exact inequality constants. The method of proof of both theorems uses the recurrent estimation of moments and goes back to the ideas of Stein to some extent. More precisely, to his work in 1972. Both inequalities are widely used, for example, in the proof of local limit theorems for the spectrum of random matrices. The variant of the inequality of Theorem 2 was proved in a similar way in the joint work [6] of the author and F. Goetze (2016). Proposed approach can be extended to the estimations of moments of U -statistics and more general statistics.

Keywords: Rosenthal inequality, quadratic forms

Рассмотрим независимые случайные величины $X_1, X_2, \dots$ с $\mathbf{E} X_j = 0$, $\mathbf{E} X_j^2 = \sigma^2$ и $\mathbf{E} |X_j|^p \leq \mu_p$. Пусть $a_1, a_2, \dots$ – последовательность постоянных (вещественных или комплексных). Определим линейные формы $S_n = \sum_{j=1}^n a_j X_j$. В работе будет доказано неравенство Розенталя в следующем виде.
Теорема 1. Для любого натурального $n \geq 1$ и для любого $p \geq 2$ справедливо неравенство

$$\mathbf{E} |S_n|^p \leq e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{\frac{p}{2}} \sigma^p \left(\sum_{j=1}^n |a_j|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \frac{p}{2} (p-1)^{p-2} \mu_p \sum_{j=1}^n |a_j|^p. \quad (1)$$

Неравенство Розенталя (без указания зависимости от p), было получено Х.П. Розенталем в 1970 г. [3]. В форме (1) (без указания констант) неравенство получено И. Пинелисом в 1994 г. [2]. Уточнения и различным обобщениям неравенства Розенталя посвящена обширная литература. Более подробную информацию можно получить, например, в работах [1, 2] или в [4].

Далее, рассмотрим обобщение неравенства Розенталя на случай квадратичных форм. Пусть a_{jk} , $j > k \geq 1$ – постоянные коэффициенты (вещественные или комплексные). Рассмотрим квадратичную форму $Q_n = 2 \left(\sum_{1 \leq k < j \leq n} a_{jk} X_j X_k \right)$. Полагая $a_{jk} = a_{kj}$ для $j < k$, можем переписать нашу квадратичную форму в виде $Q_n = \sum_{1 \leq j \neq k \leq n} a_{jk} X_j X_k$. Для квадратичных форм Q_n докажем следующее неравенство.

Теорема 2. Для всех натуральных $n \geq 1$ и всех $p \geq 2$ справедливо неравенство

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2^p p^{2p-2} \mu_p^2 \sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^p + \\ &+ 2^p e^p p^{\frac{3p}{2}} \mu_p \sigma^p \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{jk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^p e^p p^p \sigma^{2p} \left(\sum_{1 \leq j \neq k \leq n} |a_{jk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned}$$

Результат теоремы 2 (без указания констант)

следует, например, из работы [1]. В данной заметке уточняется неравенство Жине, Латала и Зина (см. [1]) и дается элементарное доказательство этого неравенства. Метод доказательства обеих теорем в некоторой степени восходит к идеям Ч. Стейна. Точнее, к его работе 1972 года [5]. Оба неравенства широко применяются, например, при доказательстве локальных предельных теорем для спектра случайных матриц, см. работы [6], [7], [8]. Вариант неравенства из теоремы 2 был доказан похожим способом в совместной работе автора и Ф. Гётце [6]. Метод доказательства, предложенный в данной заметке, может быть распространен на различные статистики от независимых наблюдений, например, U -статистики, или статистики общего вида как в работе [7]. Начнем с доказательства теоремы 1.

Доказательство. Для простоты будем считать a_j вещественными. Введем в рассмотрение функцию

$$\varphi(z) = z|z|^{p-1}.$$

Мы можем записать

$$\mathbf{E} |S_n|^p = \mathbf{E} S_n \varphi(S_n).$$

Используя определение S_n , продолжим наше равенство в виде

$$\mathbf{E} |S_n|^p = \sum_{j=1}^n a_j \mathbf{E} X_j \varphi(S_n).$$

Введем в рассмотрение случайную величину $S_n^{(j)} = S_n - a_j X_j$ и σ -алгебру $\mathfrak{M}^{(j)}$, порожденную случайными величинами X_l с $l \neq j$. Заметим, что $S_n^{(j)}$ измерима относительно σ -алгебры $\mathfrak{M}^{(j)}$ и соответственно не зависит от X_j . Поскольку $\mathbf{E} X_j = 0$, можем записать

$$\mathbf{E} |S_n|^p = \sum_{j=1}^n a_j \mathbf{E} X_j (\varphi(S_n) - \varphi(S_n^{(j)})).$$

Применяя формулу Ньютона - Лейбница, продолжим наше равенство в виде

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |S_n|^p &= \sum_{j=1}^n a_j \mathbf{E} X_j (S - S_n^{(j)}) \times \\ &\quad \times \varphi'(S_n^{(j)} + \theta(S_n - S_n^{(j)})) = \\ &= \sum_{j=1}^n a_j^2 \mathbf{E} X_j^2 (\varphi'(S_n^{(j)} + \theta(S_n - S_n^{(j)}))), \end{aligned}$$

где θ означает случайную величину, равномерно распределенную на единичном отрезке и независимую от всех остальных случайных величин. Заметим далее, что

$$\begin{aligned} |\varphi'(S_n^{(j)} + \theta(S_n - S_n^{(j)}))| &\leq \\ &\leq (p-1) |S_n^{(j)} + \theta(S_n - S_n^{(j)})|^{p-2} \leq \\ &\leq (p-1) \left(1 + \frac{1}{p-2}\right)^{p-2} |S_n^{(j)}|^{p-2} + \\ &\quad + (p-1)^{p-1} |\theta|^{p-2} |S_n - S_n^{(j)}|^{p-2}. \end{aligned}$$

Объединяя два последние соотношения, придем к неравенству

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |S_n|^p &\leq (p-1) \mathbf{E} \sum_{j=1}^n a_j^2 X_j^2 |S_n^{(j)}|^{p-2} + \\ &\quad + (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n |a_j|^p \mu_p = \\ &= (p-1) \mathbf{E} \sum_{j=1}^n a_j^2 X_j^2 \mathbf{E} |S_n^{(j)}|^{p-2} + \\ &\quad + (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n |a_j|^p \mu_p. \end{aligned}$$

Заметим, что в силу выпуклости функции $|X|^p$ для $p \geq 2$ справедливо неравенство

$$\mathbf{E} |S_n^{(j)}|^{p-2} \leq \mathbf{E}^{\frac{p-2}{p}} |S_n^{(j)}|^p \leq \mathbf{E}^{\frac{p-2}{p}} |S_n|^p.$$

Применяя это неравенство, окончательно получим

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |S_n|^p &\leq \left(\mathbf{E} \sum_{j=1}^n |a_j|^2 \right) \mathbf{E}^{\frac{p-2}{p}} |S_n|^p + \\ &\quad + (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n |a_j|^p \mu_p. \end{aligned}$$

Далее, используя неравенство Юнга, придем к

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |S_n|^p &\leq \frac{2}{p} \left(\mathbf{E} \sum_{j=1}^n |a_j|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &\quad + \frac{p-2}{p} \mathbf{E} |S_n|^p + (p-1)^{p-2} \mu_p \sum_{j=1}^n |a_j|^p. \end{aligned}$$

Последнее неравенство, очевидно, влечет требуемое. $\square$

Перейдем теперь к доказательству теоремы 2.

Доказательство. Пусть $\mathfrak{M}^{(j)}$, как и прежде, означает σ -алгебру, порожденную всеми случайными величинами X_l , за исключением $l = j$. Символом $\mathbf{E}_j$ будем обозначать условное математическое ожидание относительно $\mathfrak{M}^{(j)}$. Положим $\zeta_j = \sum_{l \neq j} a_{lj} X_l$. В этих обозначениях можем записать

$$Q_n = \sum_{j=1}^n X_j \zeta_j.$$

Заметим, что ζ_j измерима относительно σ -алгебры $\mathfrak{M}^{(j)}$, а X_j не зависит от σ -алгебры $\mathfrak{M}^{(j)}$. С помощью функции $\varphi(x)$ можно написать представление

$$\mathbf{E} |Q_n|^p = \sum_{j=1}^n \mathbf{E} X_j \zeta_j \varphi(Q_n).$$

Введем в рассмотрение квадратичную форму $Q_n^{(j)}$, определенную равенством

$$Q_n^{(j)} = Q_n - 2X_j \zeta_j.$$

Нетрудно видеть, что $Q_n^{(j)}$ измерима относительно σ -алгебры $\mathfrak{M}^{(j)}$,

$$Q_n^{(j)} = \mathbf{E}_j Q_n.$$

Мы можем записать

$$\mathbf{E} |Q_n|^p = \sum_{j=1}^n \mathbf{E} X_j \zeta_j (\varphi(Q_n) - \varphi(Q_n^{(j)})).$$

Далее, используя формулу Ньютона - Лейбница, получим

$$\mathbf{E} |Q_n|^p = \sum_{j=1}^n 2\mathbf{E} X_j^2 \zeta_j^2 \varphi'(Q_n^{(j)} + 2\theta X_j \zeta_j).$$

Заметим, что

$$\begin{aligned} |\varphi'(Q_n^{(j)} + \theta X_j \zeta_j)| &\leq \\ &\leq (p-1) \left((1 + (p-2)^{-1})^{p-2} |Q_n^{(j)}|^{p-2} + \right. \\ &\quad \left. + (p-1)^{p-2} |2\theta|^{p-2} |X_j|^{p-2} |\zeta_j|^{p-2} \right). \end{aligned}$$

Используя это неравенство, получим

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2 \frac{(p-1)^{p-1}}{(p-2)^{p-2}} \sum_{j=1}^n \mathbf{E} X_j^2 \mathbf{E} \zeta_j^2 |Q_n^{(j)}|^{p-2} + \\ &\quad + 2^{p-1} (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n \mathbf{E} |X_j|^p \mathbf{E} |\zeta_j|^p. \end{aligned}$$

Далее, применяя неравенство

$$|Q_n^{(j)}| = |\mathbf{E}_j Q_n| \leq \mathbf{E}_j |Q_n|,$$

придем при $p-2 \geq 1$ к соотношению

$$|Q_n^{(j)}|^{p-2} \leq \mathbf{E}_j |Q_n|^{p-2}.$$

Если $p-2 \leq 1$, то

$$|Q_n^{(j)}|^{p-2} \leq |Q_n|^{p-2} + 2^{p-2} |X_j|^{p-2} |\zeta_j|^{p-2}.$$

Поскольку

$$\left(\frac{p-1}{p-2} \right)^{p-2} \leq e,$$

получим

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2e(p-1)\sigma^2 \mathbf{E} \left(\sum_{j=1}^n \zeta_j^2 \right) |Q_n|^{p-2} + \\ &\quad + 2^p (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n \mathbf{E} |X_j|^p \mathbf{E} |\zeta_j|^p. \end{aligned}$$

Применяя неравенство Гёльдера, придем к соотношению

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2e(p-1)\sigma^2 \mathbf{E}^{\frac{2}{p}} \left(\sum_{j=1}^n \zeta_j^2 \right)^{\frac{p}{2}} \mathbf{E}^{\frac{p-2}{p}} |Q_n|^{p-2} + \\ &\quad + 2^p (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n \mathbf{E} |X_j|^p \mathbf{E} |\zeta_j|^p. \end{aligned}$$

Далее, воспользуемся неравенством Юнга. Получим следующее:

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq \frac{2}{p} 2^{\frac{p}{2}} e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{\frac{p}{2}} \sigma^p \mathbf{E} \left(\sum_{j=1}^n \zeta_j^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &\quad + \left(1 - \frac{2}{p}\right) \mathbf{E} |Q_n|^p + \\ &\quad + 2^p (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n \mathbf{E} |X_j|^p \mathbf{E} |\zeta_j|^p. \end{aligned}$$

Отсюда немедленно следует, что

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2^{\frac{p}{2}} e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{\frac{p}{2}} \sigma^p \mathbf{E} \left(\sum_{j=1}^n \zeta_j^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &\quad + 2^{p-1} p (p-1)^{p-2} \sum_{j=1}^n \mathbf{E} |X_j|^p \mathbf{E} |\zeta_j|^p. \end{aligned}$$

Моменты случайных величин ζ_j оценим с помощью неравенства Розенталя:

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |\zeta_j|^p &\leq e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{\frac{p}{2}} \sigma^p \left(\sum_{l:l \neq j} |a_{lj}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &\quad + \frac{p}{2} (p-1)^{p-2} \mu_p \sum_{l:l \neq j} |a_{lj}|^p. \end{aligned}$$

Объединяя последние неравенства, получим

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2^{\frac{p}{2}} e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{\frac{p}{2}} \sigma^p \mathbf{E} \left(\sum_{j=1}^n \zeta_j^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &\quad + 2^{p-2} p^2 (p-1)^{2p-4} \mu_p^2 \sum_{j,l=1}^n |a_{jl}|^p + \\ &\quad + 2^{p-2} e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{\frac{3p}{2}-2} p \sigma^p \mu_p \sum_{j=1}^n \left(\sum_l |a_{jl}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned}$$

Остается оценить величину

$$D_n = \mathbf{E} \left| \sum_{j=1}^n \zeta_j^2 \right|^{\frac{p}{2}}.$$

Пусть матрица $\mathbf{A} = (a_{jl})_{j,l=1}^n$. Введем в рассмотрение матрицу

$$\mathbf{A}_2 = \mathbf{A}^2 = (a_{jl}^{(2)}).$$

В этих обозначениях можно записать

$$\sum_{j=1}^n \zeta_j^2 = \sum_{k,l=1}^n a_{kl}^{(2)} X_k X_l.$$

Обозначим символом $\mathbb{T} = \{1, \dots, n\}$ множество индексов от 1 до n , а символом $\mathbb{T}_j = \mathbb{T} \setminus \{j\}$ – те же индексы, за исключением j -ого. Введем в рассмотрение величины

$$B_n^{(1)} = \sum_{l \in \mathbb{T}} X_l^2 a_{ll}^{(2)}, \quad B_n^{(2)} = \sum_{k \neq l \in \mathbb{T}} a_{lk}^{(2)} X_l X_k.$$

Заметим, что

$$a_{lk}^{(2)} = \sum_{j=1}^n a_{jl} a_{jk}.$$

Нетрудно видеть, что

$$D_n \leq 2^{\frac{p}{2}} \mathbf{E} |B_n^{(2)}|^{\frac{p}{2}} + 2^{\frac{p}{2}} \mathbf{E} |B_n^{(1)}|^{\frac{p}{2}}.$$

Объединяя полученные неравенства, придем к следующему

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2^{p-1} e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{\frac{p}{2}} \sigma^p \mathbf{E} |B_n^{(2)}|^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^{p-2} p^2 (p-1)^{2p-4} \mu_p^2 \sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^p + \\ &+ 2^{p-1} e^{\frac{p}{2}} p (p-1)^{\frac{3p}{2}-2} \sigma^p \mu_p \sum_{l=1}^k \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^{p-1} e^{\frac{p}{2}} (p-1)^{p-1} \sigma^p \mathbf{E} |B_n^{(1)}|^{\frac{p}{2}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Моменты случайной величины $B_n^{(1)}$ можно оценить с помощью неравенства Розенталя. Получим

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |B_n^{(1)}|^{\frac{p}{2}} &\leq 2^{\frac{p}{2}-1} \sigma^p \left(\sum_{l,k=1}^n a_{lk}^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^{\frac{p}{2}-1} e^{\frac{p}{4}} \left(\frac{p}{2} - 1 \right)^{\frac{p}{4}} \mu_4^{\frac{p}{4}} \left(\sum_{l=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^2 \right)^{\frac{p}{4}} + \\ &+ 2^{\frac{p}{2}-1} \frac{p}{4} \left(\frac{p}{2} - 1 \right)^{\frac{p}{2}-2} \mu_p \sum_{l=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned}$$

Подставляя оценку для $\mathbf{E} |B_n^{(1)}|^{\frac{p}{2}}$ в (2), получим

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2^{p-1} e^{\frac{p-1}{2}} p^{\frac{p}{2}} \sigma^p \mathbf{E} |B_n^{(2)}|^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^{\frac{3p}{2}-2} e^{\frac{p}{2}} p^{\frac{p}{2}} \sigma^{2p} \left(\sum_{k,l=1}^n |a_{kl}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^{p-2} p^2 (p-1)^{2p-4} \mu_p^2 \sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^p + \\ &+ 2^p e^{\frac{p}{2}} p^{\frac{3p}{2}-1} \sigma^p \mu_p \sum_{l=1}^k \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^{\frac{5p}{4}-2} e^{\frac{3p}{4}-1} p^{\frac{3p}{4}} \sigma^p \mu_4^{\frac{p}{4}} \left(\sum_{l=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^2 \right)^{\frac{p}{4}}. \end{aligned}$$

Заметим, что

$$\mu_4^{\frac{p}{4}} \leq \mu_p^{\frac{p}{2(p-2)}} \sigma^{\frac{(p-4)p}{2(p-2)}}.$$

Кроме того,

$$\begin{aligned} \left(\sum_{l=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^2 \right)^{\frac{p}{4}} &\leq \\ &\leq \left(\sum_{l=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} \right)^{\frac{p}{2(p-2)}} \left(\sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{(p-4)p}{4(p-2)}}. \end{aligned}$$

Применяя неравенство Юнга, получим

$$\begin{aligned} 2^{\frac{5p}{4}} e^{\frac{3p}{4}-2} p^{\frac{3p}{4}} \mu_4^{\frac{p}{4}} \left(\sum_{l=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^2 \right)^{\frac{p}{4}} &\leq \\ &\leq \frac{p}{2(p-2)} 2^{\frac{5p}{4}} e^{\frac{3p}{4}-2} p^{\frac{3p}{4}} \mu_p \sum_{l=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &+ \frac{p-4}{2(p-2)} 2^{\frac{5p}{4}} e^{\frac{3p}{4}-2} \sigma^p p^{\frac{3p}{4}} \left(\sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned}$$

Используя полученные оценки, можем записать

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq 2^{p-1} e^{\frac{p-1}{2}} p^{\frac{p}{2}} \sigma^p \mathbf{E} |B_n^{(2)}|^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^{\frac{5p}{4}} e^{\frac{3p}{4}} p^{\frac{3p}{4}} \sigma^{2p} \left(\sum_{k,l=1}^n |a_{kl}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ &+ 2^p p^{2p-2} \mu_p^2 \sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^p + \\ &+ 2^{\frac{3p}{4}} e^{\frac{3p}{4}} p^{\frac{3p}{2}-1} \sigma^p \mu_p \sum_{l=1}^k \left(\sum_{k=1}^n |a_{lk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Дальнейшее доказательство проведем, рекуррентно оценивая моменты квадратичных форм. Введем в рассмотрение коэффициенты для $\nu = 1, \dots, L$

$$a_{jk}^{(\nu)} = \sum_{l=1}^n a_{jl}^{(\nu-1)} a_{kl}^{(\nu-1)},$$

а для $\nu = 0$ положим $a_{jk}^{(0)} = a_{jk}$. Далее, определим квадратичные формы

$$Q_n^{(\nu)} = \sum_{l \neq k} a_{lk}^{(\nu-1)} X_l X_k.$$

Заметим, что $Q_n^{(1)} = Q_n$. Неравенство (3) можно переписать в виде

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n^{(\nu)}|^q &\leq 2^{q-1} e^{\frac{q-1}{2}} q^{\frac{q}{2}} \sigma^q \mathbf{E} |Q_n^{(\nu+1)}|^{\frac{q}{2}} + \\ &+ 2^{\frac{5q}{4}} e^{\frac{3q}{4}} q^{\frac{3q}{4}} \sigma^{2q} \left(\sum_{j,l=1}^n |a_{jl}^{(\nu-1)}|^2 \right)^{\frac{q}{2}} + \\ &+ 2^q q^{2q-2} \mu_q^2 \sum_{l,j=1}^n |a_{lk}^{(\nu-1)}|^q + \\ &+ 2^{\frac{3q}{4}} e^{\frac{3q}{4}} q^{\frac{3q}{2}-1} \sigma^q \mu_q \sum_{l=1}^k \left(\sum_{j=1}^n |a_{lj}^{(\nu-1)}|^2 \right)^{\frac{q}{2}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Нас будет интересовать показатель $q = q(\nu) = \frac{p}{2^{\nu-1}}$ для $\nu \geq 1$. Положим

$$\alpha_\nu = 2^{\frac{p}{2^{\nu-1}}-1} p^{\frac{p}{2^{\nu-1}}} 2^{-\frac{(\nu-1)p}{2^{\nu-1}}} e^{\frac{p}{2^{\nu-1}}-1} \sigma^{\frac{p}{2^{\nu-1}}},$$

и

$$\beta_k = \prod_{\nu=1}^k \alpha_\nu, \quad \beta_0 = 1.$$

Применяя рекуррентно неравенство (4), приходим к неравенству

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p &\leq \beta_L \mathbf{E} |Q_n^{(L)}|^{\frac{p}{2^L}} + \\ &+ \sum_{k=0}^{L-1} \beta_k 2^{\frac{3p}{2^{k+2}}} e^{\frac{3p}{2^{k+2}}} p^{\frac{3p}{2^{k+2}}} \times \\ &\times 2^{-\frac{3kp}{2^{k+2}}} \sigma^{\frac{2p}{2^k}} \left(\sum_{j,l=1}^n |a_{jl}^{(k)}|^2 \right)^{\frac{p}{2^{k+1}}} + \\ &+ \sum_{k=0}^{L-1} \beta_k 2^{\frac{p}{2^k}} 2^{-\frac{kp}{2^{k+1}} + 2k} p^{\frac{p}{2^{k+1}} - 2} \times \\ &\times \mu_{\frac{p}{2^k}}^2 \sum_{l,j=1}^n |a_{lj}^{(k)}|^{\frac{p}{2^k}} + \\ &+ \sum_{k=0}^{L-1} \beta_k 2^{\frac{3p}{2^{k+2}}} 2^{-\frac{pk}{2^k} + k} e^{\frac{3p}{2^{k+2}}} \times \\ &\times p^{\frac{3p}{2^k} - 1} \sigma^{\frac{p}{2^k}} \mu_{\frac{p}{2^k}}^2 \sum_{l=1}^k \left(\sum_{j=1}^n |a_{jl}^{(k)}|^2 \right)^{\frac{p}{2^{k+1}}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Прямые вычисления показывают, что

$$\beta_k \leq p^{-1} (2pe\sigma^2)^{p(1-\frac{1}{2^k})} 2^{-\frac{(k+1)p}{2^k}}. \quad (6)$$

Оценим теперь величины

$$S_k = \left(\sum_{k,l=1}^n |a_{kl}^{(k)}|^2 \right)^{\frac{p}{2^{k+1}}}.$$

Введем обозначения

$$\mathcal{L}_j^{(k)2} = \sum_{l=1}^n |a_{jl}^{(k)}|^2, \quad \|\mathbf{A}^{(k)}\|_2^2 = \sum_{j=1}^n \mathcal{L}_j^{(k)2}.$$

Заметим, что

$$|a_{jl}^{(k)}| \leq \mathcal{L}_j^{(k-1)} \mathcal{L}_l^{(k-1)}.$$

Отсюда следует, что

$$\|\mathbf{A}^{(k)}\|_2^2 \leq \|\mathbf{A}^{(k-1)}\|^2.$$

Рекуррентное применение этого неравенства влечет

$$\|\mathbf{A}^{(k)}\|_2^2 \leq \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^{2^{k+1}}.$$

Отсюда следует, что

$$\left(\sum_{k,l=1}^n |a_{kl}^{(k)}|^2 \right)^{\frac{p}{2^{k+1}}} \leq \left(\sum_{k,l=1}^n |a_{kl}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}.$$

Далее,

$$\begin{aligned} &\sum_{k=0}^{L-1} \beta_k 2^{\frac{3p}{2^{k+2}}} e^{\frac{3p}{2^{k+2}}} p^{\frac{3p}{2^{k+2}}} 2^{-\frac{3kp}{2^{k+2}}} \sigma^{\frac{2p}{2^k}} \left(\sum_{k,l=1}^n |a_{kl}^{(k)}|^2 \right)^{\frac{p}{2^{k+1}}} \\ &\leq (2e)^p p^p \sigma^{2p} \left(\sum_{l,j=1}^n |a_{lj}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Теперь оценим вторую сумму в правой части неравенства (5). Используя неравенство (6) и учитывая,

что для $p \geq 4$ справедливо неравенство $\frac{2}{p} \geq \frac{1}{p-2}$, получим

$$\begin{aligned} &\beta_k 2^{\frac{p}{2^k}} 2^{-\frac{kp}{2^{k+1}} + 2k} p^{\frac{p}{2^{k+1}} - 2} \leq \\ &\leq (2e)^p 2^{-\frac{(k+3)p}{2^k}} p^{p(1+\frac{1}{2^k} - \frac{1}{p-2})} \sigma^{2p(1-\frac{1}{2^k})}. \end{aligned}$$

Далее,

$$\sum_{l,j=1}^n |a_{lj}^{(k)}|^{\frac{p}{2^k}} \leq \left(\sum_{l=1}^n \mathcal{L}_l^{(0)\frac{p}{2^k}} \right)^2 \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^{p(1-\frac{1}{2^{k+1}})}.$$

Кроме того,

$$\left(\sum_{l=1}^n \mathcal{L}_l^{(0)\frac{p}{2^k}} \right)^2 \leq \left(\sum_{l=1}^n \mathcal{L}_l^{(0)p} \right)^{\frac{\frac{p}{2^k} - 4}{p-2}} \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^{4 - \frac{p}{2^k} - \frac{8}{p-2}}. \quad (8)$$

Объединяя эти неравенства, приходим к следующему:

$$\sum_{l,j=1}^n |a_{lj}^{(k)}|^{\frac{p}{2^k}} \leq \left(\sum_{l=1}^n \mathcal{L}_l^{(0)p} \right)^{\frac{\frac{p}{2^k} - 4}{p-2}} \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^{p(1-\frac{p}{2^{k+1}} - \frac{4}{p-2})}.$$

Кроме того, используя неравенство Гёльдера, нетрудно получить неравенство

$$\sigma^{2p(1-\frac{1}{2^k})} \mu_{\frac{p}{2^k}}^2 \leq (\sigma^p \mu_p)^{\frac{\frac{p}{2^k} - 4}{p-2}} (\sigma^{2p})^{1-\frac{p}{2^k} - \frac{4}{p-2}}.$$

Положим

$$\alpha := \frac{\frac{p}{2^k} - 4}{p-2}, \quad \beta = 1 - \alpha.$$

Применяя неравенство Юнга и учитывая, что

$$p^{p(1+\frac{1}{2^k} - \frac{1}{p-2})} = p^{p(1+\frac{\alpha}{2})},$$

получим

$$\begin{aligned} &\sum_{k=0}^{L-1} \beta_k 2^{\frac{p}{2^k}} 2^{-\frac{kp}{2^{k+1}} + 2k} p^{\frac{p}{2^{k+1}} - 2} \mu_{\frac{p}{2^k}}^2 \sum_{l,j=1}^n |a_{lj}^{(k)}|^{\frac{p}{2^k}} \leq \\ &\leq (2e)^p \left(\alpha p^{\frac{3p}{2}} \sum_{l=1}^n \mu_p \sigma^p (\mathcal{L}_l)^p + \right. \\ &\left. + \beta p^p \sigma^{2p} \left(\sum_{j,l=1}^n |a_{lj}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Теперь оценим последнюю сумму в (5). Применяя неравенство (8), приходим к неравенству

$$\begin{aligned} &\sum_{l=1}^n (\mathcal{L}_l^{(0)})^{\frac{p}{2^k}} \leq \left(\sum_{l=1}^n (\mathcal{L}_l^{(0)})^{\frac{p}{2^k}} \right) \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^{p(1-\frac{1}{2^k})} \leq \\ &\leq \left(\sum_{l=1}^n (\mathcal{L}_l^{(0)})^{\frac{p}{2^k}} \right)^{\frac{\alpha}{2}} \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^{p(1-\frac{\alpha}{2})}. \end{aligned}$$

Далее,

$$\begin{aligned} &\beta_k 2^{\frac{3p}{2^{k+2}}} 2^{-\frac{kp}{2^k} + 2k} e^{\frac{3p}{2^{k+2}}} p^{\frac{3p}{2^{k+2}}} \sigma^{\frac{2p}{2^{k+1}}} \leq \\ &\leq (2e)^{p(1-\frac{1}{2^{k+2}})} 2^{-\frac{kp}{2^{k+1}}} p^{p(1-\frac{1}{2^{k+2}})} \sigma^{2p(1-\frac{1}{2^{k+1}})}. \end{aligned}$$

Отсюда следует, что

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{L-1} \beta_k 2^{\frac{3p}{2k+2}} 2^{-\frac{pk}{2k+2}} e^{\frac{3p}{2k+2}} p^{\frac{3p}{2k+2}} \sigma^{\frac{2p}{2k+1}} \mu_{\frac{p}{2k}} \sum_{l=1}^n (\mathcal{L}^k)_{\frac{p}{2k}} \leq \\ \leq \frac{\alpha}{2} 2^p e^p p^p \sum_{l=1}^n (\mathcal{L}_l^{(0)})^p + \\ + (1 - \frac{\alpha}{2}) 2^p e^p p^p \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^p. \quad (10) \end{aligned}$$

Комбинируя неравенства (5), (7), (9) и (10), получим

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p \leq \beta_L \mathbf{E} |Q_n^L|^{\frac{p}{2^L}} + 2^p p^{2p-2} \mu^{2p} \sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^p + \\ + 2^p e^p p^{\frac{3p}{2}} \mu_p \sigma^p \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{jk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ + 2^p e^p p^p \sigma^{2p} \left(\sum_{1 \leq j \neq k \leq n} |a_{jk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned}$$

Поскольку $\frac{p}{2^L} \leq 2$, из последнего неравенства следует, что

$$\begin{aligned} \mathbf{E} |Q_n|^p \leq \beta_L \left(\mathbf{E} |Q_n^L|^2 \right)^{\frac{p}{2^{L+1}}} + \\ + 2^p p^{2p-2} \mu^{2p} \sum_{l,k=1}^n |a_{lk}|^p + \\ + 2^p e^p p^{\frac{3p}{2}} \mu_p \sigma^p \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^n |a_{jk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}} + \\ + 2^p e^p p^p \sigma^{2p} \left(\sum_{1 \leq j \neq k \leq n} |a_{jk}|^2 \right)^{\frac{p}{2}}. \end{aligned}$$

Учитывая, что

$$\mathbf{E} |Q^{(L)}|^2 = 2 \|\mathbf{A}^{(L)}\|_2^2 \leq 2 \|\mathbf{A}^{(0)}\|_2^{2^L},$$

получим требуемое. $\square$

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

Литература

1. Gine E., Latala R., Zinn J. Exponential and Moment Inequalities for U-Statistics // In: Gine E., Mason D.M., Wellner J.A. (eds) High Dimensional Probability II. Progress in Probability. Boston: Birkhäuser, 2000. Vol. 47. P. 13–38.
2. Pinelis I. Optimum Bounds for the Distributions of Martingales in Banach Spaces // Annals of Probab. 1994. Vol. 22. No. 4. P. 1679–1706.
3. Rosenthal H.P. On the subspaces of L^p ($p > 2$) spanned by sequences of independent random variables // Israel J. Math. 1970. Vol. 8. No.3. P. 273–303.
4. Ибрагимов Р., Шарахметов Ш. Точная константа в неравенстве Розенталя для случайных величин с нулевым средним // Теор. вероятн. и ее примен. 2001. Т. 46. Вып. 1. С. 134–138.

5. Stein Ch. A bound for the error in the normal approximation to the distribution of a sum of dependent random variables // Proceedings of the Sixth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability: Probability theory. Univ. Berkeley: California Press, 1972. Vol. II. P. 583–602.
6. Götze F., Tikhomirov A. Optimal bounds for convergence of expected spectral distributions to the semi-circular law // Probab. Theory Related Fields. 2016. Vol. 165. No. 1–2. P. 163–233.
7. Гётце Ф., Наумов А., Тихомиров А.Н. Локальный полукруговой закон при моментных ограничениях: преобразование Стильтьеса, жесткость и делокализация // Теория вероятн. и ее примен. 2017. Т. 62. Вып. 1. С. 72–103.
8. Götze F., Naumov A., Timushev D., Tikhomirov A. On the local semicircle law for Wigner Ensembles // Bernoulli. 2018. Vol.24. No. 3. P. 2358–2400.

References

1. Gine E., Latala R., Zinn J. Exponential and Moment Inequalities for U-Statistics // In: Gine E., Mason D.M., Wellner J.A. (eds) High Dimensional Probability II. Progress in Probability. Boston: Birkhäuser, 2000. Vol. 47. P. 13–38.
2. Pinelis I. Optimum Bounds for the Distributions of Martingales in Banach Spaces // Annals of Probab. 1994. Vol. 22. No. 4. P. 1679–1706.
3. Rosenthal H.P. On the subspaces of L^p ($p > 2$) spanned by sequences of independent random variables // Israel J. Math. 1970. Vol. 8. No.3. P. 273–303.
4. Ibragimov R., Sharakhmetov Sh. The Exact Constant in the Rosenthal Inequality for Random Variables with Mean Zero // Theory Probab. Appl. 2002. Vol. 46. Issue 1. P. 127–132.
5. Stein Ch. A bound for the error in the normal approximation to the distribution of a sum of dependent random variables // Proceedings of the Sixth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability: Probability theory. Univ. Berkeley: California Press, 1972. Vol. II. P. 583–602.
6. Götze F., Tikhomirov A. Optimal bounds for convergence of expected spectral distributions to the semi-circular law // Probab. Theory Related Fields. 2016. Vol. 165. No. 1–2. P. 163–233.
7. Götze F., Naumov A., Tikhomirov A. Local semicircle law under moment conditions: The Stieltjes transform, rigidity and delocalization // Theory Probab. Appl. 2017. Vol. 62. Issue 1. P. 72–103.
8. Götze F., Naumov A., Timushev D., Tikhomirov A. On the local semicircle law for Wigner Ensembles // Bernoulli. 2018. Vol.24. No. 3. P. 2358–2400.

Статья поступила в редакцию 01.03.2018.

УДК 548.732

ФУНКЦИЯ ГРИНА ДЛЯ ОДНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ДИФРАКЦИИ

С.И. КОЛОСОВ

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

Предлагается метод расчета кинематической дифракции рентгеновских лучей на кристаллической пластине, на которую падает плоская волна, промодулированная по амплитуде заданной функцией. Метод основан на использовании функции Грина, найденной для данной задачи.

Ключевые слова: динамическая дифракция рентгеновских лучей, кинематическое приближение, кривая дифракционного отражения, карта распределения интенсивности рассеяния в обратном пространстве

S.I. KOLOSOV. THE GREEN'S FUNCTION FOR ONE PROBLEM OF THE KINEMATIC X-RAY DIFFRACTION

A method is proposed for calculating the kinematic diffraction of x-rays on a crystal plate, on which a plane wave falls, modulated by the amplitude of a given function. The method is based on the use of Green's function, found for this problem. It is shown that this method makes it possible to efficiently calculate the field of the passing and diffracted waves inside the crystal cross-section. The use of the method is demonstrated on a number of model problems, in particular, the following calculation of diffraction for crystal-incident radiation in the form of a plane wave modulated by the function N pulses. Previously, such problems were solved by decomposition of the desired function into the Fourier integral.

Keywords: dynamical X-ray diffraction, lateral crystal with trapezoidal cross-section, kinematic approximation, rocking curve, reciprocal space map

Введение

В настоящее время в задачах рентгеновской дифракции нередко возникает ситуация, когда на поверхность кристалла падает рентгеновское излучение, состоящее из когерентных пучков. Эти пучки могут быть сформированы путем пропускания плоской рентгеновской волны через систему диафрагм или путем напыления на кристалл решетки из металлических полос [1]. В этом случае падающее на кристалл излучение можно представить как плоскую рентгеновскую волну, промодулированную по амплитуде вдоль входной поверхности кристалла.

Для примера рассмотрим кристалл (рис.1), на который падают два пучка одинаковой ширины.

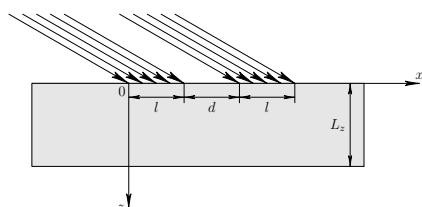


Рис. 1. Два рентгеновских пучка падают на плоскопараллельную кристаллическую пластинку.

Fig 1. Two x-ray beams fall on a plane-parallel crystal plate.

Излучение рентгеновских пучков будем аппроксимировать плоской волной, амплитуда которой

промодулирована функцией с двумя прямоугольными импульсами, показанной на рис. 2.

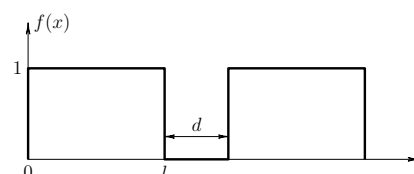


Рис. 2. Функция, модулирующая плоскую волну.

Fig 2. A function that modulates a plane wave.

В случае N падающих пучков модулирующая функция будет иметь N прямоугольных импульсов. Более того, мы рассмотрим задачу для достаточно произвольной модулирующей функции $f(x)$.

1. Функция Грина для данной задачи

Пусть на плоскопараллельную кристаллическую пластину в точке $x = x_0$ падает бесконечно узкий луч, т. е. модулирующая функция $f(x)$ имеет вид $f(x) = \delta(x - x_0)$. Здесь $\delta(x)$ — дельта-функция Дирака. В итоге возникнут отраженные лучи, и картина будет выглядеть так, как это схематично изображено на рис. 3.

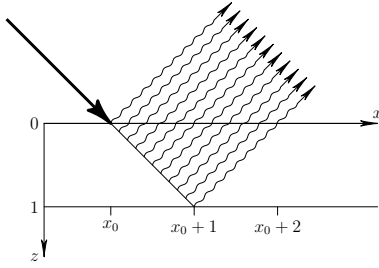


Рис. 3. Падающий на кристалл луч порождает отраженное излучение.

Fig 3. Falling on the crystal generates a beam of reflected radiation.

Запишем уравнения Такаги для данной задачи (в кинематическом приближении)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{E}_0}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{E}_0}{\partial z} &= a_1 \mathcal{E}_0(x, z), \\ \frac{\partial \mathcal{E}_h}{\partial x} - \frac{\partial \mathcal{E}_h}{\partial z} &= b_2 \mathcal{E}_0(x, z) + a_2 \mathcal{E}_h(x, z), \end{aligned} \quad (1)$$

граничные условия

$$\mathcal{E}_0(x, z=0) = \delta(x - x_0), \quad \mathcal{E}_h(x, z=1) = 0.$$

Уравнения (1) записаны в приведенной системе единиц, в которой единицы длины безразмерны $x \rightarrow \frac{x}{L_z} \tan \theta_B$, $z \rightarrow \frac{z}{L_z}$, а параметры a_1, a_2, b_2 имеют вид

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{i\pi L_z}{\lambda \sin \theta_B} \chi_0, \quad a_2 = \frac{i\pi L_z}{\lambda \sin \theta_B} (\chi_0 - \alpha), \\ b_2 &= \frac{i\pi L_z}{\lambda \sin \theta_B} \chi_g. \end{aligned} \quad (2)$$

Решение задачи (1) есть

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_0(x, z) &= e^{a_1 z} \delta(x - x_0 - z), \\ \mathcal{E}_h(x, z) &= \frac{b_2}{2} \exp \left(\frac{a_1 + a_2}{2} (x - x_0) + \frac{a_1 - a_2}{2} z \right) \times \\ &\times [U(x - x_0 - z) - U(x - x_0 + z - 2)]. \end{aligned} \quad (3)$$

$U(\xi)$ — функция Хевисайда, равная нулю при $\xi < 0$ и равная единице при $\xi > 0$. Тогда для произвольной модулирующей функции $f(x)$ для дифрагированной волны имеем решение

$$E_h(x, z) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathcal{E}_h(x - \xi, z) f(\xi) d\xi, \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_h(x - \xi, z) &= \\ &= \frac{b_2}{2} \exp \left(\frac{a_1 + a_2}{2} (x - \xi) + \frac{a_1 - a_2}{2} z \right) \times \\ &\times [U(x - \xi - z) - U(x - \xi + z - 2)] \end{aligned} \quad (5)$$

играет роль функции Грина для данной задачи.

Рассмотрим следующий пример. Пусть модулирующая функция $f(x)$ есть гауссова функция

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \exp \left(-\frac{x^2}{2\sigma^2} \right).$$

Расчет по формуле (4) даёт

$$\begin{aligned} E_h(x, z) &= \frac{b_2}{4} \exp \left[\frac{(a_1 + a_2)^2 \sigma^2}{8} + \right. \\ &+ \frac{a_1 + a_2}{2} x + \frac{a_1 - a_2}{2} z \left. \right] \times \\ &\times \left\{ \operatorname{erf} \frac{(a_1 + a_2) \sigma^2 + 2(x - z)}{2\sqrt{2}\sigma} - \right. \\ &- \left. \operatorname{erf} \frac{(a_1 + a_2) \sigma^2 + 2(x + z - 2)}{2\sqrt{2}\sigma} \right\}. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь функция $\operatorname{erf} z$ определена как $\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt$.

Оказывается, можно ещё более упростить выражение (4). Подставим функцию (5) в интеграл (4) и проинтегрируем по частям, получим

$$\begin{aligned} E_h(x, z) &= \frac{b_2}{2} \exp \left(\frac{a_1 + a_2}{2} x + \frac{a_1 - a_2}{2} z \right) \times \\ &\times \left\{ U(x - \xi - z) \Phi(\xi) \Big|_{-\infty}^{\infty} + \right. \\ &+ \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\xi) \delta(x - \xi - z) d\xi - \\ &- U(x - \xi + z - 2) \Phi(\xi) \Big|_{-\infty}^{\infty} - \\ &- \left. \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\xi) \delta(x - \xi + z - 2) d\xi \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь введено обозначение

$$\Phi(\xi) = \int_{-\infty}^{\xi} \exp \left(-\frac{a_1 + a_2}{2} \xi' \right) f(\xi') d\xi'.$$

Нижний предел в этом интеграле произволен, нам удобно взять его таким. В выражении (7) слагаемые с функцией Хевисайда зануляются. В итоге получим

$$\begin{aligned} E_h(x, z) &= \frac{b_2}{2} \exp \left(\frac{a_1 + a_2}{2} x + \frac{a_1 - a_2}{2} z \right) \times \\ &\times \left\{ \int_{-\infty}^{x-z} \exp \left(-\frac{a_1 + a_2}{2} \xi \right) f(\xi) d\xi - \right. \\ &- \left. \int_{-\infty}^{x+z-2} \exp \left(-\frac{a_1 + a_2}{2} \xi \right) f(\xi) d\xi \right\}. \end{aligned} \quad (8)$$

Это выражение более удобно для расчетов дифрагированной волны внутри и на поверхности кристалла.

2. Расчет интенсивности дифрагированной волны

Как пример использования формулы (8) приведем расчет интенсивности дифрагированной волны для случая, когда на поверхность кристалла падает рентгеновская волна, промодулированная функцией $f(x)$ в виде N прямоугольных импульсов.

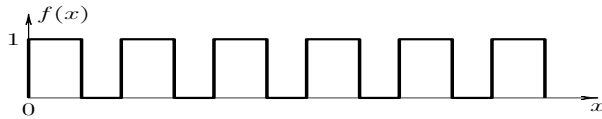


Рис. 4. Модулирующая функция в виде N прямоугольных импульсов.

Fig 4. Modulating function in the form of N rectangular pulses.

Для начала найдем интенсивность дифрагированной волны для более простого случая: $N = 2$ (см. рис. 1 и 2). Рассчитаем амплитуду дифрагированной волны, используя формулу (8), подставив в нее $f(x)$ в виде двух прямоугольных импульсов. В результате интегрирования получим следующее выражение:

$$\begin{aligned} E_h(x, z) = & \frac{b_2}{a_1 + a_2} \times \\ & \times \left\{ U(x - z) e^{a_1 z} [e^{(a_1 + a_2)(x - z)/2} - 1] + \right. \\ & + U(x + z - 2) \times \\ & \times e^{a_1 + a_2(1 - z)} [1 - e^{(a_1 + a_2)(x + z - 2)/2}] + \\ & + U(x - z - l) e^{a_1 z} [1 - e^{(a_1 + a_2)(x - z - l)/2}] + \\ & + U(x + z - l - 2) \times \\ & \times e^{a_1 + a_2(1 - z)} [e^{(a_1 + a_2)(x + z - l - 2)/2} - 1] + \\ & + U(x - z - l - d) e^{a_1 z} [e^{(a_1 + a_2)(x - z - l - d)/2} - 1] + \\ & + U(x + z - l - d - 2) e^{a_1 + a_2(1 - z)} \times \\ & \times [1 - e^{(a_1 + a_2)(x + z - l - d - 2)/2}] + \\ & + U(x - z - 2l - d) \times \\ & \times e^{a_1 z} [1 - e^{(a_1 + a_2)(x - z - 2l - d)/2}] + \\ & + U(x + z - 2l - d - 2) e^{a_1 + a_2(1 - z)} \times \\ & \times [e^{(a_1 + a_2)(x + z - 2l - d - 2)/2} - 1] \left. \right\}. \end{aligned}$$

Это выражение довольно громоздкое, но структура его достаточно проста. Каждая функция Хевисайда $U(\xi)$ задает внутри сечения кристалла границу, правее которой (т.е. вдоль оси x , см. рис. 1) начинается соответствующее выражение, на которое умножается соответствующая функция Хевисайда (левее этой границы этот множитель дает нулевой вклад).

Теперь найдем суммарную амплитуду дифрагированной волны (с учетом фазы) на верхней поверхности кристалла по формуле

$$S(q_x, q_z) = \int_{-\infty}^{2l + d + 2} E_h(x, z = 0) e^{-iq_x x} dx.$$

Здесь верхний предел взят равным $2l + d + 2$, поскольку при $x > 2l + d + 2$ поле в кристалле (в кинематическом приближении) равно нулю.

В результате интегрирования получим

$$\begin{aligned} S(q_x, q_z) = & b_2 \frac{\exp(a_1 + a_2 - 2iq_x) - 1}{iq_x (a_1 + a_2 - 2iq_x)} \times \\ & \times [1 - e^{-iq_x l} + e^{-iq_x(l + d)} - e^{-iq_x(2l + d)}]. \end{aligned}$$

Теперь найдем интенсивность как функцию q_x и q_z :

$$\begin{aligned} I(q_x, q_z) = & |S(q_x, q_z)|^2 = \\ = & |b_2 e^{i\alpha}|^2 l^2 \left| \frac{\sin(\alpha - (q_x + q_z)/2)}{\alpha - (q_x + q_z)/2} \right|^2 \times \\ & \times \frac{\sin^2(q_x l/2)}{(q_x l/2)^2} \cos^2\left(q_x \frac{l + d}{2}\right), \end{aligned}$$

где $\alpha = (\pi L_z)/(\lambda \sin \theta_B) \chi_0$. В обычной (неприведенной) системе единиц это выражение примет вид

$$\begin{aligned} I(q_x, q_z) = & |b_2 e^{i\alpha}|^2 (l \operatorname{tg} \theta_B / L_z)^2 \times \\ & \times \left| \frac{\sin[\alpha - (q_x \operatorname{ctg} \theta_B + q_z) L_z / 2]}{\alpha - (q_x \operatorname{ctg} \theta_B + q_z) L_z / 2} \right|^2 \times \\ & \times \frac{\sin^2(q_x l/2)}{(q_x l/2)^2} \cos^2\left(q_x \frac{l + d}{2}\right). \end{aligned}$$

Наконец, если $f(x)$ имеет вид функции с N прямоугольными импульсами, то суммарная амплитуда дифрагированной волны на верхней поверхности кристалла есть

$$\begin{aligned} S(q_x, q_z) = & b_2 \frac{\exp(a_1 + a_2 - 2iq_x) - 1}{a_1 + a_2 - 2iq_x} \times \\ & \times \frac{1 - e^{-iq_x l}}{iq_x} \cdot \frac{1 - e^{-iq_x(l + d)N}}{1 - e^{-iq_x(l + d)}}, \end{aligned}$$

а интенсивность отражения дифрагированной волны определяется следующим выражением

$$\begin{aligned} I(q_x, q_z) \sim & \left| \frac{\sin(\alpha - (q_x + q_z)/2)}{\alpha - (q_x + q_z)/2} \right|^2 \times \\ & \times \frac{\sin^2(q_x \frac{l}{2})}{(q_x \frac{l}{2})^2} \cdot \frac{\sin^2(q_x \frac{l + d}{2} N)}{\sin^2(q_x \frac{l + d}{2})}. \end{aligned}$$

Заключение

Мы показали, что использование функции Грина в задачах кинематической теории дифракции значительно упрощает расчет поля дифрагированной волны внутри сечения кристалла в виде плоскопараллельной пластины, на поверхность которой падает рентгеновская волна с амплитудой, меняющейся произвольным образом вдоль латерального направления.

Литература

1. Иржак Д.В.// Нанозифика и наноэлектроника. Н. Новгород: ИФМ РАН, 2011. Т.2. С. 602.
2. Пунегов В.И., Иржак Д.В., Рошчупкин Д.В.// Рентген. оптика. Черноголовка: ИПТМ РАН. 2012. С. 96-97.

References

1. Irzhak D.V.// Nanofizika i nanoelektronika [Nanophysics & nanoelectronics]. N. Novgorod: Inst. of physics of microstructures, RAS. 2011. Vol.2. P. 602.
2. Punegov V.I., Irzhak D.V., Roshchupkin D.V.// Rentgen. optika. Chernogolovka: Inst. of microelectronics technol. problems, RAS. 2012. P. 96.

Статья поступила в редакцию 12.03.2018.

УДК: 582.594.2 (234.851)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ОРХИДНЫХ БАСЕЙНА Р. ЩУГОР (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА»)

И.А. КИРИЛЛОВА

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
kirillova_orchid@mail.ru

В статье приведены результаты изучения девяти видов сем. Орхидные на территории нижнего и среднего течения р. Щугор (южная часть национального парка «Югыд ва»). Местообитания орхидных приурочены в основном к ключевым болотам и выходам известняков. Изученные ценопопуляции находятся в устойчивом состоянии, о чем свидетельствуют довольно высокая численность, успешное самоподдержание и соответствие онтогенетических спектров их биологическим особенностям.

Ключевые слова: редкие виды, структура ценопопуляций, Orchidaceae Juss., ООПТ, национальный парк «Югыд ва»

I.A. KIRILLOVA. THE BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND THE STATE OF COENOPOPULATIONS OF ORCHIDS OF THE BASIN OF THE SHCHUGOR RIVER ("YUGYD VA" NATIONAL PARK)

The coenopopulations of nine species of Orchidaceae (*Coeloglossum viride*, *Cypripedium guttatum*, *Dactylorhiza baltica*, *D. fuchsii*, *D. incarnata*, *D. maculata*, *D. traunsteineri*, *Epipactis atrorubens* and *Goodyera repens*) were studied in the southern part of the "Yugyd va" National park (basin of the middle and lower reaches of the Shchugor River) during 2009 and 2015-2016. Distribution of these species was mainly connected with spring mires and limestone outcrops in the valley of the Shchugor river. Orchids were found to be well adapted to environmental conditions of the Northern Urals as evidenced by the relatively high coenopopulations number, successful reproduction and compliance of ontogenetic spectra to specific biological characteristics. Proportion of immature plants increased slightly in coenopopulations of some species (*Cypripedium guttatum*, *Dactylorhiza fuchsii*, *D. maculata*, *D. traunsteineri*) may be due to their northern location and longer ontogenesis. Species with root-stem tuberosities were characterized mainly by seed reproduction while reproduction of species with rhizomes was based on a combination of seed and vegetative reproduction.

Keywords: rare species, coenopopulations structure, Orchidaceae Juss., specially protected natural areas, "Yugyd va" National park

Введение

Виды семейства *Orchidaceae* Juss., вследствие специфических особенностей своей биологии, высокой декоративности и слабой устойчивости к антропогенным факторам, являются одними из самых уязвимых растений нашей флоры [1]. Многие виды данного семейства относят к редким и исчезающим, требующим срочной охраны [2]. Редкость этих видов привела к тому, что во многих странах им предоставлен особый природоохранный статус и защита [3], в России они включены в федеральную и региональные Красные книги. Несмотря на предпринимаемые меры по их охране, происходит снижение общей численности орхидей во всем ми-

ре. Для успешного сохранения природных популяций этих уязвимых растений в условиях усиливающейся антропогенной трансформации ландшафтов необходимы всесторонние исследования их биологии и экологии.

Огромную роль в сохранении орхидных и их естественных местообитаний играют особо охраняемые природные территории (ООПТ). Национальный парк «Югыд ва» – одна из крупнейших ООПТ федерального значения в России (около 2 млн. га). Резерват расположен на северо-востоке Республики Коми, на западном склоне Уральского хребта. В 1995 г. он включен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО как объект «Девственные леса Коми». Орхидные северной части национального

парка уже становились объектом изучения [4–6], южная же часть резервата менее исследована в этом отношении. Целью настоящей работы стала оценка современного состояния ценопопуляций орхидных в бассейне нижнего и среднего течения р. Щугор.

Материал и методы

Район исследований расположен на Северном Урале, на крайнем Северо-Востоке европейской части России. В административном отношении он входит в состав Вуктыльского района Республики Коми.

В ходе экспедиционных работ в 2009, 2015–2016 гг. на данной территории обнаружены местонахождения девяти видов орхидных, два из которых (*Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova и *D. traunsteineri* (Saut.) Soó s.l.) включены в Красную книгу Российской Федерации [7], семь – в Красную книгу Республики Коми [8]. Обследовано 24 ценопопуляции (ЦП) этих видов (см. рисунок). При их изуче-

ное (j), имматурное (im), взрослое вегетативное (v) (куда включали виргинильные и временно не цветущие генеративные растения, различить которые в природе очень сложно) и генеративное (g). Чтобы не нарушать местообитания орхидных и целостность ЦП, проростки, ведущие подземный образ жизни, не учитывали. Сенильные растения также не отмечали, так как в природе они встречаются крайне редко, из-за того, что многие особи после последнего цветения отмирают [17]. Выделение онтогенетических состояний проводили по морфометрическим параметрам надземных органов (число и размеры листьев, число жилок, наличие цветка).

Результаты и обсуждение

Корневищные виды

Cypripedium guttatum Sw. (башмачок пятнистый) (фото 1) – голарктический бореальный вид. В Республике Коми проходит северо-западная граница его ареала, вид встречается в южных районах

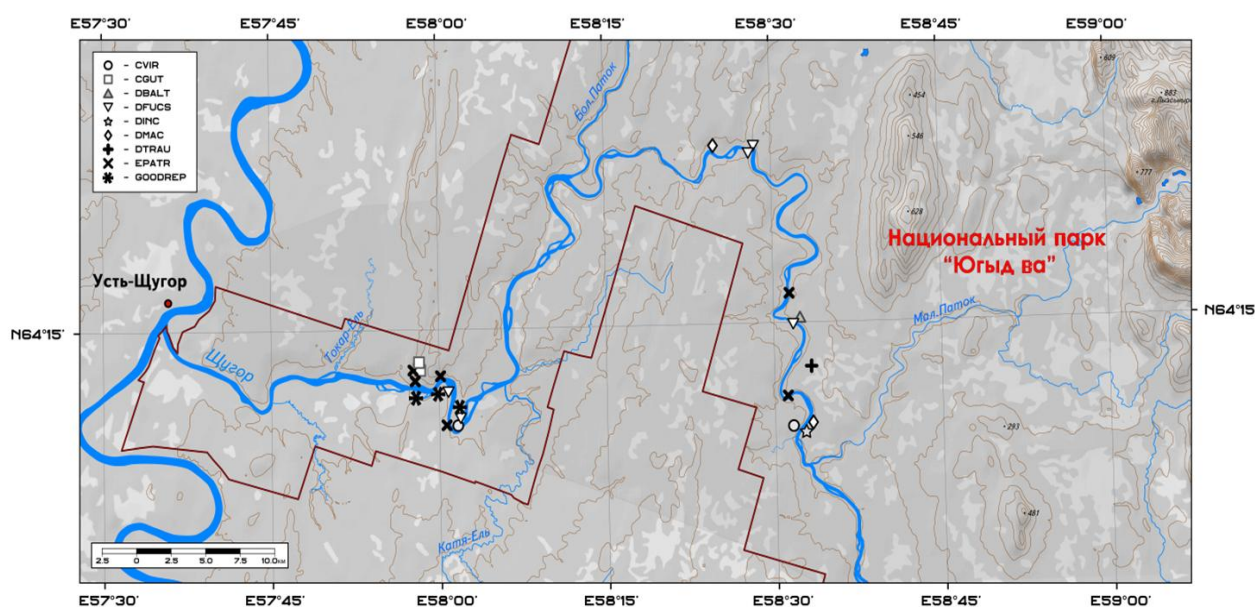


Рис. Исследованные ценопопуляции орхидных в бассейне р. Щугор: CVIR – *Coeloglossum viride*; CGUT – *Cypripedium guttatum*; DBALT – *Dactylorhiza baltica*; DFUCS – *D. fuchsii*; DINC – *D. incarnata*; DMAC – *D. maculata*; DTRAU – *D. traunsteineri*; EPATR – *Epipactis atrorubens*; GOODREP – *Goodyera repens*.

Fig. The investigated coenopopulations of orchids in the basin of the Shchugor River.

нии использовали общепринятые в популяционной биологии методики [9–11], с учетом специфики изучения редких видов [12]. Жизненные формы даны по И.В. Татаренко [13]. Счетной единицей для корневищных орхидных был взят парциальный побег, для орхидных со стеблекорневыми тубероидами – особь. В пределах исследуемых сообществ закладывали трансекты (1×10 м²), которые разбивали на учетные площадки по 1 м². На каждой такой площадке подсчитывали число особей изучаемого вида, определяли его встречаемость в сообществе, плотность и онтогенетическую структуру ЦП. Выделение онтогенетических состояний проводили по методикам, разработанным с учетом специфических для орхидных особенностей [14–16]. Выделяли следующие онтогенетические состояния: ювениль-

региона, на Тимане и Урале. Кальцефил, в регионе растет в хвойных и смешанных лесах, часто заболоченных, по низинным и переходным болотам, на известняковых склонах [18].

На выходах известняков правого берега р. Щугор в долине руч. Кыртаель обнаружены две довольно крупные ЦП *C. guttatum* (см. рисунок). ЦП 1 расположена в кустарничково-мохово-лишайниковом сообществе, она насчитывает 7300 побегов и занимает площадь 118 м². ЦП 2 находится на скалистом склоне в разнотравно-лишайниково-зеленомошном березово-еловом лесу, численность ее составляет 876 побегов, площадь – 60 м². В онтогенетических спектрах изученных ЦП преобладают взрослые вегетативные и имматурные побеги (см. таблицу), что свидетельствует об активном вегета-



Фото 1. *Cypripedium guttatum* (башмачок пятнистый).
Photo 1. Spotted lady's slipper.

тивном размножении. Оно происходит у этого вида с частичным омоложением потомства до взрослого вегетативного и имматурного состояний [13]. Высокое число имматурных побегов в обследованных нами ЦП, возможно, связано и с их нахождением на границе ареала вида и суровыми условиями, обусловленными близостью гор Урала. Подобные онтогенетические спектры ЦП *C. guttatum* отмечены и для Печоро-Ильчского заповедника (Северный Урал) [19]. Семенное возобновление также присутствует, в ЦП были обнаружены ювенильные особи семенного происхождения (0,7–1,7%), но оно затруднено из-за низкой эффективности опыления. Плодозавязываемость в ЦП 1 составила 2,3%, в ЦП 2 нами не было обнаружено ни одного завязавшегося плода, средняя же плодозавязываемость вида по региону – 22,7% [20].

***Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.)** (дремлик темно-красный) (фото 2) – евразийский вид. В Республике Коми находится на северной границе своего ареала, встречается на выходах карбонатных пород на Тимане и Урале [18].

Нами обследовано шесть ЦП этого вида (см. рисунок). Численность их небольшая – несколько десятков растений, плотность 1,2–4,8 побегов на 1 м². ЦП в 50–150 побегов характерны для *E. atrorubens* по всей России [21]. В онтогенетических спектрах преобладают взрослые вегетативные и генеративные побеги (см. таблицу). Подобные спектры отмечены для ЦП вида и в северной части национального парка, на Приполярном Урале [5]. Это связано с большей длительностью данных онтогенетических периодов и вегетативным размножением генеративных побегов, в результате которого из почек возобновления развиваются побеги с признаками уже взрослых растений [15]. Присутствие ювенильных растений в ЦП 1–3 и 5 и довольно большого количества молодых побегов (до 30%) указывают и на наличие в них семенного размножения. В ЦП 2 и 6 ювенильные побеги отсутствуют, что может быть связано со спецификой данных конкретных экотопов (каменистые осыпи) и подвижностью субстрата.



Фото 2. *Epipactis atrorubens* (дремлик темно-красный).
Photo 2. Dark-red Helleborine.

Плодозавязываемость в изученных ЦП *E. atrorubens* варьирует от 32,6 до 88,4%. На успешность репродукции этого вида отрицательно сказывается понижение температуры в начале лета. В трех обследованных ЦП отмечено повреждение заморозками в начале лета части генеративных растений (от 6,7 до 12,2%), находящихся на стадии бутонизации.

***Goodyera repens* (L.) R.Br.** – голарктический бореальный вид, ареал которого связан с ареалом хвойных пород [22]. В Республике Коми довольно широко распространен [18]. На территории бассейна р. Щугор *G. repens* произрастает в еловых и пихтово-еловых чернично-зеленомошных и травяно-зеленомошных лесах на водоразделах и береговых склонах, иногда встречается на облесенных скалистых склонах. Нами обследовано три ЦП вида (рисунок). Численность их довольно высокая для этого вида – 156–356 побегов. Пространственная структура ЦП *G. repens* определяется наличием хорошо выраженных обособленных скоплений, что объясняется преимущественно вегетативным способом возобновления вида. В изученных нами ЦП такие скопления насчитывали от 12 до 190 побегов. Онтогенетические спектры ЦП *G. repens* полночленные,

Характеристика изученных ценопопуляций (ЦП) видов семейства Orchidaceae
Characteristics of the studied orchid coenopopulations (CP)

№ ЦП CP	Местообитание Habitat	Числен- ность, шт. Number, pcs.	Плотность, экз./м ² Density, pcs./m ²	Онтогенетический спектр, % Ontogenetic spectrum, %				Плодозавязы- ваемость, % Fruit set
				j	im	v	g	
Cypripedium guttatum (многолетнее длиннокорневищное растение) orchid with long rhizomes								
1	Выходы известняков, кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества Limestone outcrops, dwarf shrub moss-lichen communities	7300	65,4	1,7	42,6	46,7	9,0	2,3
2	Скалистый склон, разнотравно-лишайниково-зеленомошный березово-еловый лес Limestone outcrops, herb lichen-green moss birch-spruce forest	876	14,6	0,7	35,6	56,2	7,5	0
Epipactis atrorubens (многолетнее короткокорневищное растение) orchid with short rhizomes								
1	Облесенный скалистый зеленомошный склон Limestone outcrops, green moss communities on afforested slope	63	1,2	1,6	9,5	60,3	28,6	–
2	Облесенный склон, зарастающая свежая осыпь Limestone outcrops, young stony placer	80	0,9	0	11,0	21,9	67,1	–
3	Осыпной склон с ольховником и разнотравьем Limestone outcrops, herb Duschekia stand on placer slope	100	3,4	4,3	26,1	18,8	50,7	46,5
4	Облесенный склон, костянично-зеленомошные сообщества Limestone outcrops, rubus saxatilis green moss communities on afforested slope	100	1,3	7,5	30,0	32,5	30,0	32,7
5	Скалистый мохово-лишайниковый склон Limestone outcrops, moss-lichen community on slope	150	4,8	7,2	29,9	30,9	32,0	88,4
6	Голая каменистая осыпь, среди камней Limestone outcrops, in stones	70	1,2	0	7,1	21,4	71,4	68,2
Goodyera repens (ползучекорневищное зимнезеленое) orchid with creeping winter green rhizome								
1	Ельник чернично-зеленомошный Blueberry green moss spruce forest	350	–	11,4	31,7	49,1	7,7	70,5
2	Облесенный скалистый склон, елово-пихтовый чернично-зеленомошный лес Limestone outcrops, blueberry green moss spruce-fir forest	163	–	12,9	46,0	35,6	5,5	92,1
3	Ельник кустарничково-зеленомошный по склону Dwarf shrub-green moss spruce forest	156	–	5,1	30,1	62,8	1,9	75,6
Coeloglossum viride (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом) orchid with root-stem tuberooids								
1	Вахтово-гипново-сфагновое болото Menyanthes hypnum-sphagnum mire	19	0,9	10,5	10,5	10,5	68,4	–
2	Березово-еловый разнотравно-зеленомошный лес Herb green moss birch-spruce forest	100	0,8	3,6	14,3	32,1	50,0	66,6
Dactylorhiza baltica (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом) orchid with root-stem tuberooids								
1	Разнотравно-гипново-сфагновое болото Herb hypnum-sphagnum mire	≈ 300	11,4	8,7	10,9	59,8	20,4	–
2	Осоково-гипново-сфагновое болото Carex hypnum-sphagnum mire	≈ 300	4,9	9,7	17,9	18,7	53,6	–
D. fuchsii (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом) orchid with root-stem tuberooids								
1	Разнотравный бечевник Herb towpath community	> 1000	2,7	25,0	18,3	8,3	48,3	71,6
2	Травяно-моховое сообщество на склоне к реке Herb moss community on slope to the river	500	6,1	29,3	18,7	19,5	32,5	–
3	Разнотравный бечевник Herb towpath community	> 1000	11,5	10,4	13,0	33,9	42,6	–
4	Березово-еловый разнотравно-зеленомошный лес Herb green moss birch-spruce forest	200	1,5	15,4	11,5	26,9	46,2	46,2
5	Разнотравный бечевник Herb towpath communities	> 1000	8,3	14,4	27,2	22,4	36,0	72,0
D. incarnata (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом) orchid with root-stem tuberooids								
1	Вахтово-гипново-сфагновое болото Menyanthes hypnum-sphagnum mire	200	2,6	3,9	11,7	45,5	39,0	–
D. maculata (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом) orchid with root-stem tuberooids								
1	Пушицево-сфагновое болото Eriophorum sphagnum mire	300	6,6	14,3	30,8	20,3	34,6	–
D. traunsteineri s.l. (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом) orchid with root-stem tuberooids								
1	Вахтово-хвощево-сфагновое болото Menyanthes-Equisetum sphagnum mire	> 1000	3,7	20,6	17,6	14,7	47,1	–
2	Горцево-вахтово-гипново-сфагновое болото Bistorta-Menyanthes hypnum-sphagnum mire	> 1000	7,3	8,1	13,1	49,1	29,7	–

с преобладанием имматурных и взрослых вегетативных побегов (таблица). Это характерно для вида и в других точках ареала [23] и определяется его биологическими характеристиками. По данным И.В. Татаренко [13], вегетативное размножение наблюдается у 75% взрослых вегетативных и генеративных побегов в ЦП *G. repens* и сопровождается омоложением в основном до имматурного онтогенетического состояния. Семенное возобновление также присутствует в изученных ЦП этого вида, о чем свидетельствуют повсеместное присутствие ювенильных побегов и высокая доля завязавшихся плодов (от 70,5 до 97,9%).

Виды со стеблекорневыми тубероидами

***Coeloglossum viride* (L.) Hartm** – евразийско-североамериканский, преимущественно голарктический вид. В Республике Коми распространен неравномерно. Отмечен в бассейнах рек Вычегда, Печорская Пижма, в Большеземельской тундре, на Полярном Урале, реже по рекам Сыня, Кожим, Щугор и в верхнем течении р. Печора, а также по всему Уралу выше границы леса [18]. Произрастает в лесах, на лугах, болотах, выходах известняков и в тундрах.

Нами изучены две ЦП этого вида (рисунок). ЦП 1 на ключевом вахтово-гипново-сфагновом болоте насчитывает всего 19 растений. Такие небольшие ЦП характерны для *C. viride* по всему ареалу [24, 21, 23]. ЦП 2 – довольно многочисленна (около 100 растений). Обе ЦП – нормальные, полночленные, с преобладанием генеративных особей (таблица), что соответствует базовому спектру этого вида [24] и свидетельствует об его устойчивом состоянии на данной территории. В изученных ЦП отмечено активное семенное размножение, что подтверждает наличие молодых ювенильных растений и довольно высокая доля завязавшихся плодов (66,6%).

***Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova.** Распространение этого вида ограничивается восточной частью Германии, Польшей, странами Балтии, южной частью Финляндии и Россией [25]. В Республике Коми вид очень редок, достоверно известно всего несколько местонахождений, остальные нуждаются в уточнении.

Нами обнаружены две ЦП *D. baltica* на ключевых болотах на территории бассейна среднего течения р. Щугор (рисунок). Численность их составляет несколько сотен растений, со средней плотностью размещения 4,9–11,4 экз./м². Онтогенетические спектры ЦП полночленные правосторонние, с преобладанием взрослых вегетативных и генеративных особей (таблица), что связано с более длительным нахождением растений в данных фазах онтогенеза и, как следствие, их накоплением в ЦП. Самоподдержание ЦП осуществляется за счет семенного возобновления.

***D. fuchsii* (Druce) Soó** – евразийский вид. В Республике Коми широко распространен, встречается по всей территории, кроме самого севера региона. Произрастает в разнообразных местообитаниях [26]. В долине р. Щугор зарегистрирован на разнотравных бечевниках по берегам реки, реже –

в смешанных лесах. Нами обследовано пять ЦП этого вида (рисунок), четыре – на разнотравных бечевниках (ЦП 1–4), одна – в березово-еловом разнотравно-зеленомошном лесу (ЦП 5). ЦП на бечевниках многочисленные, со средней плотностью размещения от 2 до 11 особей на 1 м² (таблица). ЦП в лесу меньше, насчитывает несколько сотен растений, с плотностью 1,5 экз. на 1 м². Особи размещены в пределах ЦП неравномерно, молодые растения иногда образуют небольшие скопления вокруг цветущих особей, что связано с преимущественным прорастанием молодых особей рядом с материнскими. Онтогенетические спектры обследованных ЦП – нормальные полночленные, с максимумом на генеративных растениях (таблица), что характерно для вида и в других частях ареала [17]. Отмечена также довольно высокая доля молодых особей, что, возможно, связано с задержкой в онтогенезе, обусловленной суровыми условиями для произрастания этого вида на Севере.

D. fuchsii размножается семенным способом. Плодозавязываемость варьирует в исследованных ЦП от 46 до 72%. Наибольшая доля завязавшихся плодов (71,6–72%) отмечена в открытых травянистых местообитаниях, в лесу она ниже. Данный показатель зависит от эффективности опыления, обусловленной наличием подходящих опылителей и их активности, связанной с погодными условиями. На севере играет роль еще один фактор – короткий вегетационный период, в частности заморозки, которые могут повреждать бутоны и цветки. Так, в трех изученных нами ЦП от 4 до 13% генеративных растений на стадии бутонизации были повреждены заморозками в начале лета.

***D. incarnata* (L.) Soó** (пальчатокоренник мясо-красный) (фото 3) – евразийский вид. В Республике Коми находится вблизи северной границы распространения. Растет на низинных и переходных болотах, сырых заболоченных лугах. Нами обнаружена небольшая (около 200 растений) ЦП этого вида на ключевом разнотравно-гипновом болоте на правом берегу р. Щугор (рисунок). Онтогенетический спектр ее – нормальный полночленный, с максимумом на взрослых вегетативных растениях (таблица). Это характерно для вида [17] и свидетельствует об устойчивом состоянии данной ЦП. Самоподдержание осуществляется за счет семенного возобновления.

***D. maculata* (L.) Soó** (пальчатокоренник пятнистый) (фото 4) – евросибирский вид. Встречается практически по всей территории Республики Коми, произрастает в однотипных сообществах, в основном на осоково-сфагновых болотах и в заболоченных кустарничково-сфагновых и сфагновых сосняках [27]. Нами обследована одна ЦП этого вида на пушицево-сфагновом болоте на правом берегу р. Щугор в среднем течении (рисунок). ЦП небольшая – около 300 растений, со средней плотностью размещения 6,6 особей на 1 м². Онтогенетический спектр – нормальный полночленный, с преобладанием имматурных и генеративных растений (таблица). Подобный спектр для ЦП этого вида характерен и для Печоро-Ильчского заповедника (Северный



Фото 3. *Dactylorhiza incarnata* (пальчатокоренник мясо-красный).
Photo 3. Early marsh-orchid.

Урал) [19]. Отмечено повреждение части генеративных растений (6%) на стадии бутонизации заморозками. Вид размножается семенами. В двух ЦП этого вида, на осоково-сфагновом болоте и пушицево-сфагновом болоте в нижнем течении р. Щугор, нами была изучена плодозавязываемость. Она составила 54 и 90%. Это довольно высокий показатель, так как средний показатель эффективности опыления этого вида по региону – 57,4% [27].

***D. traunsteineri* (Saut.) Soó** (пальчатокоренник Траунштейнера) (фото 5) – вид распространен в Средней, Северной и Восточной Европе; в России – в основном в европейской части [7]. В Республике Коми редок, находится на восточной границе основной части ареала. Предпочитает болота переходного и низинного типа с богатым минеральным питанием. В бассейне среднего течения р. Щугор обследовано две ЦП *D. traunsteineri* s. l. (рисунок): на ключевом вахтово-гипново-сфагновом болоте (ЦП 1) и разнотравно-сфагновом болоте (ЦП 2). ЦП крупные – несколько тысяч растений, со средней плотностью размещения – 3,7–5 экз./м². Онтогенетические спектры изученных ЦП – нормальные полночленные, с преобладанием взрослых растений и высокой долей молодых особей (таблица).



Фото 4. *Dactylorhiza maculata* (пальчатокоренник пятнистый).
Photo 4. Heath spotted-orchid.



Фото 5. *Dactylorhiza traunsteineri* (пальчатокоренник Траунштейнера).
Photo 5. Narrow-leaved marsh orchid.

D. traunsteineri размножается в основном семенами, но в ЦП 1 выявлено и вегетативное размножение. Образование двух молодых тубероидов отмечено нами у 27% обследованных растений в

данной ЦП. Кроме того, растения часто располагались здесь плотными группами. Возможно, они представляют собой совокупность особей, возникающую в результате вегетативного возобновления, однако доказать это нельзя, так как связь между материнским и дочерним растениями теряется к следующему вегетационному периоду. В целом, для орхидных со стеблекорневыми тубероидами это не характерно, основным способом их размножения является семенной, вегетативное возобновление в природе наблюдается крайне редко [17], но потенциальная способность к нему у пальчатокоренников сохраняется, так как они располагают резервом спящих почек. Одни исследователи [28] считают, что вегетативное размножение у видов со стеблекорневыми тубероидами в природе происходит при особо благоприятных условиях роста растений, другие [29, 30], напротив, предполагают, что чаще всего оно связано с экстремальными условиями существования. Нами отмечено развитие двух молодых тубероидов и у растений этого вида в Печоро-Илычском заповеднике [19], но на юге Республики Коми таких случаев отмечено не было. Вероятно, вегетативное размножение, наряду с семенным, характерно для *D. traunsteineri* на Северном Урале и, возможно, связано с суровыми условиями произрастания растений на данной территории.

Заключение

В ходе экспедиционных работ на территории нижнего и среднего течения р. Щугор выявлены местонахождения девяти видов сем. *Orchidaceae*, два из которых охраняются на федеральном уровне, семь подлежат региональной охране. Местобитания орхидных приурочены в основном к ключевым болотам и выходам известняков в долине р.Щугор. Изученные ценопопуляции находятся в устойчивом состоянии, о чем свидетельствуют довольно высокая численность, успешное самоподдержание и соответствие онтогенетических спектров их биологическим особенностям. Только в ценопопуляциях некоторых видов отмечено повышение доли молодых растений, что может быть связано с их северным положением и, как следствие, – более растянутым онтогенезом этих видов. Для видов со стеблекорневыми тубероидами характерно преимущественно семенное размножение, только в одной ценопопуляции *D. traunsteineri* зарегистрировано также и вегетативное размножение. Это может быть индивидуальной особенностью этого вида в приспособлении к условиям Северного Урала. Возобновление корневищных видов основано на сочетании семенного и вегетативного размножения. На обследованной территории на успешность репродукции орхидных отрицательно сказывается понижение температуры в начале лета. У трех видов наблюдалось повреждение заморозками в начале лета генеративных растений, находящихся на стадии бутонизации.

Таким образом, национальный парк «Югыд ва» можно рассматривать как уникальный резерват, где в неизменном виде сохраняются местонахождения таких редких и уязвимых растений, как ор-

хидные, и существуют стабильные условия для развития и сохранения их ценопопуляций.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Структурно-функциональная организация растительных сообществ, разнообразие флоры, лишено- и микобиоты южной части национального парка «Югыд ва»» (№ гос. регистрации АААА-А16-116021010241-9) при поддержке гранта РФФИ № 16-44-110167 p_a.

Литература

1. Swartz N.D., Dixon K.W. Terrestrial orchid conservation in the age of extinction // *Annals of Botany*. 2009. Vol. 104. № 3. P. 543–556.
2. Cribb P.J., Kell S.P., Dixon K.W., Barrett R.L. Orchid conservation: a global perspective // *Orchid Conservation* (eds. Dixon K.W., Kell S.P., Barrett R.L., Cribb P.J.). Natural History Publications, Borneo, Kota Kinabala, Sabah. 2003. P. 1–24.
3. Kull T., Selgis U., Pecica M.V., Metsare M. et al. Factors influencing IUCN threat levels to orchids across Europe on the basis of national red lists // *Ecology and Evolution*. 2016. Vol. 6. № 17. P. 6245–6265.
4. Поляева И.И., Дёгтева С.В., Кириллова И.А. Характеристика ценопопуляций некоторых редких растений на отвалах месторождения россыпного золота (Приполярный Урал) // *Растительные ресурсы*. 2014. Т. 50. № 1. С. 53–66.
5. Кириллова И.А. Орхидные Приполярного Урала: особенности биологии и структура ценопопуляций // *Известия Коми НЦ УрО РАН*. 2015. № 1(21). С. 48–54.
6. Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва»). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.
7. Абрамова Т.И., Аверкова Г.П., Аверьянов Л.В. и др. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
8. Красная книга Республики Коми / Под ред. А.И.Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.
9. Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Ермакова И.М. и др. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 217 с.
10. Уранов А.А., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. и др. Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения). М.: Наука, 1977. 182 с.
11. Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С. и др. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 131 с.
12. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга, 2013. 439 с.
13. Татаренко И.В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. М.: Аргус, 1996. 207 с.

14. Вахрамеева М.Г., Денисова Л.В. Ятрышники (пальчатокоренники) пятнистый и Фукса // Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. М.: Изд-во МГПИ, 1983. С. 12–16.
15. Род Дремлик / М.Г.Вахрамеева, Т.И.Варлыгина, А.Е.Баталов, И.А.Тимченко, Т.И.Богомолова // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во Полиэкс, 1997. Вып. 13. С. 50–87.
16. Блинова И.В. Особенности онтогенеза некоторых корнеклубневых орхидных (*Orchidaceae*) Крайнего Севера // Ботанический журнал. 1998. Т. 83. №1. С. 85–94.
17. Вахрамеева М.Г. Род Пальчатокоренник // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во «Гриф и К», 2000. Вып. 14. С. 55–86.
18. Мартыненко В.А. Семейство *Orchidaceae* Juss. – Ятрышниковые // Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1976. Т. 2. С. 118–133.
19. Кириллова И.А. Орхидные Печоро-Ильчского заповедника (Северный Урал). Сыктывкар, 2010. 144 с.
20. Кириллова И.А., Пестов С.В., Кириллов Д.В. Репродуктивная биология *Cypripedium guttatum* Sw. (*Orchidaceae*, *Monocotyledones*) на северной границе ареала // Поволжский экологический журнал. 2017. № 2. С. 117–127.
21. Блинова И.В. Численность популяций орхидных и их динамика на северном пределе распространения в Европе // Ботанический журнал. 2009. Т. 94. № 2. С. 212–240.
22. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1974. 244 с.
23. Вахрамеева М.Г., Варлыгина Т.И., Татаренко И.В. Орхидные России: биология, экология, охрана. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 474 с.
24. Вахрамеева М.Г., Блинова И.В., Богомолова Т.И., Журнова Т.В. Поллопестник зеленый // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во «Гриф и К», 2003. Вып. 15. С. 62–77.
25. Shipunov A.B., Fay M.F., Chase M.W. Evolution of *Dactylorhiza baltica* (*Orchidaceae*) from European Russia: evidence from molecular markers and morphology // Botanical Journal of the Linnean Society. 2005. Vol. 147. P. 257–274.
26. Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Особенности биологии, воспроизведение и структура ценопопуляций *Dactylorhiza fuchsii* s.l. (*Orchidaceae*) на северном пределе распространения // Ботанический журнал. 2013. Т. 98. № 2. С. 75–90.
27. Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Пальчатокоренник пятнистый *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó (*Orchidaceae*) в Республике Коми: структура ценопопуляций и репродуктивная биология // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2017. № 3(31). С. 5–14.
28. Вахрамеева М.Г., Виноградова И.О., Татаренко И.В., Цыпляева О.В. Кокушник комарниковый // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во МГУ, 1993. Вып. 9. С. 51–64.
29. Блинова И.В. Эколого-биологические особенности некоторых представителей семейства *Orchidaceae* Мурманской области: Автореф. дис... канд. биол. наук. М., 1995. 24 с.
30. Быченко Т.М. Разнообразие жизненных форм и особенности вегетативного размножения орхидных Прибайкалья // Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы: Материалы Международной конференции. Казань, 2006. С. 153–157.

References

1. Swartz N.D., Dixon K.W. Terrestrial orchid conservation in the age of extinction // Annals of Botany. 2009. Vol. 104. № 3. P. 543–556.
2. Cribb P.J., Kell S.P., Dixon K.W., Barrett R.L. Orchid conservation: a global perspective // Orchid Conservation (eds. Dixon K.W., Kell S.P., Barrett R.L., Cribb P.J.). Natural History Publications, Borneo, Kota Kinabala, Sabah. 2003. P. 1–24.
3. Kull T., Selgis U., Pecica M.V., Metsare M., Ilves A., Tali K., Shefferson R.P. Factors influencing IUCN threat levels to orchids across Europe on the basis of national red lists // Ecology and Evolution. 2016. Vol. 6. № 17. P. 6245–6265.
4. Poletaeva I.I., Degteva S.V., Kirillova I.A. Характеристика ценопопуляций некоторых редких растений на отвалах месторождений россыпного золота (Приполярный Урал) [The coenopopulation characteristics of some rare plants in the gold mine dumps (Subpolar Urals)] // Rastitel'nye resursy [Plant resources]. 2014. Vol. 50. № 1. P. 53–66.
5. Kirillova I.A. Орхидные Приполярного Урала: особенности биологии и структура ценопопуляций [Orchids of Subpolar Urals: features of biology and structure of coenopopulations] // Proc. of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2015. № 1(21). P. 48–54.
6. Flory, lihen- i mikobioty osobo ohranjaemyh landshaftov bassejnov rek Kos'ju i Bol'shaja Synja (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») [Flora, lichen- and mycobiota of specially protected landscapes of the Kosyu and Bolshaya Synya basins (Subpolar Urals, "Yugyd va" National Park)]. Moscow: Partnership of sci. publications KMK, 2016. 483 p.
7. Abramova T.I., Averkova G.P., Averyanov L.V. et al. Krasnaja kniga Rossijskoj Federacii (rastenija i griby) [The Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Moscow: Partnership of sci. publications KMK, 2008. 855 p.
8. Krasnaja kniga Respubliki Komi [The Red Data Book of the Komi Republic]. 2009. Syktyvkar. 791 p.
9. Smirnova O.V., Zaugol'nova L.B., Ermakova I.M. et al. Cenopopuljacii rastenij (osnovnye

- ponjatija i struktura) [Coenopopulations of plants (basic concepts and structure)]. Moscow: Nauka, 1976. 217 p.
10. Uranov A.A., Zaigol'nova L.B., Smirnova O.V. et al. Cenopopuljacija rastenij (razvitie i vzaimootnoshenija) [Coenopopulations of plants (development and relationships)]. Moscow: Nauka, 1977. 182 p.
 11. Zaigol'nova L.B., Zhukova L.A., Komarov A.S. et al. Cenopopuljacija rastenij (očerki populjacionnoj biologii) [Coenopopulations of plants (essays on population biology)]. Moscow: Nauka, 1988. 131 p.
 12. Zlobin Yu.A., Sklyar V.G., Klimenko A.A. Populjacija redkih vidov rastenij: teoreticheskie osnovy i metodika izuchenija [The populations of rare species of plants: the theoretical foundations and methodology of the study]. Sumy: University book, 2013. 439 p.
 13. Tatarenko I.V. Orhidnye Rossii: zhiznennye formy, biologija, voprosy ohrany [Orchids of Russia: life forms, biology, strategy of preservation]. Moscow: Argus, 1996. 207 p.
 14. Vakhrameeva M.G., Denisova L.V. Jatryshniki (pal'chatokorenniki) pjatnistyj i Fuksa [Orchids (dactylorhiza) maculata and fuchsii] // Diagnosty i kljuchi vozrastnyh sostojanij lugovyh rastenij [Diagnoses and keys of age state of meadow plants]. Moscow: Moscow State Pedag. Inst. Publ., 1983. P. 12–16.
 15. Rod Dremlik [Genus *Epipactis*] / M.G.Vakhrameeva, T.I.Varlygina, A.E.Batalov, I.A.Timchenko, T.I.Bogomolova. // Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti [Biological flora of Moscow region]. Moscow: Polieks Publ., 1997. Issue 13. P. 50–87.
 16. Blinova I.V. Osobennosti ontogeneza nekotoryh korneklubnevnyh orhidnyh (Orchidaceae) Krajnego Severa [Specific features of the ontogeny in some root-tuber orchids (Orchidaceae) in the Extreme North] // Botanical J. 1998. Vol. 83. №1. P. 85–94.
 17. Vakhrameeva M.G. Rod Pal'chatokorennik [Genus *Dactylorhiza*] // Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti [Biological flora of Moscow region]. Moscow: "Grif and K" Publ., 2000. Issue 14. P. 55–86.
 18. Martynenko V.A. Semejstvo Orchidaceae Juss. – Jatryshnikovye [Family of Orchidaceae Juss.]/ Flora Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR [Flora of the northeast of the USSR European part]. Leningrad, 1976. Vol. 2. P. 118–133.
 19. Kirillova I.A. Orhidnye Pechoro-Ilychskogo zapovednika (Severnyj Ural) [Orchids of the Pechora-Ilych reserve (Northern Urals)]. Syktывkar, 2010. 144 p.
 20. Kirillova I.A., Pestov S.V., Kirillov D.V. Reprodukativnaja biologija *Cypripedium guttatum* Sw. (Orchidaceae, Monocotyledones) na severnoj granice areala [Reproductive biology of *Cypripedium guttatum* Sw. (Orchidaceae, Monocotyledones) at the northern boundary of its habitat] // Povolzhskij jekologicheskij zhurnal [Povolzhsky J. of Ecology]. 2017. № 2. P. 117–127.
 21. Blinova I.V. Chislennost' populjacij orhidnyh i ih dinamika na severnom predele rasprostraneniya v Evrope [Number of Orchid populations and their dynamics at the northern limit of their distribution in Europe] // Botanical J. 2009. Vol. 94. № 2. P. 212–240.
 22. Tolmachev A.I. Vvedenie v geografiju rastenij [Introduction to plant geography]. Leningrad: Leningrad Univ. Publ., 1974. 244 p.
 23. Vakhrameeva M.G., Varlygina T.I., Tatarenko I.V. Orhidnye Rossii: biologija, jekologija, ohrana [Orchids of Russia: biology, ecology and preservation]. Moscow: Partnership of sci. publications KMK, 2014. 474 p.
 24. Vakhrameeva M.G., Blinova I.V., Bogomolova T.I., Zhirnova T.V. Pololepestnik zelenyj [Coeoglossum viride] // Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti [Biological flora of Moscow region]. Moscow: "Grif and K" Publ., 2003. Issue 15. P. 62–77.
 25. Shipunov A.B., Fay M.F., Chase M.W. Evolution of *Dactylorhiza baltica* (Orchidaceae) from European Russia: evidence from molecular markers and morphology // Botanical J. of the Linnean Society. 2005. Vol. 147. P. 257–274.
 26. Kirillova I.A., Kirillov D.V. Osobennosti biologii, vosproizvedenie i struktura cenopopuljacij *Dactylorhiza fuchsii* s.l. (Orchidaceae) na severnom predele rasprostraneniya [The biological features, reproduction, and coenopopulations structure of *Dactylorhiza fuchsii* s. l. (Orchidaceae) at the northern boundary of distribution] // Botanical J. 2013. Vol. 98. № 2. P. 75–90.
 27. Kirillova I.A., Kirillov D.V. Pal'chatokorennik pjatnistyj *Dactylorhiza maculata* (L.) Soy (Orchidaceae) v Respublike Komi: struktura cenopopuljacij i reproduktivnaja biologija [*Dactylorhiza maculata* (L.) Soy (Orchidaceae) in the Komi Republic: coenopopulation structure and reproductive biology] // Proc. of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2017. № 3(31). P. 5–14.
 28. Vakhrameeva M.G., Vinogradova I.O., Tatarenko I.V., Tsypljaeva O.V. Kokushnik komarnikovyj [Gymnadenia conopsea] // Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti [Biological flora of Moscow region]. Moscow: Moscow State Univ. Publ., 1993. Issue 9. P. 51–64.
 29. Blinova I.V. Jekologo-biologicheskie osobennosti nekotoryh predstavitelej semejstva Orchidaceae Murmanskoj oblasti [Ecological and biological features in some orchids of Murmansk Region (Northwestern Russia)]: Abstract of diss... Cand. Sci. (Biology). Moscow, 1995. 24 p.
 30. Bychenko T.M. Raznoobrazie zhiznennyh form i osobennosti vegetativnogo razmnozhenija orhidnyh Pribajkal'ja [A variety of the vital forms and features of vegetative reproduction of Orchids of the Baikal region] // Voprosy obshhej botaniki: tradicii i perspektivy [Problems of General Botany: traditions and prospects]; Materials of Intern. Conf., Kazan, 2006. P. 153–157.

Статья поступила в редакцию 08.02.2018.

УДК 582.477-145:577.21/22(470.1)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВИДОВ Р. *JUNIPERUS*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Н.В. ГЕРЛИНГ, Я.И. ПЫЛИНА, Д.М. ШАДРИН

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
Gerling1@rambler.ru

Установлено, что можжевельники, произрастающие в ельнике чернично-сфагновом и ельнике долгомошном, и можжевельники – в березовом криво-лесье луговиково-зеленомошном и лиственничнике крупнотравном, по морфоструктурным признакам хвои достоверно различаются и могут быть отнесены к разным видам. Однако секвенирование интрона *trnL* изученных можжевельников показало, что эти последовательности, а именно интрон (UAA) и часть экзона гена *trnL* хл ДНК длиной 329 п.о., идентичны.

Ключевые слова: *J. communis*, *J. sibirica*, хвоя, структура, ПЦР-анализ

N.V.GERLING, YA.I.PYLINA, D.M.SHADRIN. DETERMINATION OF THE SYSTEMATIC POSITION OF SPECIES R. JUNIPERUS GROWING IN THE NORTH-EAST OF THE EUROPEAN RUSSIA

To assess the systematic position of juniper Siberian (*J. sibirica* Burstd.) in the genus *Juniperus*, the variability of needle structure at all levels of the organization and a fragment of chloroplast DNA of junipers in the North-East of European Russia were investigated. It is established that in junipers growing in: spruce bilberry-sphagnum, spruce polytric, curved birch forest, herb larch forest, the morphological characteristics of the needles are significantly different and can be assigned to different species. However, sequencing of intron *trnL* of junipers from flat area, foothills of the Northern Urals and the Polar Urals has shown that these sequences, namely intron (UAA) and part of exon of *trnL* DNA gene 329 bp long are identical. Thus, the results of structural analysis of needles are not confirmed by the conclusions of molecular genetic analysis. To determine the position of Siberian juniper in taxonomic structure of genus *Juniperus*, it is advisable to increase the number of sequenced genes.

Keywords: *J. communis*, *J. sibirica*, needles, structure, PCR analysis

Введение

Род можжевельников включает около 68 видов и 36 разновидностей [1] и является одним из наиболее молодых и полиморфных родов в порядке *Pinales*. Виды этого рода распространены как в Северном, так и Южном полушарии, от субарктической тундры до полупустынь и высокогорий [2].

По мнению ряда авторов [3–8], можжевельник сибирский (*J. sibirica* Burstd.) существует как самостоятельный вид. Выделение его как отдельного вида в р. *Juniperus* исследователи обосновывают, опираясь на различия в морфологических признаках можжевельника обыкновенного и можжевельника сибирского (размер шишек, длина и форма хвои). Можжевельник обыкновенный произрастает преимущественно под пологом хвойных фитоценозов [9]. На Северо-Востоке европейской части России он широко распространен в лесной зоне, лесотундре, равнинных и горных тундрах. Можжевельник сибирский встречается на верхней границе леса в еловых и березовых сообществах, на высоте 800–1000 м над

ур. м. Другие авторы [10–14] рассматривают его либо как подвид можжевельника обыкновенного, либо как разновидность. При этом для идентификации вида они приводят другие морфологические характеристики (внутренняя поверхность кутикулы хвои, окраска шишек и семян, анатомические показатели семенной оболочки и тканей зародыша).

В последние годы для решения вопроса о систематическом положении растений видов р. *Juniperus* были привлечены методы изучения ДНК [1, 15], изоферментного [16] и кариологического анализов [17]. Так, R. G. Terry, R. S. Nowak, R. J. Tausch [18] показали наличие гибридизации у *Juniperus osteosperma* и *Juniperus occidentalis* в Западной Неваде, используя *trnL*-интрон и межгенный спейсер *trnL-trnF* некодирующего фрагмента хлоропластной ДНК.

Цель настоящей работы заключалась в определении видовой самостоятельности можжевельника сибирского, произрастающего на европейском Северо-Востоке России, используя характеристики структурной организации хвои, а также нуклеотидную последовательность хлоропластной ДНК.

Материал и методы

Сбор образцов хвои можжевельника в равнинном ландшафте проводили в 2006–2008 гг. в ельнике чернично-сфагновом на Ляльском лесо-экологическом стационаре Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°17' с. ш., 50° 40' в. д. (100 м над ур. м.)) и в ельнике долгомошном в предгорье Северного Урала на территории Печоро-Илычского заповедника (62°03' с. ш., 58° 28' в. д. (190 м над ур. м.)). Сбор образцов хвои можжевельника, произрастающего в горнолесном поясе, осуществляли в березовом криволесье луговиково-зеленомошном на Северном Урале (62° 52' с.ш., 58° 53' в.д. (630 м над ур.м.)) и лиственничнике крупнотравном на Приполярном Урале (65° 34' с.ш., 61° 06' в.д. (307 м над ур.м.)). Для морфометрических исследований отбирали по 10 побегов 1–6-летнего возраста с пяти кустов можжевельника. Длину побегов и хвои, а также число хвои на годичном побеге измеряли в 20-кратной повторности. Для изучения анатомической структуры хвою фиксировали в 70 %-ном растворе этилового спирта. Поперечные срезы хвои готовили на вибрационном микротоме для мягких тканей по методике В.Б.Скупченко [19]. Готовые препараты просматривали в световом микроскопе «Axiovert 200 M» (Karl Zeiss, Германия). Фотосъемку производили цифровой камерой AxioCam ERc 5s (Carl Zeiss, Германия). Морфометрические измерения проводили при помощи программы Carl Zeiss Vision (Carl Zeiss, Германия). Для исследования ультраструктуры однолетнюю хвою фиксировали в 2.5 %-ном растворе глутарового альдегида, в последующем – в 1 %-ном растворе осмиевой кислоты. После дегидратации в серии растворов этилового спирта и ацетона объекты заливались в смолу Эпон. Срезы электронной микроскопии готовили на ультрамикротоме PowerTome PC (Boeckeler Instruments, США) и просматривали с помощью электронного микроскопа «Tesla BS 500» (Tesla, Чехословакия). Морфометрию срезов проводили по методике В. Б. Скупченко [20].

Для проведения молекулярно-генетических исследований использовали образцы хвои можжевельника, произрастающего в ельнике чернично-сфагновом и ельнике долгомошном, расположенных в средней подзоне тайги, а также можжевельника, произрастающего в лиственничнике крупнотравном, расположенном на Приполярном Урале. Тотальная ДНК была выделена из высушенной измельченной хвои можжевельников с помощью набора «Fast DNA Spin Kit» (QBioGene, Canada), согласно инструкциям производителя. В качестве генетического маркера были выбраны интрон (UAA) и часть экзона гена *trnL* хл ДНК общей длиной 329 п.о. Изучение последовательности *trnL*–*trnF* на разных видах *Juniperus* широко освещено в литературе [21–23, 18 и др.]. Для амплификации исследуемого фрагмента ДНК использовали следующие последовательности праймеров *trnL* (A49855) 5'-GGGGATAGAGGGACTTGAAC-3' и *trnF* (B49317) 5'-CGAAATCGGTAGACGCTACG-3' [24]. Амплификацию проводили в термоциклере Swift MiniPro («ESCO»,

Сингапур) по следующей схеме: предварительная денатурация – 1 мин 35 с при 95 °С; 35 циклов: денатурация – 1 мин при 93°С, отжиг – 1 мин при 58°С, элонгация – 1 мин при 72°С; и финальная элонгация – 2 мин при 72°С. Секвенирование выполняли с использованием набора реагентов ABI Prism BigDye Terminator v. 1.1 на приборе ABI PRISM 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, США) с использованием оборудования ЦКП "Молекулярная биология" Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Статистическую обработку данных (сравнение выборок средних) проводили в среде Microsoft Excel при уровне значимости $\alpha = 0.05$.

Результаты и обсуждение

В книге «Флора Северо-Востока европейской части СССР» [3] выделяют следующие жизненные формы можжевельника обыкновенного – кустарник или небольшое деревце, можжевельника сибирского – низкорослый, стелющийся или полустелющийся кустарник. Согласно нашим исследованиям, можжевельник, произрастающий в еловых фитоценозах средней тайги, образует кусты яйцевидной формы. Можжевельник на склонах Северного и Приполярного Урала был представлен прямостоячими кустами или стланиками, куртины которых занимали обширные пространства вершины склона. Таким образом, исследуемые можжевельники на уровне жизненной формы уже могут рассматриваться как отдельные виды.

У можжевельников, произрастающих в ельниках, хвоя отогнута от стебля и располагается почти перпендикулярно к нему, она линейно-ланцетная. Побеги особой можжевельников горнолесного пояса – короткие, хвоя игольчатая узколанцетная, прижатая к побегу. Данная характеристика побегов можжевельников выделяется определителем как важный систематический параметр [3].

Сравнение морфологических показателей побегов с помощью утилиты Excel «Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями» позволило достоверно выявить следующие различия. Размеры побегов и число хвои на побеге у можжевельников в двух типах еловых сообществ были сходные, а длина хвои снижалась в условиях ельника долгомошного (табл.1). Длина хвои можжевельников указанных популяций согласуется с данными Н.А. Михеевой [25], проводившей исследования можжевельника обыкновенного в хвойных и смешанных древостоях в районе Томского лесоболотного стационара Института леса СО РАН (междуречье Оби и Томи). По данным автора, длина хвои можжевельника составляет 12.4–12.7 мм [25]. Среди морфометрических характеристик побега можжевельника горнолесной зоны Урала достоверные отличия наблюдаются лишь для таких показателей, как длина побега и длина хвои (табл. 2).

В определителях в качестве систематических признаков видов *Juniperus* используют длину и форму хвои, а также размер шишек [3, 4, 6]. Можжевельник обыкновенный в книге «Флора Северо-Востока европейской части СССР» [3] описывается следующим образом: листья 1–1.5 см длины, пря-

Таблица 1
Сравнение морфометрических характеристик побегов можжевельника обыкновенного в разных экотопах

Table 1
Comparison of morphometric characteristics of *Juniperus communis* shoots in different ecotopes

Показатель	Ельник чернично-сфагновый			Ельник долгомошный			р-уровень
	X	σ_x	n	X	σ_x	n	
Длина побегов, мм	23.7	135.8	50	20.2	51.6	50	0.08
Число хвои на побеге	15.7	18.1	50	14.4	17.1	50	0.13
Длина хвои, мм	11.4	6.5	100	9.6	2.6	100	0.00
Охвоенность, шт·мм ⁻¹	0.7	0.06	50	0.75	0.05	50	0.86

Примечание: X – среднее значение выборки, σ_x – дисперсия выборки, n – число наблюдений.

Note: X – mean value of the sample, σ_x – sample variance, n – number of observations.

Таблица 2
Сравнение морфометрических характеристик побегов можжевельника сибирского в разных экотопах

Table 2
Comparison of morphometric characteristics of *Juniperus sibirica* shoots in different ecotopes

Показатель	Березовое криволесье			Лиственничник крупнотравный			р-уровень
	X	σ_x	n	X	σ_x	n	
Длина побегов, мм	11.8	3.9	12	15.4	31.9	34	0.00
Число хвои на побеге	13.8	6.3	16	15.0	16.1	34	0.18
Длина хвои, мм	5.8	1.7	83	5.0	0.8	104	0.00
Охвоенность, шт·мм ⁻¹	1.2	0.05	12	1.1	0.19	34	0.53

мые, длиннозаостренные, колючие, сильно отклоненные. Для можжевельника сибирского дана следующая характеристика: листья 0.5 – 0.8 см длины, серповидно изогнутые, коротко заостренные, сближенные, прижатые к ветвям. Наши исследования морфометрии побегов можжевельников, произрастающих в разных сообществах, согласуются с описанием систематических признаков двух видов можжевельников, предложенным во «Флоре Северо-Востока европейской части СССР» [3]. На основании систематических признаков, выделяемых в работе [3] как ключевые, и результатов статистического сравнения морфометрических параметров хвои исследуемых можжевельников, приведенных в табл. 1, можно заключить, что вариабельность данных признаков не превышает внутривидовой изменчивости. Поэтому нами рассматривается популяция можжевельника в ельнике чернично-сфагновом и популяция можжевельника в ельнике долгомошном как один вид – можжевельник обыкновенный. На тех же основаниях выделяются можжевельник в березовом криволесье Северного Урала и можжевельник в лиственничнике крупнотравном на Приполярном Урале как популяции можжевельника сибирского (табл. 2).

Для более основательного анализа структурных особенностей изучаемых видов нами увеличено количество сравниваемых параметров, добавив гистологические и субмикроскопические. Чтобы верифицировать правомерность разделения можжевельников на два вида, нами проведено сравнение их структурных параметров, используя средние показатели, полученные путем объединения двух популяций таежной зоны можжевельника и двух популяций можжевельника горнолесного пояса Урала.

Стандартное сравнение средних значений, полученных таким образом структурных показателей, выявило следующие особенности. Можжевельник обыкновенный достоверно отличается от можжевельника сибирского по длине побегов и хвои, а также охвоенности (табл. 3). Длина побегов и хвои можжевельника сибирского меньше, в свою очередь охвоенность выше, что связано с укорочением длины побега и не отличающимся числом хвои на побеге.

Таблица 3
Сравнение морфометрических характеристик побегов можжевельников

Table 3
Comparison of morphometric characteristics of junipers shoots

Показатель	<i>J. communis</i>			<i>J. sibirica</i>			р-уровень
	X	σ_x	n	X	σ_x	N	
Длина побегов, мм	21.9	95.7	100	14.5	26.9	46	0.00
Число хвои на побеге	15.0	17.9	100	14.6	13.1	50	0.53
Длина хвои, мм	10.5	5.4	200	5.4	1.4	187	0.00
Охвоенность, шт·мм ⁻¹	0.75	0.05	100	1.11	0.15	46	0.00

На поперечном срезе хвоя можжевельников имеет толстостенную эпидерму с мощной кутикулой (см. рисунок). На гистологических срезах площадь поперечного среза хвои можжевельников достоверных отличий не имеет (табл. 4). Парциальный объем смоляного канала и мезофилла достоверно отличались между видами. Но, вероятно, именно парциальный объем смоляного канала определяет различие в парциальном объеме, занимаемом мезофиллом. По мнению И.Л.Фуксман [26], низкие температуры окружающей среды вызывают у хвойных синтез вторичных метаболитов. Усиленное смолообразование может быть обеспечено только более развитым смоляным каналом, что и наблюдается у можжевельника сибирского.

Достоверные отличия между видами также были выявлены в параметрах покровных тканей хвои (табл. 4). Так, можжевельник обыкновенный имеет более развитый слой гиподермы по сравнению с можжевельником сибирским. Напротив, размеры эпидермы с кутикулой у сибирского вида превышают размеры этой ткани у можжевельника обыкновенного. Утолщение слоя эпидермы с кутикулой у можжевельника сибирского, вероятно, обусловлено более развитой кутикулой. З.К. Долгая [10] отмечала

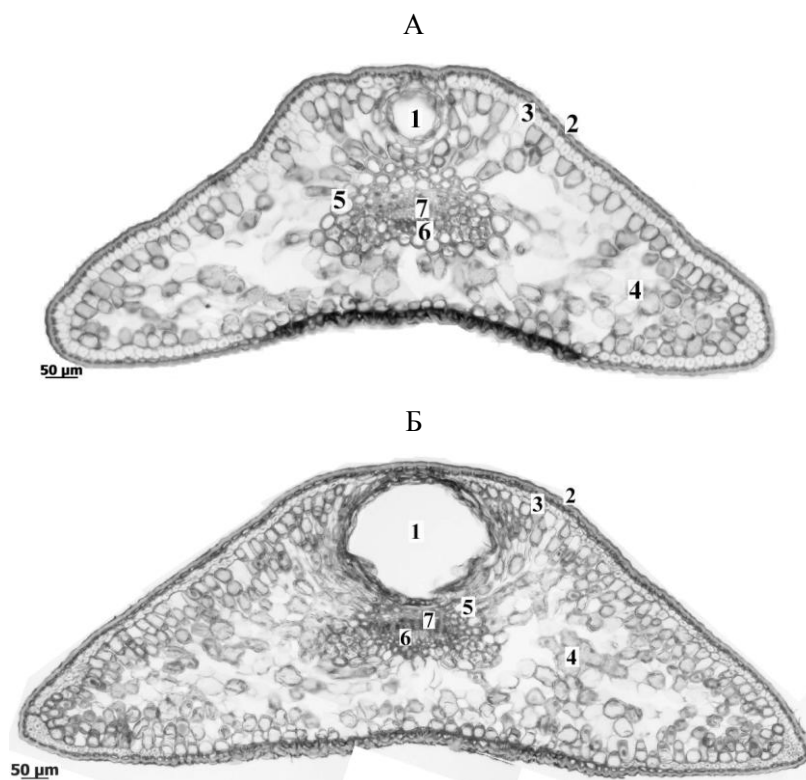


Рис. Поперечный срез хвои можжевельника обыкновенного в ельнике чернично-сфагновом (А) и можжевельника сибирского на Северном Урале (Б). Обозначения: 1 – смоляной канал, 2 – эпидерма, 3 – гиподерма, 4 – мезофилл, 5 – эндодерма, 6 – флоэма, 7 – ксилема.

Fig. Needle cross section of *J. communis* in spruce bilberry-sphagnum (A) and *J. sibirica* in the Northern Urals (B). Legend: 1 – resin duct, 2 – epidermis, 3 – hypodermis, 4 – mesophyll, 5 – endodermis, 6 – phloem, 7 – xylem.

Таблица 4
Сравнение анатомических показателей хвои можжевельников

Table 4
Comparison of the anatomical indicators of the needles of junipers

Показатель	<i>J. communis</i>			<i>J. sibirica</i>			р-уровень
	X	σ_x	n	X	σ_x	n	
Площадь поперечного среза хвои, мм ²	0.39	0.003	32	0.40	0.0039	18	0.44
Парциальный объем, %: проводящего цилиндра	8.1	1.8	32	8.5	2.0	18	0.39
смоляного канала	6.0	2.7	32	8.0	2.2	18	0.00
мезофилла	59.3	9.2	32	55.8	14.9	18	0.00
Эпидерма с кутикулой, мкм	14.5	4.4	68	16.7	14.4	25	0.01
Гиподерма, мкм	16.1	10.9	61	13.3	13.4	26	0.00

уменьшение толщины кутикулярного слоя поверхности хвои можжевельника обыкновенного, произрастающего в Хибинах, при его интродукции в питомник Лесотехнической академии (г. Санкт-Петербург).

Количественные показатели ультраструктуры клеток мезофилла хвои можжевельников также имеют различия. Число хлоропластов на срез клетки мезофилла у можжевельника сибирского по сравнению с можжевельником обыкновенным больше, однако по размерам они мельче (табл.5). Некоторые авторы [27] в своих исследованиях отмечают

Таблица 5
Сравнение количественных параметров клеток мезофилла в однолетней хвое можжевельников в разных экотонах

Table 5
Comparison of quantitative parameters of mesophyll cells in one-year needles of junipers in different ecotopes

Показатель	<i>J. communis</i>			<i>J. sibirica</i>			р-уровень
	X	σ_x	n	X	σ_x	n	
Число хлоропластов на срез клетки	15.5	13.5	29	20.4	41.8	30	0.00
Площадь среза хлоропласта без крахмальной гранулы, мкм ²	13.3	9.8	40	8.0	10.2	37	0.00
Число: гран на срез хлоропласта	16.2	34.0	22	12.1	22.9	11	0.04
тилакоидов в грани	4.7	1.9	40	4.5	3.9	13	0.82
пластоглобул на срез хлоропласта	23.6	205.4	27	29.3	94.2	14	0.14
митохондрий на срез	24.0	102.8	20	32.5	147.2	20	0.02
Диаметр митохондрий, мкм	1.0	0.05	39	0.9	0.04	32	0.20

увеличение числа хлоропластов в клетках ассимиляционной ткани растений на северной границе ареала видов. Высокая изменчивость данного показателя внутри одного вида снижает значимость

этой характеристики для систематики. Видовые отличия достоверно проявляются и в числе гран на срез хлоропласта. У можжевельника сибирского число митохондрий на срез клетки значимо превышает этот показатель для можжевельника обыкновенного (табл. 5).

Заключение

Критерии, применяемые в систематике видов можжевельников, позволяют отнести изученные кустарники к разным видам. Но вместе с тем, более развернутый анализ структуры хвои на разных уровнях организации выявил ряд близких по значению параметров. Поэтому вопрос о видовой принадлежности сравниваемых можжевельников остается открытым.

В настоящее время более точным методом определения видов считаются молекулярно-генетические исследования. С этой целью при неопределенности систематического положения можжевельников было проведено молекулярно-генетическое исследование образцов трех разных популяций. Исследованные нуклеотидные последовательности были депонированы в GenBank и им присвоены номера KU682782, KU682783, KU682784. Секвенирование интрона гена *trnL* двух видов можжевельников показало, что эти последовательности у можжевельника обыкновенного из ельника чернично-сфагнового (равнинный ландшафт), ельника долгомошного (предгорья Северного Урала) и у можжевельника сибирского (Приполярный Урал) по данному типу маркера идентичны. Поэтому рассматриваемые формы можжевельника не могут быть отнесены к разным видам. Это согласуется с ранее проведенным исследованием *J. communis* L. и *J. nana* Willd. равнинной и горной популяции Польши, в ходе которого установлено 100 %-ное сходство по нуклеотидной последовательности фрагмента, включающего экзон гена *trnL* (UAA) и ген *trnF* (GAA) хлоропластной ДНК у изученных видов [15]. Однако R. Adams, A. Schwarzbach [28] определяли видовую принадлежность растений рода *Juniperus* в США по следующим последовательностям: *petN-psbM*, *trnS-trnG*, *trnD-trnT*, *trnL-trnF* генома хлоропластов и ITS-последовательностям генома ядра. Очевидно, привлечение нескольких молекулярных маркеров обеспечивает более высокую разделяющую способность на видовом уровне.

Таким образом, сравнение структурных параметров ассимиляционного аппарата можжевельников не позволяет положительно решить вопрос об их видовой самостоятельности. Несмотря на ряд установленных нами достоверных различий в структурной организации (размерах побегов и хвои, толщине эпидермы с кутикулой, парциальном объеме смоляного канала, размерах хлоропластов, числе митохондрий на срез клетки), другие не менее важные характеристики хвои отличий не имеют. Молекулярно-генетический анализ исследуемых образцов на основе сравнения последовательности интрона (UAA) и части экзона гена *trnL* хлДНК показал абсолютное сходство изученных форм можжевельников. В связи с этим вопрос о положении в

современной систематике можжевельника сибирского семейства *Cupressaceae* нельзя считать до конца разрешенным и требует дополнительных исследований его генетической структуры.

Авторы признательны ведущим инженерам-электроникам Института биологии Коми НЦ УрО РАН А.И. Патову и С.П. Швецову за техническое обеспечение работы на электронном микроскопе, а также к.б.н. С.И. Тарасову и к.б.н. С.Н. Плюниной за всестороннюю помощь в работе над статьей.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России», номер гос.регистрации AAAA-A17-117122 090014-8.

Литература

1. Adams R.P., Pandey R.N. Analysis of *Juniperus communis* and its varieties based on DNA fingerprinting. *Biochem. Syst. Ecol.* 2003. No. 31. P. 1271–1278.
2. Козубов Г.М., Муратова Е.Н. Современные голосеменные. Л., 1986. 193 с.
3. Флора Северо-Востока европейской части России. М., 1974. Т. 1. С. 71–73.
4. Коропачинский И.Ю. Древесные растения Сибири. Новосибирск, 1983. С. 65–68.
5. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.
6. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск, 2002. С. 64–72.
7. Adams R.P. Junipers of the world: The genus *Juniperus*. Vancouver, 2004. 408 p.
8. Князева С.Г. Опыт применения многомерных методов для определения таксономического положения *Juniperus sibirica* (*Cupressaceae*) // Бот. журн. 2004. Т. 89. № 2. С. 256–260.
9. Соколов С.Я., Связева О.А., Кубли В.А., Скворцов А.К. и др. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Т. 1. Л., 1977. 164 с.
10. Долгая З.К. Влияние климата на анатомо-морфологические особенности хвои можжевельников // Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. 1937. № LXVI (2). С. 249–294.
11. Козубов Г.М., Евдокимов А.М. Можжевельник в лесах Севера // Лесное хозяйство. 1965. № 1. С. 57–69.
12. Jalas J., Suominen J. Atlas Florae Europaeae. 2. Gymnospermae (Pinaceae to Ephedraceae). Helsinki, 1973. 40 p.
13. Oladele F.A. Inner surface sculpture patterns of cuticles in *Cupressaceae*. *Can. J. Bot.* 1983. No. 61. P. 1222–1231.
14. Ермолина П.И., Тарбаева В.М. Сравнительная морфология, анатомия и ультраскульптура семян и шишек видов рода *Juniperus* L. в связи с их систематикой. СПб., 2002. 50 с.

15. Filipowicz N., Piotrowski A., Ochocka J.R., Asztomborska M. The phytochemical and genetic survey of common and dwarf juniper (*Juniperus communis* and *Juniperus nana*) identifies chemical races and close taxonomic identity of the species. *Planta medica*, 2006. No 72(09). P. 850–853.
16. Хантемирова Е.В., Беркутенко А.Н., Семеригов В.Л. Систематика и геогеография *Juniperus communis* L. по данным изоферментного анализа // Генетика. 2012. № 48 (9). С. 1077–1084.
17. Мухеева Н.А., Муратова Е.Н. Кариологическое изучение двух популяций можжевельника обыкновенного *Juniperus communis* L. в Западной Сибири // Цитология. 2005. №47(8). С. 747–752.
18. Terry R.C., Nowak R.S. and Tausch R.J. Genetic variation in chloroplast and nuclear ribosomal DNA in Utah juniper (*Juniperus osteosperma*, Cupressaceae): evidence of interspecific gene flow. *Am. J. Bot.* 2000. No 87. P. 250–258.
19. Скупченко В.Б. Вибрационная микротомия мягких тканей. Сыктывкар, 1979. 56 с. (Сер. препринтов «Новые научные методики» / Коми филиал АН СССР; вып. 2).
20. Скупченко В.Б. Морфометрия на экране электронного микроскопа // Бот. журн. 1990. № 75(10). С. 1463–1467.
21. Adams R.P. Geographic variation in leaf essential oils and RAPDs of *J. polycarpus* K. Koch in central Asia. *Biochem. Syst. Ecol.* 2001. No. 29. P. 609–619.
22. Adams R., Schwarzbach A.E. and Tashev A.N. Chloroplast capture in *Juniperus sabina* var. *balkanensis*, from the Balkan peninsula: A new variety with a history of hybridization with *J. thurifera* // *Phytologia*. 2016. No. 98. P. 100–111.
23. Adams R., Schwarzbach A.E. and Tashev A.N. Discovery of *Juniperus sabina* var. *balkanensis* in western Turkey (Anatolia) // *Phytologia*, 2017. No. 99. P. 22–31.
24. Taberlet P., Gielly L., Pautou G., Bouvet J. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA // *Plant Mol. Biol.* 1991. № 17. С. 1105–1109.
25. Мухеева Н.А. Морфолого-анатомические и кариологические особенности можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) в гидроморфных и суходольных условиях произрастания: Автореф. дис. канд. биол. наук. Красноярск, 2005. 18 с.
26. Фуксман И.Л. Роль вторичных метаболитов в физиолого-биохимических механизмах реакции сосны обыкновенной на стресс // Вестник Башкирского ун-та, 2001. № 2 (II). С. 131–133.
27. Мирославов Е.А., Вознесенская Е.В., Буболо Л.С. Ультроструктурные основы адаптации растений к условиям Крайнего Севера / Проблемы фундаментальной экологии. Т.1. Экология в России на рубеже XXI века (наземные экосистемы). М., 1999. С. 236–251.
28. Adams R.P., Schwarzbach A.E. DNA barcoding a Juniper: the case of the south Texas duval county Juniper and Serrate Junipers of North America // *Phytologia*. 2011. No. 93(1). P. 146–154.

References

1. Adams R.P., Pandey R.N. Analysis of *Juniperus communis* and its varieties based on DNA fingerprinting. *Biochem. Syst. Ecol.* 2003. No. 31. P. 1271–1278.
2. Kozubov G.M., Muratova E.N. Sovremennyye golosemennyye [Contemporary gymnosperms]. Leningrad, 1986. 193 p.
3. Flora Severo-vostoka Yevropeyskoy chasti Rossii [Flora of the Northeast of the European part of Russia]. Moscow, 1974, Vol. 1. P. 71–73.
4. Koropachinsky I.Yu. Drevesnyye rasteniya Sibiri [Woody plants in Siberia]. Novosibirsk, 1983. P. 65–68.
5. Cherepanov S.K. Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)]. St.Petersburg, 1995. 992 p.
6. Koropachinsky I.Yu., Vstovskaya T.N. Drevesnyye rasteniya Aziatskoy Rossii [Woody plants of the Asian Russia]. Novosibirsk, 2002. P. 64–72.
7. Adams R. P. Junipers of the world: The genus *Juniperus*. Vancouver, 2004, 408 p.
8. Knyazeva S.G. Opyt primeneniya mnogomernykh metodov dlya opredeleniya taksonomicheskogo polozheniya *Juniperus sibirica* (Cupressaceae) [Experience of application of multidimensional methods for determining the taxonomic position of *Juniperus sibirica* (Cupressaceae)] // *Bot. J.*, 2004. Vol. 89. № 2. P. 256 - 260.
9. Sokolov S.I., Svyazeva O.A., Kubli V.A., Skvortsov A.K. et al. Arealnyy razryad i kustarnikov SSSR [Areas of distribution of trees and shrubs in the USSR]. Vol. 1. Leningrad, 1977. 164 p.
10. Dolgaya Z.K. Vliyaniye klimata na anatomomorfologicheskiye osobennosti khvoi mozhzhevel'nikov [The impact of climate on the anatomical and morphological characteristics of juniper needles] // *Proc. of Leningrad Society of naturalists*. 1937. No. LXVI(2). P. 249–294.
11. Kozubov G.M., Evdokimov A.M. Mozhzhevel'nik v lesakh Severa [Juniper in the North forests]. Forestry. 1965. No. 1. P. 57–69.
12. Jalas J., Suominen J. Atlas Florae Europaeae. 2. Gymnospermae (Pinaceae to Ephedraceae). Helsinki, 1973. 40 p.
13. Oladele F.A. Inner surface sculpture patterns of cuticles in Cupressaceae. *Can. J. Bot.* 1983. No. 61. P. 1222–1231.
14. Ermolina P.I., Tarbaeva V.M. Sravnitel'naya morfologiya, anatomiya i ul'traskul'ptura semyan i shishek vidov roda *Juniperus* L. v svyazi s ikh sistematikoy [Comparative morphology, anatomy and ultrasculpture of seeds and cones of the genus *Juniperus* L. in rela-

- tion to their systematics]. St.Petersburg, 2002. 50 p.
15. Filipowicz N., Piotrowski A., Ochocka J. R., Asztemborska M. The phytochemical and genetic survey of common and dwarf juniper (*Juniperus communis* and *Juniperus nana*) identifies chemical races and close taxonomic identity of the species. *Planta medica*, 2006. No. 72(09). P. 850–853.
16. Khantemirova E.V., Berkutenko A.N., Semerikov V.L. Sistematika i genogeografiya *Juniperus communis* L. po dannym izofermentnogo analiza [Systematics and gene geography of *Juniperus communis* L. inferred from isoenzyme data] // Russian J. of Genetics. 2012. No. 48(9). p. 920–926.
17. Mikheeva N.A., Muratova E.N. Kariologicheskoye izucheniye dvukh populyatsiy mozhzhevel'nika obyknovennogo *Juniperus communis* L. v Zapadnoy Sibiri [Karyological study of two populations of the common juniper *Juniperus communis* L. in West Siberia]// Cytology. 2005. No. 47(8). P. 747–752.
18. Terry R.C., Nowak R.S. and Tausch R.J. Genetic variation in chloroplast and nuclear ribosomal DNA in Utah juniper (*Juniperus osteosperma*, Cupressaceae): evidence of interspecific gene flow. *Am. J. Bot.* 2000. No. 87. P. 250–258.
19. Skupchenko V.B. Vibratsionnaya mikrotomiya myagkikh tkaney. Novyye nauch. metod. [Vibrating microtomy of soft tissues]. Syktyvkar, 1979. 56 p. (Series of preprints “New sci. methods” / Komi Branch, USSR Ac. Sci.; Issue 2).
20. Skupchenko V.B. Morfometriya na ekrane elektronnoy mikroskopa [Morphometry on the electron microscope screen]. *Bot. J.* 1990. No. 75(10). P. 1463–1467.
21. Adams R.P. Geographic variation in leaf essential oils and RAPDs of *J. polycarpus* K. Koch in central Asia. *Biochem. Syst. Ecol.* 2001. No. 29. P. 609–619.
22. Adams R., Schwarzbach A.E. and Tashev A.N. Chloroplast capture in *Juniperus sabina* var. *balkanensis*, from the Balkan peninsula: A new variety with a history of hybridization with *J. thurifera*//*Phytologia*. 2016. No.98. P. 100–111.
23. Adams R., Schwarzbach A.E. and Tashev A.N. Discovery of *Juniperus sabina* var. *balkanensis* in western Turkey (Anatolia) // *Phytologia*. 2017. No. 99. P. 22–31.
24. Taberlet P., Gielly L., Pautou G., Bouvet J. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. *Plant Mol. Biol.* 1991. № 17. P. 1105–1109.
25. Mikheeva N.A. Morfoloogo-anatomicheskiye i kariologicheskiye osobennosti mozhzhevel'nika obyknovennogo (*Juniperus communis* L.) v gidromorfnykh i sukhodol'nykh usloviyakh prozrastaniya [Morphological-anatomical and karyological characteristics of *Juniperus (Juniperus communis* L.) in dry valley and hydromorphic growing conditions]: *Abstract of diss... Cand. Sci. (Biology)*. Krasnoyarsk, 2005. 18 p.
26. Fuksman I.L. Rol' vtorichnykh metabolitov v fiziologo-biokhimicheskikh mekhanizмах reaktsii sosny obyknovennoy na stress [The role of secondary metabolites in physiological and biochemical mechanisms of *Pinus silvestris* reaction to stress] // *Bull. of Bashkir Univ.*, 2001. No. 2 (II). P. 131–133.
27. Miroslavov E.A., Voznesenskaya E.V., Bubolo L.S. Ul'trastrukturnyye osnovy adaptatsii rasteniy k usloviyam Kraynego Severa [Ultrastructural bases of plant adaptation to the conditions of the Extreme North] / *Problems of fundamental ecology*. Vol. 1. Ecology in Russia at the turn of the XXI century (terrestrial ecosystems). Moscow, 1999. P. 236–251.
28. Adams R. P., Schwarzbach A. E. DNA barcoding a Juniper: the case of the south Texas duval county Juniper and Serrate Junipers of North America // *Phytologia*. 2011. No. 93(1). P. 146–154.

Статья поступила в редакцию 04.10.2017.

УДК [504.43+504.73].054: 547.912

**НАКОПЛЕНИЕ ПОЛИАРЕНОВ В ПОЧВАХ И КУСТАРНИКАХ
BETULA NANA В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ТУНДРЫ**

Е.В. ЯКОВЛЕВА, Д.Н. ГАБОВ, К.С. ВЕЖОВ

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

Исследовано накопление полиаренов (ПАУ) в органогенных горизонтах почв и кустарниках *Betula nana* в зоне техногенного воздействия угольной шахты. Установлено двукратное превышение содержания ПАУ в растениях на загрязненных участках относительно фоновых, 7–8-кратное – в почвах. С удалением от источника эмиссии вклад поверхностного загрязнения в общее содержание ПАУ в *Betula nana* оставался неизменным для суммарной массовой доли ПАУ и варьировал для индивидуальных структур. ПАУ активно проникали в листья, ветви и кору кустарника, в стебли попадали в незначительных количествах, концентрировались на поверхности корней. При исследовании краткосрочного загрязнения могут быть использованы листья, для анализа долгосрочного воздействия – кора *Betula nana*.

Ключевые слова: полиарены, *Betula nana*, почва, южная тундра, добыча угля

E.V. YAKOVLEVA, D.N. GABOV, K.S. VEZHOV. ACCUMULATION OF POLYARENES IN SOILS AND SHRUBS OF *BETULA NANA* IN THE SOUTHERN TUNDRA

The studies of polyarenes content in *Betula nana* shrub and organogenic horizon of tundra surface gley soil were performed at control site 6 km from the Khanovey railway station and at a distance of 0,5; 1 and 1,5 km from the "Vorkutinskaya" coal mine. It was found that the polyarenes content in *Betula nana* in the polluted areas exceeded the background values 2 times and decreased slightly with the distance from the mine. The greatest frequency of exceeding the background values were found for chrysene and heavy polyarenes. The changes in the content of polyarenes in *Betula nana*, depending on the distance from the mine, were statistically insignificant. The content of polyarenes in soils of contaminated sites exceeded the background values 7-8 times and decreased slightly with the distance from the source of contamination. It is shown that polyarenes, including heavy ones, in tundra conditions can migrate to a distance of more than 1,5 km. It was revealed that the contribution of surface contamination to the total polyarene content in the plant for all studied sites was approximately the same and amounted to about 20 %. Thus, the contribution of different polyarenes structures in the content of polyarenes on the surface of the shrub changed, that depended mainly on their mass. The obtained results indicate the active penetration, mainly of light polyarenes, in the leaves, branches and bark of *Betula nana* at a high level of pollution. At a distance of 1,5 km from the mine, the transport of polyarenes to the surface decreased which led to their lower accumulation. Penetration of polyarenes to the stems of *Betula nana* was low. Polyarenes concentrated on the roots surface that complicated their transport to the terrestrial part of the plant. It is established that at the control site and the sites located at a distance of 1 and 1,5 km from the mine, polyarenes were of petrogenic origin; at a distance of 0,5 km from the mine an additional contribution of pyrogenic polyarenes was revealed due to the proximity of the auto road. Owing to the wide prevalence and the ability to accumulate polyarenes from the environment, *Betula nana* can be used as an indicator species characterizing the degree of contamination of the territory with polyarenes. When investigating the recent contamination, the leaves of the plant can be used, to analyze the long-term impact it is better to use the bark of *Betula nana*.

Keywords: polyarenes, *Betula nana*, soil, southern tundra, coal mining

Введение

В последние годы большое внимание уделяется экологическим исследованиям наиболее

уязвимых и неустойчивых экосистем, таких как тундровые биоценозы. В тундровой зоне европейского Северо-Востока России хорошо развита угледобывающая промышленность. Угольные шахты созда-

ют ореолы аэротехногенного загрязнения. В состав аэрозольных выбросов шахт входят тяжёлые металлы и различные органические вещества, в том числе полициклические ароматические углеводороды, или полиарены (ПАУ). Эти соединения характеризуются повышенной канцерогенной, мутагенной, токсичной активностью и значительной мобильностью [1, 2]. Принято разделять ПАУ на легкие – 2–4- ядерные структуры и тяжелые 5–6- ядерные. ПАУ из атмосферы попадают на поверхность растений, активно аккумулируясь в них, в дальнейшем они мигрируют и накапливаются по всей пищевой цепи. Именно с токсичным действием ПАУ, содержащихся в угле, учёные связывают проявление врождённых пороков развития у детей [3]. Эти факты влияют на изучение механизмов накопления ПАУ в растениях и являются актуальной задачей современных научных исследований.

Верхний ярус кустарничковой тундры представлен в основном кустарничковой растительностью, включающей в себя *Betula nana* (карликовая березка) и разные виды ив. При этом особенности накопления различных загрязнителей в кустарничковых видах не достаточно изучены. Среди растений южной кустарничковой тундры *Betula nana* является наиболее распространенным видом, его вклад в биомассу данных фитоценозов составляет 33–35 %. По нашим данным, вклад *Betula nana* в вынос ПАУ в экосистемах кустарничковой тундры составляет 10 % для фоновых участков и до 16 % – на загрязненных [4]. Это делает *Betula nana* интересным объектом для исследования. Так, М.П. Тентюковым [5] были исследованы характеристики накопления тяжёлых металлов в тундровых кустарниках *Betula nana* и *Salix glauca* в условиях аэротехногенного загрязнения п-ова Ямал. Авторы изучали лишь побеги текущего года и выявили, что кустарники отличаются невысокими коэффициентами биологического накопления тяжёлых металлов. Часто исследования содержания минерального состава кустарников носят прикладной характер, так иностранные исследователи изучали состав *Betula nana* как кормового продукта северных оленей [6]. Канадские учёные с 2001 г. по 2010 г. осуществляли мониторинговые исследования содержания полихлорированных бифенилов (ПХБ) в карликовой березке в Арктической зоне до, во время и после загрязнения. Исследования проводили для побегов текущего года. При загрязнении авторами были отмечены резкие повышения уровня содержания ПХБ в березке – до 14 раз, через три года после рекультивации концентрации загрязнителей снижались до базового уровня [7].

Аккумуляция элементов высшими растениями происходит путем поглощения корнями и листьями, а также выпадения их на поверхность растений. У высших растений трудно разделить элементы, поступившие из воздуха и почвы, так как поглощенные из почвы следовые элементы переносятся по хорошо развитой проводящей системе. Видовые особенности и состояние листовых поверхностей, их расположение на растении играют важную роль в удержании частиц. Перенос элементов, связан-

ных с частицами, внутрь растения может осуществляться, прежде всего, в результате растворения частиц на влажных листьях; затем этот раствор диффундирует сквозь кутикулу или проникает через трещины в ней [8]. Исследования содержания ПАУ в листьях *Quercus ilex* и эпифитном мхе *Leptodon smithii* в городских районах показали, что листья дуба с мощной восковой кутикулой активнее накапливали полиарены, чем мох. В листьях и во мхе в районе города обнаружены значительные количества как легких, так и тяжелых полиаренов [9]. По мнению других исследователей, важную роль в поглощении ПАУ играют плотность и площадь поверхности листа. При исследовании накопления полиаренов листьями кизила (*Cornus mas*), клена (*Acer pseudoplatanus*) и лещины обыкновенной (*Corylus avellana*) было выявлено, что листья лещины отличались более высоким коэффициентом поглощения, клен стал важнейшим видом для оценки коэффициента поглощения ПАУ пологом леса, так как отличался высоким индексом площади листа [10]. Другими исследователями показано, что листья липы *Tilia euchlora* обладают более высокой способностью накапливать ПАУ и тяжелые металлы, чем листья груши *Pyrus calleryana* тех же размеров [11].

В условиях антропогенного пресса, под действием которого находятся тундровые фитоценозы, первоочередной задачей современных экологических исследований становится изучение особенностей накопления ПАУ, как сильнейших органических токсикантов в фитоценозах тундры, выявление характеристик распространения полиаренов на дальние расстояния в условиях отсутствия древесной растительности, изучение перераспределения полиаренов по органам наиболее распространенных видов растений, в том числе употребляемых в пищу животными, что способствует продвижению токсикантов по пищевой цепи. На данный момент эти темы слабо проработаны и практически не освещены в научной литературе.

Цель данного исследования – выявить пространственное распределение ПАУ в органогенных горизонтах почв в зоне техногенного действия угольной шахты, установить особенности поверхностного накопления и биоаккумуляции ПАУ в кустарничках *Betula nana*, оценить возможность использования *Betula nana* в целях биомониторинга загрязнения тундровых фитоценозов полиаренами.

Объекты и методы исследования

Исследования содержания полиаренов в кустарнике *Betula nana* и органогенном горизонте (A0) тундровой почвы проведены в южной кустарничковой тундре (Воркутинский р-н Республики Коми). Почвы и растения отобраны на фоновом участке в 6 км от ст. Хановой и в зоне техногенного воздействия угольной шахты «Воркутинская» на расстоянии 0,5; 1,0 и 1,5 км от источника эмиссии в северо-восточном направлении (с учетом преимущественного направления ветров). Отбор проб проводили в трехкратной повторности. На каждом участке было заложено по три пробных площадки размером 100×

100 см. На каждой площадке отбирали единичные пробы кустарников и органогенных горизонтов почв, из которых далее формировали соответствующие смешанные пробы.

Химико-аналитические исследования почв и растений были выполнены в ЦКП "Хроматография" Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Образцы высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Оценку поверхностного загрязнения полиаренами листьев, ветвей, коры и корней кустарника проводили по методике, описанной А. Г. Горшковым [12], согласно которой навеску 1 г не растертой пробы растения помещали в коническую колбу вместимостью 100 см³, прибавляли с помощью цилиндра вместимостью 100 см³, 60 см³ гексана и экстрагировали в течение 30 мин в ультразвуковой ванне. В этом случае экстрагируются ПАУ, находящиеся на поверхности растений, соединения, поглощенные растением, не извлекаются. Полученный экстракт фильтровали через бумажный фильтр «белая лента», фильтрат концентрировали до объема 5 см³ в аппарате Кудерна-Даниша при температуре в термостате 85 °С, затем добавляли 3 см³ ацетонитрила и вновь упаривали при температуре 90 °С до полного удаления гексана. Полученный концентрированный экстракт далее анализировали на содержание ПАУ.

Извлечение ПАУ из проб угля, почв и растений осуществляли методом экстракции субкритическими растворителями с помощью системы ASE-350 (Dionex Corporation, США). Это один из самых эффективных способов экстракции ПАУ, обеспечивающий максимально возможное их извлечение из исследуемых объектов. Навеску 1 г представителя (угля, почвы, растения) помещали в экстракционную ячейку и трижды экстрагировали смесью хлористый метилен : ацетон (1:1) при температуре и давлении в ячейке 100 °С и 1600 psi (11031 кПа) соответственно. Полученные экстракты концентрировали в аппарате Кудерна-Даниша при температуре в термостате 70 °С, затем добавляли 3 см³ гексана и вновь упаривали до полного удаления хлористого метилена и ацетона. Концентрированный экстракт из пробы объемом 3 см³ очищали от полярных соединений методом колоночной хроматографии на оксиде алюминия II степени активности по Брокману. В качестве элюента использовали 50 см³ смеси гексан : хлористый метилен (4:1). Элюат концентрировали в аппарате Кудерна-Даниша при температуре в термостате 85 °С до объема 5 см³, затем добавляли 3 см³ ацетонитрила и вновь упаривали при температуре 90 °С до полного удаления гексана. Концентрированный экстракт анализировали на содержание ПАУ.

Количественный химический анализ ПАУ в экстрактах из исследуемых материалов проводили методом градиентной высокоэффективной жидкостной хроматографии со спектрофлуориметрическим детектированием (жидкостный хроматограф «Люмахром», ООО «Люмэкс», Россия, г. Санкт-Петербург). Условия хроматографирования: колонка SupelcoTM LC-PAH 5 мкм (25 см × 2.1 мм), термоста-

тированная при температуре 30 °С, подвижная фаза – ацетонитрил : вода. Количественный анализ ПАУ проводили методом внешнего стандарта.

Контроль точности результатов измерений для образцов почвы определяли с использованием стандартного образца Standard Reference Material 1944 «New York/New Jersey Waterway Sediment» (National Institute of Standards & Technology, USA), для растений – Certified reference material BCR-683 (European commission community bureau of reference).

Статистическую обработку для оценки достоверности расхождений средних данных проводили при помощи t-критерия Стьюдента, P = 0,95.

Результаты и обсуждение

Для оценки специфики загрязнения исследуемых фитоценозов полиаренами был установлен качественный и количественный состав полиаренов в угле шахты «Воркутинская». Идентифицированы 14 соединений, среди которых преобладали легкие углеводороды – нафталин и фенантрен (рис.1). Ведущую роль нафталина и фенантрена в составе угля отмечали и другие исследователи, данные получены на основании анализа содержания ПАУ в угле 11 каменноугольных бассейнов по всему миру [13].

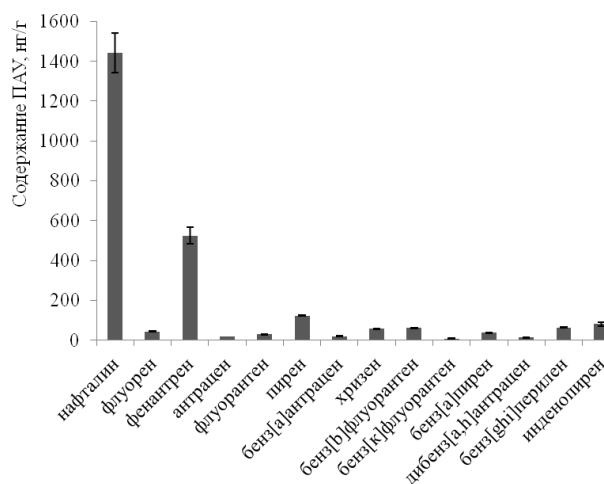


Рис.1. Массовая доля ПАУ в угле шахты «Воркутинская», нг/г.

Fig. 1. Mass fraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in coal of "Vorkutinskaya" coal mine, ng/g.

На поверхности растений было идентифицировано 11 ПАУ (табл.1). На поверхности растений фонового участка выявлены только легкие полиарены со значительным преобладанием фенантрена, массовая доля которого составила 47 %. Следует отметить, что нафталин, доминирующий в общем балансе ПАУ, выделенных из угля шахты «Воркутинская» и с поверхности растений фонового участка, почти не выявлен на загрязненных территориях. Как было показано нами ранее [14, 15], в условиях загрязнения у растений активизируется способность к поглощению ПАУ с поверхности, и в первую очередь, в ткани проникают более легкие полиарены.

Таблица 1
Массовая доля ПАУ на поверхности *Betula nana* на разном расстоянии от угледобывающего предприятия, нг/г

Table 1
Mass fraction of polyarenes on the surface of *Betula nana* at different distances from the coal mining enterprise, ng/g

Полиарены	Фон		0,5 км		1 км		1,5 км	
	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$
Нафталин	2,4	1,7	2,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Аценафтен	0,0	0,0	0,05	0,07	0,0	0,0	0,0	0,0
Флуорен	1,5	0,1	2,6	0,7	3,0	0,1	2,3	0,2
Фенантрен	6,3	0,02	15,1	0,8	14,3	2,9	13,1	1,6
Антрацен	0,2	0,02	0,9	0,01	0,8	0,3	0,8	0,1
Флуорантен	1,6	0,4	3,6	0,8	3,3	0,9	3,8	1,9
Пирен	1,2	0,01	4,0	0,9	2,0	0,1	2,8	0,9
Бенз[а]антрацен	0,01	0,02	0,3	0,1	0,3	0,05	0,1	0,1
Хризен	0,2	0,1	1,2	0,05	1,4	0,2	0,8	0,2
Бенз[к]флуорантен	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Бенз[а]пирен	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
ΣПАУ	13,5	1,2	30,0	6,1	25,4	2,1	23,6	2,4

Примечание: $\bar{X}$ – среднее значение, $S_{\bar{X}}$ – стандартное отклонение (то же в таблицах 2, 3).

Note: $\bar{X}$ – average value, $S_{\bar{X}}$ – standard deviation (same in Tables 2,3).

Общее содержание ПАУ на поверхности *Betula nana* на разных расстояниях от шахты «Воркутинская» превышало фоновые значения в два раза, по мере удаления от предприятия кратности превышения незначительно снижались. Максимальные кратности превышения отмечены для хризена и бенз[а]антрацена до 30 раз на удалении 0,5 и 1 км от источника. Содержание данных ПАУ на поверхности растений незначительно. Для остальных ПАУ кратности не превышали трех.

В растениях карликовой березки присутствовало 13 структур полиаренов. Кроме обнаруженных на поверхности, были выявлены бенз[б]флуорантен и бенз[ghi]периллен (табл.2). Общее содержание ПАУ в растениях в условиях загрязнения превышало фоновые значения в 2–2,5 раз, максимальные кратности превышения выявлены вблизи шахты, по мере удаления от источника загрязнения они уменьшались. Это связано с тем, что большинство ПАУ не способны распространяться на дальние расстояния [14–18]. Среди индивидуальных структур наибольшие кратности превышения фоновых значений отмечены для хризена и тяжёлых полиаренов, для других лёгких ПАУ не превышают трех.

Выявлены тесные корреляционные взаимосвязи между поверхностным накоплением и общим содержанием ПАУ в кустарнике. Максимальные коэффициенты корреляции отмечены для фонового участка ($r = 0,84$). Высокие значения коэффициентов корреляции для фонового участка могут быть объяснены сбалансированным состоянием, в котором находятся растения без дополнительного привноса ПАУ. Для загрязненных участков коэффициенты корреляции легких ПАУ варьировали в диапазоне от $r = 0,54$ – 0,70. Корреляционных связей между содержанием тяжёлых полиаренов на по-

Таблица 2
Суммарная массовая доля ПАУ в *Betula nana* на разном расстоянии от угледобывающего предприятия, нг/г

Table 2
Total mass fraction of polyarenes in *Betula nana* at different distance from coal mining enterprise, ng / g

Полиарены	Фон		0,5 км		1 км		1,5 км	
	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{X}}$
Нафталин	25,9	0,6	60,4	0,4	47,7	5,6	50,2	5,6
Аценафтен	1,8	0,4	1,58	0,9	1,2	0,2	1,3	0,3
Флуорен	6,7	0,6	8,6	0,5	6,9	0,4	7,8	0,3
Фенантрен	26,4	1,7	68,6	7,7	51,9	4,7	54,5	7,8
Антрацен	0,9	0,11	2,5	0,03	2,1	0,2	2,1	0,3
Флуорантен	3,8	1,0	12,7	2,0	10,6	2,3	10,2	2,1
Пирен	5,0	1,1	14,9	2,2	9,9	1,2	11,2	1,9
Бенз[а]антрацен	0,42	0,27	1,4	0,2	1,1	0,2	1,0	0,2
Хризен	1,4	0,5	5,8	0,9	5,7	0,6	5,2	0,8
Бенз[б]флуорантен	0,0	0,0	0,7	0,5	0,9	0,4	0,7	1,0
Бенз[к]флуорантен	0,05	0,02	0,5	0,1	0,3	0,1	0,4	0,06
Бенз[а]пирен	0,1	0,1	0,4	0,2	0,5	0,2	0,6	0,2
Бенз[ghi]периллен	0,1	0,1	0,4	0,2	0,9	0,2	0,8	0,2
ΣПАУ	72,6	2,3	178,5	12,1	139,3	16,5	145,8	16,4

верхности и в тканях растений не выявлено, что обусловлено практически отсутствием тяжелых ПАУ на поверхности растений.

Качественный состав ПАУ угля и *Betula nana* также тесно коррелировали между собой, коэффициенты корреляции составили $r = 0,89$ – $0,92$ для поверхностного загрязнения и $r = 0,83$ – $0,85$ для общего содержания ПАУ.

Вклад поверхностного загрязнения в общее содержание ПАУ в кустарнике для всех исследованных участков примерно одинаков и составляет около 20 %. При этом изменяется вклад разных структур полиаренов в содержание ПАУ на поверхности растений (рис. 2).

На расстоянии в 1,5 км от шахты увеличивается вклад флуорена, антрацена, бенз[а]антрацена и бензо[к]флуорантена в поверхностное загрязнение по сравнению с фоновым участком. На участках, расположенных в 0,5 и 1 км, вклад данных полиаренов возрастает более существенно и повышается пул хризена и бенз[а]пирена. По-видимому, в большей степени полиарены выпадают на поверхность вблизи угледобывающего предприятия, а на расстояние 1,5 км распространяются лишь более лёгкие структуры [14–18]. При этом следует отметить, что на загрязненных участках происходило снижение вклада нафталина и флуорантена.

Исследовано содержание ПАУ на поверхности разных органов *Betula nana*. Был отмечен большой интервал варьирования данных, полученных для разных растений, который позволяет говорить лишь о тенденциях в изменении содержания ПАУ (рис. 3).

Максимум ПАУ накапливается на листьях растения, ввиду их большей поверхностной площади. Минимум полиаренов выявлен на поверхности корней. Содержание ПАУ на поверхности листьев берёзки незначительно отличалось от фонового участка. Это обусловлено тем, что на поверхности берёзки в зоне действия угольной шахты отсутство-

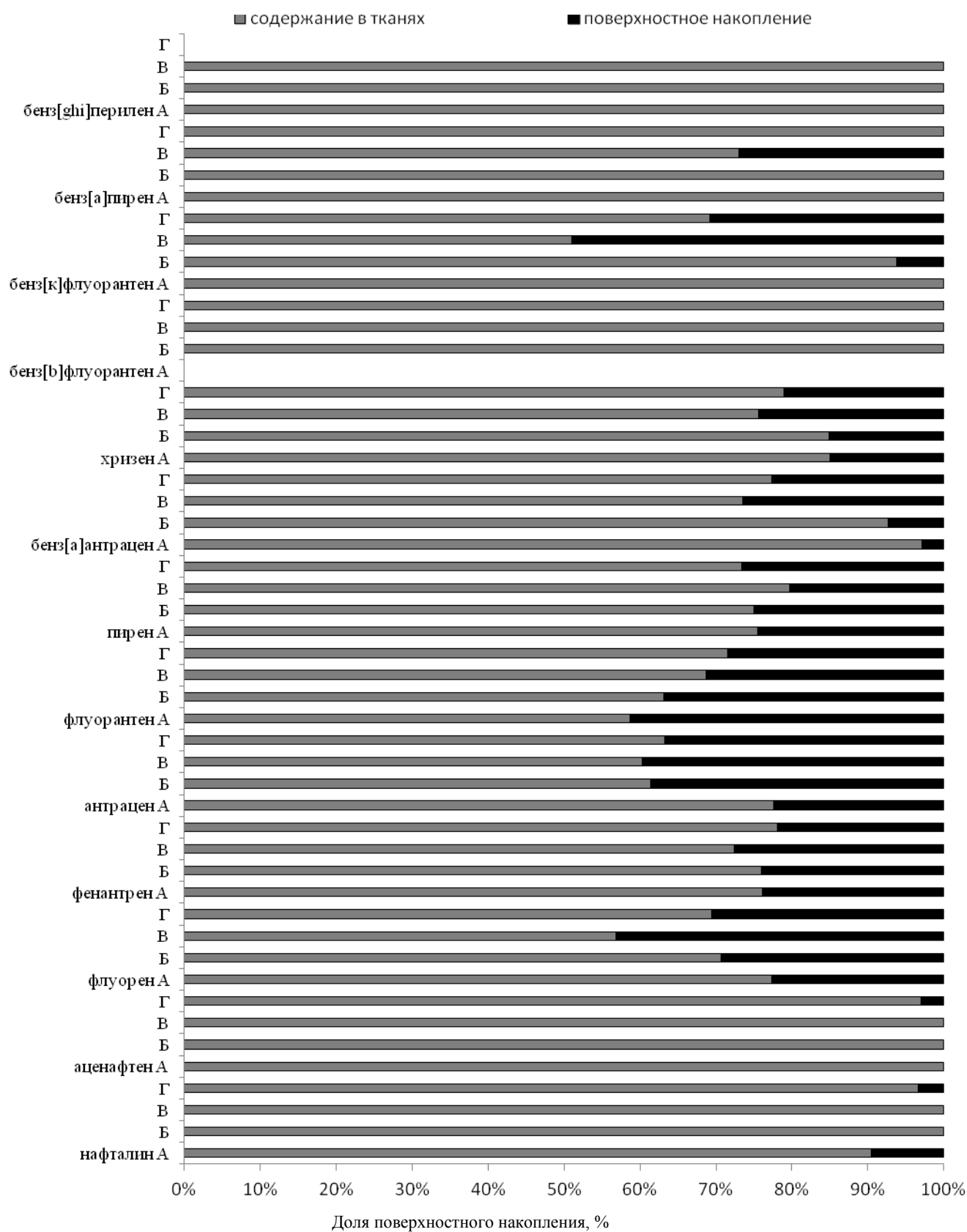


Рис. 2. Вклад поверхностного загрязнения в общее содержание ПАУ в растениях фоновой участка (А), на удалении в 1,5 км от шахты «Воркутинская» (В), в 1 км от шахты (В) и в 0,5 км от шахты (Г), %.
 Fig. 2. Contribution of surface pollution in the total polycyclic aromatic hydrocarbons content in plants of the background area (A), at a distance of 1.5 km from the "Vorkutinskaya" mine (B), 1 km from the mine (B) and 0.5 km from the mine (Г), %.

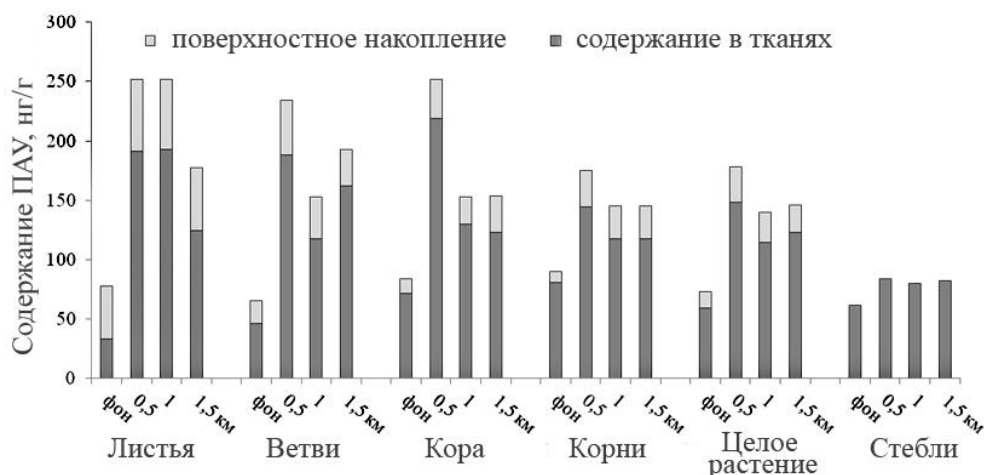


Рис. 3. Содержание ПАУ в разных органах *Betula nana*, нг/г.
Fig. 3. The polyarenes content in different organs of *Betula nana*, ng/g.

вал нафталин. Кратности превышения большинства легких ПАУ в листьях в условиях загрязнения составляли свыше пяти раз. Максимальные кратности превышения фоновых значений обнаружены для корней и коры *Betula nana* на расстоянии 0,5 км от шахты, при дальнейшем удалении от шахты (1 и 1,5 км) их содержание почти не изменялось. Сходные данные демонстрировали и другие исследователи. Выявлено снижение массовой доли ПАУ в растениях по мере удаления от Тайшетского шпалопропиточного завода. По сравнению с корой и стволом дерева листья отличались большей способностью к аккумуляции полиаренов [19].

Широкая распространенность *Betula nana* в тундровой зоне, простота ее видовой идентификации, наряду со значительной способностью к аккумуляции ПАУ, позволяют использовать данный вид кустарника для индикации уровня загрязнения тундровых экосистем полиаренами.

Анализ общего содержания ПАУ в разных органах березки позволил выявить, что в стеблях *Betula nana* на всех исследованных участках накапливается наименьшее количество ПАУ. На расстоянии 0,5 км и 1,5 км от шахты массовая доля ПАУ в остальных органах примерно одинакова. На расстоянии 1 км от источника наблюдали повышенные содержания ПАУ в листьях березки. Это объясняется тем, что с удалением от шахты массовая доля ПАУ в ветвях, коре и корнях снижается, а в листьях на расстоянии 0,5–1 км остается неизменной, так как именно на листовую поверхность в первую очередь оседает угольная пыль. Данные о более позднем снижении количества ПАУ в листьях древесных растений по сравнению с корой и древесиной в зависимости от расстояния от источника выбросов были продемонстрированы и другими исследователями [19].

Сравнение содержания полиаренов на фоновом и загрязненных участках позволило выявить максимальное накопление полиаренов в органах березки на расстоянии в 0,5 км от шахты. Кратности превышения фоновых значений на данном участке

составили 3–3,5 раза для листьев, ветвей и коры, два раза для корней. Массовая доля ПАУ в стеблях превышала фоновые значения в 1,3 раза и практически не менялась в зависимости от расстояния. Это свидетельствует о том, что ПАУ проникают с поверхности в стебли кустарника в очень незначительных количествах.

Оценка вклада поверхностного накопления полиаренов в органах березки в их общее содержание позволила установить, что доля поверхностного загрязнения от общего содержания ПАУ в листьях *Betula nana* на фоновом участке составляла 60 %, на загрязненных – 25–30.

Данный факт свидетельствует об активном проникновении, в основном легких ПАУ, в листья при высоком уровне загрязнения. Доля поверхностного загрязнения листьев увеличивается на расстоянии 1,5 км, где поступление ПАУ на поверхность в теории должно снижаться. Такой факт, вероятно, обусловлен снижением уровня биоаккумуляции при спаде уровня загрязнения. В меньшей степени подобные закономерности выявлены для ветвей березки. В коре доля поверхностного загрязнения изменяется незначительно, в корнях повышается в условиях загрязнения. При высоких концентрациях полиаренов они аккумулируются на поверхности корней, что затрудняет поступление ПАУ в наземную часть. Подобные факты были ранее описаны другими исследователями [20].

На основании полученных данных можно заключить, что наиболее показательными органами березки, ярко отражающими изменения содержания полиаренов в условиях загрязнения, являются листья. Так как березка – листопадное растение, то сравнение содержания ПАУ в листьях будет отражать лишь кратковременные изменения в составе ПАУ в фитоценозе – за один сезон. Для анализа долгосрочного воздействия можно использовать другие органы березки. Более удобной будет кора, так как изъятие коры растения окажет на него меньшее влияние, по сравнению с изъятием других частей. Использование органов березки в целях

мониторинга загрязнения позволит осуществлять наблюдение за изменениями состава ПАУ в биоценозе без нарушения напочвенного и почвенного покрова, трудно поддающихся восстановлению в тундровой зоне.

Накопление полиаренов в растениях ведет к депонированию полиаренов в почвенном покрове (табл.3.). Исследования накопления ПАУ в органическом горизонте почв исследованных участков показали присутствие 13 структур ПАУ: нафталин, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, хризен, бенз[а]антрацен, бензо[б]флуорантен, бензо[к]флуорантен, бенз[а]пирен, дибенз[а, h]антрацен и бенз[ghi]периллен.

Таблица 3
Содержание ПАУ в органическом горизонте почв на разном расстоянии от угледобывающего предприятия, нг/г

Table 3
Content of polyarenes in the organogenic horizon of soils at different distance from the coal mining enterprise, ng / g

Полиарены	Фон		0,5 км		1 км		1,5 км	
	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$
Нафталин	53,8	4,4	919,8	12,1	677,6	5,1	539,9	19,4
Флуорен	9,2	0,7	48,4	0,5	51,5	5,5	42,8	2,2
Фенантрен	72,7	53,0	529,4	50,3	648,5	146,1	576,2	48,6
Антрацен	2,3	0,3	20,3	2,1	31,2	0,6	25,5	2,7
Флуорантен	19,9	0,8	153,8	7,7	137,2	35,6	147,5	14,1
Пирен	21,7	0,9	120,6	16,7	206,2	82,3	178,9	19,8
Бенз[а]антрацен	3,5	0,6	21,2	3,8	36,8	9,6	33,2	1,9
Хризен	13,4	1,2	94,3	5,0	102,9	21,9	79,4	34,8
Бенз[б]флуорантен	15,9	4,9	74,0	2,3	84,3	30,7	89,4	4,5
Бенз[к]флуорантен	4,0	0,7	14,3	3,0	13,6	7,9	18,6	2,3
Бенз[а]пирен	4,8	0,4	28,9	0,2	33,0	16,4	44,0	3,1
Дибенз[а, h]антрацен	7,5	1,2	3,7	0,6	6,6	2,5	6,9	1,5
Бенз[ghi]периллен	19,4	5,6	34,2	13,3	81,9	17,1	41,9	2,9
ΣПАУ	248,1	50,7	2062,7	117,6	2111,3	381,4	1824,2	157,8

Для почв, как и для растений, характерно преобладание легких полиаренов. На фоновом участке доля легких ПАУ в органическом горизонте почв составила 79 %. На загрязненных – варьировала от 89 до 95 % на разных расстояниях от шахты. Вклад нафталина в общую сумму ПАУ на участке в 0,5 км был в два раза выше по сравнению с фоном, но на более удаленных участках отмечено лишь полторакратное увеличение содержания нафталина. Вероятно, это связано с тем, что поступление легких полиаренов на поверхность, особенно на большом удалении от шахты, снижалось, а в почве разложению, в первую очередь, подвергались более легкие структуры ПАУ, такие как нафталин.

Сравнение суммарного содержания полиаренов в почвах загрязненных участков с фоновым уровнем показало 7–8- кратное превышение фоновых значений. Максимальные кратности превышения были выявлены для легких полиаренов, для нафталина – до 17 раз. Из тяжелых ПАУ в зоне действия шахты в наибольшей степени увеличивалось

количество бенз[а]пирена – до 10 раз. По мере удаления от шахты выявлен тренд к снижению содержания легких ПАУ, для высокомолекулярных ПАУ характерен обратный тренд, при этом отклонения незначимы и входят в пределы погрешности.

Для оценки общего уровня загрязнения тундровых биоценозов под воздействием ТЭС было проведено сравнение накопления полиаренов в почвах и карликовой березке. Результаты показали, что содержание ПАУ в почве фоновых участков превышало содержание в *Betula nana* в 3,5 раза. Для загрязненных участков это соотношение составило 12–15 раз. Для листьев, накапливающих полиарены в большей степени, кратности составили три раза для фонового участка и восемь–десять раз для загрязненных. Почва была загрязнена полиаренами в большей степени, так как основную часть напочвенного покрова тундровой зоны составляли мхи, характеризующиеся повышенной способностью к аккумуляции полиаренов и являющиеся основой формирования состава ПАУ почв. Возможно и прямое поступление ПАУ в почву в процессе смыва угольной пыли с поверхности растений осадками в виде дождя.

Выявлена высокая степень корреляции между качественным составом ПАУ в органическом горизонте почв и *Betula nana*, коэффициенты корреляции составили $r=0,93$ ($n=3$) для фонового участка и участка в непосредственной близости от шахты, в 1 и 1,5 км от источника выявлены максимальные значения коэффициентов корреляции $r=0,99$.

Расчет диагностических критериев происхождения полиаренов [21] для органических горизонтов почв и *Betula nana* показал, что на фоновом участке и площадках в удалении от шахты на 1 и 1,5 км ПАУ имеют петрогенное происхождение (табл. 4). На это указывают значения соотношений фенантрен/антрацен > 10 , антрацен/(антрацен+фенантрен) $< 0,1$; флуорантен/пирен < 1 ; флуорантен/(флуорантен+пирен) $< 0,5$; (пирен+флуорантен)/(хризен+фенантрен) $< 0,5$. На фоновом участке накопление полиаренов было обусловлено внутриклеточным синтезом в растениях и поглощением из почвы. В зоне воздействия угольной шахты поступление полиаренов в исследованные объекты, как и предполагалось, связано с угольной пылью.

Анализ критериев, рассчитанных для почв участка на расстоянии в 0,5 км от предприятия, показывает дополнительный вклад пирогенных полиаренов, так как значение соотношения флуорантен/пирен в данном случае было выше 1, а значение соотношения (пирен+флуорантен)/(хризен+ фенантрен) выше 0,5. Факт присутствия пирогенных ПАУ на участке в 0,5 км мог быть обусловлен близостью автодороги. Для уточнения источника поступления пирогенных ПАУ для почв было рассчитано соотношение бенз[а]пирен/бенз[ghi]периллен. По данным сербских исследователей [22], значения данного критерия $> 0,6$ (0,85 на удалении в 0,5 км от шахты и 1,1 в 1,5 км), выявленные нами на участках, приближенных к шахте, свидетельствуют именно о поступлении ПАУ с выбросами автомобилей.

Таблица 4
Диагностические соотношения отдельных ПАУ
для карликовой берёзки
и органогенного горизонта почв

Table 4
Diagnostic ratios of individual polyarenes for dwarf
birch and organogenic soil horizon

	Соотношения ПАУ в почве	А	Б	В	Г	Д
Почва	фон	31,61	0,03	0,92	0,48	0,48
	0,5 км	26,03	0,04	1,28	0,44	0,56
	1 км	20,79	0,05	0,67	0,46	0,40
	1,5 км	22,61	0,04	0,82	0,50	0,45
<i>Betula nana</i>	фон	28,22	0,03	0,75	0,43	0,32
	0,5 км	26,95	0,04	0,86	0,46	0,39
	1 км	24,30	0,04	1,05	0,52	0,39
	1,5 км	25,87	0,04	0,91	0,48	0,39

Примечание: А – соотношение фенантрен/антрацен, Б – антрацен/(антрацен+фенантрен), В – флуорантен/пирен, Г – флуорантен/(флуорантен+пирен), Д – (пирен+флуорантен)/(хризен+фенантрен).

Note: A - ratio of phenanthrene/anthracene, B - anthracene/(anthracene+phenanthrene), V - fluoranthene/pirene, G - fluoranthene/fluoranthene+pirene, D - (pirene+fluoranthene)/(chrysene+phenanthrene).

Выводы

1. Проведено исследование накопления полиаренов в органогенных горизонтах почв и кустарниках *Betula nana* южной тундры под аэротехногенным воздействием угольной шахты. В зоне воздействия установлено превышение фоновых значений для почв в семь–восемь раз, для растений – в два раза. Значимых изменений содержания полиаренов в исследованных объектах в зависимости от расстояния не выявлено.

2. Показано, что вклад поверхностного загрязнения в общее содержание ПАУ в растении для всех исследованных участков примерно одинаков и составляет около 20 %. При этом изменяется вклад разных структур полиаренов в содержание ПАУ на поверхности растений, что зависит главным образом от их массы.

3. Полученные данные свидетельствуют об активном проникновении, в основном лёгких ПАУ, в листья, ветви и кору *Betula nana* при высоком уровне загрязнения. На расстоянии 1,5 км поступление ПАУ на поверхность снижается, что приводит к их меньшей биоаккумуляции. В стебли *Betula nana* ПАУ проникают в незначительных количествах.

4. Установлено, что на фоновом участке и площадках в удалении от шахты на 1 и 1,5 км, ПАУ имеют петрогенное происхождение. В 0,5 км от предприятия выявлен дополнительный вклад пирогенных полиаренов, обусловленный близостью автодороги.

5. В силу своей широкой распространённости и способности к аккумуляции полиаренов из среды обитания, *Betula nana* может быть использована в качестве индикаторного вида, характеризующего степень загрязнения территории ПАУ. При исследовании недавнего загрязнения могут быть использованы листья растений, для анализа долгосрочного воздействия – кора *Betula nana*.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Правительства Республики Коми № 16-44-110581 р.а и госбюджетной темы № Гр. АААА-А17-117122290011-5.

Литература

1. Hamid N., Syed J.H., Junaid M. et al. Elucidating the urban levels, sources and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Pakistan: Implications for changing energy demand // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 619–620. P. 165–175.
2. Яковлева Е.В., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Хомиченко А.А. Генотоксические эффекты в растениях *Tradescantia* (clon 02), индуцированные бенз[а]пиреном // Сибирский экологический журнал. 2011. №6. С. 805–812.
3. Li W., Chen B., Ding X. Environment and Reproductive Health in China: Challenges and Opportunities // Environmental Health Perspectives. 2012. Vol. 120. №5. P. A184–A185.
4. Accumulation of PAHs in Tundra Plants and Soils under the Influence of Coal Mining / E.V.Yakovleva, D.N.Gabov, V.A.Beznosikov, B.M.Kondratenok, Y.A.Dubrovskiy // Polycyclic Aromatic Compounds. 2017. Vol. 37. №. 2–3. P.203–218.
5. Тентюков М.П. Изменение информативности индикационных характеристик тундровых кустарников в условиях аэротехногенного загрязнения // Сибирский экологический журнал. 2008. № 2. С. 217–224.
6. Ophof A.A., Oldeboer K.W., Kumpula J. Intake and chemical composition of winter and spring forage plants consumed by semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in Northern Finland // Animal feed science and technology. 2013. Vol. 185. № 3–4. P. 190–195.
7. Luttmer C., Ficko S., Reimer K., Zeeb B. Deciduous vegetation (*Betula glandulosa*) as a biomonitor of airborne PCB contamination from a local source in the Arctic // Science of the total environment. 2013. Vol.445. P. 314–320.
8. Bargagli R. Trance elements in terrestrial plants: an ecological approach to biomonitoring and biorecovery. M.: GEOS, 2005. 457 p.
9. De Nicola F., Spagnuolo V., Baldantoni D. et al. Improved biomonitoring of airborne contaminants by combined use of holm oak leaves and epiphytic moss // Chemosphere. 2013. №92. P. 1224–1230.
10. Terzaghi E., Zacchello G., Scacchi M. et al. Towards more ecologically realistic scenarios of plant uptake modeling for chemicals: PAHs in a small forest // Science of the Total Environment. 2015. Vol. 505. P. 329–337.
11. Jouraeva V.A., Johnson D.L., Hassett J.P., Nowak D.J. Differences in accumulation of PAHs and metals on the leaves of *Tilia euchlora* and *Pyrus calleryana* // Environ. Pollution. 2002. Vol. 120. P. 331–338.

12. Горшков А.Г., Михайлова Т.А., Бережная Н.С., Верещагин А.Л. Накопление полициклических ароматических углеводородов в хвое сосны обыкновенной на территории Прибайкалья // Лесоведение. 2008. №2. С. 21–26.
 13. Laumann S., Micic V., Krue M.A. et al. Variations in concentrations and compositions of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coals related to the coal rank and origin // Environmental Pollution. 2011. Vol. 159. P. 2690–2697.
 14. Яковлева Е.В., Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М. Накопление полициклических ароматических углеводородов в почвах и растениях тундровой зоны под воздействием угледобывающей промышленности // Почвоведение. 2016. №. 11. С. 1402–1412.
 15. Яковлева Е.В., Габов Д.Н., Безносиков В.А. Полициклические ароматические углеводороды в *Pleurozium schreberi* в условиях аэротехногенного воздействия // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 47–57.
 16. Углеводородное состояние почв в условиях загрязнения атмосферы локализованным промышленным источником / А.Н.Геннадиев, А.П.Жидкин, Ю.И.Пиковский, Р.Г.Ковач, Т.С.Кошовский, Н.И.Хлынина // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1068–1078.
 17. Демин Б.Н., Граевский А.П., Демешкин А.С., Власов С.В. Загрязнение почвенно-растительного комплекса в окрестностях рудника “Баренцбург” полициклическими ароматическими углеводородами // Арктика: экология и экономика. 2012. № 3(7). С. 62–73.
 18. Мониторинг содержания бенз(а)пирена в почвах под влиянием многолетнего техногенного загрязнения / С.Н.Сушкова, Т.М.Минкина, С.С.Манджиева, И.Г.Тюрина, Г.К.Васильева, Р.Кизилкая // Почвоведение. 2017. № 1. С. 1–12.
 19. Маковская Т.И., Дьячкова С.Г. Органические загрязнители в почвенно-растительном покрове зоны влияния шпалопропиточного производства // Вестник Коми республиканской Академии государственной службы и управления. 2009. №6. С.67–72.
 20. Галиулин Р. В., Башкин В.Н. Особенности поведения стойких органических загрязнителей в системе атмосферные выпадения – растение – почва //Агрохимия. 1999. № 12. С. 69–77.
 21. Хаустов А.П., Редина М.М. Трансформация нефтепродуктов как источник токсичных загрязнений природных сред // Экология и промышленность России. 2012. № 12. С. 38–44.
 22. Cvetković A., Jovašević-Stojanović M., Matić-Besarabić S. et al. Comparison of sources of urban ambient particle bound pahs between non-heating seasons 2009 and 2012 in Belgrade, Serbia // Chem. Ind. Chem. Eng. Q. 2015. № 21 (1). P. 211–219.
1. Hamid N., Syed J.H., Junaid M. et al. Elucidating the urban levels, sources and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Pakistan: Implications for changing energy demand // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 619–620. P. 165–175.
 2. Yakovleva E.V., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M., Khomichenko A.A. Genotoksicheskie efekty v rasteniyah Tradescantia (clon 02), inducirovannye benz[a]pirenom [Genotoxic effects in Tradescantia plants (clon 02) induced by benz(a)pirene] // Contemporary problems of ecology. 2011. №. 6. P. 805–812.
 3. Li W., Chen B., Ding X. Environment and Reproductive Health in China: Challenges and Opportunities // Environmental Health Perspectives. 2012. Vol. 120. № 5. P. A184–A185.
 4. Accumulation of PAHs in Tundra Plants and Soils under the Influence of Coal Mining / E.V.Yakovleva, D.N.Gabov, V.A.Beznosikov, B.M.Kondratenok, Yu.A.Dubrovsky. // Polycyclic Aromatic Compounds. 2017. Vol. 37. №. 2–3. P.203–218.
 5. Tentyukov M.P. Izmenenie informativnosti indikacionnih khrakteristic tundrovyyh kustarnikov v usloviyah aerotehnogennogo zagryazneniya [Changes in the Information Content of the Indicative Characteristics of Tundra Shrubs under the Conditions of Aerotechnogenic Pollution] // Contemporary problems of ecology. 2008. № 2. P. 217–224.
 6. Ophof A.A. ; Oldeboer K.W., Kumpula J. Intake and chemical composition of winter and spring forage plants consumed by semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in Northern Finland // Animal feed science and technology. 2013. Vol. 185. № 3–4. P. 190–195.
 7. Luttmmer C., Ficko S., Reimer K., Zeeb B. Deciduous vegetation (*Betula glandulosa*) as a bio-monitor of airborne PCB contamination from a local source in the Arctic // Science of the total environment. 2013. Vol.445. P. 314–320.
 8. Bargagli R. Trance elements in terrestrial plants: an ecological approach to biomonitoring and biorecovery. M.: GEOS, 2005. 457 p.
 9. De Nicola F., Spagnuolo V., Baldantoni D. et al. Improved biomonitoring of airborne contaminants by combined use of holm oak leaves and epiphytic moss //Chemosphere. 2013. № 92.P. 1224–1230.
 10. Terzaghi E., Zacchello G., Scacchi M. et al. Towards more ecologically realistic scenarios of plant uptake modeling for chemicals: PAHs in a small forest //Science of the Total Environment. 2015. Vol. 505. P. 329–337.
 11. Jouraeva V.A., Johnson D.L., Hassett J.P., Nowak D.J. Differences in accumulation of PAHs and metals on the leaves of *Tilia euchlora* and *Pyrus calleryana* // Environ. Pollution. 2002. Vol. 120. P. 331–338.

12. *Gorshkov A.G., Mikhailova T.A., Berezhnaya N.S., Vereshchagin A.L.* Nakoplenie policiklicheskih aromaticeskikh uglevodorodov v hvoe sosny obyknovЕННОй na territorii Pribaikalya [Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in needles of Scots pine in Baikal region] // *Forestry*. 2008. № 2. P. 21–26.
13. *Laumann S., Micic V., Krue M.A. et al.* Variations in concentrations and compositions of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coals related to the coal rank and origin // *Environmental Pollution*. 2011. Vol. 159. P. 2690–2697.
14. *Yakovleva E.V., Gabov D.N., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M.* Nakoplenie policiklicheskih aromaticeskikh uglevodorodov v pochvah i rasteniyah tundrovoi zony pod vozdeistviem ugledobyvayuschei promyshlennosti [Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and plants of the tundra zone under the impact of coal-mining industry] // *Eurasian Soil Science*. 2016. No.11. P. 1402–1412.
15. *Yakovleva E.V., Gabov D.N., Beznosikov V.A.* Policiklicheskie aromaticeskije uglevodorody v *Pleurozium schreberi* v usloviyah aerotehnogenogo vozdeistviya [Polycyclic aromatic hydrocarbons in *Pleurozium schreberi* under the aerotechnogenic impact] // *Theoretical and applied ecology*. 2017. № 3. P. 47–57.
16. *Uglevodorodnoe sostoyanie pochv v usloviyah zagryazneniya atmosfery lokalizovannym promyshlennym istochnikom* [Hydrocarbon status of soils under atmospheric pollution from a local industrial source] / A.N.Gennadiev, A.P.Zhidkin, Yu.I.Pikovskiy, R.G.Kovach, T.S.Koshovskiy, N.I.Khlynina // *Eurasian Soil Science*. 2016. № 9. P. 1068–1078.
17. *Demin B.N., Graevskiy A.P., Demeshkin A.S., Vlasov S.V.* Zagryaznenie pochvenno-rastitel'nogo kompleksa v okrestnostyakh rudnika “Barentsburg” policiklicheskimi aromaticeskimi uglevodorodami [Pollution of soil and vegetation complex in the vicinity of Barentsburg mine by polycyclic aromatic hydrocarbons] // *The Arctic: ecology and economy*. 2012. № 3 (7). P. 62–73.
18. *Monitoring sodержaniya benz(a)pirena v pochvah pod vliyaniem mnogoletnego tehnogenного zagryazneniya* [Monitoring of Benzo[a]pyrene Content in Soils Affected by the Long-Term Technogenic Contamination] / S.N.Sushkova, T.M.Minkina, S.S.Mandzhieva, I.G.Tyurina, G.K.Vasilyeva, R.Kizilkaya // *Eurasian Soil Science*. 2017. No. 1. P. 1–12.
19. *Makovskaya T.I., Dyachkova S.G.* Organicheskie zagryazniteli v pochvenno-rastitel'nov pokrove zony vliyaniya shpalopropitochного proizvodstva [Organic pollutants in soil-vegetative cover of the zone of sleeper industry influence] // *Bull. of Komi Republican Academy of Public Administration and Management*. 2009. №6. P.67–72.
20. *Galiulin R.V., Bashkin V.N.* Osobennosti povedeniya stoikih organicheskikh zagryaznitelei v sisteme atmosfernie vypadeniya-rastenie-pochva [Specific features of the behavior of persistent organic pollutants in the atmospheric precipitate–plant–soil system] // *Agrochemistry*. 1999. №. 12. P. 69–77.
21. *Khaustov A.P., Redina M.M.* Transformaciya nefteproduktov kak istochnik zagryaznenii prirodnyh sred [Transformation of petroleum products as source of natural habitat's toxic contaminants] // *Ecology and industry of Russia*. 2012. № 12. P. 38–44.
22. *Cvetković A., Jovašević-Stojanović M., Matić-Besarabić S.* Comparison of sources of urban ambient particle bound pahs between non-heating seasons 2009 and 2012 in Belgrade, Serbia // *Chem. Ind. Chem. Eng. Q*. 2015. № 21 (1). P. 211–219.

Статья поступила в редакцию 18.01.2018.

УДК: 631.416

СОДЕРЖАНИЕ СЕЛЕНА В ПОЧВАХ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Т.И. ШИРШОВА*, И.В. БЕШЛЕЙ*, Н.А. ГОЛУБКИНА**

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

**ФГБНУ ФГНЦО, пос. ВНИИССОК, Московская область

beshley@ib.komisc.ru

В работе дана оценка содержания селена в почвах, взятых из отдаленной ризосферной зоны некоторых видов дикорастущих и культивируемых растений рода *Allium*. Полученные данные позволяют отнести почвы республики к селенодефицитным или почвам с маргинальной недостаточностью. Несмотря на низкий селеновый статус почв республики, растения рода *Allium*, в основном, являются аккумуляторами селена и, следовательно, могут быть использованы для решения проблемы селенодефицита населения северных регионов.

Ключевые слова: селен, почва, селеновый статус, Республика Коми

T.I. SHIRSHOVA, I.V. BESHLEY, N.A. GOLUBKINA. THE CONTENT OF SELENIUM IN SOILS OF SOME REGIONS OF THE KOMI REPUBLIC

The estimation of selenium content in soils taken from the remote rhizosphere zone of some species of wild and cultivated plants of the genus *Allium* growing on the territory of the Republic of Komi is given. The data obtained allow us to classify the soil of the Republic as selenium-deficient or soils with marginal failure. The content of selenium varies in the range of 50 – 316 µg/kg of air-dry soil, that is below the Clark value set for selenium. Despite the low selenium status of soils of the Republic, plants of the genus *Allium* are accumulators of selenium, and consequently can be used to solve the problem of selenium-deficiency of the population of the Northern regions. However, the final conclusion requires more in-depth study of the selenium content in soils, as well as the determination of selenium status of the population and plant resources of the Republic. The authors believe that one of the urgent tasks is to draw up a selenium map of the Komi Republic, which is currently a "white spot" on the map of Russia.

Keywords: selenium, soil, selenium status

Введение

Исследования последних лет показали, что одной из причин высокой смертности от онкологических заболеваний, заболеваний сердечно-сосудистой, эндокринной и иммунной систем может быть дефицит селена (Se) в организме человека [1–3]. Считают, что его недостаток способствует возникновению таких нейродегенеративных заболеваний, как болезни Альцгеймера и Паркинсона [4, 5]. Работы, проведенные в 2003–2005 гг. в двух провинциях Китая, показали, что низкое содержание селена коррелирует со снижением интеллекта у лиц старше 65 лет [6]. В результате многочисленных экспериментальных исследований были доказаны отчетливые нейропротективные свойства селена в условиях церебральной ишемии [7–9].

Выбор путей решения проблемы селенодефицита для каждого конкретного региона невозможен без предварительного изучения распределения селена в компонентах экосистем, а также в продук-

тах питания местного происхождения. Низкое содержание Se на большей части территории России закономерно приводит к дефициту в цепи биологического круговорота почва–растения–животные–человек. По данным Российской академии медицинских наук, явный дефицит селена имеют более 50% жителей России. В экологически неблагоприятных районах его глубина доходит до 95–100% [1, 10].

Результаты изучения селеновой обеспеченности северян, проведенного в Институте физиологии Коми НЦ УрО РАН, показали, что среди проживающих на европейском Севере женщин дефицит Se в сыворотке крови встречается в 32 % случаев, у мужчин – в 18 %. У оленеводов количество лиц с дефицитом Se в организме отмечается реже – у 19% женщин, 14 % мужчин, по сравнению с городскими жителями, где эти показатели составляют 51% для женщин и 32% для мужчин [11, 12]. Выполненные недавно исследования микроэлементного статуса детского населения Республики Коми показали, что пониженное содержание селена в волосах характерно для 95% детей, что является

признаком гипоселеноза. Установленный автором центильный интервал находится ниже нормы средних значений по России [13]. Такой высокий селенодефицит у населения республики, несомненно, связан с его дефицитом в пище, в частности, растительного происхождения, что, в свою очередь, может быть обусловлено низким содержанием Se в почве. До сих пор проблеме содержания селена в почве Республики Коми не было уделено должного внимания. В этом отношении наш регион представляет «белое пятно» на карте России.

Необходимость мониторинга Se в объектах окружающей среды вызвана геохимической неоднородностью распределения и выяснением факторов, влияющих на его миграцию в компонентах экосистем. Особую значимость имеют данные о содержании Se в почве, являющейся базовым звеном в его биологическом круговороте [14, 15]. Доказано, что количество этого микроэлемента в почвах разных регионов может значительно варьировать в зависимости от его содержания в почвообразующих породах, выноса за пределы экосистем его водорастворимых форм поверхностными и внутригрунтовыми стоками. Кроме того, часть элемента уходит из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур. Биодоступность Se может быть затруднена в связи с присутствием в почве значительного количества элементов-антагонистов, таких как тяжёлые металлы Cd, Pb, Hg [16, 17].

Содержание химических веществ в почве оценивают в кларках, представляющих среднее содержание вещества в эталонных (незагрязнённых) почвах. Кларк селена в почвах составляет 400 мкг/кг, в почвах различных генетических типов варьирует обычно от 10 до 1200 мкг/кг. Эталонном почвы в России по количеству микроэлементов считается черноземная почва центрального заповедника Курской области [14, 18].

Оценка закономерностей аккумуляции селена растениями свидетельствует о том, что в ближайшие десятилетия его содержание в продук-

тах растениеводства будет неуклонно снижаться, что приведет к развитию дефицита микроэлемента в кормах животных и пище человека. В свою очередь, это должно стимулировать снижение иммунитета и увеличение токсичности большинства техногенных ядов [1, 19]. Исходя из этого и учитывая геохимическую неоднородность распределения селена, осуществление мониторинга его содержания в объектах окружающей среды, а также прогнозирование селенового статуса территорий становится жизненно необходимым.

Целью наших исследований была оценка содержания селена в почвах, отобранных из отдаленной ризосферной зоны некоторых видов дикорастущих и культивируемых растений рода *Allium*, произрастающих на территории Республики Коми.

Материал и методы

Образцы почв отбирали из отдаленной ризосферной зоны дикорастущих и культивируемых растений рода *Allium* (отдаленная ризосферная зона начинается на расстоянии нескольких миллиметров от корней и распространяется в радиусе 50 см от них): 14 видов лука из коллекций Ботанического сада Института биологии Коми научного центра УрО РАН (БС) и лаборатории биохимии и биотехнологии (КЛББ), выращенных из семян, полученных по дедекту из различных Ботанических садов России и зарубежья, а также дикорастущего лука из географически удаленных районов Республики Коми – в окрестностях Сыктывкара (пос. Выльтыдор), с. Гам Усть-Вымского р-на в 110 км северо-западнее г. Сыктывкара, в Приуралье (Печоро-Илычский заповедник), на Северном Урале (берег р. Щугор), в Заполярье (Воркута, р. Уса). Данные о месте и дате сбора приведены в таблицах 1–3. Отобранные образцы почв сушили, растирали в ступке и просеивали через сито с диаметром ячеек 1 мм. Каждый образец представляет объединенную пробу почвы, отобранную из отдаленной ризосферной зоны не менее чем 30 растений. Об-

Таблица 1

Содержание селена в почве из отдаленной ризосферной зоны Allium schoenoprasum, мкг/кг воздушно-сухой массы

Table 1

The content of selenium in the soil from a remote rhizosphere zone of Allium schoenoprasum, µg/kg air-dry weight

Номер образца	Место сбора образца	Дата сбора	Фаза развития	Содержание селена
1	БС	19.06.2008	бутонизация	131±11
2	БС	19.06.2009	бутонизация	98±8
3	БС	29.05.2009	отрастание	112±9
		22.06.2009	бутонизация	117±10
		06.07.2009	цветение	115±10
		29.08.2009	плодоношение	115±10
4	Печоро-Илычский заповедник	30.07.2008	бутонизация	158±12
5	с. Гам, Усть-Вымский р-н	26.06.2008	бутонизация	116±10
6	Заполярье, Воркута, р. Уса	07.08.2009	цветение	157±12
7*	БС	24.06.2008	бутонизация	184±14
8**	БС	19.06.2008	бутонизация	201±15
9**	КЛББ	22.06.2009	бутонизация	88±8

*Сортовой образец *A. schoenoprasum* cv. Prazska Krajova (лук скорода “Празска Крайова”);

**Разновидность *A. schoenoprasum* var. major.

Notes: БС – Botanical garden, Institute of Biology, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS * – cultivar *A. schoenoprasum* cv. Prazska Krajova; ** – variant *A. schoenoprasum* var. major; КЛББ – collection of Laboratory of Biotechnology and Biochemistry.

Таблица 2

Содержание селена в почве из отдаленной ризосферной зоны Allium angulosum

Table 2

The content of selenium in the soil from a remote rhizosphere zone of Allium angulosum, µg/kg

№ образца	Место сбора образца, происхождение	Дата сбора	Фаза развития	Содержание селена, мкг/кг
1	БС	11.06.2009	бутонизация	260±17
2	БС	11.06.2009	бутонизация	191±16
3	БС, м.р. (Хорог)	29.05.2009	отрастание	146±13
		11.06.2009	бутонизация	179±14
		06.07.2009	цветение	212±16
		13.08.2009	плодоношение	150±12
4	БС, м.р. (Италия)	29.05.2009	отрастание	168±14
		22.06.2009	бутонизация	193±13
		29.07.2009	цветение	230±16
		07.09.2009	плодоношение	316±20
5	БС, м.р. (ВИЛАР)	29.05.2009	отрастание	153±12
		11.06.2009	бутонизация	184±13
		06.07.2009	цветение	169±13
		13.08.2009	плодоношение	207±15
6	м. Вильтыдор	28.06.2009	цветение	228±16
7	м. Вильтыдор	14.08.2009	плодоношение	282±20
		18.06.2010	бутонизация	108±9
8	с. Гам, Усть-Вымский р-н	24.06.2009	бутонизация	205±15
		19.08.2009	плодоношение	233±16
9	с. Гам, Усть-Вымский р-н	24.06.2009	бутонизация	143±13

Таблица 3

Содержание селена в почве из отдаленной ризосферной зоны Allium strictum

Table 3

The content of selenium in the soil from a remote rhizosphere zone of Allium strictum, µg/kg air-dry weight

№ образца	Место сбора образца, (происхождение)	Дата сбора	Фаза развития	Содержание селена, мкг/кг
1	БС, (местная репродукция)	26.06.2009	бутонизация	149±11
2	БС, (Барнаул)	18.05.2010	отрастание	90±8
		10.06.2010	бутонизация	85±6
3	БС, (Владивосток)	29.05.2009	отрастание	62±4
4	Северный Урал, правый скалистый берег р. Щугор	12.07.2009	цветение	118±9

разцы почв с двух разрезов в районе с. Усть-Сплекс Вуктыльского р-на Республики Коми и описание строения почвенного профиля предоставлены с.н.с. отдела почвоведения Е.Н. Кузнецовой. Валовое содержание селена в почве определяли микрофлуориметрическим методом [20].

Результаты и обсуждение

Известно, что накопление селена растениями зависит не только от содержания в почве и его доступности, но и от вида растения, биологических особенностей, а также фазы развития [14, 21–23]. Некоторыми исследователями были предложены следующие пороговые значения концентрации Se в почве: менее 125 мкг/кг – область селенодефицита; 125–175 мкг/кг – маргинальная недостаточность; 175–3000 мкг/кг – область оптимума; более 3000 мкг/кг – область избытка микроэлемента [15]. Согласно этой градации почвы Ботанического сада следует отнести к селенодефицитным. Содержание Se в отдаленной ризосферной зоне многолетнего лука *Allium schoenoprasum* колеблется в интервале 98–131 мкг/кг воздушно-сухой массы, причем для образцов 1 и 2, отобранных с одной делянки в 2008 г. и 2009 г., наблюдаются значительные различия (табл. 1), что может быть связано с вымыванием Se из почвы в 2009 г. По данным Коми республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, июнь 2009 г. характеризовался гораздо более высоким уровнем осадков (140 мм

или 223 % нормы), чем аналогичный период 2008 г. (40 мм или 70 % нормы). Температурный фон в июне 2008 и 2009 гг. был приблизительно одинаков.

Еще большие различия в содержании Se обнаружены для разновидности *A. schoenoprasum* var. majus из коллекций Ботанического сада Института биологии и лаборатории биохимии и биотехнологии (табл. 1, обр. 8, 9). Несколько выше содержание Se в ризосфере сортового образца *A. schoenoprasum* P.K. (табл. 1, обр. 7), а также дикорастущих луков из разных географических точек республики (табл. 1, обр. 4, 6).

Как показали наши исследования, лук *A. schoenoprasum* лучше аккумулирует селен из почвы, чем *A. angulosum* и *A. strictum*. Коэффициент биологического накопления (КБН) большинства образцов равен или больше 1 [22, 23], при том, что содержание селена в отдаленной ризосферной зоне *A. angulosum*, произрастающем в Ботаническом саду, гораздо выше, чем в ризосфере *A. schoenoprasum* (табл. 2, $p < 0,01$). Диапазон колебания концентраций составляет 146–316 мкг/кг, однако этот вид лука гораздо хуже аккумулирует Se из почвы, его КБН почти во всех случаях ниже 1 [23]. Наблюдаются и более значительные изменения концентрации селена в отдаленной ризосфере растений этого вида при переходе от фазы отрастания к фазе плодоношения. Во всех случаях она возрастает (табл. 2, обр. 3 – 5). Значительно различаются по содержанию селена образцы 6 и 7 (табл. 2), отобранные в пос. Вильтыдор в разные годы (берег оз. Патовское, пойменный разнотравно-злаковый луг).

Наиболее обедненными являются почвы из ризосферы *A. strictum*, который отличается и более низкими аккумуляционными свойствами [22, 23]. Значения содержания селена в этом виде лежат в основном в пределах очень низких концентраций – от 62 до 90 мкг/кг (табл. 3, обр. 2,3).

Образцы почв из отдаленной ризосферной зоны 11 видов *Allium* из коллекции Ботанического сада также иллюстрируют выраженный селенодефицит. Диапазон колебаний концентраций Se лежит в пределах 98 – 157 мкг/кг, однако основная часть образцов содержит не более 100–120 мкг/кг (табл. 4).

Анализ почв, взятых на двух разрезах в р-не с. Усть-Соплеск Вуктыльского р-на Республики Коми, также иллюстрирует их селенодефицит, под-

тверждая наше мнение о низком содержании селена в почвах республики (табл. 5, 6). В распределении селена по вертикальному профилю до глубины 50–58 см его содержание меняется очень значительно, что связано с составом почвенного слоя. При этом максимальная концентрация микроэлемента в обоих случаях обнаружена в напочвенном покрове, представляющем подстилку, образованную зелеными мхами, лишайниками, опадом, полуразложившимися и разложившимися растительными остатками. Минимальное содержание – в элювии песков. Для достоверного утверждения этого предположения следует провести более широкие исследования, взяв образцы почв из разных экотопов.

Таблица 4

Содержание селена в почве из отдаленной ризосферной зоны некоторых видов рода *Allium* из коллекции БС (2010–2011 гг.)

Table 4

The content of selenium in the soil from a remote rhizosphere zone of some *Allium* species from Botanical garden collection (2010-2011)

№ образца	Вид	Фаза развития	Селен, мкг/кг
1	<i>A. altaicum</i> Pall	плодоношение	98±8
2	<i>A. carinatum</i> var. <i>pulchellum</i>	цветение	103±8
3	<i>A. ledebourianum</i> Schult.et Schult	цветение	120±10
4	<i>A. nutants</i> L.	бутонизация	120±10
		плодоношение	139±11
6	<i>A. obliquum</i> L.	цветение	127±10
7	<i>A. paczoskianum</i> Tuzs	цветение	102±8
8	<i>A. polyphyllum</i>	плодоношение	111±9
9	<i>A. pskemense</i> B.Fedtsch (ГБС)	плодоношение	107±8
10	<i>A. rubrum</i> L.	цветение	157±12
11	<i>A. sphaerocephalon</i> L.	цветение	100±8

Таблица 5

Содержание селена в образцах почв на разрезе в районе с. Усть-Соплеск Вуктыльского р-на Республики Коми

Table 5

The content of selenium in the soil samples on the profile in the area of Ust-Soplesk village, Vuktil region of the Komi Republic

Горизонт	Глубина вертикального профиля, см	Описание	Содержание селена, мкг/кг
Разрез 1. Подзол иллювиально-железистый			
A ₀	0 – 3	Подстилка свежая, рыхлая, бурая, образована лишайниками, опадом, встречаются угли. Переход резкий.	147±12
A ₂	3 – 7 (10)	Мелкий ярко-белесый песок с потеками гумуса, рыхлый, свежий, корни, мелкий гравий, галька. Переход отчетливый.	69±6
B _{hf}	7 (10) – 22	Мелкий охристо-бурый песок, плотный в верхней части горизонта, свежий, корни, камни. Переход постепенный.	111±9
B	22 – 34	Песок светло-бурый, средней плотности, свежий, редкие корни, много камней. Переход постепенный.	105±8
BC	34 – 50	Мелкий песок, светло-палевый с редкими коричневато-бурыми пятнами, свежий, рыхлый, много камней.	54±4
Разрез 2. Торфянисто-подзолисто-глееватая иллювиально-гумусовая			
A ₀	0 – 12 (14)	Подстилка образована зелеными мхами, слоистая, светло-коричневая, слабо разложившаяся в верхней части, рыхлая, влажная, в нижней части более темная, хорошо разложившаяся. Много корней.	121±10
A _{2g}	12(14) – 22	Белесо-серый песок с темно-бурыми потеками гумуса, редкие сизые и ржавые пятна оглеения, влажный, корни.	50±4
A ₂ B _f	22 – 34	Ржаво-охристый песок, редкие темные пятна марганцево-железистых соединений, влажный, плотный, редко корни.	121±10
B _f	34 – 48	Палево-желтый песок, влажный, редко камни	54±4
BC	48 – 58	Светло-бурый песок, влажный, в нижней части супесь, на глубине около 60 см глинистые линзы, камни.	57±5

Заключение

Согласно результатам исследований, почвы республики можно в основном отнести к селенодефицитным или почвам с маргинальной недостаточностью. Содержание селена варьирует в интервале 50 – 316 мкг/кг воздушно-сухой почвы. Это значительно ниже установленного для селена кларка. Почвы с оптимальным содержанием селена характерны, в основном, для ризосферы растений *Allium angulosum*. Несмотря на низкий селеновый статус почв республики, растения этого рода могут быть использованы для решения проблемы селенодефицита населения северных регионов. Актуально составление селеновой карты Республики Коми. Но для этого требуются более углубленные исследования по содержанию селена в почвах республики и установление селенового статуса населения и растительных ресурсов.

Работа выполнена в рамках темы госзадания «Разработка биокаталитических систем на основе ферментов, микроорганизмов и растительных клеток, их иммобилизованных форм и ассоциаций для переработки растительного сырья, получения биологически активных веществ, биотоплива, ремедиации загрязненных почв и очистки сточных вод», № госрегистрации АААА-А17-117121270025-1.

Литература

1. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М., 2006. 254 с.
2. Clark L.C., Combs G.F., Turnbull B.W. et al. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin // JAMA. 1996. Vol. 276. № 24. P. 1957–1963.
3. Hatfield D.L., Tsuji P.A., Carlson B.A., Gladyshev V.N. Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development // Trends Biochem. Sci. 2014. Vol. 39. №3. P. 112–120.
4. Johannsen P., Velandar G., Mai J., Thorling E.B. et al. Glutathione peroxidase in early and advanced Parkinson's disease // J. of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry. 1991. Vol. 54. P. 679–682.
5. Aguilar M.V., Jimenez-Jimenez F.J., Molina J.A., Meseguer I. et al. Cerebrospinal fluid selenium and chromium levels in patients with Parkinson's disease // J. Neural Transm. 1998. Vol. 105. P. 1245–1251.
6. Gao S., Jin Y., Hall K.S., Liang C., Unverzagt F.W. et al. Selenium level and Cognitive Function in Rural Elderly Chinese // Am. J. Epidemiol. 2007. Vol. 165. № 8. P. 955–965.
7. Porciuncula L.O., Rocha J.B.T., Boeck C.R., Vendite D. et al. Ebselen prevents excitotoxicity provoked by glutamate in rat cerebellar granule neurons // Neurosci. Lett. 2001. Vol. 299. № 3. P. 217–220.
8. Ansari M.A., Ahmad A.S., Ahmad M., Salim S. et al. Selenium protects cerebral ischemia in rat brain mitochondria // Biol. Trace. Elem. Res. 2004. Vol. 101. № 1. P. 73–86.
9. Arakawa M., Ishimura A., Arai Y., Kawabe K. et al. N-Acetylcysteine and ebselen but not nifedipine protected cerebellar granule neurons against 4-hydroxynonenal-induced neuronal death // Neurosci. Res. 2007. Vol. 57. P. 220–229.
10. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Рущ М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 2005. 363 с.
11. Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / Под ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар-СПб.: Политехника-сервис, 2009. 264 с.
12. Паршукова О.И. Влияние климато-географических факторов на содержание селена в сыворотке крови жителей европейского Севера // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 1. С. 51–53.
13. Боднар И.С. Микроэлементный статус детского населения европейского Севера (на примере Республики Коми): Автореф. дис. канд. биол. наук / Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2013. 22 с.
14. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: Наука, 2005. 436 с.
15. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Капитальчук И.П. Селен в почвах степных экосистем Днестровско-Прутского междуречья // Степи Северной Евразии: Материалы VI Международного симпозиума. Оренбург, 2012. С. 356–359.
16. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
17. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Капитальчук И.П. Селен и его антагонисты в биогеохимической цепи «почва–растение» в условиях Приднестровья // Вестник МГОУ. Естественные науки. 2011. № 2. С. 137–141.
18. Бурцева Т.И., Бурлуцкая О.И. Селен: эссенциальный микроэлемент (обзор) // Вестник ОГУ. 2006. № 2. С. 7–9.
19. Блинноватов П.Ф. Селен в биосфере. Пенза: ПСХА, 2002. 345 с.
20. Alfthan G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. 1984. Vol. 165. P. 187–194.
21. Вухрева В.А., Лебедева Т. Содержание селена в почвах и растениях лесостепи среднего Поволжья // Молодой ученый. 2010. Т. 2. № 11. С. 195–198.
22. Шишова Т.И., Бешлей И.В., Матистов Н.В., Голубкина Н.А. Содержание селена в культурных и дикорастущих луках из флоры Республики Коми // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47. Вып. 1. С. 112–118.
23. Шишова Т.И., Голубкина Н.А., Бешлей И.В., Матистов Н.В. Селенодефицит и возможности его сокращения. Аккумулярующие свойства некоторых представителей рода *Allium L.* по отношению к селену // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 3(7). С. 48–54.

References

1. Golubkina N.A., Papazyan T.T. Selen v pitanii. Rasteniya, zhivotnye, chelovek [Selenium in the diet. Plants, animals, man]. Moscow, 2006. 254 p.
2. Clark L.C., Combs G.F., Turnbull B.W. et al. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin // JAMA. 1996. Vol. 276. № 24. P. 1957–1963.
3. Hatfield D.L., Tsuji P.A., Carlson B.A., Gladyshev V.N. Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development // Trends Biochem. Sci. 2014. Vol. 39, № 3. P. 112–120.
4. Johannsen P., Velander G., Mai J., Thorling E.B. et al. Glutathione peroxidase in early and advanced Parkinson's disease. // J. of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry. 1991. Vol. 54. P. 679–682.
5. Aguilar M.V., Jimenez-Jimenez F.J., Molina J.A., Meseguer I. et al. Cerebrospinal fluid selenium and chromium levels in patients with Parkinson's disease // J. Neural Transm. 1998. Vol. 105. P. 1245–1251.
6. Gao S., Jin Y., Hall K.S., Liang C., Unverzagt F.W. et al. Selenium level and Cognitive Function in Rural Elderly Chinese // Am. J. Epidemiol. 2007. Vol. 165. № 8. P. 955–965.
7. Porciuncula L.O., Rocha J.B.T., Boeck C.R., Vendite D. et al. Ebselen prevents excitotoxicity provoked by glutamate in rat cerebellar granule neurons // Neurosci. Lett. 2001. Vol. 299. № 3. P. 217–220.
8. Ansari M.A., Ahmad A.S., Ahmad M., Salim S. et al. Selenium protects cerebral ischemia in rat brain mitochondria // Biol. Trace. Elem. Res. 2004. Vol. 101. № 1. P. 73–86.
9. Arakawa M., Ishimura A., Arai Y., Kawabe K. et al. N-Acetylcysteine and ebselen but not nifedipine protected cerebellar granule neurons against 4-hydroxynonenal-induced neuronal death // Neurosci. Res. 2007. Vol. 57. P. 220–229.
10. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. Mikroelementozy cheloveka [Human microelementoses]. Moscow: Medicine, 2005. 363 p.
11. Problemy adaptatsii cheloveka k ekologicheskim i sotsial'nym usloviyam Severa [Problems of human adaptation to environmental and social conditions of the North] // Ed. E.R. Bojko. Syktyvkar-St.Petersburg: Polytechnic-service, 2009. 264 p.
12. Parshukova O.I. Vliyanie klimato-geograficheskikh faktorov na sodержanie selena v syvorotke krovi zhitel'ey evropeyskogo Severa [The influence of climatic and geographical factors on the content of selenium in blood serum of inhabitants of the European North] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2010. № 1. P. 51–53.
13. Bodnar I.S. Mikroelementnyy status detskogo naseleitiya evropeyskogo Severa (na primere Respubliki Komi) [The microelement status of the child population of the European North (the Komi Republic as an example)]. Abstract of Diss... Cand. Sci. (Biology). Syktyvkar: Institute of Biology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2013. 22 p.
14. Vinogradov A.P. Geokhimiya redkih i rasseyannykh elementov v pochvakh [Geochemistry of rare and dispersed elements in soils]. Moscow: Nauka, 2005. 436 p.
15. Kapitalchuk M.V., Golubkina N.A., Kapitalchuk I.P. Selen v pochvakh stepnih ecosystem Dnestrovsko-Prut'skogo mezhdurechya [Selenium in soils of steppe ecosystems of the Dniester-Prut interfluvium] // Stepi Severnoy Evrazii [Steppes of Northern Eurasia]: Materials of VI Intern. Symp., Orenburg, 2012. P. 356–359.
16. Ilyin V.B. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie [Heavy metals in the system soil-plant]. Novosibirsk: Nauka, 1991. 151 p.
17. Kapitalchuk M.V., Golubkina N.A., Kapitalchuk I.P. Selen i ego antagonisty v biogeokhimiicheskoy tsepi «pochva-rastenie» v usloviyakh Pridnestrovyia [Selenium and its antagonists in the biogeochemical chain "soil-plant" in Transnistria] // Bull. of Moscow State Regional Univ. Natural Sciences. 2011. № 2. P. 137–141.
18. Burtseva T.I., Burlutskaya O.I. Selen: essentialnyy mikroelement (obzor) [Selenium: essential trace element (Review)] // Bull. of Orenburg State Univ. 2006. № 2. P. 7–9.
19. Blinnokhvatov P.F. Selen v biosfere [Selenium in the biosphere]. Penza: Penza State Agricultural Academy, 2002. 345 p.
20. Alfthan G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. 1984. Vol. 165. P. 187–194.
21. Vikhreva V.A., Lebedeva T. Soderzhanie selena v pochvakh i rasteniyakh lesostepi srednego Povolzh'ya [The content of selenium in soils and plants of forest-steppe of the Middle Volga region] // Molodoy ucheniy [Young scientist]. 2010. Vol. 2. № 11. P. 195–198.
22. Shirshova T.I., Beshley I.V., Matistov N.V., Golubkina N.A. Soderzhanie selena v kulturnykh i dikorastushchikh lukakh iz flory Respubliki Komi [The content of selenium in cultivated and wild onions from the flora of the Republic of Komi] // Rast. resursy [Plant resources]. 2011. Vol. 47. Issue 1. P. 112–118.
23. Shirshova T.I., Golubkina N.A., Beshley I.V., Matistov N.V. Selenodefitsit i vozmozhnosti ego sokrashcheniya. Akkumuliruyushcheye sostoyaniye nekotorykh predstaviteley roda Allium L. po otnosheniyu k selenu [Selenium deficiency and possibilities of its reduction. Accumulating properties of some members of Allium L. genus in relation to selenium] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2011. № 3. P. 48–54.

Статья поступила в редакцию 01.02.2018.

УДК 549.057 544.77

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ КРЕМНЕЗЕМА ПО ДАННЫМ ДИНАМИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Д.В. КАМАСHEВ, А.М. АСХАБОВ, А.А. КРЯЖЕВ

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

kamashev@geo.komisc.ru, xmin@geo.komisc.ru, kryazhev@geo.komisc.ru

Методом динамического рассеяния света в реальном времени впервые исследована кинетика зарождения и роста монодисперсных сферических частиц кремнезема. Получены экспериментальные данные по динамике изменения размеров частиц и интенсивности рассеяния во всем временном интервале их образования и роста, свидетельствующие об иерархическом механизме образования сферических частиц кремнезема.

Ключевые слова: кинетика роста, монодисперсные сферические частицы кремнезема, динамическое рассеяние света

D.V. KAMASHEV, A.M. ASKHABOV, A.A. KRYAZHEV. MECHANISM OF FORMATION OF SILICA SPHERICAL PARTICLES ACCORDING TO DYNAMIC LIGHT SCATTERING DATA

We studied the kinetics of nucleation and growth of monodisperse spherical silica particles by the dynamic light scattering method in real time. We obtained experimental data on the dynamics of particle size and scattering intensity over the entire time interval of their formation and growth, which testified to the hierarchical mechanism of the formation of spherical silica particles. We found a discrepancy between the growth rate of particle size and increasing intensity of light scattering in time, which, alongside with the vibration character of change of the latter, indicates the presence of at least two sizes of silica particles during their growth and testifies to a complex, multistage mechanism of formation of finite spheres.

Keywords: growth kinetics, monodisperse spherical silica particles, dynamic light scattering

Введение

Проблема изучения процессов зарождения и роста монодисперсных сферических частиц кремнезема, а также синтеза надмолекулярно упорядоченных структур на их основе находится в центре внимания исследователей на протяжении многих лет. С решением этой проблемы связано не только получение искусственных аналогов природного благородного опала [1], но и синтез широкого класса нанокомпозитных материалов [2, 3]. Кроме того, сами монодисперсные сферические частицы кремнезема являются перспективным объектом для их широкого применения в области получения новых конструкционных материалов, прецизионной полировки, фильтрации, катализа и т.д. Устойчивый рост интереса к материалам, имеющим надмолекулярно упорядоченную структуру, диктует все более высокие требования к качеству подобных объектов. Это, в свою очередь, привело к тому, что имеющихся в настоящее время эмпирических методов полу-

чения монодисперсных сферических частиц кремнезема и надмолекулярных структур на их основе уже не достаточно. Необходимы детальные знания о процессах и механизмах образования как самих частиц кремнезема, так и надмолекулярных матриц на их основе.

Попытки решить вопрос о структуре и механизме образования рентгеноаморфных сферических частиц кремнезема предпринимались неоднократно [3–7]. Неоднородность строения глобул хорошо выявляется после их травления разбавленными растворами фтористоводородной кислоты [2], а также по данным высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии (рис. 1). При этом размер субструктурных единиц оценивается в интервале от 5 до 20 нм [1]. Вместе с тем диаметр частиц кремнезема, определенный в самый начальный момент их синтеза по методике Стобера-Финка [8] с использованием малоуглового рассеяния, составляет примерно 2.4 нм [9]. Все что находится между этими двумя размерами (первичные

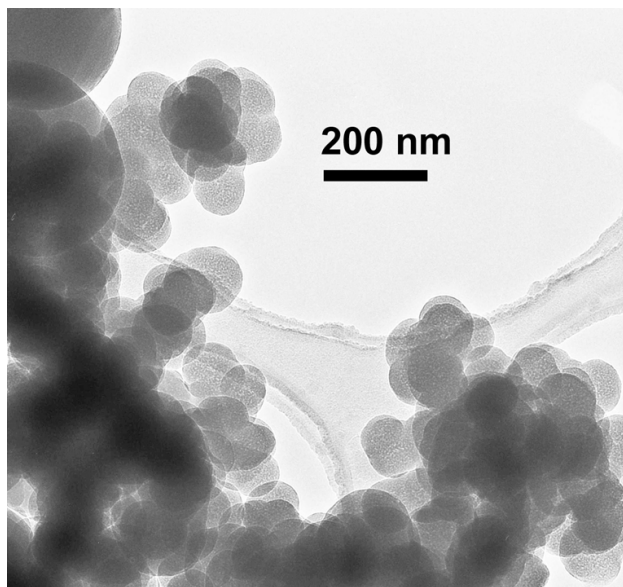


Рис. 1. Глобулярная структура частиц кремнезема по данным высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии.

Fig. 1. Globular structure of silica particles according to high-resolution transmission electron microscopy.

частицы диаметром 2.4 нм и конечные сферы кремнезема диаметром 100–700 нм) до сих пор остается предметом дискуссий. При этом многообразие наблюдаемых форм и природа рентгеноаморфных частиц обсуждались в ряде публикаций [5, 7]. В одной из наших работ [6] было показано, что первичными частицами, в результате агрегации которых образуются монодисперсные сферические частицы, являются особые нанокластеры (кватароны). Подобное многообразие представлений (рис. 2) неслучайно и связано с трудностями осуществле-

ния прямых наблюдений за внутренней структурой частицы. Специальные исследования по использованию высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии и рентгеновской нанотомографии для решения вопросов, связанных с внутренней структурой частицы, практически отсутствуют. Это связано с очевидными сложностями прямого структурного анализа с атомарным разрешением в рентгеноаморфных объектах микронного и субмикронного размера.

Нами ранее показано [10], что вопрос о строении и механизме образования глобулярных частиц кремнезема может быть решен методом динамического рассеяния света, который позволяет измерять размеры коллоидных частиц практически в режиме реального времени. Этот метод позволяет оценить размер в динамике, что наряду с изменением интенсивности рассеянного света и характером зависимости роста частиц кремнезема во времени, дает информацию о происходящих в системе процессах зарождения, роста и агрегации частиц. В данной работе представлены результаты наблюдений за процессами зарождения и роста монодисперсных сферических частиц кремнезема, полученные методом динамического рассеяния света и их анализ.

Экспериментальная часть

Методические основы проведения исследований по изучению процессов зарождения и роста частиц кремнезема в режиме реального времени, с использованием спектрометра динамического рассеяния света, изложены в работе [10]. Установка собрана на базе модифицированного спектрометра Photocor Complex с интегрированной проточной кюветой (рис. 3).

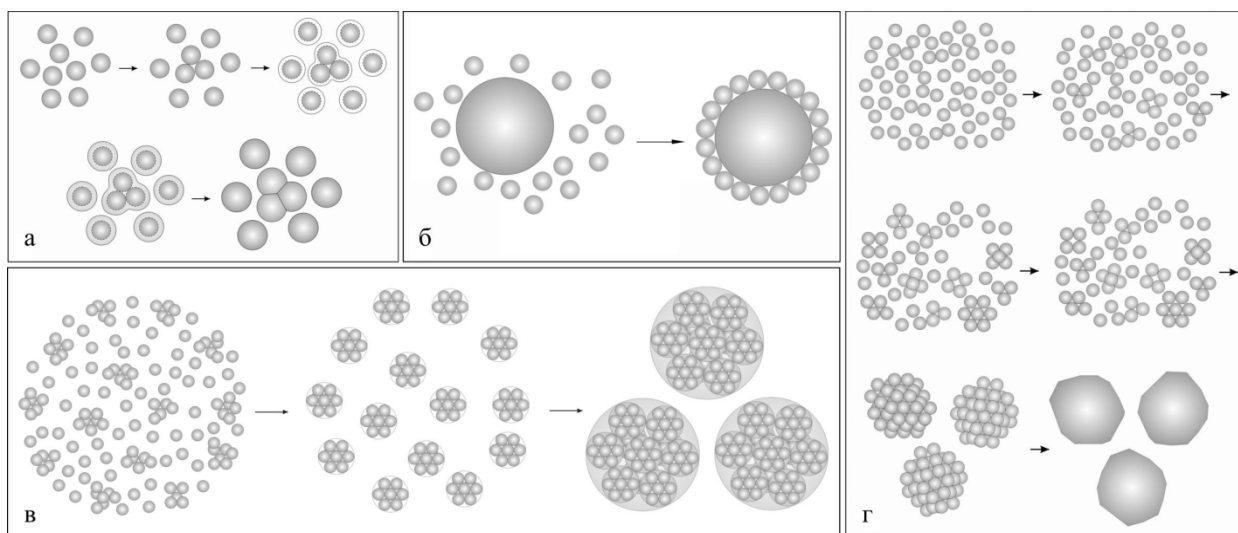


Рис. 2. Существующие представления о вероятном внутреннем строении сферических частиц и механизме их образования. а – послойный рост вокруг группы агрегированных первичных частиц, б – агрегация первичных частиц вокруг большого ядра, в – иерархический механизм образования, г – агрегация первичных частиц с формированием упорядоченных полигонов (глобул).

Fig. 2. Existing concepts about the probable structure of spherical particles and mechanism of their formation. а – layered growth around a group of aggregated primary particles, б – aggregation of primary particles around a large nucleus, в – hierarchical mechanism of formation, г – aggregation of primary particles with the formation of ordered polyhedra (globules).

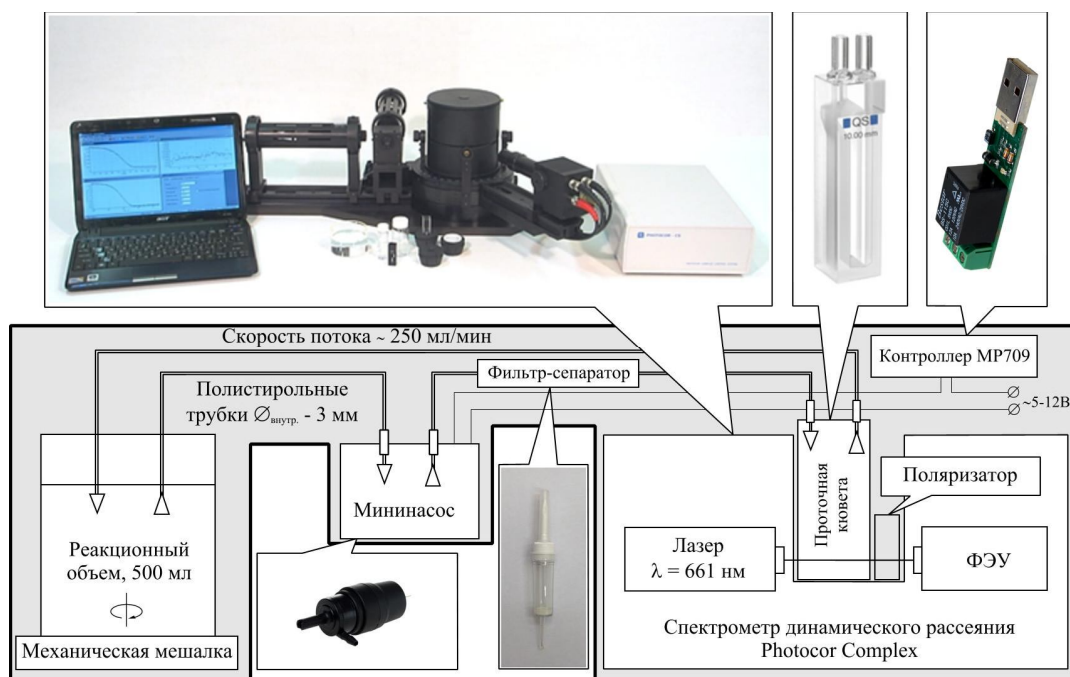


Рис.3. Схема проведения эксперимента по исследованию кинетики роста монодисперсных сферических частиц кремнезема в проточной кювете.

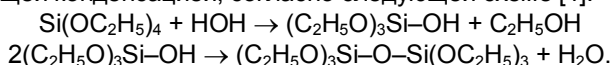
Fig.3. Scheme of the experiment on the study of growth kinetics of monodisperse spherical silica particles in the flow cuvette.

Условия проведения эксперимента следующие: конечный радиус сфер кремнезема – 55 нм, при их концентрации 2 мас.%, температура $30^{\circ} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$, угол рассеяния $90^{\circ} \pm 0.01^{\circ}$, длина волны лазера $\lambda = 661$ нм. Время накопления корреляционной функции 60 сек., время работы насоса 50 сек., с производительностью 250 мл/мин, что соответствует более чем четырехкратному обновлению всей проточной системы за время накопления корреляционной функции. Полученные данные по изменению размеров частиц, а также интенсивности светорассеяния во времени представлены на рис. 4.

Результаты и обсуждение

На полученной диаграмме зависимости размеров частиц и интенсивности их рассеяния во времени можно условно выделить три временные зоны (рис. 4).

Зона 1. Начало синтеза. Продолжительность $\approx 15\text{--}17$ мин. В этой зоне на всем ее протяжении интенсивность рассеяния не изменяется и остается на уровне базовой линии. Зона продолжается до фиксации первого всплеска интенсивности рассеяния и соответствующего ему зафиксированного значения размеров частиц. Радиус первых определенных частиц составляет примерно 30 нм. Именно в этой зоне осуществляются процессы зарождения и роста первичных частиц. Вначале происходит гидролиз этокси групп тетраэтоксисилана с последующей конденсацией, согласно следующей схеме [1]:



Последующая поликонденсация ведет к образованию разветвленных полимерных цепочек, а в дальнейшем к формированию устойчивых кластеров, кватеронов [11], размером порядка 2.4 нм, агрегация которых приводит к образованию фиксируемых методом динамического рассеяния частиц радиусом порядка 30 нм.

Определение реальных размеров частиц в этой области методом динамического рассеяния невозможно в силу физических особенностей кватеронов, которые будучи фрактальными структурами не изменяют интенсивность рассеянного света. Однако на границе этой зоны появляется первый всплеск интенсивности, что позволяет устойчиво определять размеры первых фиксируемых частиц.

Зона 2. Рост частиц. Происходит значительный рост размеров частиц кремнезема. Параллельно продолжают процессы образования первичных частиц. Увеличение интенсивности светорассеяния носит “взрывной” характер.

Поскольку на данном этапе размеры частиц значительно меньше длины волны используемого света (661 нм) и концентрация их невелика (менее 2 мас. %), то для оценки интенсивности рассеянного света правомерно использование уравнения Релея:

$$I_p = I_0 \frac{24\pi^3 V C}{\lambda^4 \rho} \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right)^2, \quad (1)$$

где I_0 и I_p – интенсивности падающего и рассеянного света;

V – объем частицы;

C – массовая концентрация частиц;

λ – длина волны падающего света;

ρ – плотность дисперсной фазы;
 n_1 и n_0 – показатели преломления дисперсной фазы и дисперсионной среды.

С учетом того, что длина волны, плотность дисперсной фазы и показатели преломления дисперсной фазы и дисперсионной среды остаются постоянными, то мы имеем следующую зависимость изменения интенсивности рассеянного света от изменения радиуса частиц, массовой и частичной концентрации частиц:

$$I_2/I_1 = r_2^3/r_1^3 = C_2/C_1 = v_1/v_2, \quad (2)$$

где I_2 и I_1 – интенсивность рассеянного света;

r_2 и r_1 – радиус частиц;

C_1 и C_2 – массовая концентрация частиц;

v_1 и v_2 – частичная концентрация (количество частиц дисперсной фазы в 1 м^3 золя).

Анализ зависимости размеров частиц и соответствующей им интенсивности светорассеяния в зоне 2 приводит к следующим выводам. В обозна-

ченном интервале (рис. 4) размеры частиц увеличиваются относительно слабо, $\Delta_1 = (50.0 \text{ нм} - 30.0 \text{ нм}) = 20 \text{ нм}$, что составляет $\approx 66\%$ от первоначального значения, в то время как интенсивность рассеяния света увеличивается почти в 230 раз, $\Delta_2 = (350000 - 1500) = 348500$, что составляет $\approx 23000\%$. При этом в соответствии с уравнением 2, при отмеченном росте частиц в 66%, рост интенсивности светорассеяния должен составлять не более 36%. Подобное значительное несоответствие между наблюдаемым увеличением интенсивности и рассчитанным, исходя из увеличения размеров частиц значением, свидетельствует о массовом увеличении количества конечных частиц, более чем в 100 раз, или о значительном увеличении частичной и (или) массовой концентрации частиц, размеры которых нами не фиксируются. Никаких других факторов, способных влиять на увеличение интенсивности светорассеяния по сравнению с расчетным значением, нет.

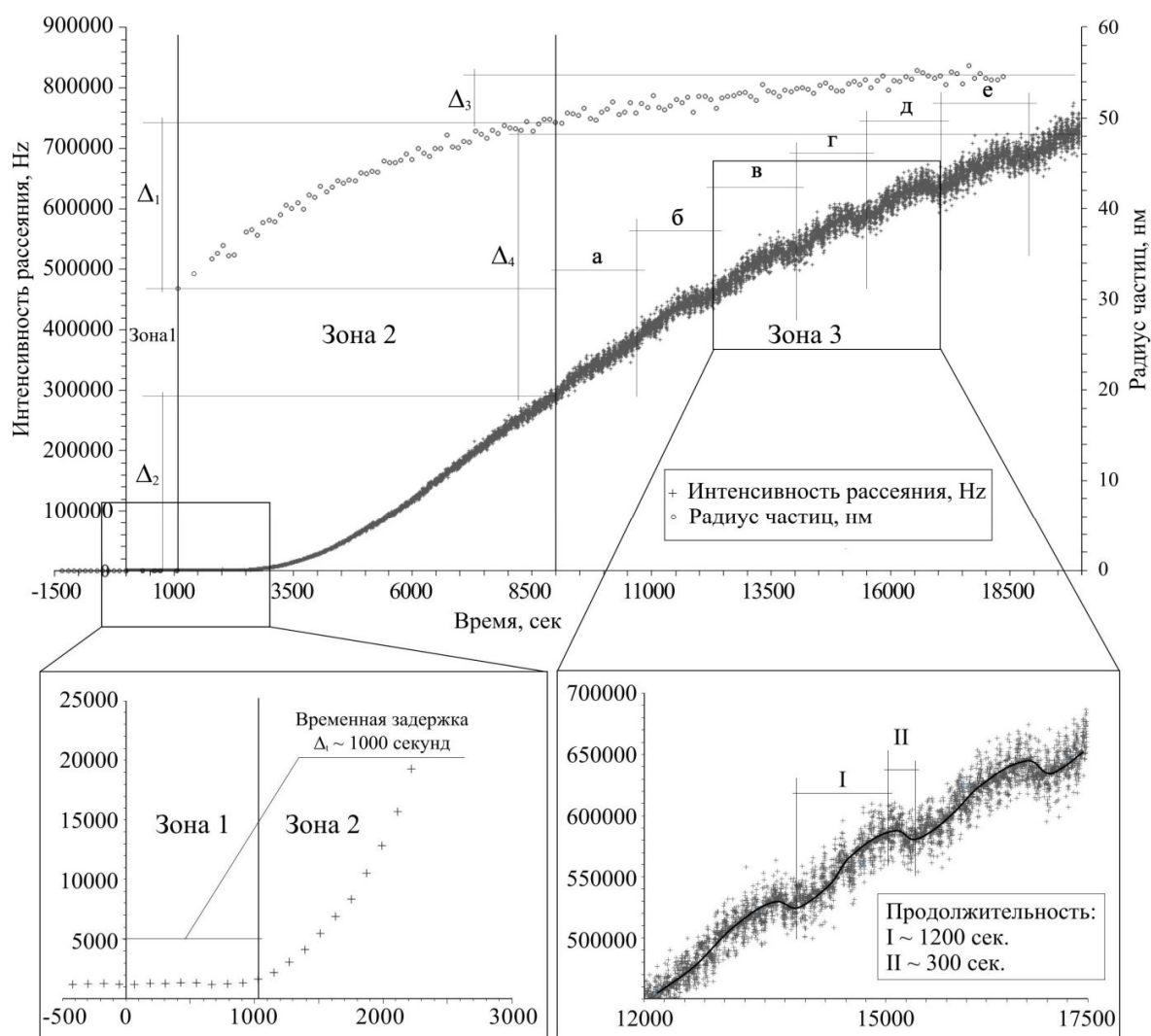


Рис. 4. Изменение размеров частиц кремнезема во времени в процессе их образования и роста, а также соответствующие им значения интенсивности светорассеяния.

Fig. 4. Change in the size of silica particles in time in the process of their formation and growth, as well as corresponding light scattering intensity values.

Таким образом, естественно предположить, что в этой зоне происходит массовая кластер-кластерная агрегация первичных частиц с образованием иерархически построенных сфер. При этом процесс образования самих первичных частиц не прерывается. Полученные результаты напрямую свидетельствуют о наличии в системе частиц гораздо меньшего размера, которые наряду с увеличением числа конечных сфер, и являются причиной подобного увеличения интенсивности рассеяния света. Невозможность определения подобных частиц методом динамического светорассеяния в процессе синтеза связана с их маленькими размерами и, соответственно, низкой интенсивностью рассеяния света, которая теряется на фоне более интенсивного сигнала от крупных частиц. Однако эта проблема решается при проведении исследования размеров частиц после синтеза и разделения полученной дисперсной системы отстаиванием с последующим определением размеров частиц методом динамического рассеяния при больших временах накопления корреляционной функции (см. таблицу). Присутствие в системе частиц, как минимум, двух отличных друг от друга размерных групп – явное подтверждение гипотезы образования частиц кремнезема вследствие иерархической агрегации первичных частиц.

ния практически во всех случаях одинакова и составляет следующие значения: а ≈ 1600 сек., б ≈ 1600 сек., в ≈ 1700 сек., г ≈ 1500 сек., д ≈ 1600 сек., е ≈ 1800 сек. Подобный колебательный характер может быть объяснен в рамках одновременного протекания, как минимум, двух процессов. Одним из которых является медленный рост конечных (вторичных) сфер кремнезема, а другим – образование первичных частиц кремнезема и их агрегация с образованием конечных сфер. Согласно следствию из уравнения Релея (2), увеличение интенсивности рассеяния прямо пропорционально зависит от радиуса частиц, а также массовой и частичной концентрации частиц. Однако зависимость изменения интенсивности рассеяния от радиуса частиц кубическая, в то время как зависимость от увеличения их массовой и частичной концентрации определяется простым их отношением. Вследствие чего рост размеров частиц в первом приближении приводит к увеличению рассеяния света гораздо более значительный вклад, чем увеличение массовой концентрации частиц или их количества. Исходя из этих рассуждений и выше упомянутого предположения о наличии двух процессов в системе, можно объяснить наблюдаемый экспериментально колебательный характер зависимости интенсивности рассеяния света во времени следующим образом.

Значения радиусов монодисперсных сферических частиц кремнезема, полученных гидролизом ТЭОС, определенные методом динамического рассеяния света для одной и той же дисперсной системы по прошествии разного времени после их синтеза

Values of radii of monodisperse spherical silica particles obtained by TEOS hydrolysis, determined by dynamic light scattering method for the same disperse system after different time periods after their synthesis

Показатели	Время после синтеза, мин								
	0	30	60	90	180	210	240	8640	18720
Радиус частиц, нм	55.30	54.87	54.39	53.70	54.91	55.83	53.13 3.34	425.7 56.48 4.03	426.7 55.22 3.71

Зона 3. Окончание роста частиц. В этой зоне также наблюдается несоответствие роста интенсивности по сравнению с увеличением размеров частиц, реальная интенсивность также выше расчетной. Однако данное несоответствие значительно ниже, чем в зоне 2. Интенсивность увеличивается на 270 % вместо расчетных 20%, что свидетельствует об истощении исходных веществ. В результате первичные частицы образуются не так быстро, а больше расходятся в процессе их агрегации с образованием конечных сфер. Их количество значительно снижается, что и приводит к уменьшению несоответствия между определенной интенсивностью рассеяния света и расчетной. Вместо процессов кластер-кластерной агрегации в этой зоне преобладают процессы агрегации «кластер-первичная частица». Соответственно снижается и скорость роста размера конечных сфер кремнезема.

В зоне 3 на фоне снижения скорости роста частиц замедляется и рост интенсивности рассеяния света, при этом проявляется ярко выраженный колебательный характер процесса (рис. 4). Продолжительность колебаний интенсивности рассея-

Общий тренд увеличения интенсивности связан с ростом конечных сфер кремнезема и образованием первичных частиц. При достижении системой определенных условий начинается агрегация первичных частиц. За счет резкого увеличения радиуса и одновременного с этим повышения массовой концентрации конечных сфер интенсивность светорассеяния увеличивается очень быстро (I) (рис. 4). При этом значительно уменьшается массовая и частичная концентрация первичных частиц (компоненты для реакции гидролиза заканчиваются), что, в свою очередь, снижает интенсивность рассеяния (II) (рис. 4). Последующее накопление концентрации первичных частиц приводит к замедлению роста интенсивности рассеяния света, дальнейшая агрегация которых вновь вызывает рост интенсивности и так далее, приводя в итоге к экспериментально наблюдаемому колебательному характеру зависимости. Это предположение, сделанное на основании интерпретации полученных результатов, также свидетельствует в пользу гипотезы об образовании частиц кремнезема вследствие иерархической агрегации. Однако следует заметить, что полученные

результаты не противоречат также идее, согласно которой внутри конечной сферы кремнезема находится достаточно крупное “ядро”, окруженное “первичными” частицами меньшего диаметра.

Заключение

На примере синтеза монодисперсных сферических частиц кремнезема в результате гидролиза тетраэтоксисилана (методика Стебера-Финка) нами впервые получена зависимость размеров частиц кремнезема во всем временном интервале их зарождения и роста, а также соответствующая этим размерам интенсивность светорассеяния с использованием метода динамического рассеяния света. Показано, что существует некоторая задержка во времени образования первых частиц после начала синтеза. Образующиеся при этом частицы имеют размеры порядка 60% от размера конечных сфер. Далее, за первые 60 мин частицы достигают 65% от своих окончательных размеров, после чего увеличиваются незначительно на протяжении более чем 5 час. Обнаружено несоответствие между скоростью роста размеров частиц и увеличением интенсивности светорассеяния. Последняя растет значительно быстрее, что свидетельствует о наличии в системе еще одного размерного класса не определяемых (не регистрируемых) частиц кремнезема. Данные выводы подтверждаются изменением размеров частиц методом динамического рассеяния света после их центрифугирования (с целью отделения крупных частиц). Выявлен колебательный характер изменения интенсивности рассеяния во времени, который интерпретируется нами как результирующая трех процессов: агрегации первичных частиц с образованием конечных сфер и связанное с этим изменение частичной концентрации сфер, рост конечных сфер и изменение массовой концентрации как первичных, так и конечных сфер. Таким образом, эти данные можно рассматривать как доказательство иерархического механизма формирования монодисперсных частиц кремнезема.

Литература

1. Денискина Н.Д., Калинин Д.В., Казанцева Л.К. Благородные опалы (природные и синтетические)/Ред. Н.В.Соболев. Новосибирск: Наука, 1987. 184 с.
2. Fabrication and structural studies of opal-III nitride nanocomposites / V.Y.Davydov, V.G.Golubev, N.F.Kartenko, D.A.Kurdyukov, A.B.Pevtsov, N.V.Sharenkova, P.Broqueira, R.Schwarz // Nanotechnology. 2000. №. 11. P. 291–294.
3. Самойлович С.М. Синтез и свойства материалов со структурой благородного опала (природных аналогов и 3D-наноконкомпозитов): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1999. 28 с.
4. Берестнева З.Я., Каргин В.А. О механизме образования коллоидных частиц // Успехи химии. 1951. Т. 24. Вып. 3. С. 249–259.
5. Калинин Д.В., Сердобинцева В.В. Надмолекулярная кристаллизация в процессах минералообразования // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. №. 7. С. 41–55.
6. Асхабов А.М. Агрегация кватаронов как механизм формирования аморфных частиц сферической формы // ДАН. 2005. Т. 400. № 2. С. 224–227.
7. Камашев Д.В. Синтез, свойства и модель образования надмолекулярных структур кремнезема // Физика и химия стекла. 2012. Т.38. № 3. С. 69–80.
8. Stober W., Fink A., Bohn E. Controlled growth monodisperse silica spheres in the micron size range // Journ. Colloid and Interface Sci., 1968. Vol.26. №.2. P. 62–69.
9. Pontoni D., Narayanan N. and Rennie A.R. Time-Resolved SAXS Study of Nucleation and Growth of Silica Colloids // Langmuir. 2002. №. 18. P. 56–59.
10. Камашев Д.В., Асхабов А.М. Кинетика роста и строение монодисперсных сферических частиц кремнезема по данным динамического светорассеяния // Записки Российского минералогического общества. Ч. CXLVI. 2017. № 2. С. 46–57.
11. Асхабов А.М., Рязанов М.А. Кластеры “скрытой” фазы – кватароны и зародышеобразование // ДАН. 1998. Т. 362. № 5. С. 630–633.

References

1. Deniskina N.D., Kalinin D.V., Kazantseva L.K. Blagorodnye opaly (prirodnye i sinteticheskie) [Noble opals (natural and synthetic)] / Ed. N. V. Soboлев. Novosibirsk: Nauka, 1987. 184 p.
2. Fabrication and structural studies of opal-III nitride nanocomposites/V.Y.Davydov, V.G.Golubev, N.F.Kartenko, D.A.Kurdyukov, A.B.Pevtsov, N.V.Sharenkova, P.Broqueira, R.Schwarz// Nanotechnology. 2000. №. 11. P. 291–294.
3. Samoilovich S.M. Sintez i svojstva materialov so strukturoj blagorodnogo opala (prirodnih analogov i 3D-nanokompozitov) [Synthesis and properties of materials with noble opal structure (natural analogues and 3D-nanocomposites)]: Abstract of diss. ... Cand. Sci. (Geol.-Mineral.). Moscow: Moscow State Univ., 1999. 28 p.
4. Berestneva Z.Ya., Kargin V.A. O mehanizme obrazovaniya kolloidnyh chastic [On the mechanism of colloidal particles formation] // Uspehi himii [Advances in Chemistry]. 1951. Vol. 24. Issue 3. P. 249–259.
5. Kalinin D.V., Serdobintseva V.V. Nadmolekuljarnaja kristallizacija v processah mineraloobrazovaniya [Supramolecular crystallization in mineral formation processes] // Geologi i geofizika [Geology and geophysics]. 2000. Vol. 41. №. 7. P. 41–55.
6. Askhabov A.M. Agregacija kvataronov kak mehanizm formirovaniya amorfnyh chastic sfericheskoj formy [Aggregation of quatarons as a mechanism of formation of amorphous particles of spherical shape] // Dagestan Ac. Sci. 2005. Vol. 400. № 2. P. 224–227.
7. Kamashev D.V. Sintez, svojstva i model' obrazovaniya nadmolekuljarnyh struktur kremnezema [Synthesis, properties and model for the

- formation of supramolecular structures of silica] // *Fizika i himija stekla* [Physics and chemistry of glass]. 2012. Vol. 38. № 3. P. 69–80.
8. *Stober W., Fink A., Bohn E.* Controlled growth monodisperse silica spheres in the micron size range // *J. Colloid and Interface Sci.*, 1968. Vol.26. №.2. P. 62–69.
 9. *Pontoni D., Narayanan N., and Rennie A.R.* Time-Resolved SAXS Study of Nucleation and Growth of Silica Colloids. *Langmuir*. 2002. №. 18. P. 56–59.
 10. *Kamashev D.V., Askhabov A.M.* Kinetika rosta i stroenie monodispersnyh sfericheskikh chastic kremnezema po dannym dinamicheskogo svetorassejaniya [Kinetics of growth and structure of monodisperse spherical silica particles according to dynamic light scattering] // *Zap. RMO* [Notes of the Rus. Mineral. Society]. Pt. CXLVI. 2017. № 2. P. 46–57.
 11. *Askhabov A.M., Ryazanov M.A.* Klastery “skrytoj” fazy – kvatarony i zarodysheobrazovanie [Clusters of “hidden” phase – quatarons and nucleation] // *Dagestan Ac. Sci.* 1998. Vol. 362. № 5. P. 630–633.

Статья поступила в редакцию 15.12.2017.

УДК 549+552.22 (470.13)

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ КСЕНОКРИСТАЛЛОВ И ГЛУБИННЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПИКРИТАХ ЧЕТЛАССКОГО КАМНЯ

Е.Г. ДОВЖИКОВА, Л.П. БАКУЛИНА

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта
dovzh57@yandex.ru, lbarulina@ugtu.net

В работе приводится характеристика глубинных минералов и включений из пикритов дайкового комплекса Четласского камня Среднего Тимана. Детально рассмотрены особенности химического состава оливина, хромистых клинопироксенов, диопсида, титаномагнетита, гранатов пироп-альмандинового ряда, хромшпинелидов и цирконов из ксенокристаллов и глубинных включений ультраосновного состава различной генетической природы. Рассчитаны термодинамические параметры условий образования пикритов и дана отрицательная оценка их в отношении алмазоносности.

Ключевые слова: пикриты, кимберлиты, мантийные минералы, ксенокристаллы, ксенолиты, нодулы, фации глубинности

E.G. DOVZHKOVA, L.P. BAKULINA. THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF XENOCRYSTALS AND DEPTH INCLUSIONS IN PICRITES OF CHETLASS STONE

The characteristics of deep minerals and inclusions from picrite rocks of Chetlass Stone of the Middle Timan is given. The features of the chemical composition of olivine, chromium clinopyroxenes, diopside, magnetite, garnet pyrope-almandine series, chrome spinel and zircon from xenocrystals and deep inclusions of ultramafic composition of different genetic origin are considered in detail. The conditions for crystallization of the olivine+chrome spinel+chromopentienic association of clinopyroxene were estimated, which made it possible to classify Chetlass dyke complex as the spinel-pyroxene facies of the upper mantle, which pressure and temperature differ significantly from the conditions of diamond stabilization.

Keywords: picrites, kimberlites, mantle minerals, xenocrystals, xenoliths, nodule, facies

Средний Тиман – регион со сложным геологическим строением, в котором отражены особенности и стадийность исторического процесса. История развития Тимана, его тектоническое строение и этапы магматической деятельности освещены в ряде работ [1–8]. В настоящее время ведется разработка бокситовых месторождений и уже добыто свыше 38 млн. т руды. Однако есть проблемы, требующие решения, и одна из них – связь четласского дайкового комплекса с редкометалльно-редкоземельным оруденением или с алмазносностью. Решение проблемы кроется в детальном изучении глубинных минералов и включений, заключенных в дайках, чему и посвящена данная работа.

Породы дайкового комплекса развиты в юго-восточной части Четласского камня и представлены дифференциатами щелочно-ультраосновной магмы пикритового состава. Данные определения абсолютного возраста датируются K-Ar и Ar-Ar методами в 590 ± 30 млн. лет [1, 8, 9]. Дайки локализируются в зонах разломов северо-восточного прости-

рания. С этими же разломами пространственно совмещены поля редкоземельно-редкометалльного оруденения. Для выявления особенностей химического состава мантийного материала пикритов был детально изучен керн скважин 159, 161 (аномалия Ч-9), 120, 125, М-1, М-11 и образцы из горных выработок, вскрывших дайки 3, 15, 114, Ч-1.

Изученные тела сложены черными, темно-серыми, зеленовато-серыми массивными или брекчиевыми породами, в зоне гипергенеза превращенными в бурую или голубовато-зеленую слюдистоглинистую массу. По соотношению породообразующих минералов подразделяются на пикриты, обогащенные оливином, пироксенами, и плагиоклаз содержащие.

Подавляющая часть даек имеет зональное строение. Эндоконтактные зоны сложены закалочной фацией, характеризуются порфировой структурой с микролитовой основной массой и обогащены ксенолитами вмещающих пород, представленных сланцами, кварцитами, кварцитопесчаниками, песчаниками и алевролитами.

Центральная часть даек обогащена вкрапленниками и ксенокристаллами оливина и клинопироксена. Структура породы – серийно-порфировая и гломеропорфировая. Для периферийных зон наиболее типичными структурами являются гипидиоморфнозернистая, порфировая, пойкилобластовая.

Вкрапленники представлены оливином (10–30%) и титанавгитом (5–15%) двух генераций. Оливин I – ксеноморфные выделения размером 1,5–3,0 мм и более, частично или полностью замещенные серпентином, тальком, иддингситом, кальцит-хлоритовым или кальцит-тремолитовым агрегатом. Характеризуется повышенным содержанием железа, фаялитовый компонент составляет 12–16% (табл. 1, ан. 1-3). Ассоциирует с плеонастом и ранним титанавгитом. Оливин II – идиоморфные кристаллы размером до 1,5 мм. Ассоциирует с титанавгитом, магнетитом.

Титанавгит I слагает крупные (до 3 см) ксеноморфные эллипсоидальные мегакристаллы желто-коричневого и серовато-желтого цвета. Характеризуется повышенным содержанием титана, алюминия и относительно невысокой железистостью (табл. 1 ан. 4-6). Ассоциирует с оливином I и плеонастом. Титанавгит II образует небольшие (до 1,5 мм) идиоморфные или гипидиоморфные кристаллы короткопризматического габитуса. От титанавгита I отличается повышенным содержанием TiO_2 , FeO, меньшей щелочностью и глиноземистостью (табл. 1, ан. 7,8). Ассоциирует с поздним оливином, магне-

титом, основным плагиоклазом, который, вероятно, и поглощает избыток в нем алюминия.

Основная масса пикритов сложена первично-магматическими оливином (5–10%), титанавгитом (15–50%), плагиоклазом An_{55-60} (0–8%), паргаситом (0–3%) и флогопитом (0,5–1%). Из постмагматических минералов установлены флогопит II (5–60%) и гадингсит (5–75%). В различных количествах присутствуют амфиболы (роговая обманка, тремолит, рихтерит), серпентин, хлорит, кальцит, доломит, эпидот, сапонит, тальк, щелочные полевые шпаты.

Структура основной массы пойкилобластовая и гипидиоморфнозернистая. Пойкилобластовая структура обусловлена развитием крупных пойкилокристаллов флогопита и (или) гадингсита, имеющих автотаморфическое происхождение. Гипидиоморфнозернистая структура обусловлена развитием мелких округлых зерен измененного оливина, короткопризматических кристаллов титанавгита и второстепенных минералов – паргасита, флогопита, основных плагиоклазов.

Обломочный материал в пикритах распространен неравномерно и представлен ксенокристаллами различных минералов, нодулями пород ультраосновного состава и ксенолитами вмещающих пород (преимущественно, сланцев). Размеры ксенолитов варьируют от нескольких миллиметров до первых десятков сантиметров. Ксенокристаллы представлены оливином, хромистым клинопироксеном, диопсидом, титаномagnetитом, хромшпинелидами, гранатом, цирконом.

Таблица 1

Химический состав оливина и титанавгита в пикритах дайкового комплекса

Table 1

Chemical composition of olivine and titanavite in picrites of the dyke complex

Состав, %	Оливин I			Титанавгит I			Титанавгит II		Ксенокристаллы оливина			
SiO ₂	40,26	40,09	39,94	49,71	49,50	49,32	48,37	49,04	40,77	41,01	40,62	39,85
TiO ₂	-	0,05	0,17	1,16	0,84	0,87	1,77	1,57	0,03	-	-	-
Al ₂ O ₃	-	0,42	-	7,31	8,45	9,39	5,42	5,86	0,09	-	0,11	-
Cr ₂ O ₃	-	0,08	0,18	-	0,25	-	-	0,16	0,08	0,08	0,08	0,10
FeO	11,83	11,87	13,72	3,43	3,92	6,03	7,62	6,61	8,07	9,23	9,28	10,05
MnO	0,19	0,17	0,17	0,12	0,10	0,07	0,20	0,31	0,15	0,20	0,12	0,18
MgO	47,24	47,04	45,53	13,32	15,42	14,05	12,91	13,36	49,99	48,82	47,73	48,30
CaO	0,13	0,30	0,18	22,43	21,01	20,58	22,37	22,66	0,17	0,29	0,19	0,28
Na ₂ O	-	-	-	0,80	1,02	1,16	0,59	0,44	-	-	-	-
Сумма	99,64	100,02	99,83	100,28	100,51	101,47	99,25	101,32	99,35	99,63	100,13	98,75
Si	1,001	0,992	1,001	1,819	1,783	1,773	1,803	1,814	1,000	1,000	0,993	0,992
Ti	-	0,002	0,003	0,032	0,023	0,024	0,050	0,043	-	-	-	-
Al	-	0,008	-	-	-	-	-	-	0,003	-	0,003	-
Al ^{IV}	-	-	-	0,181	0,217	0,227	0,197	0,186	-	-	-	-
Al ^{VI}	-	-	-	0,134	0,142	0,170	0,041	0,069	-	-	-	-
Cr	-	0,002	0,04	-	0,007	-	-	0,006	0,002	0,002	0,002	0,002
Fe ³⁺	-	-	-	0,040	0,025	0,090	0,099	0,048	-	-	0,009	-
Fe ²⁺	0,245	0,246	0,287	0,126	0,093	0,091	0,138	0,094	0,165	0,189	0,180	0,208
Mn	0,004	0,003	0,004	0,04	0,003	0,002	0,006	0,002	0,003	0,004	0,002	0,004
Mg	1,747	1,693	1,697	0,727	0,826	0,751	0,716	0,778	1,823	1,788	1,806	1,787
Ca	-	-	-	0,880	0,810	0,791	0,907	0,939	0,004	0,008	0,006	0,007
Na	-	-	-	0,067	0,071	0,081	0,043	0,0022	-	-	-	-
Фаялит, мол. %	12,3	12,3	14,3	-	-	-	-	-	8,3	9,4	9,5	10,4
N _g	1,698	1,705	1,710	1,713	1,715	1,716	1,718	1,720	1,698	1,964	1,692	1,694
N _m	1,682	1,690	1,696	1,693	1,698	1,699	1,702	1,704	1,682	1,688	1,676	1,678
N _o	1,669	1,676	1,680	1,688	1,686	0,689	0,692	1,698	1,667	1,662	1,660	1,662

Примечание: Микрозондовые анализы выполнены С.А. Смысловым в лаборатории ВСЕГЕИ на рентгено-спектральном микроанализаторе SEMQ фирмы ARL (США).

Note: Microprobe analyses are performed by S.A.Smyslov in the laboratory of the All-Union Sci. Research Geological Institute on the x-ray spectral microanalyzer SEMO of ARL company (USA).

Оливин образует ксеноморфные метакристаллы размером до 3,0 см. Химический состав приведен в табл. 1 (ан. 9–12). Оливин из ксенокристаллов менее железистый по сравнению с оливином I, содержание фаялитового компонента – 8,3–10,4 %.

Хромистый клинопироксен встречается в виде отдельных ксенокристаллов с каймой из фассаита (табл. 2, ан. 1-8), биминеральных сростков, сростков с оливином (ан. 9), паргаситом (ан. 10), хромшпинелидом (ан. 11). Ксенокристаллы клинопироксена ксеноморфны, овоидальны, размер – до

сайта. Макроскопически фассаит окрашен в коричневый цвет, который под микроскопом изменяется от коричневатого-желтого по N_g , розовато-желтого по N_m до желтого по N_p . Толщина каймы – 1,0 мм. Химический состав диопсида и реакционного фассаита представлен в табл. 3.

В химическом составе диопсида отмечаются значительные вариации содержаний Mg, Ca, Fe, Na. Cr_2O_3 отсутствует, либо содержится в незначительных (до 0,5%) количествах и только в маложелезистых образцах. Фассаит характеризуется по-

Таблица 2

Состав хромистых клинопироксенов в породах дайкового комплекса

Table 2

The chromium composition of clinopyroxenes in rocks of the dyke complex

Состав, %	Ксенокристаллы в пикритах								Сросток с оливином	Сросток с паргаситом	Сросток с хромшпинелидом
SiO ₂	53,08	52,86	51,48	50,87	53,30	51,07	53,76	54,68	53,07	53,61	53,67
TiO ₂	0,18	0,37	0,28	0,40	0,34	0,29	-	0,25	0,20	0,08	0,11
Al ₂ O ₃	3,78	5,78	6,03	4,59	3,83	4,80	1,69	3,36	2,56	2,14	1,85
Cr ₂ O ₃	1,01	1,29	1,31	1,50	1,57	1,63	1,74	1,84	2,14	1,35	1,13
FeO	2,57	3,58	4,13	2,48	2,12	2,90	1,95	1,98	2,02	2,80	2,46
MnO	0,09	0,14	0,18	0,08	0,14	0,12	0,11	0,07	0,11	0,07	0,12
MgO	17,88	19,82	19,33	16,86	19,01	17,29	16,32	15,69	16,75	16,72	16,94
CaO	20,85	14,96	16,53	21,75	18,48	20,42	21,22	19,64	20,89	21,55	21,32
Na ₂ O	0,87	1,15	0,73	0,52	1,01	0,73	1,38	1,50	1,03	0,32	1,51
Сумма	100,31	99,95	100,00	99,16	99,80	99,24	98,17	99,02	98,77	97,79	98,17
Si	1,907	1,891	1,850	1,863	1,915	1,862	1,982	2,000	1,948	1,994	1,979
Al ^{IV}	0,093	0,109	0,150	0,137	0,085	0,138	0,018	-	0,052	0,006	0,021
Ti	0,005	0,010	0,008	0,011	0,009	0,008	-	0,007	0,005	0,001	0,003
Al ^{VI}	0,067	0,135	0,105	0,061	0,077	0,068	0,055	0,145	0,059	0,066	0,059
Cr	0,029	0,037	0,037	0,043	0,045	0,047	0,051	0,053	0,062	0,040	0,035
Fe ³⁺	0,049	-	0,043	0,048	0,020	0,058	0,010	-	-	-	0,029
Fe ²⁺	0,028	0,107	0,081	0,026	0,043	0,030	0,050	0,061	0,062	0,062	0,047
Mn	0,003	0,004	0,005	0,002	0,004	0,004	0,004	0,002	0,003	0,002	0,004
Mg	0,955	1,054	0,721	0,919	1,016	0,937	0,895	0,914	0,915	0,886	0,874
Ca	0,802	0,573	0,637	0,853	0,711	0,797	0,837	0,769	0,821	0,858	0,841
Na	0,060	0,079	0,051	0,037	0,070	0,051	0,098	0,106	0,073	0,029	0,108
N _g	1,701	1,705	1,702	1,703	1,705	1,706	1,703	1,703	1,704	1,702	1,704
N _m	1,685	1,690	1,686	1,687	1,688	1,689	1,686	1,688	1,690	1,687	1,688
N _p	1,675	1,676	1,680	1,678	1,676	1,679	1,680	1,679	1,680	1,677	1,679

15 мм. Окраска изумрудно-зеленая, обусловленная значительной примесью Cr_2O_3 (табл. 2), заметен слабый плеохроизм по схеме $N_g > N_m > N_p$.

Особенности состава хромистых клинопироксенов иллюстрирует рис. 1, где показано соотношение содержаний Al_2O_3 и Na_2O в сравнении с пироксенами из включений шпинелевых перидотитов в базальтах и кимберлитах, из включений гранатовых и шпинель-гранатовых перидотитов в кимберлитах и из включений в алмазах. Фигуративные точки клинопироксенов из пикритов концентрируются в поле составов пироксенов из включений шпинелевых перидотитов в базальтах и кимберлитах Приазовья [10, 11]. От пироксенов гранатовых перидотитов и включений в алмазах они отличаются пониженным содержанием натрия и повышенным алюминия, т.е. преобладанием в твердом растворе чермакитового компонента над жадеитовым. По этим же признакам хромистые клинопироксены из пикритов отличаются от клинопироксенов из кимберлитов Вольско-Вымской гряды Среднего Тимана [4].

Диопсид образует ксенокристаллы грязно-зеленого цвета эллипсоидальной формы размером до 2,0 см, окруженные реакционной каймой из фас-

сайта. Макроскопически фассаит окрашен в коричневый цвет, который под микроскопом изменяется от коричневатого-желтого по N_g , розовато-желтого по N_m до желтого по N_p . Толщина каймы – 1,0 мм. Химический состав диопсида и реакционного фассаита представлен в табл. 3.

В химическом составе диопсида отмечаются значительные вариации содержаний Mg, Ca, Fe, Na. Cr_2O_3 отсутствует, либо содержится в незначительных (до 0,5%) количествах и только в маложелезистых образцах. Фассаит характеризуется по-

вышенными содержаниями окиси кальция, титана и полторных окислов и низкими – кремнезема и окиси натрия.

Сравнение анализов фассаита из кайм, произведенных в точках, различно удаленных от клинопироксена ксенокристалла, показывает снижение Al_2O_3 и TiO_2 и рост SiO_2 , MgO и Cr_2O_3 к краю каймы, что подчеркивает их реакционное происхождение кайм. С железистым диопсидом ассоциирует титаномагнетит (ан. 12, 13), который иногда образует самостоятельные округлые выделения до 3,0 см в поперечнике.

Средние содержания Mg, Ca, Fe, Na и температуры кристаллизации клинопироксенов из ксенокристаллов и вкрапленников различных генераций, определенные по отношению $Ca/(Ca+Mg)$, показаны на рис. 2.

Самым высокотемпературным образованием в рассмотренном ряду пироксенов является хромистый клинопироксен.

Хромшпинелиды образуют отдельные ксенокристаллы ксеноморфной или правильной октаэдрической формы, встречаются в сростках с оливином и хромистым клинопироксеном и входят в

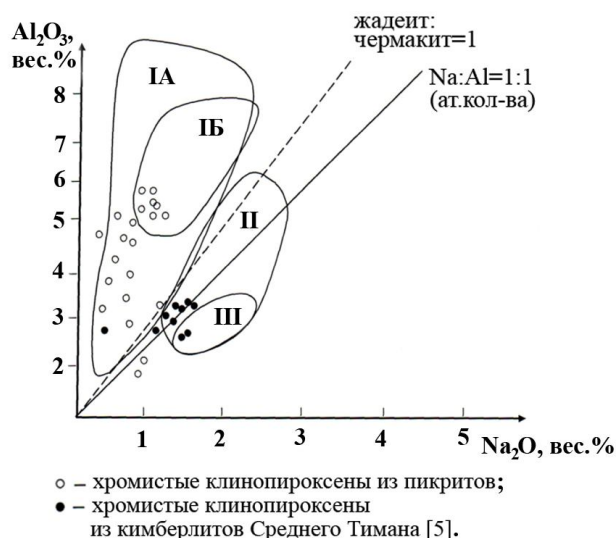


Рис. 1. Соотношение Al_2O_3 и Na_2O в хромистых клинопироксенах:

I – из включений шпинелевых перидотитов в базальтах (А) и кимберлитах (Б) [10–12]; II – из включений гранатовых и шпинель-гранатовых перидотитов в кимберлитах (Б) [10–12]; III – включения в алмазах [11].

Pic. 1. The Ratio of Al_2O_3 and Na_2O in chrome CPX: I – from spinel peridotite inclusions in basalts (A) and kimberlites (B) [10–12]; II – inclusions of garnet and spinel-garnet peridotite in kimberlites (B) [10–12]; III – inclusions in diamonds [11].

состав мантийных нодулей. По периферии наблюдается кайма из магнетита. Размер зерен – от 0,1 до 5,0 мм. Характеризуются относительно низкими содержаниями Cr, высокими – Mg и Ti и относительно низкой железистостью, что существенно отличает их

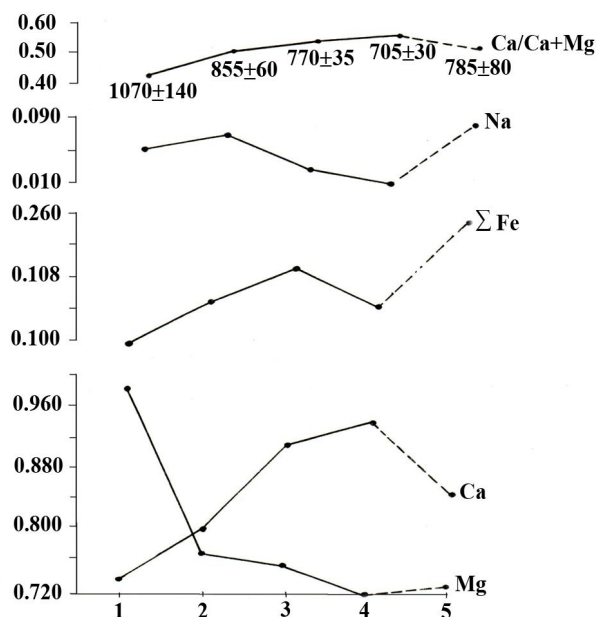


Рис. 2. Вариации содержаний Mg, Ca, Fe и Na (в формульных единицах) в генетическом ряду клинопироксенов и температуры их кристаллизации: 1 – хромистые клинопироксены (среднее из 17 анализов); 2 – титанавгит I (среднее из 14 анализов); 3 – титанавгит II (среднее из 4 анализов); 4 – фассаит (среднее из 9 анализов); 5 – диопсид (среднее из 9 анализов).

Pic. 2. Variations in the contents of Mg, Ca, Fe and Na (in formula units) in the genetic series of clinopyroxenes and temperature of their crystallization: 1 – chromium clinopyroxene (average of 17 analyses); 2 – titanavgit I (average of 14 analyses); 3 – titanavgit II (average of 4 analyses); 4 – passaic (average of 9 analyses); 5 – diopside (average of 9 analyses).

Таблица 3

Химический состав диопсида, фассаита и титаномagnetита

Table 3

Chemical composition of the diopside, fassaite and titanomagnetite

Состав, %	Ксенокристаллы диопсида в пикритах						Фассаит				Титаномagnetит	
	1	2	3	4	5	6	7*	8*	9*	10*	12	13
SiO_2	51,17	52,15	51,02	51,58	50,46	54,01	44,48	45,73	46,51	47,47		
TiO_2	0,68	0,42	0,61	0,61	0,88	0,10	3,21	2,60	2,69	2,20	16,24	4,61
Al_2O_3	4,62	2,71	3,42	2,97	3,96	3,28	9,84	8,75	8,12	7,14	1,64	0,08
Cr_2O_3	-	-	-	-	0,09	0,38	0,24	0,12	0,35	0,55	0,14	0,23
FeO	9,17	7,26	7,57	9,94	10,81	8,06	4,68	5,34	5,07	4,48	73,88	86,94
MnO	0,18	0,14	0,20	0,15	0,04	0,29	0,17	-	0,04	-	2,08	1,27
MgO	13,11	14,15	14,06	11,85	11,60	13,68	12,84	12,83	13,22	13,87	0,95	0,16
CaO	20,55	23,28	21,80	21,80	19,80	21,80	23,29	23,97	23,59	23,99		
Na_2O	0,67	0,58	0,75	1,43	2,16	1,48	0,62	0,15	0,13	0,13		
Сумма	100,35	100,49	99,42	100,33	99,33	99,41	99,37	99,49	99,72	99,80	94,73	93,29
Si	1,894	1,919	1,895	1,916	1,882	2,010	1,647	1,698	1,724	1,753		
Al^{IV}	0,106	0,081	0,105	0,084	0,118	-	0,353	0,302	0,276	0,247	0,073	0,004
Ti	0,019	0,012	0,017	0,017	0,026	0,003	0,089	0,072	0,075	0,061	0,458	0,134
Al^{VI}	0,095	0,037	0,45	0,046	0,057	0,012	0,076	0,082	0,079	0,064		
Cr	-	-	-	-	0,003	0,011	0,007	0,003	0,010	0,016	0,004	0,007
Fe^{3+}	0,035	0,061	0,080	0,107	0,172	0,079	0,137	0,090	0,046	0,062	1,007	1,721
Fe^{2+}	0,248	0,155	0,155	0,201	0,146	0,171	0,008	0,075	0,112	0,077	1,337	1,084
Mn	0,006	0,004	0,006	0,004	0,001	0,009	0,005	-	0,001	-	0,067	0,041
Mg	0,722	0,774	0,776	0,656	0,644	0,748	0,709	0,709	0,731	0,762	0,054	0,009
Ca	0,813	0,916	0,863	0,867	0,790	0,845	0,924	0,952	0,937	0,949		
Na	0,062	0,041	0,054	0,103	0,156	0,101	0,045	0,010	0,009	0,009		
N_o	1,714	1,716	1,722	1,773	1,719	1,716	1,720	1,722	1,721	1,724		
N_m	1,695	1,699	1,696	1,697	1,688	1,696	1,700	1,702	1,701	1,703		
N_p	1,685	1,686	1,689	1,686	1,685	1,689	1,695	1,698	1,697	1,699		

* – анализы выполнены в точках, удаленных от края пироксена.

* – tests are performed at points far from the edge of the pyroxene.

от тиманских кимберлитов (табл. 4). Пониженная хромистость и присутствие в составе глинозема свидетельствуют о низких равновесных давлениях кристаллизации [14].

Пиропы зафиксированы в протолочных пробах лишь трёх магматических тел. Показатели преломления – 1, 737–1, 756. Это мелкие осколки бледно-розового и бледно-сиреневого цвета размером до 0,3 мм. По составу они являются низкохромистыми, умеренно кальциевыми и относятся к лерцолитовому парагенезису [15], который, как известно, является самым низкотемпературным в области стабильности алмаза [13].

Циркон встречается в местах скопления мегакристаллов глубинных минералов – оливина, хромистого клинопироксена, хромшпинели, диопсида. В породах дайкового комплекса образует крупные трещиноватые зерна овоидальной формы размером до 15 мм по длинной оси. Окраска неравномерная: внешняя зона окрашена в буроватый цвет, изотропна, светопреломление $N_o = 1,82$; ядерная часть – прозрачная розовая, светопреломление $N_o = 1,918$, $N_e = 1,958$; промежуточная зона – розовато-желтая, трещиноватая, показатели преломления $N_o = 1,912$, $N_e = 1,955$. Очевидно, внешняя зона минерала претерпела метамиктный распад. В ультрафиолето-

Таблица 4

Химический состав хромшпинелидов

Table 4

Chemical composition of chromspinelides

Состав, вес. %	Из пикритов дайкового комплекса									Из кимберлитов Среднего Тимана
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
TiO ₂	0,74	0,69	0,65	0,66	0,62	0,54	0,92	0,53	0,67	0,01–2,16
Al ₂ O ₃	25,10	28,68	30,67	34,83	37,05	39,44	21,44	37,29	35,34	12,1–22,86
Cr ₂ O ₃	41,69	38,45	35,36	31,03	29,39	25,14	43,22	29,49	29,93	42,29–62,87
FeO	11,85	13,43	14,34	13,96	13,55	15,48	16,36	14,09	13,89	14,70–24,29
MnO	-	0,66	0,33	0,23	0,26	0,17	0,36	0,31	0,37	0,18–0,44
MgO	19,66	17,13	17,90	18,26	18,67	18,10	16,23	18,54	18,53	8,71–17,13
Сумма	99,04	99,04	99,25	98,97	99,54	98,87	97,55	100,25	98,73	97,28–100,83
Ti	0,016	0,016	0,014	0,014	0,013	0,011	0,021	0,011	0,014	- 0,52
Al	0,879	1,004	1,048	1,172	1,228	1,306	0,778	1,227	1,187	0,463–0,808
Cr	0,966	0,900	0,811	0,701	0,654	0,559	1,053	0,651	0,675	0,917–1,780
Fe ³⁺	0,131	0,064	0,113	0,099	0,092	0,113	0,127	0,092	0,110	0,104–0,265
Fe ²⁺	0,159	0,265	0,234	0,233	0,226	0,250	0,268	0,236	0,220	0,200–0,435
Mn	-	0,016	0,008	0,005	0,006	0,004	0,009	0,007	0,009	0,005–0,013
Mg	0,857	0,735	0,072	0,776	0,781	0,757	0,744	0,770	0,755	0,464–0,794

Таблица 5

Химический состав сосуществующих минералов глубинных включений в породах дайковой серии Среднего Тимана и равновесные температуры и давления их кристаллизации

Table 5

Chemical composition of coexisting minerals of depth inclusions in rocks of dyke series of the Middle Timan and the equilibrium temperature and pressure of their crystallization

Состав	Сросток Ол + Клп, дайка 114		Сросток Ол + Клп, дайка 3		Обломок верлита, дайка Ч-1			Сросток Ол + Хшп, дайка Ч-1		Ксенокристалл Ол с включением Хшп, дайка 114		Сросток Ол + Клп, дайка 15	
	Ол	Клп	Ол	Клп	Клп	Ол	Хшп	Ол	Хшп	Ол	Хшп	Ол	Клп
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	40,43	53,07	40,62	53,08	51,86	40,77	-	40,95	-	40,84	-	40,26	51,50
TiO ₂	-	0,20	-	0,18	0,27	0,03	0,62	-	0,50	0,03	0,99	-	0,33
Al ₂ O ₃	0,08	2,56	0,011	3,78	5,69	0,09	37,05	-	36,08	-	36,44	-	5,48
Cr ₂ O ₃	-	2,14	0,08	1,01	1,33	0,08	29,39	0,11	29,00	0,07	30,08	-	0,63
FeO	11,39	2,02	9,28	2,57	3,93	8,07	13,56	9,56	12,71	7,55	13,83	11,83	3,34
MnO	0,15	0,11	0,12	0,09	0,10	0,15	0,26	0,11	0,30	0,13	0,30	0,19	0,10
MgO	48,38	16,75	49,73	17,88	18,02	49,99	18,67	50,15	19,54	51,01	18,59	47,24	17,41
CaO	0,16	20,59	0,19	20,85	18,22	0,17	-	0,23	-	0,25	-	0,12	20,44
Na ₂ O	-	1,03	-	0,87	0,70	-	-	-	-	-	-	-	0,54
Сумма	100,61	98,77	100,13	100,35	100,12	99,35	99,55	101,11	98,13	99,88	100,33	99,41	99,77
Si	0,992	1,948	0,993	1,907	1,872	1,000	-	0,991	-	0,993	-	1,001	1,866
Al ^{IV}	0,002	0,052	0,003	0,093	0,128	-	-	-	-	-	-	-	0,134
Ti	-	0,005	-	0,005	0,007	-	0,013	-	0,011	-	0,021	-	0,009
Al ^{VI}	-	0,059	-	0,067	0,114	0,003	1,228	-	1,206	-	1,205	-	0,100
Cr	-	0,062	0,002	0,029	0,038	0,002	0,654	0,002	0,651	0,001	0,667	-	0,018
Fe ³⁺	0,014	-	0,009	0,049	0,011	-	0,092	0,016	0,121	0,013	0,086	-	0,036
Fe ²⁺	0,209	0,062	0,180	0,028	0,107	0,165	0,226	0,177	0,180	0,140	0,238	0,245	0,065
Mn	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,006	0,002	0,007	0,003	0,007	0,004	0,003
Mg	1,765	0,915	1,806	0,955	0,967	1,823	0,781	1,806	0,824	1,843	0,776	1,747	0,938
Ca	0,005	0,821	0,005	0,802	0,704	0,004	-	0,006	-	0,007	-	0,003	0,793
Na	-	0,073	-	0,060	0,049	-	-	-	-	-	-	-	0,038
T [°] C	1050		1100		1000–1200			1200		900		1100	
P (кбар)	6,6		8,1		11,5							15,2	

Примечание. Ол – оливин, Клп – клинопироксен, Хшп – хромшпинелид

Note: Ол – olivine, Клп – clinopyroxene, Хшп – chromspinelide.

вых лучах цирконы из пикритов не люминесцируют, что отличает их от цирконов из кимберлитов [16].

Источником ксенокристаллов, по всей видимости, являлись обломки пород ультраосновного состава, которые встречаются относительно редко. Исключение – дайка, вскрытая скв. 120, где они образуют скопления в центральной части тела и располагаются в виде шлейфа на некотором удалении от лежачего бока дайки. По составу и происхождению они подразделяются на:

- обломки мантийных дунитов и верлитов реститового происхождения;
- ксенолиты интрузивных ультраосновных пород, генетически не связанных с пикритами;
- нодулы ультрамафитов кумулятивного происхождения;
- ультрамафиты «смешанного» состава.

Для мантийных дунитов характерна ассоциация оливина, хромистого клинопироксена и хромшпинели. Структура пород аллотриоморфнозернистая, иногда с элементами пойкилитовой (ойкокристаллы клинопироксена включают в себя мелкие зерна оливина). Химический состав сосуществующих клинопироксена, оливина и хромшпинели приведен в табл. 5, анализы 5–7.

Ксенолиты интрузивных ультрамафитов также имеют аллотриоморфнозернистую, реже пойкилитовую структуру. Оливин представлен форстеритом № 10–15, пироксен – низкожелезистым бесхромовым диопсидом (ан. 12, 13), который на контакте с пикритом замещается фассаитом. Пироксен в обломках ассоциирует с алюмошпинелью, окрашенной в проходящем свете в изумрудно-зеленый цвет и содержащей повышенную окись хрома (до 6,71%).

Ультрамафиты кумулятивного происхождения – верлиты и оливиниты – характеризуются аллотриоморфнозернистой структурой, сложены оливином, титанавгитом и магнезиально-железистым плеонастом, образующим крупные искаженные октаэдрические зерна. Оливин из включений по химическому составу отличается от оливина I железистостью – содержание фаялита 15,1–16,1 мол. %.

В ультрамафитах «смешанного» состава обнаружены пироксены, характерные для всех перечисленных типов включений, – хромистый клинопироксен, титанавгит, фассаит. Образование подобного рода включений можно объяснить слипанием вкрапленников ранней генерации и кристаллов минералов ранее дезинтегрированных включений.

Для сосуществующих пар минералов (табл. 5) была произведена оценка условий кристаллизации парагенезиса оливин + хромшпинелид + хромистый клинопироксен различными методами [17–19]. Расчетные РТ параметры соответствуют 900–1200° и 7–15 кбар.

Выводы:

1) Мантийный материал в пикритах встречается в виде отдельных ксенокристаллов, минеральных сростков и обломков ультрамафитов.

2) Ксенокристаллы представлены оливином, хромистым клинопироксеном, диопсидом, титаномагнетитом, хромшпинелидами, гранатом, цирконом.

3) Обломки ультрамафитов представлены преимущественно дунитами и верлитами.

4) Наиболее информативными в отношении глубины зарождения магмы являются хромистые клинопироксены и хромшпинелиды.

5) Полученные РТ параметры соответствуют шпинель-пироксеновой фации верхней мантии и значительно отличаются от условий стабилизации алмаза. Единичные находки пиропов в пикритах не противоречат данному выводу, а лишь свидетельствуют о близости зоны генерации расплава к границе фазового перехода гранат-шпинель.

Литература

1. Андреев В.Л., Степаненко В.И. Возраст карбонатитового комплекса Среднего Тимана // Рудообразование и магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1983. С. 83–87.
2. Гецен В.Г. История развития Тимана и полуострова Канин // Труды VIII геологической конференции Коми АССР. Сыктывкар, 1978. С. 56–59.
3. Довжиков Н.А., Довжикова Е.Г., Смыслов С.А. Клинопироксены из щелочно-ультраосновных пород Среднего Тимана // Записки ВМО. 1985. Ч. 114. Вып. 5. С. 599–805.
4. Дудар Л.П., Довжиков Н.А., Саблуков С.М. Минералы мантийных включений в кимберлитах и их аналоги из аллювиальных отложений Среднего Тимана // Геология магматических образований севера Урала и Тимана. Вып. 48. Сыктывкар, 1984. С. 67–78.
5. Иевсен Ю.П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. М.-Л.: Наука, 1964. 126 с.
6. Степаненко В.И. Дайковая серия щелочно-ультраосновной формации Среднего Тимана // Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европейской части СССР. Сыктывкар, 1975. С. 99–105.
7. Степаненко В.И. Особенности геологического строения и состава карбонатитового комплекса Среднего Тимана // Магматические формации европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар, 1979. С. 52–61.
8. Голубева И.И., Бурицев И.Н. Проблема типизации щелочных ультрамафитов дайкового комплекса Среднего Тимана // Петрография магматических и метаморфических горных пород. Петрозаводск, 2015. С. 551–554.
9. Удоротина О.В., Травин А.В. Щелочные пикриты четласского комплекса Среднего Тимана: Ag -Ag данные // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма: Материалы XXX Международной конференции. Анталия–Москва, 2014. С.82–84.
10. Владимиров Б.М., Волянюк Н.Я., Пономаренко А.И. Глубинные включения из кимберлитов, базальтов и кимберлитоподобных пород. М.: Наука, 1976. 284 с.
11. Кимберлитовые породы Приазовья. М.: Наука, 1978. 320 с.
12. Костюк В.П. Минералогия и природа глубинных включений в базальтах Минусинской котловины // Материалы по генетиче-

- ской минералогии и петрологии. Новосибирск: Наука, 1977. С. 3–28.
13. *Соболев Н.В.* Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1974. 264 с.
 14. *Frish T., Wright J.B.* Chemical composition of high-pressure megacrysts Nigeria Cenozoic Lavas // *N.Jabrb. Miner. Monatshefte*, 1971. №7. P.289–304.
 15. *Довжикова Е.Г., Бакулина Л.П.* Ультраосновные щелочные породы Среднего Тимана // Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России. Т.2. Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми (Сыктывкар, 15–17 апреля 2014 г.). Сыктывкар, 2014. С. 101–103.
 16. *Илупин И.П., Козлов И.Г.* Циркон в кимберлитах // Геология, петрография и минералогия магматических образований северо-восточной части Сибирской платформы. М.: Наука, 1970. С. 254–266.
 17. *Adams G.E., Bishop F.C.* Experimental investigation of Ca-Mg exchange between olivine, orthopyroxene and clinopyroxene // *Earth and Planet. Sci.Lett.*, Vol.57. №1. P. 241–250.
 18. *Boyd F.R., Shairer J.F.* The system $MgSiO_3$ - $CaMgSi_2O_6$. *J.Petrol.*, 1964. Vol. 5. № 2. P. 275–309.
 19. *Fabries J.* Spinil-olivine geothermometry in peridotites // *Contrib. miner. Petrol.*, 1979. Vol. 69. № 4. P. 329–336.
- ### References
1. *Andreichev V.L., Stepanenko V.I.* Vozrast karbonatitovogo kompleksa Srednego Timana // *Rudobrazovanie i magmatizm severa Urala i Timana* [Age of the Middle Timan carbonatite complex // Ore formation and magmatism of the North of the Urals and Timan]. Syktyvkar, 1983. P. 83–87.
 2. *Getsen V.G.* Istorija razvitiya Timana i poluostrova Kanin [History of development of Timan and Kanin peninsula] // *Proc. of VIII Geol. Conf. of the Komi ASSR*. Syktyvkar, 1978. P. 56–59.
 3. *Dovzhikov N.A., Dovzhikova E.G., Smyslov S.A.* Klinopirokseny iz shhelochno-ul'traosnovnykh porod Srednego Timana [Clinopyroxenes from alkaline-ultrabasic rocks of the Middle Timan] // *Notes of the All-Union Mineral. Society*. 1985. Part 114. Issue 5. P. 599–805.
 4. *Dudar L.P., Dovzhikov N.A., Sablukov S.M.* Mineraly mantijnykh vklucheniij v kimberlitah i ih analogi iz alljuvial'nykh otlozhenij Srednego Timana // *Geologija magmaticheskikh obrazovanij severa Urala i Timana* [Minerals of mantle inclusions in kimberlites and their analogues from alluvial deposits of the Middle Timan // *Geology of magmatic formations of the North of the Urals and Timan*]. Issue 48. Syktyvkar, 1984. P. 67–78.
 5. *Ivensen Yu.P.* Magmatizm Timana i poluostrova Kanin [Magmatism of Timan and Kanin peninsula]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. 126 p.
 6. *Stepanenko V.I.* Dajkovaja serija shhjolochno-ul'traosnovnoj formacii Srednego Timana // *Geologija i poleznye iskopaemye severo-vostoka evropejskoj chaste SSSR* [Dyke series of alkaline-ultrabasic formations of the Middle Timan // *Geology and minerals of the north-east of the USSR European part*]. Syktyvkar, 1975. P. 99–105.
 7. *Stepanenko V.I.* Osobennosti geologicheskogo stroenija i sostava karbonatitovogo kompleksa Srednego Timana // *Magmaticheskie formacii Evropejskogo Severo-Vostoka SSSR* [Features of geological structure and composition of carbonatite complex of the Middle Timan // *Magmatic formations of the European north-east of the USSR*]. Syktyvkar, 1979. P. 52–61.
 8. *Golubeva I.I., Burtsev I.N.* Problema tipizacii shhelochnykh ul'tramafitov dajkovogo kompleksa Srednego Timana // *Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh gornykh porod* [The problem of typization of alkaline ultramafites of dyke complex of the Middle Timan // *Petrography of magmatic and metamorphic rocks*]. Petrozavodsk, 2015. P. 551–554.
 9. *Udoratina O.V., Travin A.V.* Shhelochnye pikrity chetlaskogo kompleksa Srednego Timana: Ar-Ar dannye // *Rudnyj potencial shhelochnogoëkimberlitovogo i karbonatitovogo magmatizma* [Alkaline picrites of Chetlass complex of the Middle Timan: Ar-Ar data // *Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism*]: Materials of XXX Intern. Conf. Antalya-Moscow, 2014. P.82–84.
 10. *Vladimirov B.M., Volyanyuk N.Ja., Ponomarenko A.I.* Glubinnye vklucheniija iz kimberlitov, bazal'tov i kimberlitopodobnykh porod [Deep inclusions from kimberlites, basalts and kimberlite-like rocks]. Moscow: Nauka, 1976, 284 p.
 11. *Kimberlitovye porody Priazov'ja* [Kimberlite rocks of the Azov region]. Moscow: Nauka, 1978. 320 p.
 12. *Kostyuk V.P.* Mineralogija i priroda glubinykh vklucheniij v bazal'tah Minusinskoj kotloviny // *Materialy po geneticheskoj mineralogii i petrologii* [Mineralogy and nature of deep inclusion in basalts of Minusinsk basin // *Materials on genetic mineralogy and petrology*]. Novosibirsk: Nauka, 1977. P. 3–28.
 13. *Sobolev N.V.* Glubinnye vklucheniija v kimberlitah i problema sostava verhnjej mantii [Deep inclusions in kimberlites and the problem of the upper mantle composition]. Novosibirsk: Nauka, 1974. 264 p.
 14. *Frish T., Wright J.B.* Chemical composition of high-pressure megacrysts Nigeria Cenozoic Lavas. // *N.Jabrb. Miner. Monatshefte*. 1971. №7. P.289–304.
 15. *Dovzhikova E.G., Bakulina L.P.* Ul'traosnovnye shhelochnye породы Среднего Тимана // *Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России* [Ultrabasic alkaline rocks of the Middle Timan // *Geology and mineral resources of the European northeast of Rus-*

- sia]. Vol. 2. Materials of XVI Geol. Congress of the Komi Republic, April 15–17, 2014. Syktyvkar, 2014. P. 101–103.
16. *Ilupin I.P., Kozlov I.G.* Cirkon v kimberlitah // Geologija, petrografija i mineralogija magmatičeskikh obrazovanij Severo-vostočnoj časti Sibirskoj platformy [Zircon in kimberlites// Geology, petrography and mineralogy of magmatic formations of the northeastern part of the Siberian platform]. Moscow: Nauka. 1970. P. 254–266.
17. *Adams G.E., Bishop F.C.* Experimental investigation of Ca-Mg exchange between olivine, orthopyroxene and clinopyroxene // Earth and Planet. Sci.Lett. Vol.57. №1. P. 241–250.
18. *Boyd F.R., Shairer J.F.* The system $\text{MgSiO}_3\text{--CaMgSi}_2\text{O}_6$. J.Petrol., 1964. Vol.5. № 2. P.275–309.
19. *Fabries J.* Spinil-olivine geothermometru in peridotites. // Contrib. miner. Petrol., 1979. Vol. 69. № 4. P. 329–336.

Статья поступила в редакцию 01.02.2018.

УДК 552.163; 552.4 (234.851)

РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НЯРОВЕЙСКОЙ СЕРИИ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**О.В.ГРАКОВА***Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
ovgrakova@geo.komisc.ru*

Исследованы особенности сульфидной и сульфатной рудной минерализации верхнепротерозойских отложений няровейской серии Полярного Урала. Для metabasalts няровейской серии характерно присутствие пирита, халькопирита, галенита, барита и англезита, а метаосадочные образования содержат пирит, халькопирит и сфалерит. Формирование пирита в metabasalts и метапелитах различается и имеет свои особенности для каждого типа пород. В metabasalts пирит образовался в результате метаморфизма пород при мобилизации тонкорассеянных сульфидов. Metabasalts няровейской серии перспективны на золото, его вхождение в структуру минерала осуществлялось совместно с мышьяком. Пирит из метапелитов образовался в процессе осадконакопления. При метаморфизме пород он очищался от примесей, затем в приповерхностных условиях замещался гидроксидами железа.

Ключевые слова: Полярный Урал, рудная минерализация, metabasalts, метапелиты

O.V.GRAKOVA. ORE MINERALIZATION OF THE NYAROVEI SERIES (POLAR URALS)

Ore mineralization in the Upper Proterozoic deposits of the Nyarovei series of the Tectonic Zone of the Polar Urals is poorly studied. The establishment of genesis of ore minerals is of great interest for determining the regularities of ore formation and identifying industrially significant objects in the north of the Urals. Among the rocks of the Nyarovei series there are carbonaceous schists characterized by increased concentrations of metals, rare and rare-earth elements. We have obtained new data on ore minerals from the metabasalts and metapelites of the Nyarovei series. The purpose of this work is to clarify the metallogenic specialization in the metabasalts and metapelites of the Nyarovei series and to establish a more complete picture of the genesis of ore minerals in the Upper Proterozoic deposits of the Polar Urals.

The peculiarities of sulfide and sulfate ore mineralization of the Upper Proterozoic deposits of the Nyarovei series of the Polar Urals are studied. The metabasalts of the Nyarovei series are characterized by the presence of pyrite, chalcopirite, galena, barite, and anglesite, while meta-sedimentary formations contain pyrite, chalcopirite, and sphalerite. The formation of pyrite in metabasalts and metapelites is different and has its own characteristics for each type of rocks. In metabasalts, pyrite was formed as a result of rock metamorphism during mobilization of fine-dispersed sulphides. Metabasalts of the Nyarovei series are promising for gold, its occurrence in the mineral structure was carried out jointly with As. Pyrite from metapelites was formed during sedimentation. At metamorphism of rocks, it was purified of impurities, then under near-surface conditions it was replaced by iron hydroxides.

The rocks of the Nyarovei series can be promising for gold and uranium. Genesis of gold and uranium mineralization may be related to metamorphic and postmetamorphic processes.

Keywords: Polar Urals, ore mineralization, metabasalts, metapelites

Рудная минерализация в верхнепротерозойских отложениях няровейской серии тектонической зоны Полярного Урала изучена слабо. Установление генезиса рудных минералов представляет большой интерес для определения закономерностей рудообразования и выявления промышленно значимых объектов на севере Урала. Среди пород няровейской серии присутствуют уг-

леродсодержащие сланцы, которые характеризуются повышенными концентрациями металлов, редких и редкоземельных элементов [1]. К исследуемым породам приурочены гранитоидные тела с редкометалльными месторождениями [2]. Нами были получены новые данные по рудным минералам из metabasalts и метапелитов няровейской серии.

Цель данной работы – уточнение металлогенической специализации в метабазах и метапелитах няровейской серии и установление более полной картины генезиса рудных минералов в верхнепротерозойских отложениях Полярного Урала.

Геологическое строение

Отложения няровейской серии, представленной нижней – верхнехарьбейской и верхней – минисейшорской свитами [1], расположены в Центральноуральской структурно-формационной мегазоне Полярного Урала (рис. 1). Верхнехарьбейская свита распространена преимущественно в западном обрамлении Харьбейско-Марункеуского антиклинорно-

альбит-кварцевых, графитоидных сланцев, редко линзами кварцитов и мраморов. Мощность свиты составляет 400–500 м. Минисейшорская свита распространена в междуречье рек Щучья–Байдарата, в бассейне р. Лонготъеган и в междуречье рек Бол. Хадата–Щучья. Она представлена метабазами, филлитовидными, эпидот-хлорит-амфиболовыми, эпидот-альбит-хлоритовыми и магнетитовыми сланцами с подчинённым развитием углеродистых и карбонатных разностей [1]. В сланцах содержатся прослои, пласты и пачки кварцитовидных алевролитов, кварц-альбитовых алевропесчаников, иногда встречаются прослои и пласты светлых кварцитов. Мощность свиты 1200–1400 м.

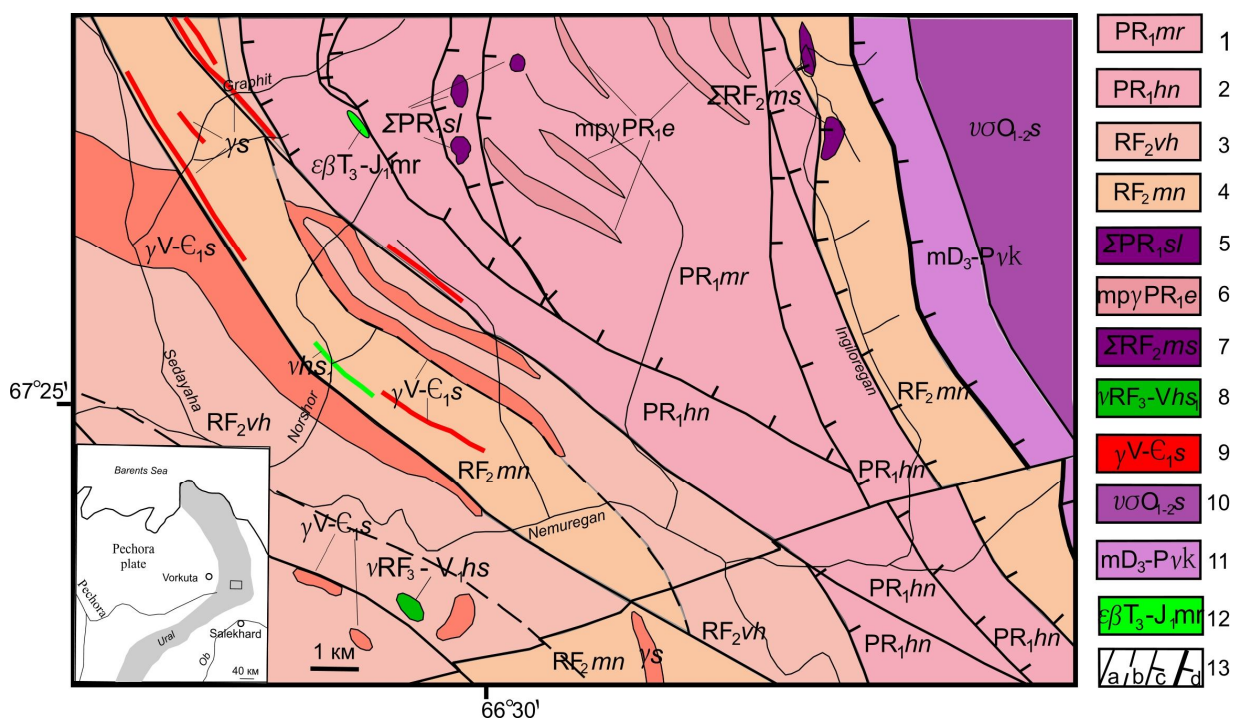


Рис. 1. Схематическая геологическая карта нижнего течения р. Немурьюган (Полярный Урал) (по [1]). Условные обозначения: 1-2 марункеуский комплекс: 1 – марункеуская свита, 2 – ханмейхойская свита; 3-4 – няровейская свита: 3 – верхнехарьбейская свита, 4 – минисейшорская свита; 5 – слюдянгорский комплекс габбро-гипербазитовый эклогитизированный плутонический; 6 – евюганский комплекс мигматит-плагиогранитовый плутонический; 7 – минисейский комплекс измененных гипербазитов плутонический; 8 – харьбей-собский комплекс габбро-гранодиоритовый; 9 – сядатояхинский комплекс гранитовый плутонический; 10 – сымкеуский комплекс дунит-гарцбургитовый плутонический; 11 – войкаро-кемпирсайский комплекс тектонитов; 12 – марунский комплекс щелочно-базитовый; 13 – разрывные нарушения: а – сдвиги, б – неустановленной кинематики, в – взбросо-надвиги второстепенные, г – взбросо-надвиги главные.

Fig. 1. A schematic geological map of the lower reaches of the river Nemuryugan (Polar Urals) (according to [1]). Map symbols: 1-2 Marunkei complex: 1 – Marunkei suite, 2 – Khanmeykhoi suite; 3-4 – Nyarovei suite: 3 – Upper Kharbei suite, 4 – Miniseishor suite; 5 – Slyudyangorsk complex gabbro-hyperbasite plutonic eclogitized; 6 – Evyugansk complex migmatite plagiogranite plutonic; 7 – Minisei complex of changed hyperbasites plutonic; 8 – Kharbeysofsk complex gabbro-granodiorite; 9 – Syadatoyakhinsk complex granite plutonic; 10 – Syumkeusk complex harzburgite-dunite plutonic; 11 – Voikar-Kempirsai complex tectonites; 12 – Marunsk complex alkaline basite; 13 – faults: a – shifts, b – unknown kinematics, c – reversed strike-thrusts minor, d – reversed strike-main thrusts.

го блока-террейна [3] в виде отдельных полос северо-северо-восточного простираения шириной 2–6 км, общей протяженностью более 50 км. Свита сложена метаморфизованными терригенно-осадочными отложениями [1]: переслаивающимися слюдяно-кварц-полевошпатовыми кварцитопесчаниками и гравелитами с подчинёнными пластами и пачками хлорит-слюдяно-кварц-альбитовых, хлорит-серицит-

Существуют разные мнения на геодинамические обстановки формирования отложений, источники сноса и возраст материнских образований няровейской серии. Одни исследователи считают, что породы сформировались в континентальной и океанической обстановках [1]. Другие, что они могли представлять собой образования задуговых бассейнов. Отложения няровейской серии, выходы

которой распространены в западной части, сформировались в результате рифтогенеза в окраинно-океанической области, вблизи континентального склона. В восточной зоне породы были образованы позднее и представляли собой кору океанического типа задугового бассейна [4].

Нами проведено U-Pb датирование детритовых цирконов из отложений няровейской серии LA-SF-ICP-MS методом, проведенным на базе одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Element XR и установкой для лазерной абляции UP-213 в ГИН СО РАН. Изотопные исследования показали, что основная выборка датировок находится в интервале 2028,1–660,1 млн. лет и составляет три возрастные группы с максимумами со значениями 1700, 1225 и 675 млн. лет. Учитывая присутствие рифейских микрофитоцитов в вышележащих известняках немурьюганской свиты, нами сделан вывод, что изучаемые породы не могут быть древнее, чем верхний рифей [5].

Далее, было изучено углеродистое вещество, определено содержание благородных металлов и уточнена рудная специализация углеродосодержащих сланцев няровейской серии. Установлено,

что углеродистое вещество представлено графитом. Возможная температура его образования составляет $500 \pm 50^\circ\text{C}$. Во всех породах присутствуют Os, Ir, Pd, содержание золота в углеродсодержащих сланцах няровейской серии достигает промышленно значимых концентраций [6].

Методы исследования

Пробы для исследований были отобраны по ручьям Няршор, Графитовый, Харчерузь и Ингилорьеган на Полярном Урале. Изучение рудной минерализации в аншлифах проводилось в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН. Химические составы рудных минералов были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega 3 LMN с энергодисперсионной приставкой Instruments X-Max (аналитик С.С. Шевчук). Было получено более 100 микрозондовых анализов.

Рудная минерализация

Изучена сульфидная и сульфатная минерализации в metabазальтах и метапелитах няровейской серии. Установлено, что для metabазальтов характерно присутствие пирита, халькопирита, галенита, барита и англезита (рис. 2), а метаосадоч-

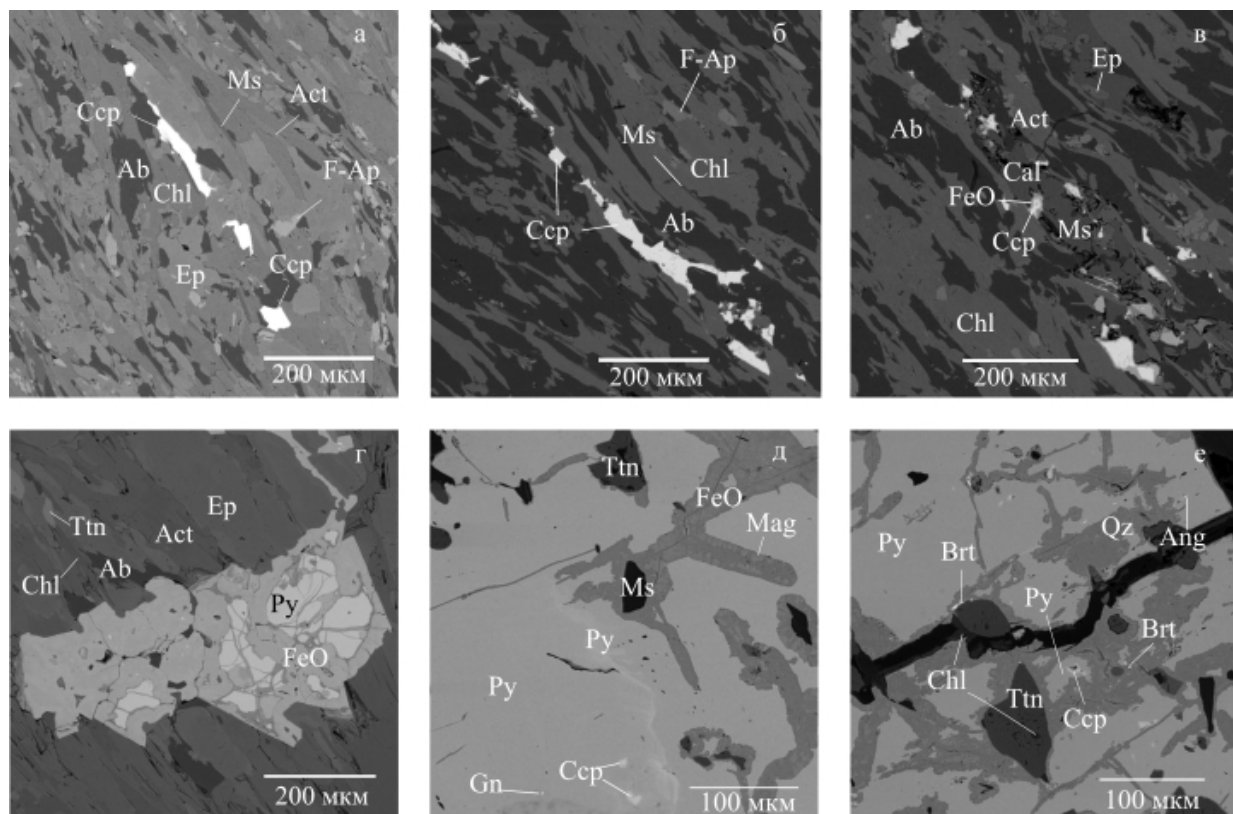


Рис. 2. Сульфидная минерализация в metabазальтах няровейской серии: а, б, в – образования халькопирита (Ccp); г – зерно пирита (Py) и вторичные образования FeO, развивающиеся по пириту; д, е – включения халькопирита, галенита (Gn), барита (Brt) и англезита (Ang) в пирите. Ab – альбит, Chl – хлорит, Ms – мусковит, Act – актинолит, Ep – эпидот, F-Ap – фторапатит, Ttn – титанит, Mag – магнетит, Qz – кварц. Со-кращения минералов приняты в соответствии с [7].

Fig. 2. Sulphide mineralization in the metabasalts of the Nyarovei series: a, b, c – formations of chalcopyrite (Ccp); g – pyrite grain (Py) and secondary formations of FeO, developing in pyrite; d, e – inclusions of chalcopyrite, galena (Gn), barite (Brt) and anglesite (Ang) in pyrite. Ab – albite, Chl – chlorite, Ms – muscovite, Act – actinolite, Ep – epidote, F-Ap – fluorapatite, Ttn – titanite, Mag – magnetite, Qz – quartz. Mineral reductions are taken in accordance with [7].

ные образования содержат пирит, халькопирит и сфалерит (рис. 3).

Метабазальты. Пирит образует зерна неправильной формы величиной около 600 мкм (рис. 2 г–е). На поверхности зерен пирита и вдоль трещин развивается гидрооксид железа, в некоторых случаях почти полностью покрывая пирит (рис. 2 г). В пирите отмечаются редкие бесформенные включения халькопирита, размерами до 20 мкм, и единичные зерна галенита, размером до 5 мкм (рис. 2 д, е). В химическом составе пирита (руч. Ингилоръеган), помимо основных компонентов Fe и S, в пропорции,

дится в виде отдельных микровключений размером менее 1000 Å, не фиксируемых оптическими и сканирующими электронными микроскопами [8]. Частицы золота присутствуют в мелком, тонком и дисперсном состоянии (1–10 мкм) [8]. Следовательно, можно предположить присутствие Au в пиритах из метабазальтов няровейской серии, его вхождение в структуру минерала осуществлялось совместно с As. В пирите наблюдаются редкие включения барита, размером до 5 мкм (рис. 2 е). Химический состав барита, нач. %: SiO_2 – 1, SO_3 – 35,6, CaO – 0,49, TiO_2 – 2,29, FeO – 5,13, Co_2O_3 – 0,14, SrO –

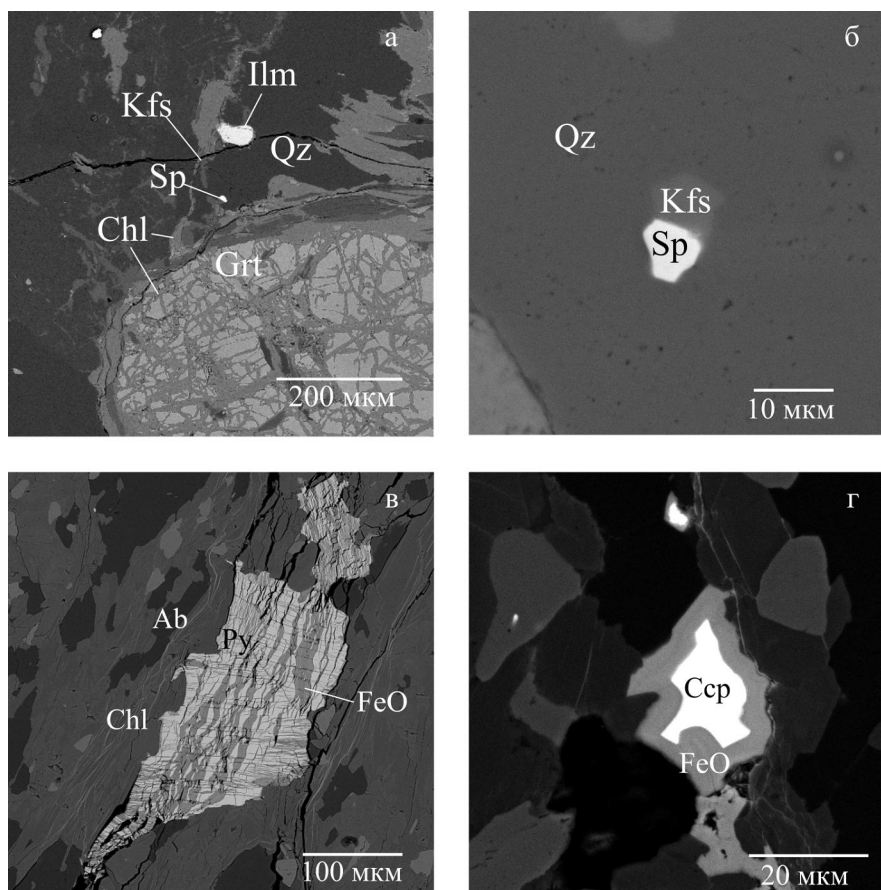


Рис. 3. Сульфидная минерализация в метапелитах няровейской серии: а, б – включения сфалерита (Sf) в кварце (Qz); в – пирит (Py) и вторичные образования FeO, развивающиеся по пириту; г – включения халькопирита (Ccp). Ab – альбит, Chl – хлорит, Kfs – калиевый полевой шпат, Ilm – ильменит, Grt – гранат. Сокращения минералов приняты в соответствии с [7].

Fig. 3. Sulphide mineralization in metapelites of the Nyarovei series: a, б – inclusions of sphalerite (Sf) in quartz (Qz); в – pyrite (Py) and secondary formations of FeO, developing in pyrite; г – inclusion of chalcopyrite (Ccp). Ab – albite, Chl – chlorite, Kfs – potassium feldspar, Ilm – ilmenite, Grt – garnet. Mineral reductions are taken in accordance with [7].

соответствующей обычной формуле этого минерала FeS_2 , наблюдается примесь Ni, Co и As (табл. 1). Соотношение содержаний этих элементов в пирите является чувствительным показателем генезиса, физико-химических условий минералообразующей среды, зональности [10]. Известно, что пирит, богатый мышьяком, наиболее благоприятен для концентрации золота. В пиритах из отложений няровейской серии содержание As составляет 0,26–3,93 атом. %. Золото в пирите обычно нахо-

дится в виде отдельных микровключений размером менее 1000 Å, не фиксируемых оптическими и сканирующими электронными микроскопами [8]. Частицы золота присутствуют в мелком, тонком и дисперсном состоянии (1–10 мкм) [8]. Следовательно, можно предположить присутствие Au в пиритах из метабазальтов няровейской серии, его вхождение в структуру минерала осуществлялось совместно с As. В пирите наблюдаются редкие включения барита, размером до 5 мкм (рис. 2 е). Химический состав барита, нач. %: SiO_2 – 1, SO_3 – 35,6, CaO – 0,49, TiO_2 – 2,29, FeO – 5,13, Co_2O_3 – 0,14, SrO –

Таблица 1
Химический состав пиритов из метабазальтов и метапелитов няровейской серии, атом. %

Table 1

The chemical composition of pyrites from the metabasalts and metapelites of the Nyarovei series, atom. %

Элемент	Метабазальты						Метапелит	
	№ анализа							
	1	2	3	4	5	6		7
Al	-	0,38	-	-			-	
Ni	-	2,04	-	-			-	
S	66,57	53,17	66,52	63,28	66,52	62,34	53,82	
Fe	32,2	44,59	31,2	36,72	31,2	28,89	46,18	
Co	1,23	-	2,02	-	2,02	4,84	-	
As	-	-	0,26	-	0,26	3,93	-	
Сумма:	100	100	100	100	100	100	100	

результате метаморфизма пород при тонкорассеянных сульфидов. Барит и англезит в пирите могли быть образованы в результате его окисления в более позднее время в приповерхностных условиях.

Халькопирит наблюдается в виде прожилков, размером до 250 мкм, отдельных зерен, размером до 50 мкм, скоплений зерен и точечных микровключений в пирите (рис. 2). Химический состав халькопирита в метабазальтах няровейской серии приведен в табл. 2. Встречаются более мелкие зерна халькопирита, по границам которых развивается гидроксид железа (рис. 2 в). Следовательно, в метабазальтах няровейской серии можно выделить два типа зерен халькопирита: микровключения халькопирита, замещающие образованный ранее пирит (рис. 2 д, е) и более крупные зерна минерала (рис. 2 а, б), иногда обрастающие гидроксидами железа. Можно предположить, что халькопирит обоих типов образовался приблизительно в одно время в результате приповерхностных химических реакций.

Таблица 2
Химический состав халькопиритов из метабазальтов и метапелитов няровейской серии, атом. %

Table 2

The chemical composition of chalcopyrites from the metabasalts and metapelites of the Nyarovei series, atom. %

Элемент	Метабазальты							Мета-пелит
	№ анализа							
	1	2	3	4	5	6	7	8
O	-	5,03	4,92	-	-	-	-	-
S	50,89	48,88	47,8	50,26	50,71	50,35	50,36	51,1
Fe	24,75	23,93	24,59	25,72	25,21	25,26	25,37	25,06
Cu	24,36	22,16	22,69	24,02	24,08	24,4	23,91	23,84
Ca	-	-	-	-	-	-	0,35	-
Сумма:	100	100	100	100	100	100	99,99	100

Метапелиты. Пирит представлен бесформенными зернами, с нечеткими краями, размером до 350 мкм (рис. 3 в). На поверхности зерен отмечаются секущие полосы гидроксида железа, замещающие пирит. Химический состав пирита представлен в табл. 1. В отличие от метабазальтов, в химическом составе пирита из метаосадочных образований отсутствуют примеси. Известно, что для пиритов из осадочных отложений характерно присутствие элементов примесей, но в процессе метаморфогенной перекристаллизации происходит самоочистка пирита от примесей [8]. В результате исследования можно сделать вывод о том, что пирит в метапелитах няровейской серии относится к ранней генерации, при метаморфизме пород он очищался от примесей, затем в приповерхностных условиях замещался гидроксидами железа.

Халькопирит наблюдается в виде образований неправильной формы с каемкой вторичных образований гидроксидов железа по краям (рис. 3 г). Химический состав халькопирита приведен в табл. 2. Образование халькопирита в метапелитах няровейской серии, скорее всего, связано с поздними окислительными процессами в приповерхностных условиях.

Сфалерит отмечается в виде единичных зерен, размером до 20 мкм (рис. 3 а, б). Химический состав сфалерита, атом. %: O – 3,95, Si – 0,45–0,79, S – 48,84–51,04, Fe – 3,92–4,41, Zn – 42,5–44,1. По химическому составу минерала виден избыток атомов серы (по сравнению с теоретическим значением до 33,6 атом. %), содержание железа достаточно высокое. Это может быть связано с глубиной и относительно высокой температурой минералообразования сфалерита [8]. Сфалерит из метапелитов няровейской серии, скорее всего, образовался при метаморфизме пород.

Генезис рудной минерализации в отложениях няровейской серии

Судя по взаимоотношению рудных минералов в сланцах няровейской серии, их формирование в метабазальтах и метапелитах различалось и имело свои особенности. В метабазальтах при мобилизации тонкорассеянных сульфидов в результате метаморфизма пород образовался пирит. Барит и англезит были образованы позднее в результате окисления пирита в приповерхностных условиях, халькопирит – в результате приповерхностных химических реакций.

В парапородах няровейской серии пирит возник в процессе осадконакопления. При метаморфизме пород он очищался от примесей, затем в приповерхностных условиях замещался гидроксидами железа. Образование халькопирита связано с поздними окислительными процессами в приповерхностных условиях. Для метапелитов характерно присутствие метаморфического сфалерита.

Изученная нами ранее рудная минерализация углеродсодержащих пород няровейской серии показала [6], что в них формирование рудных минералов отличается, и помимо сульфидной и суль-

фатной минерализаций выявлена редкоземельная уран-ториевая и медная минерализации. Формирование U–Th в углеродистых осадках происходило в процессе их образования. В дальнейшем при метаморфических и постметаморфических процессах происходит перераспределение вещества и формирование в породах монацита, ксенотима и коффинита. Формирование пендландита, пирита и ковеллина в углеродсодержащих сланцах няровейской серии происходило, по всей видимости, при низкотемпературных постметаморфических и окислительных процессах, а образование меди и корита – при поздних окислительных процессах.

Известно, что сонахождение золотых и урановых месторождений в черносланцевых толщах представляется закономерным, особенно в докембрии. В силу различий физико-химических свойств золота и урана при многократной ремобилизации вещества состоялась дифференциация этих элементов [10]. Верхнепротерозойские отложения няровейской серии Полярного Урала могут являться перспективными на золотую и урановую минерализацию, возможно, сформированные совместно с сульфидной, сульфатной и редкоземельной минерализациями.

Выводы

В результате проведенных исследований изучены рудные минералы верхнепротерозойских отложений няровейской серии Полярного Урала. В metabazальтах и метапелитах установлена сульфидная и сульфатная минерализации. Формирование рудных минералов в metabazальтах и метапелитах различалось. В metabazальтах няровейской серии пирит возник в результате метаморфизма пород. Затем при его окислении в более позднее время в приповерхностных условиях были образованы барит и англезит. Пирит в метапелитах няровейской серии возник в результате осадконакопления при метаморфизме пород. Он очищался от примесей, затем в приповерхностных условиях замещался гидрооксидами железа. Породы няровейской серии могут быть перспективны на золото и уран. Генезис золотой и урановой минерализации, возможно, связан с метаморфическими и постметаморфическими процессами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00146 мол_а, а также при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 18-5-5-19.

Литература

1. Душин В.А., Сердюкова О.П., Малугин А.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Листы Q-42-I, II. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. 340 с.
2. Удоратина О.В. Редкометалльная минерализация Полярного Урала: время формирования // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 11. С. 2–4.

3. *Глубинное строение Тимано-Североуральского региона* / Отв. редактор А.М. Пыстин. Сыктывкар: Геопринт, 2011. 264 с.
4. Уляшева Н.С. Геохимические особенности и геодинамическая обстановка формирования верхнепротерозойских отложений няровейской серии // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2017. №5 (269). С. 20–31.
5. *U–Pb LA-SF-ICP-MS датирование цирконов из верхнепротерозойских отложений Полярного Урала* / Н.С.Уляшева, А.М.Пыстин, Ю.И.Пыстина, О.В.Гракова, В.Б.Хубанов // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамика, вещество, рудогенез восточно-европейской платформы и ее складчатого обрамления». Сыктывкар, 2017. С. 223–224.
6. Гракова О.В., Уляшева Н.С. Металлогенические особенности верхнепротерозойских углеродсодержащих сланцев няровейской серии (Полярный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 9 (254). С. 16–21.
7. Whitney D.L., & Evans B.W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1), 185-187. DOI: 10.2138/am.2010.3371.
8. Осовецкий Б.М. Типохимизм шлиховых минералов: Справочник. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. 244 с.
9. Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1983. 647 с.
10. Сидоров А.А., Томсон К.Н. Рудоносность черносланцевых толщ: сближение альтернативных концепций // Вестник РАН. 2000. Т. 70. № 8. С. 719–724.

References

1. Dushin V.A., Serdyukova O.P., Malyugin A.A. et al. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1:200000 [State geological map of the Russian Federation scale 1:200000]. Edition 2. Polar-Urals series. Sheets Q-42-I, II. Explanatory note. St.Petersburg.: VSEGEI [All-Union Geol. Res. Inst.], 2007. 340 p.
2. Udoratina O.V. Redkometall'naja mineralizacija Poljarnogo Urala: vremja formirovanija [Rare metal mineralization of the Polar Urals: formation time] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2005. № 11. P. 2–4.
3. *Glubinnoe stroenie Timano-Severoural'skogo regiona* [Deep structure of the Timan-North Urals region] // Ed. A.M. Pystin. Syktyvkar: Geoprint, 2011. 264 p.
4. Ulyasheva N.S. Geohimicheskie osobennosti i geodinamicheskaja obstanovka formirovanija verhneproterozojskikh otlozhenij njarovejskoj serii [Geochemical features and geodynamic setting of formation of the Upper Proterozoic sediments of the Nyarovei series] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2017. № 5 (269). P. 20–31.

5. U–Pb LA-SF-ICP-MS datirovanie cirkonov iz verhneproterozojskih otlozhenij Poljarnogo Urala [U–Pb LA-SF-ICP-MS dating of zircons from the Upper Proterozoic deposits of the Polar Urals] / N.S.Ulyasheva, A.M.Pystin, Yu.I.Pystina, O.V.Grakova, V.B.Khubanov. // Materials of the All-Russian sci. conf. with intern. Particip. “Geodynamics, substance, ore genesis of the East European platform and its folded framing]. Syktyvkar, 2017. P. 223–224.
6. Grakova O.V., Ulyasheva N.S. Metallogenicheskie osobennosti verhneproterozojskih uglerodsoderzhashhih slancev njarovejskoj serii (Poljarnyj Ural) [Metallogenic features of the Upper Proterozoic carbonaceous shales of the Nyarovei series (Polar Urals)] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2016. № 9 (254). P. 16–21.
7. Whitney D.L., & Evans B.W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1), 185-187. DOI: 10.2138/am.2010.3371.
8. Osovetsky B.M. Tipohimizm shlihovykh mineralov [Typical chemistry of concentrate minerals]: Handbook // Perm: Perm Univ. Publ., 2001. 244 p.
9. Godovikov A.A. Mineralogija [Mineralogy]. Moscow: Nedra, 1983. 647 p.
10. Sidorov A.A., Tomson K.N. Rudonosnost' chernoslancevykh tolshh: sblizhenie al'ternativnykh koncepcij [Ore potential of black shale formations: the convergence of alternative concepts]// Herald of the RAS, 2000. Vol. 70. № 8. P. 719–724.

Статья поступила в редакцию 26.02.2018.

УДК 098.3:030:929:82

«КУРАТОВСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»: НЕОСУЩЕСТВЛЕННЫЙ ЗАМЫСЕЛ А.Е. ВАНЕЕВА (1933 – 2001)

С.Л. ЕГОРОВА, В.И. КОРОЛЕВА

*Коми научный центр УрО РАН, г. Сыктывкар
kar3@frc.komics.ru*

В статье представлен замысел исследователя творчества основоположника коми литературы И.А. Куратова Альберта Егоровича Ванеева создания «Куратовской энциклопедии», которая в начале 2000-х гг. могла бы пополнить ряд персональных литературных энциклопедий России. Обращается внимание на условия появления идеи создания энциклопедии, готовности А.Е. Ванеева возглавить творческий коллектив авторов-составителей, объем проделанной работы по составлению словника. На основе архивных и опубликованных материалов освещена концепция А.Е. Ванеева «Куратовской энциклопедии».

Ключевые слова: литературные энциклопедии, Куратовская энциклопедия, словник, концепция, И.А. Куратов, А.Е. Ванеев

S.L. EGOROVA, V.I. KOROLEVA. "KURATOV ENCYCLOPEDIA": UNREALIZED INTENT OF A.E. VANEV (1933–2001)

The appearance of personal literary encyclopedias is a certain stage in the development of literary encyclopaedias, based on the long-term study of the biography and creative heritage of a particular poet or writer. In domestic practice, the first such experience was the creation of "Lermontov encyclopedia" (1981). In the 1990s among literary critics and public figures of the Komi Republic the idea of creating "Kuraton encyclopedia" devoted to the founder of Komi literature Ivan Alekseevich Kuraton (1839 – 1875) was discussed. Among the initiators of this idea was the People's poet of the Republic of Komi Albert Egorovich Vanev (1933 – 2001), leading researcher of the Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, a well-known researcher of Kuraton's creativity, the author of works "Creative laboratory of I.A. Kuraton", "The problem of content and form in the aesthetics of I.A. Kuraton", "Kuraton and modern Komi poetry", "To the characteristics of the philosophical views of I.A. Kuraton", "Kuraton's realism in relation to the concept of realism in the aesthetics of the Russian Revolutionary Democrats", "In search of truth. World outlook and aesthetic views of I.A. Kuraton". The experience of A.E. Vanev as a member of the main Editorial Board of the encyclopedia "The Republic of Komi" was added to this. The idea of creating "Kuraton encyclopedia" emerged in the process of working on the Republican encyclopedia. The work on the concept and thematic vocabulary of the encyclopedia was completed by A.E. Vanev in the mid-1990s. The encyclopedia was conceived by A.E. Vanev as a detailed collection of information about life and work of I.A. Kuraton, his everyday, official and literary environment, his place in the national, Russian and world culture. The structure of the encyclopedia was developed and substantiated, difficulties on the way to its creation and specific topics requiring additional study of Kuraton's creativity were identified. A.E. Vanev's applications of the second half of the 1990s to the Ministry of Nationalities Affairs of the Komi Republic on the preparation of the publications of "Kuraton encyclopedia" received no support. With A.E. Vanev's death in 2001 his research plans were also cut short. Materials on the preparation of encyclopedia as part of the Vanev family archive are now in the funds of the Scientific Archive of the Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, they served as a source for writing this article. The publication of the vocabulary according to A.E. Vanev's idea could be the first step in creating the future "Kuraton encyclopedia".

Keywords: literary encyclopedias, Kuraton encyclopedia, vocabulary, concept, I.A. Kuraton, A.E. Vanev

Литературные энциклопедии, имеющие давнюю традицию, в России получили развитие в XX в. Их авторы опирались на опыт предыдущего столетия – составленные предшественниками библиографические, исторические, критико-биографические словари русских писателей. В советские годы появились многотомные издания, среди которых известны «Литературная энциклопедия. Словарь литературных терминов» (1925 г.), «Литературная энциклопедия» (1929–1939 гг.), «Краткая литературная энциклопедия» (1962–1972 гг.) [1–3].

Определенным этапом в развитии литературных энциклопедий стали персональные литературные энциклопедии. Появлению их предшествовали длительное изучение творческого наследия конкретного поэта (писателя), текстологическая и издательская работа, создание вступительных статей и системы указателей – все то, без чего невозможно представить наиболее полный свод материалов о творце и его произведениях [4].

Первым опытом создания в СССР подобного издания стала «Лермонтовская энциклопедия». Инициатор этого большого дела – лермонтовед профессор Л.П. Семенов (1886–1959 гг.), он не дождался реализации своего замысла, но идея и программа, составленная им, легли в основу работы творческой группы. Подробности литературоведческих исканий, обсуждений организационных вопросов отложились в отчетах и протоколах заседаний редакции «Лермонтовской энциклопедии» [5]. Результат многотрудной работы был опубликован в 1981 г. Энциклопедия представляла читателю все стороны творческого наследия М.Ю. Лермонтова и его биографии, став одной из лучших не только в отечественной, но и в мировой энциклопедистике [6].

Вслед за «Лермонтовской энциклопедией» в 1994 г. творческая группа Института русской литературы РАН приступила к подготовке издания «Тургеневской энциклопедии». Так было положено начало формированию в СССР и новой России персональных литературных энциклопедий.

В 2000-х гг. в этом ряду могла появиться «Куратовская энциклопедия», посвященная основоположнику коми литературы Ивану Алексеевичу Куратову (1839 – 1875). Рождение этого замысла связано с поэтическим творчеством и научной деятельностью Альберта Егоровича Ванеева (1933 – 2001).

А.Е. Ванеев широко известен как народный поэт Республики Коми. Но он также был талантливым литературоведом, исследователем жизненного пути и наследия И.А. Куратова. Прежде чем мы обратимся к проекту «Куратовская энциклопедия», скажем несколько слов о его авторе.

Уроженец с. Буткан Удорского района Коми АССР А.Е. Ванеев получил высшее образование в Коми педагогическом институте (1951 – 1955 гг.). После окончания аспирантуры Коми филиала АН СССР защитил (1963 г.) кандидатскую диссертацию «Вопросы мастерства в коми советской поэзии»; с начала 1960-х гг. – научный сотрудник, а затем заведующий отделом языка, литературы и истории Коми филиала АН СССР, с 2000 г. – старший науч-

ный сотрудник Коми научного центра Уральского отделения РАН. В 1965 г. он стал членом Союза писателей СССР, а в 1996 г. получил заслуженное звание «Народный поэт Республики Коми». С Коми филиалом АН СССР (Коми НЦ УрО РАН) было связано более 40 лет жизни и творчества А.Е. Ванеева. Его литературоведческие труды об особенностях коми стихосложения, историческом пути национальной поэзии во многом были новаторскими [7, с. 3–7].

Центральное место в исследовательской работе ученого занимали творчество И.А. Куратова, его жизненный путь. Необычное совпадение дней рождения И.А. Куратова и А.Е. Ванеева (оба поэта родились 18 июля с разницей в 94 года) по-особенному роднили их [8].

Своими многолетними научными поисками материалов об основоположнике коми литературы, работами о характере его творческой лаборатории, особенностях мировоззрения и эстетических взглядов И.А. Куратова ученый по праву заслужил репутацию ведущего куратоведа своего времени [9–13]. В этой связи рождение замысла создания «Куратовской энциклопедии» выглядит вполне закономерным. Весомым мотивом здесь послужил и опыт участия Альберта Егоровича в реализации энциклопедических проектов республики, его персональный вклад в подготовку к изданию энциклопедии «Республика Коми».

К этому времени региональная энциклопедистика пережила несколько периодов развития, дойдя до «энциклопедического бума» конца 1990-х – начала 2000 гг. Энциклопедической работой было охвачено большинство субъектов Российской Федерации, издававших основные виды современных энциклопедий: универсальные и специализированные, алфавитные и систематические, однотомные и многотомные. Региональные энциклопедии не только аккумулировали информацию об историческом прошлом региона, его природе, ресурсах, экономике, культуре и людях, но и пропагандировали достижения субъекта РФ, показывали его особенности, демонстрировали степень изученности региона [14].

В этом русле развивалась и энциклопедистика Республики Коми, пройдя путь от подготовки комплексной «Программы по историко-этнографическому изучению коми народа» (1924 г.) и издания «Словника-проспекта» Коми советской энциклопедии (1935 г.) до выхода трехтомной энциклопедии «Республика Коми» (1997–2000 гг.) [15]. Организаторами работы над этим масштабным проектом стали главный редактор издания, академик М.П. Рощевский и заместитель главного редактора, кандидат филологических наук А.Е. Ванеев.

Первоначальный замысел издания был более скромным, чем его воплощение: речь шла о подготовке энциклопедического справочника о Коми АССР. Для этого в 1983 г. в составе научного архива Коми филиала АН СССР была образована специальная группа, а к весне 1987 г. был готов макет научного справочника.

Изменения общественно-политической и социально-экономической ситуации в стране начала

1990-х гг. отразились и на концепции справочника. Подробности этих изменений изложил А.Е. Ванеев в телепередаче, посвященной годовщине Коми автономии (21 августа 1990 г.): «Автономным республикам фактически не разрешено, не позволено иметь свои энциклопедии. ... Нам пришлось начинать эту работу полулегально, и мы не афишировали свое будущее издание. Во всех официальных документах называли очень скромно: научный справочник «Коми АССР», хотя с самого начала строили будущую книгу по энциклопедическому принципу. ... Мы являемся первой автономной республикой, которая создает свою энциклопедию, и перед нами не было, и сейчас нет аналога» [16, с. 29].

Политические реалии внесли изменения и в статус северной республики: 23 ноября 1990 г. Коми АССР была преобразована в Коми ССР, а 26 мая 1992 г. – республику в составе России (Республика Коми) [17]. В постановлении Совета министров Республики Коми (май 1994 г.) речь шла о завершении и издании уже не энциклопедического справочника, а энциклопедии «Республика Коми».

Трехтомная энциклопедия в 2001 г. была удостоена Государственной премии Республики Коми, а в благодарственном письме Главы РК Ю.А. Спиридонова на имя А.Е. Ванеева прозвучала оценка этой коллективной работы: «Энциклопедия является не только важным вкладом в развитие культуры республики, но и атрибутом ее государственности. Она представляет собой сокровищницу знаний о Республике Коми как уникального региона Российской Федерации» [16, с. 30].

Уже в процессе работы над трехтомником Альберт Егорович Ванеев начал подготовку нового проекта – создание «Куратовской энциклопедии». Энциклопедия должна была стать не только данью памяти основоположнику коми литературы, но и определенным итогом развития куратоведения за последние 100 лет.

Внезапный уход А.Е. Ванеева из жизни (12 декабря 2001 г.) оборвал возможную реализацию всех его планов. Но авторская идея и план ее воплощения сохранились в материалах архивного фонда семьи Ванеевых Научного архива Коми НЦ УрО РАН. Среди них – концепция создания энциклопедии, заявки и письма в Министерство по делам национальностей Республики Коми разных лет, творческая заявка на конкурс грантов, варианты словника, сметы расходов, типовые схемы написания статей.

Документы указывают, что работа над тематическим словником была завершена в 1995 – 1996 гг. Тогда же составлена первая заявка на имя министра по делам национальностей Республики Коми А.К. Конюхова об издании энциклопедии в надежде на публикацию в 1997 – 1999 гг. К заявке приложена смета расходов, где указан планируемый объем энциклопедии – 48, 5 авторских листов [18, л. 210–214]. Проект не нашел поддержки, и в 1999 г. А.Е. Ванеев предпринимает вторую попытку. В старую заявку вносятся минимальные коррективы (смета осталась без изменений): Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН обраща-

ется к министру по делам национальностей С.Б. Терентьевой с просьбой включить в «Программу по сохранению и развитию коми языка» на 2002–2004 гг. создание «Куратовской энциклопедии». А в ноябре 1999 г. А.Е. Ванеев подает на имя президента ОАО КРБ «Ухтабанк» Г.А. Князевой творческую заявку на грант. К рукописной заявке (на 2-х листах) приложено описание проекта – концепция создания «Куратовской энциклопедии» (2 листа, машинопись), разделы словника энциклопедии (1 лист, машинопись), информация об участнике конкурса грантов Ванееве Альберте Егоровиче – краткая биография и список куратоведческих работ (2 листа, рукопись), ожидаемые результаты и критерии оценки (1 лист, рукопись), смета расходов (3 листа, машинопись) с указанием общего объема энциклопедии – 40 авторских листов (1200 энциклопедических статей) текстового материала и 5 учетно-издательских листов иллюстраций [18, л. 215–222].

К этому времени литературоведами и представителями культурной общественности республики неоднократно высказывалась идея создания «Куратовской энциклопедии». Среди них – Н.В. Вулих.

Наталья Васильевна Вулих – известная в отечественной и европейской науке филолог-антиковед. Переехав в конце 1970-х гг. в Сыктывкар, а затем в Ухту, она расширила сферу своих научных интересов: включила творчество И.А. Куратова. Семья Ванеевых состояла с Н.В. Вулих в многолетней дружеской переписке, поддерживала все годы ее пребывания в северной республике. В 1980-е гг. созрел замысел создания совместной с А.Е. Ванеевым работы «Античность в творчестве И.А. Куратова» [19]. «... Она совершенно несправедливо замалчивается как куратовед, – писал А.Е. Ванеев о Н.В. Вулих, – а ведь при этом она является вдохновителем написания и соавтором лучшей куратоведческой работы последнего десятилетия. ... По теоретической оснащенности и новизне этой работе нет равных» [18, л. 9]. В республике никогда не было специалиста по античности такого уровня, и А.Е. Ванеев очень рассчитывал на помощь Н.В. Вулих, тем более, что эстетика античности занимала исключительное место в философии и поэзии И.А. Куратова.

В статье «Нужна ли Куратовская энциклопедия и каковы ее задачи?» (1990 г.) Н.В. Вулих представила свои аргументы в пользу воплощения этого замысла: наличие большой группы куратоведов, обширной литературы о поэте и его творчестве, регулярное проведение «Куратовских чтений», действующий музей И.А. Куратова. Все это, по мысли Н.В. Вулих, позволяло подытожить сведения о жизни и творчестве поэта, о культуре его времени, его отношениях с современниками, связи с русской и мировой литературой, и, тем самым, выполнить задачу создания энциклопедии, которая, «несомненно, существенно обогатит наши представления не только о поэте, но и о всей культуре зырян» [20, с. 6]. На этом пути невозможно было обойтись уже готовыми материалами и исследованиями. Необходимо была большая и скрупулезная работа по выявлению источников и мотивов поэзии И.А. Кура-

това, жанровой специфики его произведений, раскрытию особенностей взаимоотношений творчества поэта с Некрасовым и революционными демократами. Пришлось бы заново обследовать архивы, подробно осветить историю, культуру и быт куратовского Усть-Сысольска, подвергнуть пристальному анализу все произведения поэта. «Каждое стихотворение, – пишет Н.В. Вулих, – каждая поэма должны быть подробно прокомментированы, потому что именно на этом основываются все виды любого литературоведческого исследования» [20, с. 4–5].

Указанные Н.В. Вулих сложности хорошо создавал и А.Е. Ванеев. В начале 1990-х гг. он еще сомневался в возможности создания энциклопедии: «... Пока к этому мы не готовы, поскольку многие аспекты жизни и творчества Куратова изучены слабо или не исследованы вовсе» [25]. Но пройдет несколько лет, и он признается: «... Мое мнение о создании “Куратовской энциклопедии” претерпело определенную эволюцию» [18, л. 10]. За десятилетний период от выхода монографии А.Е. Ванеева «В поисках истины. Мировоззренческие и эстетические взгляды И.А. Куратова» (1989 г.) до публикации труда В.Н. Демина «Рифмою крылатой свяжем строки» (1999 г.) ничего существенного в куратоведении создано не было. А.Е. Ванеев приходит к решению: «Ждать больше нельзя» [18, л. 10]. Необходимо было приступить к созданию энциклопедии на основе имеющейся изученности, продолжая необходимые исследования куратовского наследия.

В реализации задуманного первоначально можно было опереться на энциклопедический опыт ученых республики и опубликованные работы о жизни и творчестве И.А. Куратова. Среди исследователей-куратоведов разных времен Альберт Егорович выделял П.Г. Доронина, А.Н. Федорову, А.К. Микушева, Г.И. Тираспольского, Е.С. Гуляева, В.Н. Демина, П.Ф. Лимерова, Н.В. Вулих [18, л. 13]. В научном арсенале самого А.Е. Ванеева была серия статей об основоположнике коми литературы: «Творческая лаборатория И.А. Куратова» (1959 г.), «Проблема содержания и формы в эстетике И.А. Куратова» (1972 г.), «Куратов и современная коми поэзия» (1973 г.), «К характеристике философских взглядов И.А. Куратова» (1979 г.), «Реализм Куратова в связях с концепцией реализма в эстетике русских революционных демократов» (1979 г.), авторская монография «В поисках истины. Мировоззрение и эстетические взгляды И.А. Куратова» (1989 г.) [7, с. 35–45].

Какими силами собирался А.Е. Ванеев составлять энциклопедию? «Надо создать, – пишет он, – очень небольшое, малочисленное, но самостоятельное и квалифицированное энциклопедическое ядро (группу), которое будет заниматься только энциклопедией: методические разработки, консультации, сбор написанного материала, систематизация, редактирование» [18, л. 16–19]. В эту группу предполагалось включить литературоведов, языковедов, историков Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарского государственного университета, Коми педагогиче-

ского института, сотрудников Литературно-мемориального музея И.А. Куратова.

Для работы над энциклопедией необходимо было привлечь литературоведов из научных и образовательных учреждений Республики Коми, исследователей из других регионов России (Удмуртии, Марий-Эл, Татарстана), известных финно-угроведов Венгрии, Финляндии, Эстонии, Казахстана, Узбекистана, Украины, Беларуси, с которыми А.Е. Ванеев поддерживал связь. Среди них – финские ученые Райя Бартенс и Паула Кокконен, венгерский исследователь, основатель финно-угорского литературоведения Петер Домокош.

Все это казалось достаточным для воплощения задуманной энциклопедии. Общий взгляд А.Е. Ванеева на этот проект вполне отразился в концепции «Куратовской энциклопедии». Обратимся к ней.

Содержание документа структурно можно разделить на несколько частей: возникновение идеи создания энциклопедии, обоснование актуальности ее подготовки и издания, предполагаемая структура энциклопедии и содержание.

Энциклопедия, по мысли ученого, должна стать «подробным, максимально конкретизированным сводом сведений о жизни и творчестве незаурядной личности, о его бытовом, служебном и литературном окружении, о его месте в национальной, российской, мировой культуре» [18, л. 1]. Эта «не имеющая аналогов в Республике Коми литературная энциклопедия» непременно, уверен А.Е. Ванеев, оказалась бы востребована и учеными-куратоведами, учащимися и педагогами, культурной общественностью республики.

На тот момент ученым была проделана огромная работа по созданию словаря будущего издания – перечень тематических и биографических статей, собранных в 24 раздела. Здесь оговоримся: фактически составленный А.Е. Ванеевым материал это не столько готовый к изданию словарь, сколько макет, так как разделы «Иллюстративный материал» и «Летопись (хроника) жизни и творчества И.А. Куратова» не относятся к словарю. В распределении статей отсутствует деление на тематические и персональные (биографические).

Заявленные автором разделы предполагали весьма широкий охват жизни и творчества И.А. Куратова с предельной детализацией.

Первые пять разделов включали в себя биографические сведения о жизни И.А. Куратова: «Родители и родственники, детство», «Яренск – Вологда – Москва», «Коми край, Усть-Сысольск», «Казань – Семипалатинск», «Туркестан». Здесь следовало представить данные о семье И.А. Куратова, период его обучения в Вологодской духовной семинарии, обстоятельства жизни и службы в Казани, Семипалатинске. При этом А.Е. Ванеев считал необходимым прописывать контекст: для описания детских лет будущего поэта нужно было дать читателю представление о родных местах и особенностях северной природы – того, что окружало И.А. Куратова и формировало начальные эстетические взгляды; сведения о годах учебы и служебной дея-

тельности дополнялись данными об известных в тот период деятелях науки и культуры Коми края, издававшихся журналах, окружении И.А. Куратова. Значительный объем терминов включал раздел «Туркестан»: материал об отдельных географических объектах, службе И.А. Куратова, его должностях, сослуживцах и т.д. Биографические данные помещались и в приложении к энциклопедии – «Летопись жизни и творчества И.А. Куратова».

Самая значительная часть энциклопедии отводилась творчеству поэта – «Художественные произведения», «Научные и публицистические статьи и заметки», «Проблемы языка», «Философско-эстетические категории», «Теоретические аспекты (поэтика)». Предполагалось осветить отдельными статьями каждое произведение И.А. Куратова, каждое его высказывание. При этом А.Е. Ванеев считал обязательным все эти статьи сопровождать указаниями на время и место создания произведения или высказывания, публикации на разных языках, иллюстрации, место хранения автографа.

В разделе «Проблемы языка» И.А. Куратова следовало представить как лингвиста с его общелингвистическими взглядами, исследовавшего коми язык; сюда же включались статьи об известных лингвистах того времени.

Общезнакомые категории (гуманизм, детерминизм, мировоззрение, реализм и т.п.), отраженные в философском наследии И.А. Куратова, помещались в раздел «Философско-эстетические категории». Это было необходимо для более глубокого освещения мировоззренческих проблем в творчестве поэта.

Значимое место в энциклопедии отводилось различным сторонам куратовской поэтики, теоретическим аспектам творчества: стилистика, стихосложение, рифма, лирический портрет, пейзаж; характеристика структуры куратовского стиха в связи с просодией коми языка.

В разделе «Российские деятели, входившие в круг интересов Куратова», планировалось представить связи поэта с русской литературой, усвоение традиций предшественников: А.С. Пушкина, И.А. Крылова, А.В. Кольцова, М.Ю. Лермонтова, А.А. Фета.

А.Е. Ванеев считал важным показать восприятие поэтом зарубежного литературного опыта и достижений мировой науки. В круг интересов Ивана Алексеевича входили исторические деятели, начиная от древнегреческих ученых и философов и кончая исследователями, писателями, художниками и композиторами – современниками поэта. Поэтому в энциклопедии этот раздел должен был быть довольно обширным.

Состояние современного куратоведения, по мысли А.Е. Ванеева, позволяло прописать серию статей о каждом издании произведений поэта на коми, русском и иных языках; статьи о переводчиках стихов (причем поименно представить их всех) И.А. Куратова на языки народов мира, о российских и зарубежных исследователях творчества поэта. При этом А.Е. Ванеев осознавал, что в процессе работы над этим тематическим блоком энциклопе-

дии могут понадобиться дополнительные исследования.

Четыре раздела энциклопедии – «Куратоведческие книги», «Куратоведческие статьи и заметки», «Статьи о Куратове в других республиках и за рубежом», «Куратоведы» – призваны были раскрыть важную и объемную тему «Куратоведение». Значение этой части энциклопедии, по расчетам А.Е. Ванеева, состояло в подведении итогов развития куратоведения с 1870-х гг. до конца XX в.

Связь образа основоположника коми литературы с художественными явлениями зафиксирована в разделах «Художественные произведения о Куратове», «Куратов и музыка» (статьи о музыкальных произведениях на стихи поэта, о связи его творчества и музыки, композиторах-авторах произведений о Куратове), «Иллюстративный материал» (живописные и скульптурные портреты И.А. Куратова, выполненные художниками Республики Коми, фото мест и зданий, связанных с жизнью поэта, фотопортреты исследователей его творчества).

Завершать энциклопедию должен был раздел «...Имени Куратова», освещающий все проходившие мероприятия, посвященные И.А. Куратову, представляющий учреждения, улицы, названные в честь поэта.

В черновых набросках к словнику ученый планировал также включить отдельные разделы: «Коми поэты и ученые» со статьями о литераторах республики, «Русские журналы, оказавшие влияние на Куратова», «Усть-Сысольское окружение», «Населенные пункты Туркестана», «Туркестанские учреждения», «Туркестанское окружение», от которых А.Е. Ванеев впоследствии отказался [18, л. 139–140, 204–205].

Сравнивая два варианта концепции Куратовской энциклопедии – приложенный к творческой заявке 1999 г. и опубликованный в трехтомнике А.Е. Ванеева «Коми литература» (2007 г.), отметим небольшое расхождение. В изданном варианте дописана концовка концепции. Здесь автор указывает на необходимость дополнительных исследований для завершения работы над энциклопедией на достойном уровне. «... Сегодня, – пишет А.Е. Ванеев, – явно просматривается недостаточность изучения мировоззренческих проблем и эстетических категорий, проблем метода и стиля, идейно-художественной интерпретации некоторых произведений Куратова (драматическая поэма «Пама» и т.д.). Требуется более тщательное изучение окружения Куратова в Вологде, Усть-Сысольске, Казани, Семипалатинске, Туркестане» [21, с. 177; 22, с. 31].

В одном из вариантов (1999 г.) концепции энциклопедии, предположительно подготовленном для ознакомления коллег по Институту языка, литературы и истории, А.Е. Ванеев прямо указал список трудностей, с которыми столкнутся составители энциклопедии: весьма слабая изученность поэтики И.А. Куратова, его окружения в Туркестане, дипломатической деятельности поэта в должности чиновника особых поручений по китайским делам; необходимость дополнительных текстологических исследований, поиска иллюстративного материала.

Предполагались сложности и при составлении словника. К этой работе, по мысли А.Е. Ванеева, надо было подойти особенно серьезно («что в словнике посеешь, то в энциклопедии пожнешь»), организовать несколько обсуждений, прежде чем утвердить итоговый вариант. При всех выделенных трудностях А.Е. Ванеев был вполне оптимистичен по поводу судьбы своего проекта: «Эту задачу мы решим» [18, л. 17].

Как видим, Альберт Егорович проделал гигантскую работу по подготовке будущего издания, в основе которого – научные исследования самого А.Е. Ванеева и его коллег-литературоведов, авторское видение создания энциклопедии. Конечно, без его личного участия реализовать все запланированное им довольно сложно, потребуется корректура многих разделов, привлечение к работе филологов-кураторов Республики Коми. Но издание словника могло бы стать первым этапом в создании в будущем Куратовской энциклопедии. Реализация этого проекта в год 85-летия со дня рождения А.Е. Ванеева и в преддверии юбилея И.А. Куратова усиливает его значимость, ибо лучший памятник ученому – воплощение его творческого замысла.

Литература

1. *Литературная энциклопедия*: Словарь литературных терминов / Под ред. Н. Бродского, А. Лаврецкого, Э. Лунина, В. Львова-Рогачевского, М. Розанова, В. Чехихина-Ветринского. В 2-х т. М.; Л.: Изд-во Л.Д. Френкель, 1925.
2. *Литературная энциклопедия* / Под ред. А.В. Луначарского, В.М. Фриче и др. В 11 т. М., 1929 – 1939.
3. *Краткая литературная энциклопедия* / Гл. ред. А.А. Сурков. В 9 т. М.: Советская энциклопедия, 1962 – 1978.
4. *Сиражитдинова Н.М.* Персональные литературные энциклопедии в российском информационном пространстве // Исторический опыт, актуальные проблемы развития российской региональной энциклопедистики: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Уфа, 27 – 28 сентября 2012 г.). Уфа: Башкирская энциклопедия, 2012. С. 104 – 105.
5. *Отчеты и протоколы* заседаний редакции «Лермонтовской энциклопедии» (1961 – 1973 гг.) // Лермонтоведческий сборник. Вып. 1 / Сост. Н.С. Беляев; науч. ред. Г.В. Бахарева; СПб.: БАН, 2014. С. 122 – 161.
6. *Лермонтовская энциклопедия* / Гл. ред. В.А. Мануйлов. М.: Советская энциклопедия, 1981. 746 с.: ил.
7. *Ванеева И.М., Сметанин А.Ф.* Альберт Егорович Ванеев // Материалы к совместному заседанию Президиума Коми НЦ УрО РАН и Ученого совета Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН (3 октября 2008 г.). Сыктывкар, 2008. С. 3 – 7.
8. *Владис Г.* День, когда рождаются поэты // Молодежь Севера. 2008. 24 июля.
9. *Ванеев А.Е.* Творческая лаборатория И.А. Куратова // Куратовские чтения. Сыктывкар, 1973. Т. 1. С. 52 – 59.
10. *Ванеев А.Е.* И.А. Куратов и современная коми поэзия // Куратовские чтения. Сыктывкар, 1973. Т. 1. С. 118 – 127.
11. *Ванеев А.Е.* К характеристике философских взглядов И.А. Куратова // Куратовские чтения. Сыктывкар, 1979. Т. 3. С. 34 – 41.
12. *Ванеев А.Е.* Реализм Куратова в связях с концепцией реализма в эстетике русских революционных демократов // Межнациональные связи коми литературы и фольклора. Сыктывкар, 1979. С. 82 – 88.
13. *Ванеев А.Е.* В поисках истины. Мировоззрение и эстетические взгляды И.А. Куратова. Сыктывкар, 1989. 176 с.
14. *Саитов У.Г.* О современном состоянии, особенностях и перспективах развития отечественной региональной энциклопедистики // Региональные энциклопедии в современной научной инфокоммуникационной системе России: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Уфа, 29–30 сентября 2016 г.). Уфа: Башк. энцикл., 2016. С. 5 – 7.
15. *Роцевская Л.П., Миронова Н.П., Королева В.И.* Региональная энциклопедия в Республике Коми: история и современность // Региональные энциклопедии в современной научной инфокоммуникационной системе России: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Уфа, 29–30 сентября 2016 г.). Уфа: Башк. энцикл., 2016. С. 115 – 117.
16. *Бровина А.А., Роцевская Л.П.* Энциклопедические проекты в Республике Коми // Украинская энциклопедистика: материалы III Международной научной конференции. Киев, 2014. С. 29.
17. *Республика Коми* // Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011.
18. *Научный архив* Коми НЦ УрО РАН. Ф. 54. Оп.1. Д. 45.
19. *Ванеев А.Е., Вулих Н.В.* Античность в творчестве И.А. Куратова. Сыктывкар, 1986. 35 с.
20. *Вулих Н.В.* Нужна ли Куратовская энциклопедия и каковы ее задачи? // Это нашей истории строки. Сыктывкар, 1990.
21. *Ванеев А.Е.* Куим небөгö бöрийöм гижöдъяс. Т.3. Сыктывкар: ГУ редакция журнала «Арт», 2007. С.177.
22. *Ванеев А.Е.* Концепция создания «Куратовской энциклопедии» // Тайö сылём – коми олём. Коми литературалы подув пуктысьяс йылысь уджъяс [В этой песне коми жизнь. Сборник трудов об основоположниках коми литературы]. Сыктывкар: ООО Издательство «Кола», 2008. С. 29–31.

References

1. *Literaturnaya entsiklopediia*: Slovar literaturnykh terminov [Literary encyclopaedia: Dictionary of literary terms] / Ed. N. Brodsky, A. Lavretsky, E. Lunin, V. L'vov-Rogachev-

- sky, M. Rozanov, V. Cheshikhin-Vetrinsky. In 2 volumes. Moscow, Leningrad: L.D. Frenkel Publ., 1925.
2. *Literaturnaya entsiklopediia* [Literary encyclopaedia] / Ed. A.V. Lunacharsky, V.M. Friche et al. In 11 volumes. Moscow, 1929–1939.
3. *Kratkaya literaturnaya entsiklopediia* [Brief literary encyclopaedia] / Ed. A.A. Surkov. In 9 volumes. Moscow: Soviet encyclopaedia, 1962–1978.
4. *Sirazhitdinova N.M.* Personal'nyie literaturnye entsiklopedii v rossiiskom informatsionnom prostranstve // Istoricheskii opyt, aktual'nyie problemy razvitiya rossiiskoi regional'noi entsiklopedistiki [Personal literary encyclopedias in the Russian information space // Historical experience, actual problems of development of the Russian regional encyclopedia]: materials of the all-Russian sci.-pract. Conf. with intern. partic. (Ufa, September 27–28, 2012). Ufa: Bashkirian encyclopaedia, 2012. P. 104–105.
5. *Otchyoty i protokoly zasedanii redaktsii Lermontovskoi entsiklopedii (1961–1973)* [Reports and minutes of meetings of the Editorial Board of “Lermontov encyclopedia” (1961–1973)] // Collection on the study of Lermontov. Issue 1 / Compiled by N.S. Belyaev, Sci. Ed. G.V. Bakhareva. St. Petersburg: BAN, 2014. P. 122–161.
6. *Lermontovskaya entsiklopedia* [Lermontov encyclopedia] / Ed. Manuilov V.F. Moscow: Soviet encyclopaedia, 1981. 746 p.: ill.
7. *Vaneeva I. M., Smetanin A.F.* Albert Egorovich Vaneev: materials of the joint meeting of the presidium of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, and Academic Council of the Institute of the Language, Literature and History, October 3, 2008. Syktyvkar, 2008. P. 3–7.
8. *Vladis G. Den', kogda rozhdayutsya poety* [Day when the poets are born] // Youth of the North, 2008, July 24.
9. *Vaneev A.E.* Tvorcheskaya laboratoriya I.A. Kuratova [Creative laboratory of I.A. Kuratov] // Kuratov readings. Syktyvkar, 1973. Vol. 1. P. 52–59.
10. *Vaneev A.E.* I.A. Kuratov i sovremennaya komi poezia [I.A. Kuratov and modern Komi poetry] // Kuratov readings. Syktyvkar, 1973. Vol. 1. P. 118–127.
11. *Vaneev A.E.* K kharakteristike filosofskikh vzglyadov I.A. Kuratova [On the characteristics of the philosophical views of I. A. Kuratov] // Kuratov readings. Syktyvkar, 1979. Vol. 3. P. 34–41.
12. *Vaneev A.E.* Realizm Kuratova v svyazyakh s kontseptsiei realizma v estetike russkikh revolyutsionnykh demokratov [Kuratov's realism in relation to the concept of realism in the aesthetics of Russian Revolutionary Democrats] // Interethnic relations of Komi literature and folklore. Syktyvkar, 1979. P. 82–88.
13. *Vaneev A.E.* V poiskakh istiny. Mirivozzrenie i esteticheskie vzglyady I.A. Kuratova. [In search of truth. World outlook and aesthetic views of I.A. Kuratov]. Syktyvkar, 1989. 176 p.
14. *Saitov U.G.* O sovremennom sostoyanii, osobennostyakh i perspektivakh razvitiya otechestvennoi regional'noi entsiklopedistiki [On the current state, features and prospects of development of the national regional encyclopaedism] // Regional'nye entsiklopedii v sovremennoi nauchnoi infokommunikatsionnoi sisteme Rossii [Regional encyclopedias in the modern scientific infocommunication system of Russia]: materials of the all-Russian sci.-pract. Conf. with intern. partic. (Ufa, September 29–30, 2016). Ufa: Bashkirian encyclopedia, 2016. P. 5–7.
15. *Roshchevskaya L.P., Mironova N.P., Koroleva V.I.* Regional'naya entsiklopediya v Respublike Komi: istoriya i sovremennost' [Regional encyclopedia in the Komi Republic: history and modernity] // Regional'nye entsiklopedii v sovremennoi nauchnoi infokommunikatsionnoi sisteme Rossii [Regional encyclopedias in the modern scientific infocommunication system of Russia]: materials of the all-Russian sci.-pract. Conf. with intern. partic. (Ufa, September 29–30, 2016). Ufa: Bashkirian encyclopedia, 2016. P. 115–117.
16. *Brovina A.A., Roshchevskaya L.P.* Entsiklopedicheskiye proyekty v Respublike Komi [Encyclopedic projects in the Komi Republic] // Ukrainskaya entsiklopedistika [Ukrainian encyclopedias]: materials of the 3-rd Intern. Sci. Conf. Kiev, 2014. P. 29.
17. *Respublika Komi* [The Komi Republic] // Atlas Respubliki Komi [Atlas of the Komi Republic]. Moscow: Feoria, 2011.
18. *Scientific archive of the Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences.* F. 54. Op. 1. D. 45.
19. *Vaneev A.E., Vulikh N.V.* Antichnost' v tvorchestve I.A. Kuratova [Antiquity in I.A. Kuratov's creativity]. Syktyvkar, 1986. 35 p.
20. *Vulikh N.V.* Nuzhna li Kuratovskaya entsiklopediya i kakovy eye zadachi? [Is Kuratov encyclopedia necessary and what its tasks are?]. Syktyvkar, 1990.
21. *Vaneev A.E.* Kuim nebogo boriom gizhodyas. [Selected works in three volumes]. Vol. 3. Syktyvkar: Art, 2007. P. 177.
22. *Vaneev A.E.* Konceptiya sozdaniya “Kuratovskoi enciklopedii” // “Taiyo s'yolom – komi olom. Komi literaturny poduv puktys'yas iyl's udzh'yas [In this song – life of Komi. Collection of works about the founders of Komi literature]. Syktyvkar: “Kola” Publ. House, 2008. P. 29–31.

Статья поступила в редакцию 02.04.2018.

УДК 94:911.375:304(470.13–17)

КУЛЬТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЗАПОЛЯРНОГО ГОРОДА: ОТ ГОРОДА-КОНЦЛАГЕРЯ К ГОРОДУ-ПРИЗРАКУ (часть 1)

Ю.П.ШАБАЕВ, И.Л.ЖЕРЕБЦОВ, О.В.ЛАБУНОВА

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

shabaev@mail.illhkomisc.ru, zherebtsov@mail.illhkomisc.ru,
ms.labunova@mail.ru

В статье рассматривается эволюция культурного пространства заполярного города от времени его возникновения до современности. В центре внимания исследования не столько история становления и развития Воркуты как типичного социалистического города индустриального типа, сколько формирование и развитие городского сообщества и культурной среды городского поселения, его меняющиеся образы. Авторы анализируют три этапа истории Воркуты, на каждом из которых принципиально менялись состав населения, культурное пространство города, городская идентичность. Особое внимание обращено на анализ образов города, символики городского пространства и ментальной карты Воркуты. Исследование основывается на традициях городской антропологии, которая сформировалась как самостоятельная дисциплина в рамках западной культурной антропологии в 1960–1970-е гг.

Работа состоит из двух частей. В первой части представлена история возникновения, становления и развития заполярной Воркуты (с 1930-х до 1990-х гг.).

Ключевые слова: город, Воркута, культурное пространство, идентичность, городское сообщество, антропология города

YU.P. SHABAEV, I.L. ZHEREBTSOV, O.V. LABUNOVA. CULTURAL EVOLUTION OF THE POLAR TOWN: FROM THE TOWN-CONCENTRATION CAMP TO THE GHOST TOWN (PART 1)

The evolution of the cultural space of a polar town from the time of its appearance to the present day is considered. The town of Vorkuta which was based on coal mines and concentration camps, was chosen as the object of study. But the focus of research is not so much the history of the formation and development of Vorkuta as a typical socialist town of an industrial type, but the formation and development of the urban community and the cultural environment of the urban settlement. Particular attention is paid to urban identity and the changing images of the town reflected in the mental map of the town, formed in the minds of its inhabitants. The research is based on the traditions of urban anthropology, developed as an independent discipline within the framework of Western cultural anthropology in the 1960s-1970s. Today it is actively formed in Russia mainly in line with the traditions of domestic ethnography/ethnology and modern social anthropology.

The work consists of 2 parts. The first part presents the history of emergence, formation and development of Polar Vorkuta (from the 1930s to the 1990s).

Keywords: town, Vorkuta, cultural space, identity, urban community, urban anthropology

Введение

Россия – северная страна и значительная часть ее территории приходится на приполярные и заполярные территории. Более того, природно-климатические условия целого ряда других регионов страны тоже близки по своим климатическим характеристикам к циркумполярным зонам. Северные и приравненные к ним территории слабо заселены и недостаточно освоены, но там есть городские поселения, которые являются некими островками городской жизни на обширных безлюдных

пространствах. Почти все эти поселения возникли относительно недавно и существенно отличаются от исторических городов, биография которых насчитывает не одно столетие. Город в Заполярье – это город, где у жителей на погостах нет могил предков. Город в Заполярье – это поселения, где крайне ограничены родственные связи, поскольку подавляющее большинство его жителей – это мигранты в первом поколении, основная часть которых при выходе на пенсию (или раньше) покидает город, где зарабатывался трудовой стаж. Город в Заполярье – это городское поселение с ограничен-

ным публичным пространством, а городские улицы здесь почти лишены функции рекреации.

Население заполярного города, как правило, никак не связано с окрестной территорией и его жители не могут выезжать по выходным в близлежащие деревни и села, поскольку таких деревень и сел попросту нет, а места исхода жителей лежат далеко за пределами региона их нынешнего проживания.

Специфичность культурного пространства заполярного города вполне очевидно прослеживается на примере Воркуты, а история развития данного городского поселения адекватно отражает особенности советского и постсоветского развития России [1]. Сегодня есть некие попытки глобального осмысления пространства северного российского города [2], однако они пока не убедительны и вряд ли можно делать серьезные выводы без широкого и конкретного изучения отдельных северных городских сообществ, сформировавшихся городских образов и четко выраженных городских текстов. Не менее бесперспективен и формально-исторический подход к анализу специфики северных городов. Несколько лет назад была защищена кандидатская диссертация, посвященная оценке характера исторического развития северных городов Коми [3]. В диссертации в общем виде рассмотрена деятельность местных органов власти, архитектура северных городов, особенности их хозяйственного развития, но город как исторический субъект [4] в ней практически отсутствует, поскольку из анализа исключены городские сообщества (а любой город – это, прежде всего, люди, но не передовики производства или местные лидеры, а простые обыватели). Город – это также особое культурное пространство. В этой связи академик В.А.Тишков справедливо замечает: «В субстанции пространства нас интересует уровень значений (смыслов), а также сама пространственная среда и ее изменения под воздействием человека: культурные ландшафты, поселения, здания и комнаты, организация интерьера и множество других визуальных проявлений пространственной организации. Однако в поле зрения социально-культурной антропологии находятся не только визуальные, но и воображаемые пространства. Все это составляет то, что можно назвать *культурным пространством*» [5].

И именно городская культурная среда, городские образы, городское сообщество и его меняющиеся идентичности стали предметом нашего интереса при изучении Воркуты.

Город-концлагерь – Первая Воркута

В отличие от многих других городов, которые медленно и постепенно эволюционируют или, наоборот, развиваются бурно, но поступательно, Воркута в своем развитии прошла три совершенно различных этапа, принципиально не похожих друг на друга и не во всем подходящих под определение «развитие». На каждом из этих этапов существенно менялся ее архитектурный облик, состав населения, восприятие города его населением.

Шахтерская Воркута является одним из тех городов, которые возникли в Заполярье в годы советской власти, когда «новый человек», якобы рожденный эпохой социалистического созидания и социалистического преобразования мира, творил героические подвиги, одним из которых стало «покорение Севера».

Но это «покорение» осуществлялось не благодаря усилиям свободных людей, сформированных эпохой социалистического созидания, а за счет подневольного труда многих десятков тысяч заключенных сталинских лагерей, в которые ссылали как явных противников режима, так и огромное количество тех, кого просто заподозрили и обвинили в недостаточной лояльности коммунистическим идеалам и коммунистическим лидерам.

В начале 1930-х гг. Коми автономная область превращается в один из основных центров ГУЛАГа, где была создана целая сеть его местных структур: Ухтпечлаг, Устьвымлаг, Севжелдорлаг, Воркутлаг, основной задачей которых являлось строительство и обеспечение функционирования промышленных объектов (нефтепромыслов, шахт, железной дороги) [6]. На месте крупнейших лагерей в 1940–1950-е гг. стали возникать города (Ухта, Печора, Инта, Воркута), население которых часто не идентифицировало себя с республикой проживания, поскольку многие жители этих городов были бывшими узниками сталинских лагерей. Лагерное население и жители республики в эпоху расцвета ГУЛАГа представляли собой две разные социальные группы, которые противопоставлялись друг другу как официально, так и неофициально, хотя по численности эти группы были вполне сопоставимы.

В результате первой волны массовой миграции, подавляющую часть которой составляли заключенные сталинских лагерей (*а также спецпереселенцы*), т.е. лица принудительно отправленные в Коми, существенно изменился этнический состав населения региона и уже в 1950-е гг. коми из большинства населения превращаются в этническое меньшинство. При этом тот факт, что местное население и принудительно перемещенные в Коми лица составляли две совершенно различные социальные группы, имел важное значение в плане формирования системы отношений между ними и в конструировании культурных дистанций.

Местному населению категорически запрещалось вступать в контакты с заключенными лагерей. За подобные связи, особенно с немцами, полагались различные административные санкции [7], что вместе с официальной пропагандой, клеймившей «врагов народа» (сидевших в лагерях), формировало в массовом сознании местного населения убеждения о серьезной угрозе, которую несут для их благополучия заключенные лагерей и иные категории принудительно перемещенных лиц.

Были созданы политико-правовые условия для формирования своеобразного социального барьера между заключенными лагерей ГУЛАГа и местными жителями. Культурному же дистанцированию двух социальных групп друг от друга способствовало то обстоятельство, что коми и остальная

часть местного сообщества, как сказано выше, имели разные «социальные паспорта» и были территориально и даже визуально (арестантская одежда) разделены [8]. Одни были лично свободны и не испытали в большинстве своем ужасов раскулачивания, депортаций и преследований, а другие – несвободны и поражены в правах, причем чаще всего незаслуженно. Ненависть к ГУЛАГу (а вся территория республики воспринималась заключенными как общее пространство ГУЛАГа), заряд агрессии по отношению к государству, допускавшему массовые репрессии против простых граждан, а также к выступавшим от его имени рядовым надзирателям, вылились не только в воркутинские забастовки и восстания 1937, 1942, 1947 и 1953 гг., но и в неприязнь к тем, кто жил по ту сторону колючей проволоки. Не менее важным элементом *конструирования культурных дистанций* служило то обстоятельство, что охрана многих лагерей набиралась из местных жителей, которые охотно поступали на данную службу, поскольку это освобождало их от несения военной службы, а в годы войны – от отправки на фронт. Так, если в 1930-е гг. ВОХР (гражданская военнизированная охрана) комплектовалась в основном из завербованных и командированных из центральных районов России, и среди охранников, безусловно, преобладали русские и украинцы, то в годы Великой Отечественной войны ситуация изменилась. В 1942 г. в военнизированной охране Воркутинского лагеря насчитывалось 496 русских, 975 коми, 162 украинца, 24 белоруса, 9 татар и т.д. [9]. Иными словами, большая часть охраны в Воркуте состояла из коми, и такая же ситуация наблюдалась во многих других лагерях на территории республики. Отношение к сотрудникам ВОХРа среди заключенных являлось крайне негативным, поскольку те весьма часто допускали акты произвола в отношении последних, а заключенные на тюремно-лагерном жаргоне презрительно называли надзирателей и караульных «*вертухаями*» [10–12]. Характеризуя лагерную охрану, Г.М.Иванова пишет следующее: «В мемуарной литературе и архивных документах можно встретить тысячи примеров изощренного самодурства охранников, их бесчеловечно-жестокое отношения к заключенным, тупого служебного рвения и моральной деградации. Ни один бывший заключенный не вспоминал добрым словом ни одного конвоира...» [13]. Уже после войны вохровцы были заменены солдатами внутренних войск («краснопогонниками»), но память о них и их зверствах осталась у узников ГУЛАГа на всю жизнь.

История Воркуты начинается с конца 1920-х гг. К тому времени было уже хорошо известно о наличии в Коми залежей ухтинской нефти и печорских каменных углей. В январе 1929 г. на заседании коллегии ОГПУ принято решение: приступить к организации добычи нефти в Ухте и каменного угля в Воркуте. Для этого решено перевести в Коми группы специалистов-заключенных из лагеря на Соловецких островах. К началу 1930-х гг. разведочные работы были развернуты широким фронтом.

В 1931 г. на месте временного лагеря и разведочных штолен возник пос. Рудник, с которого и началось формирование города. К концу 1933 г. в поселке проживало 382 чел., а в лагере при нем – 3 600 заключенных. Первоначальная застройка являлась хаотичной: не было ни общего плана поселения, ни официальных названий улиц, ни номеров домов. Главными топонимами становились с этого времени названия лагерных пунктов. Но зато самый первый этап освоения открывал большой простор для народной топонимики, которая потом уже не имела такого значения, как на начальном этапе жизни поселения. Первый палаточный городок называли «Проспектом троглодитов», отдельные группы землянок: «Заря Севера», «Свет шахтера» (так же романтично уже много десятилетий спустя называли городки из вагончиков, в которых жили первопроходцы Усинска и Вуктыла).

В 1937 г. напротив пос. Рудник на левом противоположном берегу р.Воркута приступили к строительству первой крупной шахты №1 «Капитальная» и рядом возникло второе горняцкое поселение – поселок Воркута. В 1941 г. началось строительство ТЭЦ 1 и недалеко от нее будущего центра города – площади Комсомольская. Одновременно велось активное строительство все новых шахт, а возле них появлялись лагеря для заключенных, ряд построек, которые впоследствии стали органической частью городской застройки [14].

Архитектурный облик Воркуты «эпохи ГУЛАГа» в полной мере этой «эпохе» и соответствовал. Топография поселения определялась номерами, расположенных на ее территории «зон», ибо значительную часть города, а Воркута получила этот статус в 1943 г., составляли обнесенные колючей проволокой лагеря, где располагались бараки, в которых проживали заключенные. На вышках вдоль проволоки дежурили конвойные с автоматами, регулярно подсвечивая территорию зон прожекторами. В каждом лагере/лагпункте было по 15–20 барачных, а в бараке размещалось по 100 или даже 200 чел. За пределами лагерей были примерно такие же одноэтажные деревянные бараки или даже землянки для вольнонаемных, где для каждой семьи или человека была выделена отдельная комната с минимумом удобств. Топили дровами и углем, за водой надо было ходить к городской водоканализации или ближайшей водоканализации, поскольку централизованного водоснабжения не было. Мылись в общественных банях, а туалеты чаще были на улице. Только в четырехквартирных двухэтажных домах для вольнонаемных уже имелись некоторые признаки коммунальных удобств. Иными словами, Воркута в 1930–1950-е гг. была городом землянок, барачных и барачного образа жизни. Помимо барачных в городе появлялись и отдельные общественные здания, в основном деревянные, многие из которых не сохранились. Дорог как таковых практически не было (их мощение началось только в 1941 г., но даже в 1970-х гг. не было полностью завершено), а пешеходные дорожки (тротуары), как и в лесных поселках, делали из досок.

В 1937 г. принято решение о строительстве Печорской железной дороги, которая должна была связать Печорский угольный бассейн с центральными районами страны. Естественно, что строительство этой магистрали планировалось осуществить силами заключенных ГУЛАГа. Начало строительства железной дороги привело к тому, что практически вся территория республики была покрыта сетью лагерей для заключенных. Причем специально под нужды строительства Печорской магистрали было создано новое подразделение ГУЛАГа – Севжелдорлаг. В 1938 г. в лагерях последнего насчитывалось 25 199 чел., а в период наиболее интенсивного строительства (1941 г.) – 84 893 чел. [15].

Первый поезд пришел в Воркуту в январе 1941 г., хотя строительство северной железной дороги еще продолжалось и многие конструкции (особенно мостовые) были сделаны по временной схеме. После этого город обрел прочную связь с центром страны.

Что касается социального облика населения Первой Воркуты, то, казалось бы, понятно, что он был довольно простым: подавляющее большинство жителей – это заключенные, которые работали на стройках и шахтах, а остальная часть состояла из охраны и администрации лагерей. Но помимо этого, в Воркуте формально действовали местные органы власти, функционировали магазины, школы, и поэтому существовала небольшая часть вольнонаемного населения, которая не была связана непосредственно с ГУЛАГом. Хотя с середины 1940-х гг., когда началось освобождение заключенных, отбывших свои сроки, вольнонаемные работники предприятий и самих лагерей формировались преимущественно из этой же категории жителей.

Важно отметить, что официальный план города, утвержденный местными властями в 1943 г., предполагал, что население города составит 2,5 тыс. чел., для обслуживания которых потребуются возведение одной школы и одной бани, т.е. он воочию демонстрировал «двойную реальность», ею была пронизана официальная жизнь города.

Часть персонала общегородских образовательных и культурных учреждений тоже формировалась за счет заключенных, в том числе и труппа созданного в 1943 г. Драматического театра. Официально театр назывался музыкально-драматический театр Воркутлага, а его первой постановкой была не соответствующая социальной атмосфере ГУЛАГа классическая драма, а веселая оперетта композитора Имре Кальмана «Сильва». Театр был лагерным, а его репертуар, казалось, формировался вне времени и пространства. Но это было обманчиво: пространство театра и театральные традиции были подчинены культурной среде, в которой он функционировал. На премьерный спектакль пригласили лучших горняков, строителей, энергетиков. Однако в обычной практике театральной жизни не было места для показного советского равноправия: все места в театре были изначально распределены между местными начальниками, и чем выше по карьерной лестнице поднимался началь-

ник, тем более почетным становилось и его театральное кресло. Аплодировать на спектаклях, в которых играли артисты-заключенные (большая часть труппы), не полагалось.

Часть заключенных в воркутинских лагерях была осуждена по уголовным статьям и они числились как заключенные ИТЛ, а другая часть – по политическим статьям, а потому принадлежали к категории каторжан. Но сама категория каторжан была введена только в 1943 г., а до этого все слои заключенных (уголовники и политические) содержались вместе. Указом Президиума Верховного Совета от 22 апреля 1943 г. «О мерах наказания изменников Родины и предателей, о введении для этих лиц как меры наказания каторжных работ» был взят курс на пространственную изоляцию политических (а они составляли примерно треть заключенных в воркутинских лагерях). Каторжан, к которым относили и политических, обязательно надо было изолировать, запрещалось использовать их по специальности и предписывалось, чтобы они трудились на самой тяжелой работе, т.е. чаще всего в забоях. В 1948 г. названный указ был отменен, но категория «каторжанин» продолжала использоваться.

В 1930-е гг. режим содержания в Воркуте был более лояльным, чем в иных местах, ибо бескрайняя тундра, окружавшая лагерь, была лучшей защитой, нежели колючая проволока. Поэтому половина лагерей (20) была зонирована, т.е. обнесена колючей проволокой, а другая половина не «зонировалась». Правда, когда в конце 1930-х гг. в СССР усилилась борьба с «врагами народа», это сразу же отразилось и на режиме содержания заключенных, и потому в это время 77% осужденных не подлежали расконвоированию [9].

Отношения между уголовниками и «политическими» были напряженными, что нередко использовала в своих интересах администрация лагерей [17–19]. Она активно назначала бытовиков в качестве бригадиров или временных начальников, за что те получили прозвище «друзья народа». Кроме деления на бытовиков и каторжан, заключенные лагерей делились еще на несколько категорий, и эти категории были тесно связаны с их социально-профессиональным, гендерным и возрастным составом.

Были отдельные женские лагеря, при которых существовали даже детские сады, но помимо взрослых заключенных, совершивших уголовные или политические преступления (с точки зрения советских судов), были на Воркуте и подростки, которых осудили за нарушение норм социалистического общежития.

«Примерно в середине августа наш лагерный контингент на Воркуте пополнился новым этапом заключенных, представленных исключительно подростками в возрасте от 12 до 15 лет. Он формировался в Воронежской, Тамбовской, Курской и других центральных областях России, где органы НКВД первыми начали претворять в жизнь новый указ "великого вождя" о привлечении к суду нарушителей норм поведения в советском обществе всех провинившихся жителей страны, начиная с 12 лет.

Прибывший этап измученных пересылками и отерпительным питанием пацанов оставлял тяжелые впечатления. Малолетки смотрели на встречавших их в лагпункте ззков плачущими и одичавшими глазами, в которых выражалась надежда – скорее бы получить пайку лагерного хлеба. Сроки заключения у них составляли от трех до пяти лет – такой приговор они получили, будучи школьниками, фзззушниками и просто уличными ребятами за мелкое хулиганство (драки между собой, бросание камней в прохожих, оскорбление учителей и т.п.), а также за мелкие кражи, включая карманные, квартирные и хищение предметов социалистической собственности (статус которой тогда определялся "священным и неприкосновенным"). Перед УРЧ лагпункта встала трудная деликатная задача: что делать с этой сворой шумливых и озлобленных пацанов, за которыми надо смотреть, которых надо воспитывать и куда-то уstraивать на работу? Все эти сложные для "гуманного" начальства задачи оказались бы трудно разрешимыми, но в УРЧ лагпункта, составленного из так называемых бытовиков или "социально близких" (воры, насильники и грабители) все было решено быстро: малолеток рассовали по баракам, где преобладали "социально-близкие" элементы, и разместили на нарах попеременно со взрослыми рецидивистами-уголовниками, для которых тюрьма и лагерь – дом родной! Эти "бытовики" сразу же приступили к воспитательной работе по своим неписаным законам... Через неделю-другую несовершеннолетние арестанты стали шнырять по баракам, заселенным политическими, около санчасти, у посыльного и почтового склада, у ларька с махоркой, мылом и пряниками. Там они с бритвенным лезвием в руках нападали на пожилых или физически слабых заключенных, грозили, что порежут им горло, и отбирали все мыслимое: пайки хлеба, пачки махорки и даже снимали любую, более или менее ценную нелагерную одежду (свитер, ботинки и пр.). А самое страшное: всех смазливых хлопчиков отпетые уголовники превратили в постельных "девочек", всячески развращая их и убаюкивая подарками, что привело к распространению среди них мужеложества – вплоть до профессиональных навыков активных и пассивных педерастов. Так из мелких хулиганов и воришек несчастные юные арестанты перевоспитались в отпетых преступников самых разных "специальностей", и для них лагерь в дальнейшем и на всю жизнь тоже стал "домом родным", выходя из которого они снова возвращались туда...» [19].

Самой многочисленной категорией воркутинцев были те, кто «сидел на зоне» и к месту работы принудительно направлялся под конвоем охранников. Еще одной категорией были бесконвойные (расконвоированные), к которым чаще всего принадлежали инженерно-технические работники, имевшие право перемещаться по объектам без сопровождения охранников. Следующей категорией были пропускники, т.е. заключенные, получавшие пропуск, дававший им право без конвоя выходить

за зону для работы или по каким-то иным делам. Лагерной элитой являлись *законники*, имевшие право не только беспрепятственно перемещаться за пределами «зоны», но и жить вне ее. В конце 1940-х – начале 1950-х гг. число законников постоянно росло, как росло и число свободных жителей Воркуты [20]. С конца 1940-х гг. в особые лагеря Воркуты стали прибывать немецкие заключенные.

Очевидно, что заключенные лагерей мечтали о том, чтобы превратиться из конвоируемых заключенных в бесконвойных или законников. В этом случае заключенный как бы возвращал себе свой прежний социальный статус, превращаясь в почти свободного гражданина. Сам выход за пределы зоны без конвоя уже был значимым событием в жизни заключенного.

В этой связи важно заметить, что городская улица Первой Воркуты была «пространством свободы» и воспринималась как символ отторжения от лагерной жизни. Здесь можно было прикоснуться к обычной «долагерной» жизни, вдохнуть «воздух свободы». Американский исследователь лагерной жизни Воркуты Алан Баренберг в своих работах ссылается на воспоминания Олега Боровского, который в 1954 г. освободился из лагеря. Первым «глотком свободы» стала для него воркутинская улица, где он на морозе в киоске купил кружку пива, а затем съел два эскимо, после чего почувствовал себя совершенно свободным человеком.

Маркирование городских улиц как символа личной свободы ушло в прошлое вместе с Первой Воркутой. В дальнейшей истории города нового символического значения городские улицы не приобрели, поскольку в силу климатических особенностей данной территории публичная функция воркутинской улицы была крайне ограниченной, что препятствовало как «фольклоризации» свободного/внелагерного городского пространства, так и обретению им многих смыслов. По официальным данным в 1953 г. в Воркуте проживало 45 тыс. жителей, однако в численности жителей «спецконтингент» не учитывался, ибо НКВД проводила собственные переписи населения. За колючей проволокой в это время проживало 72,5 тыс. чел. В 1952 г. в подразделениях Воркутлага числилось 34 лагерных отделения и лагерных пункта. Но уже к 1959 г., т.е. спустя семь лет, численность жителей возросла до 179,4 тыс. чел. [1, с. 267]. Однако, несмотря на то, что именно в пятидесятые годы начинает формироваться современный облик города с кирпичными домами и широкими проспектами, все же в те годы большая часть воркутинцев жила в прежних лагерных бараках (отсюда и их лагерная топография) и лишь меньшинство – в комфортных кирпичных или двухэтажных деревянных домах на четыре квартиры с минимумом удобств, а многие еще ютились в землянках на две семьи, построенных при шахтах, т.е. был, по сути своей, оставался лагерным.

В 1954 г. была объявлена амнистия, и началось массовое освобождение заключенных из лагерей. В 1954–1958 гг. многие геологи, которые сидели в лагерях, смогли покинуть Воркуту и на их место стали прибывать вольнонаемные специали-

сты, приезжавшие самостоятельно или чаще по распределению после окончания вузов. Однако не все освобождаемые по амнистии лица могли уехать из заполярного города. Некоторых окончательно реабилитировали только в 1970-х гг., других освобождали без права проживания в больших городах, часть лиц была осуждена сразу по нескольким статьям: например 58 п.1 – «измена родине» и 58 п. 10 – «агитация против советской власти». В этих случаях часто бывало так, что по амнистии реабилитировали по одной статье, но других она не касалась, и потому люди оказывались пораженными в правах и вынуждены были оставаться в Воркуте. Некоторым просто некуда было возвращаться, и они сознательно выбирали прежнее место заключения городом проживания. Это касалось как каторжан, так и «бытовиков». Таким образом значительная часть узников Воркутлага оказалась после освобождения из лагерей жителями города или воркутинских поселков.

Воркутинский поселок был центром жизни для жителей Первой Воркуты. Но особенно примечательно как представлялась жизнь в поселке глазами ее немногочисленных детей, и в этом смысле показательны воспоминания Л.В.Шутовой о жизни на поселке Рудник, который воспринимается как «Воркута изначальная». Эти воспоминания относятся к началу 1950-х гг.

«Рудник по рельефу как бы был разделен на низкую (прибрежную) часть и верхнюю – возвышенную. Естественным разделителем служила железнодорожная ветка на шахту №40.... От моста по железнодорожному трапу можно было подняться на высокую насыпь железной дороги прямо к зоне, опутанной колючей проволокой, к месту т.н. “пересылки”. Повернув направо под свист и вопли заключенных и приветствия солдат на вышках, можно было выйти к центральной части поселка. Из-за колючей проволоки и с вышек отлично просматривался стадион на правом берегу, и во время футбольных матчей с вышек и из-за проволоки наблюдали и «болели» с одинаковым азартом...

Если же от станции свернуть влево, то по железнодорожной ветке или по берегу, заросшему шиповником и береговыми астрами, можно было добраться до плотины. У плотины неплохо ловились налимы... Чуть дальше возвышались стальные фермы моста, через который шли составы с углем и ходили на смены “мелких шахт” шахтеры, проживающие в поселке. На противоположном берегу был виден поселок Плотина, заселенный немцами т. н. “трудового фронта”. А вот и главная радость нашего детства – “Седьмое небо”! Оазис, окруженный высокими холмами, где могли расти даже деревца, можжевельник, кусты красной смородины, масса цветов, ручьи с хрустальной водой... Мы, дети, проводили там все дни, начиная с момента таяния снегов и кончая глубокой осенью. В то время мы из Воркуты не выезжали....

Играли на холмах, натыкались на могилки с цифровыми бирками вместо крестов. Многие, размытые дождями, обнажали скелеты, черепа, кости. Это были могилы заключенных. По выход-

ным и праздничным дням здесь проходили футбольные и волейбольные состязания, на эстраде играл оркестр, и выступала художественная самодеятельность...

Позже, когда “Седьмое небо” забросили, зона отдыха переместилась к шахте “Воркутинской”, присвоив аналогичное название.

Тропа, утрамбованная шахтерами, со вспученной из-за вечной мерзлоты и не высыхающей даже летом почвой, выводила нас к т. н. «1-му километру». С левой стороны расстилалось большое поле турнепса на корм скоту – один из экспонатов научных сил мерзлотной конторы. По ходу дела съедалась 1-2 турнепсины, потому что вся Воркута жила на сухих овощах (картофель, лук, свекла, морковь), а в аптеке брали пакетики с лечебной малиной и черникой для киселей...

И вот я уже в центре поселка: поликлиника, клуб, столовая, детский сад, магазин, заросший болотными растениями скверик с гипсовой скульптурой (бюст) В.И.Ленина, окруженный штаб-ником. По диагонали народ проскакивал через скверик или к клубу, или к пивнушке с разливным пивом у магазина. Из-за окраски киоск, где продавали то разливное молоко (редко), то пиво бочковое (часто), назывался “Голубой Дунай”. Все здания деревянные и сильно потрепанные непогодой. Тут же позднее останавливались первые холодные автобусы в город через понтонный мост и “мелкие шахты”. За сквериком был длинный жилой барак, а за ним первый детский сад с площадкой для игр. За ним простиралась владения ВОХР (штаб, городок, всевозможные подсобные помещения, где в бывшем питомнике для сторожевых собак обитали и мы)» [1, с. 293–294].

Повседневный быт был очень аскетичен: бараки или землянки делили деревянными перегородками, при входе в «комнаты» делали небольшой общий тамбур, кровати были железными, а мебель самая простая деревянная и часто самодельная. Конечно, у кого-то набор личного имущества был богаче, но существенной разницы в имущественном положении не было, имея в виду вольнонаемных. Что же касается заключенных, то здесь различий было еще меньше, если не принимать во внимание уголовную иерархию.

Очевидно, что как культурная среда, так и личные судьбы жителей города были во многом сходны, хотя они принадлежали к разным этническим и религиозным сообществам, имели разные профессии до своего ареста, разный уровень образования и представляли разные слои общества. Помимо личных судеб объединяло воркутинцев и производство, ибо вся жизнь города была связана с углем. Одни занимались геологоразведкой и подготовкой новых угольных полей для разработки, другие вели добычу и обогащение угля, третьи занимались его транспортировкой, четвертые учили детей шахтеров и геологов в школах.

Именно принадлежность к одному общему делу, социально-профессиональная солидарность стали в последующие годы основой для формирования специфической воркутинской идентичности.

«Золотой век» города. Вторая Воркута

Разрушение «империи» ГУЛАГа началось после смерти «вождя народов» Иосифа Сталина в марте 1953 г. Но поскольку вся экономика Воркуты строилась на использовании труда заключенных, постольку процесс деконструкции ГУЛАГа был сложен и занял несколько лет. Кроме того, в воркутинских лагерях оказалось довольно много тех, кто был осужден за измену Родине и во время войны служил в войсках вермахта или военизированных формированиях, создаваемых немецкими оккупационными властями для поддержания порядка и борьбы с партизанами, а также «лесных братьев» из Прибалтики, бандеровцев с Западной Украины, пополнявших лагеря во второй половине 1940-х и в начале 1950-х гг. Этим людям долго нельзя было покидать Воркуту даже после освобождения из лагерей. Лишь к началу 1960-х гг. на шахтах перестали использовать труд заключенных и Первая Воркута закончила свое существование. Началась новая эпоха в истории города, хотя, по воспоминаниям воркутинцев, живших в городе в 1950–1960-е гг., еще в 1960-х гг. Воркуту нередко называли «город эзков».

С 1950-х гг. сюда, как сказано выше, стали массово направлять по распределению инженерные кадры, специалистов-геологов, присылали из других регионов опытных управленцев и работников правоохранительных органов. В Воркуту потянулись на заработки шахтеры из прочих угольных бассейнов, особенно из Донбасса, откуда порой переезжали целыми бригадами. Сюда ехали за так называемым «длинным рублем» не только шахтеры, но и люди других рабочих специальностей, желавших поправить свое материальное положение. И действительно, заработная плата в Воркуте, особенно у шахтеров, по советским меркам была очень высокой; она позволяла содержать семью и не требовала того, чтобы жены шахтеров работали и пополняли семейный бюджет. Не работающие жены шахтеров, по сложившейся тогда местной традиции, должны были ждать прихода мужа со смены, и когда он приходил домой обязательно ставили перед ним тарелку свеже сваренного борща и наливали полстакана водки. Эти символические полстакана были своеобразной ревитализацией традиции «наркомовских ста грамм», которые наливали советским солдатам на фронте. Шахтеры, как и воины на фронте, представлялись героями, но только героями труда и бились они на трудовом фронте. Такое восприятие труда шахтеров было характерно не только для них самих, но и для жителей всего города, о чем свидетельствуют интервью с воркутинцами и ответы на вопросы анкеты «Моя Воркута» (опрос проводился в феврале-марте 2017 г.). Официальная пропаганда в СССР всячески поддерживала миф о шахтерах (и металлургах), как о героях труда и элите рабочего класса.

Но по своему облику шахтерская Воркута первоначально никак не отвечала стандартам «образцового социалистического города». Только в 1950-е гг. стал формироваться современный город-

ской центр, а с начала 1960-х гг. город начал стремительно развиваться: велось жилищное строительство, создавались новые предприятия, реконструировались шахты и обогатительные фабрики, улучшалось снабжение населения. В эти годы город наконец выбрался из землянок, но не смог оставить в прошлом бараки. Хотя в целом к 1970-м гг. Воркута из города барачников превратилась в обычный советский город с типовыми панельными домами и такими же типовыми общественными сооружениями. Бараки Первой Воркуты просуществовали на его территории до конца XX столетия.

Пространственная среда города окончательно сформировалась в 1950–1970-е гг. Вместо старых маломощных и плохо оснащенных шахт строились новые с большими объемами добычи и высоким уровнем механизации труда. Возле каждой такой шахты возникал шахтерский поселок, который располагался довольно далеко от относительно компактного городского центра, где размещались городские власти, основные культурные и образовательные учреждения. Все поселки были связаны с центром 70-километровой кольцевой дорогой и составляли вместе с городом единое поселение – Воркутинский горсовет (позднее – Воркутинский городской округ). В его состав входили поселки Северный, Цементозаводской, Юр-Шор, Промышленный, Октябрьский, Заполярный, Комсомольский, Новый, Монтажный, Горняцкий, Северный, Советский и Воргашорский и другие. Шахта «Воргашорская» и поселок при ней были построены последними уже в 1970-е гг. Половина населения Воркуты проживала именно в поселках, но жители поселков не идентифицировали себя как отдельные городские сообщества и тоже назывались воркутинцами. Такой характер идентификации определялся профессиональной солидарностью и тем, что важнейшие символические события в жизни жителей поселков происходили в городском центре. Здесь в городском парке, возле спорткомплекса «Олимп» и на центральных улицах устраивались праздничные мероприятия в День шахтера и День геолога (главные городские праздники), проходили демонстрации 1 мая и 7 ноября, т.е. в День солидарности трудящихся и в годовщину Великой Октябрьской революции, сюда стекался народ на новогодние торжества. С железнодорожного вокзала и из аэропорта начинались дороги в пионерлагеря, на южные курорты и к родственникам, которые проживали в других регионах страны. Во Дворце шахтеров устраивались концерты столичных артистов и т.д.

Массовый переход к вольнонаемному труду позволил героизировать труд шахтеров и маркировать саму Воркуту не как «столицу ГУЛАГа» и не как город униженных и обездоленных, а как город первопроходцев Севера. Советская мифология изображала граждан СССР как «новую историческую общность людей», а советского человека как особый тип личности, для которой ратный или трудовой подвиг является нормой [21]. Одним из таких подвигов называлось «покорение Севера». Поэтому героика «покорения» стала основой не только общей северной мифологии, но и локальных город-

ских мифов. Согласно воспоминаниям бывших воркутинцев, которые жили в городе в эпоху его расцвета, шахтеры и все воркутинцы воспринимались ими как *сообщество покорителей Севера*. Но именно шахтеры признавались основой воркутинского сообщества. В одной из анкет, которые заполнялись воркутинцами в 2017 г. в рамках реализации проекта «Моя Воркута», по этому поводу респондент написал кратко: *«Шахтеры – люди героической профессии, основа нашего города»*.

В экспозиции городского краеведческого музея, на городских сайтах и в воспоминаниях самих воркутинцев эпоха 1960–1970-х гг. предстает как «золотой век» Воркуты, когда население города и окрестных поселков постоянно росло, а жизнь в нем была достаточно комфортной для жителей. Воркута во многих отношениях опережала республиканскую столицу: здесь появилась первая в республике студия телевидения, единственный в Коми театр кукол, здесь работали лучшие кондитеры, прибывшие из Ленинграда зарабатывать большую пенсию (приезжавшие в Воркуту чиновники из Сыктывкара обязательно покупали торты местного производства для своих семей). Это был единственный город в Коми (помимо столицы), где был свой драматический театр, гастролью многих московских певцов, киноактеров и эстрадных исполнителей проходили здесь чаще и раньше, чем в столице республики. В этом смысле показательно, что столице Республики Коми – Сыктывкару посвящено совсем немного стихов и песен, в то время как образ Воркуты и воркутинцев отражены во многих поэтических произведениях местных (и бывших местных) литераторов [22], в целом ряде стихов и песен [23], а формирование символического городского текста началось еще в Первой Воркуте, поскольку в воркутинских лагерях сидело довольно много творческих людей. Эти произведения обобщены на магнитоальбоме «Песни о Воркуте», на компакт-диске «Моя Воркута» и в нескольких поэтических сборниках, а также на различных сайтах [24].

Обычная культурная оппозиция «столица – провинция» или столица официальная и столица неофициальная в Коми приобрела еще и этнокультурное содержание. Как Петербург культурно противостоит Москве, так в Коми Воркута стала символически противостоять Сыктывкару. Апофеозом этого противостояния явились заявления лидеров воркутинских шахтеров в начале 1990-х гг. о возможном выходе Воркуты из состава республики, ставшие реакцией на лозунги о приоритете «коренного народа» и т.п. [25].

Представления воркутинцев о культурной карте республики сводились к маркированию этнической границы и определению места своего города в культурном пространстве Севера. По поводу границы в Воркуте обычно говорили: «Коми живут до Ухты, а дальше – русские». Таким образом, Сыктывкар символически маркировался не как общереспубликанская столица, а как некий центр комиязычного юга республики.

Жители Воркуты территорию республики условно делили на два этнокультурных анклава: русский индустриальный север и аграрный юг и центр, которые воспринимались как коми территория. Заполярную Воркуту в каком-то смысле представляли как неформальную «столицу» севера республики. Воркута была городом многоэтническим, но отношение к коми в Воркуте, как и в других северных городах республики, возникавших первоначально как лагерные поселки, было сложным и порой негативным. Поэтому не случайно местные коми, по их собственным воспоминаниям, в 1950–1970-е гг. боялись говорить на родном языке и часто скрывали свою этническую принадлежность. Такое отношение диктовалось лагерным прошлым многих жителей Воркуты, ибо в охране лагерей, как сказано выше, было много коми, и этот факт не мог не закрепиться в памяти бывших узников, которые часть обиды за годы заключения переносили на титульную этническую группу республики, на все местное, на саму республику в целом, которая воспринималась как «большая тюрьма». Символическое исключение города жителями Воркуты (а также других северных городов и поселков) из ментальной карты республики привело в итоге к тому, что в Республике Коми не сложилось какой-то прочной и очевидной региональной идентичности, что доказали наши более поздние исследования. При этом Воркута по составу жителей была городом интернациональным, как отмечают многие респонденты. И не удивительно, что коми молодежь тянулась в Воркуту.

В первом экономико-географическом описании Коми АССР по поводу этнического состава Воркуты сказано следующее: «Преобладающее население Воркуты – русское. Коренной национальности – коми – особенно много среди молодежи. В Воркутинском горном техникуме, например, $\frac{1}{4}$ студентов составляют коми» [26].

Крупнейшими этническими группами в составе населения города всегда были русские и украинцы, но в составе горожан было также много белорусов, татар, немцев, евреев, представителей народов Кавказа. Ныне этнический состав населения меняется, однако с учетом современной социальной ситуации, которая складывается в городе, получить абсолютно достоверные данные о его населении, на наш взгляд, не представляется возможным (см. таблицу).

Воркута культурно тяготела к центральной России и в первую очередь Ленинграду, на который изначально был ориентирован ее производственный комплекс, основанный на угледобыче. К тому же историческая память воркутинцев не позволяла им в культурном отношении ориентироваться на Москву, поскольку столица ассоциировалась с властью, создавшей империю ГУЛАГа, а еще в 1960-е гг. большую часть жителей города, как сказано выше, составляли бывшие узники сталинских лагерей [27]. Эта ориентация неким образом нашла отражение в песенном фольклоре, в частности, в

**Основные этнические группы населения
г. Воркуты по данным переписей населения, %
The main ethnic groups of Vorkuta according
to censuses data, in %**

Годы	Этнические группы				
	Коми	Русские	Украинцы	Татары	Другие
1959	3,0	62,4	17,3	-	17,3
1970	2,9	67,2	14,8	2,8	12,3
2002	1,9	71,6	10,7	3,6	10,1
2010*	1,5	66,5	6,8	2,5	22,7

*Согласно данным Всероссийской переписи населения 2010 г. (рассчитано нами по данным Комистата).

*According to the 2010 census (calculated according to data of the Komi statistical office).

словах популярной в советскую эпоху «эзовской» песни:

«По тундре, по железной дороге,

Мчится курьерский «Воркута-Ленинград»

(С фонограммы Юрия Никулина и Эдуарда Успенского, CD «В нашу гавань заходили корабли» № 2, «Восток», 2001).

Далекий Ленинград становился символом свободы и вольной жизни. Не случайно дома на центральных улицах города Московской и Ленина построены по проектам ленинградской школы архитекторов в стиле советского классицизма. Одна из центральных улиц города вполне закономерно названа Ленинградской и в начале ее стоит памятник известному ленинградскому революционеру С.М.Кирову, подаренный воркутинцам ленинградцами.

Другим «центром притяжения» воркутинцев был юг страны. В Сочи, Геленджик, в Крым, начиная со второй половины 1960-х гг., выезжали семьи шахтеров и другие воркутинцы на отдых. Людям, большая часть которых родилась не на Севере, хотелось видеть много зелени и яркого солнца, купаться в теплом море. Поезда Воркута–Адлер и Воркута–Симферополь были самыми востребованными, начиная с мая и заканчивая сентябрем, то же самое касалось и аналогичных авиарейсов. На юге были созданы пионерские лагеря, санатории и профилактории, которые принадлежали объединению «Воркутауголь». Поскольку большую часть детей в эпоху Второй Воркуты вывозили на все лето в пионерские лагеря или к родственникам в более благоприятные с климатической точки зрения регионы, постольку летом Воркута пустела. Это особенно бросалось в глаза тем, кто впервые приезжал в город.

Одна из наших респондентов по этому поводу написала: «Когда я приехала в Воркуту летом 1983 г., меня поразило то, что здесь вообще не было пожилых людей, и очень мало встречалось детей».

Часто жены и дети прилетали в Воркуту только в сентябре, когда здесь нередко уже шел снег. И тогда встречающие их мужья и отцы, нарушая правила, приходили прямо к трапу самолета и укутывали жен, которые прилетали с юга в летних плать-

ях, сразу в шубы, и таким же образом поступали с детьми. Лето кончалось за бортом самолета, а у его трапа сразу же наступала воркутинская зима.

В теплые южные регионы после выхода на пенсию старались перебраться многие воркутинцы. И в городской мифологии даже сложилось представление о том, что эта тяга пенсионеров к югу очень опасна для них, ибо прожив большую часть жизни в Заполярье те, кто покупает себе квартиру на юге и переезжает туда, долго не живут.

Ограниченное публичное пространство Второй Воркуты и его строго формализованный характер (производства, школы, библиотеки, дома культуры) давали мало возможностей для неформального самовыражения молодежи. Тем не менее, такое характерное явление конца 1970-х – начала 1980-х гг., как молодежные уличные группировки возникали по поселковому признаку и в Воркуте. Характерно, что ни сами воркутинцы, ни исследователи этого явления [28, 29] не обратили внимания на воркутинские группировки. Дело в том, что в отличие от казанских, люберецких, муромских и иных группировок воркутинские реализовывали себя не в собственном городе, а за его пределами. Сыктывкарская пресса нередко писала о «набегах» воркутинской молодежи, которая устраивала здесь кутежи и пыталась спровоцировать беспорядки. Помимо Сыктывкара воркутинские группировки навещали в Москву, Нижний Новгород и другие города. Эти группировки тоже, вероятно, можно рассматривать как некое «социальное эхо» эзовской Воркуты, но, как и многие другие явления воркутинской жизни, они оказались практически неизученными.

Если говорить о городской идентичности, то именно в «золотой век» города окончательно сформировалось прочное тождество воркутян/воркутинцев со своим городом и с его жителями, укрепилась их гражданская солидарность. Все нынешние и бывшие воркутинцы отмечают, что они жили дружно с соседями, что в городе царила атмосфера дружелюбия (если оставить за скобками отношение к коми) и взаимопомощи. Этому в значительной мере способствовала общность личных судеб и интересов, о чем сказано в «Гимне старых воркутян»:

«Одна судьба, одна беда

Связала прочно нас.

Забыть не можем никогда

Той дружбы без прикрас.

Одной мы ложкой ели,

Одни мы песни пели» [30].

Другой основой гражданской солидарности и воркутинской идентичности являлась социально-профессиональная однородность населения, большая часть которого так или иначе работала на общее дело. Солидарность воркутинцев часто проявлялась совсем неожиданно и в самых разных ситуациях. Если в советские годы авиарейс из Воркуты в Москву необоснованно сажали в сыктывкарском аэропорту (порой для того, чтобы загрузить туда какого-нибудь партийного начальника или, наоборот, посадить его), то все воркутинские пассажиры дружно требовали продолжения полета и сокращения времени стоянки. Если у воркутинцев возника-

ли проблемы в местах летнего отдыха, то он всегда мог найти поддержку у отдыхающих здесь же горожан. Эта солидарность нередко воспринималась со стороны иначе, но она была очевидной и именно она впоследствии стала основой для превращения Воркуты в один из центров рабочего движения в СССР, а затем и постсоветской России.

(Продолжение во II части).

Литература

1. *Воркута — город на угле*, город в Арктике. Второе дополненное и переработанное издание/Под ред. М.В.Гецен. Сыктывкар: ГУ «Республиканский экологический центр по изучению и охране восточноевропейских тундр» при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды РК, 2011. 511 с.
2. *Ложникова И.Ф.* Феномен российского северного города: социокультурные и экологические перспективы: Автореф. на соиск. уч. ст. кандидата культурологии. М., 2008. 21 с.
3. *Беловол А.А.* Создание и развитие северных городов Коми АССР в конце 1920-х — середине 1950-х гг.: Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. ист. наук. Сыктывкар, 2008. 20 с.
4. *Шабига А.В.* Исторический субъект в поисках своего Я. М.: Российский университет дружбы народов, 2009. 524 с.
5. *Тишков В.А.* Реквием по этносу. Исследования по социально-культурной антропологии. М.: Наука, 2003. С. 289.
6. *Морозов Н.А.* ГУЛАГ в Коми крае. 1929–1956. Сыктывкар, 1997. 190 с.
7. *Жеребцова И.И.* Репрессированная культура. Феномен российских немцев//Страницы истории политических репрессий в Коми АССР (30–50-е гг. XX в.). Приложение к мартирологу «Покаяние». Вып. 1. Сыктывкар, 2003. С. 40–41.
8. *Шабигин Ю.П.* Республика Коми: меняющиеся лики мигрантского сообщества // Этнографическое обозрение. 2007. №5. С. 39–53.
9. *Ильин В.И.* Город-концлагерь: социальная стратификация гулаговской Воркуты//Стратификация в России: история и современность: Сб. научных трудов. Сыктывкар: Издательство Сыктывкарского университета, 1999. С. 57.
10. *Словарь Арго ГУЛАГа*/Под ред. Б.Бен-Якова. Франкфурт-на-Майне: «Посев», 1982. 149 с.
11. *Росси Жак.* Справочник по ГУЛАГу. М.: Просвет, 1991. 269 с.
12. *Словарь тюремно-лагерного-блатного жаргона* (речевой и графический портрет советской тюрьмы)/Авторы-составители Д.С.Балдаев, В.К.Белко, И.М. Юсупов. М.: Край Москвы, 1992. 526 с.
13. *Иванова Г.М.* История ГУЛАГа. 1918–1958. Социально-экономический и политико-правовой аспекты. М.: Наука, 2006. С. 192.
14. *Волков Н.П.* На Воркуте// Родники пармы: Научно-популярный сборник. Сыктывкар, 1990. С. 136.
15. *Азаров О.* По тундре, по железной дороге// Покаяние. Коми республиканский мартиролог жертв массовых репрессий. Т.2. Сыктывкар, 1999. С. 159.
16. *Scholmer J.* Arzt in Workuta. Bericht aus einem sowjetischen Straflager. Munchen, 1954. 393 p.
17. *Негретое П.* Все дороги ведут на Воркуту. Benson, Vermont, 1985. 235 с.
18. *Маркова Е.В.* Воркутинские заметки каторжанки «Е-105»//Приложение к Мартирологу «Покаяние». Вып.3. Сыктывкар, 2005. 239 с.
19. *Сулимов И.Н.* Эхо прожитых лет, или воспоминания о Воркутлаге. Одесса, 1997. С. 55–56.
20. *Barenberg, Alan.* Gulag Town, Company Town: Forced Labor and Its Legacy in Vorkuta. New Haven, CT: Yale University Press, 2014. 352 p.
21. *Кара-Мурза С.* Советская цивилизация. М.: Классика русской мысли, 2000. 1200 с.
22. *Высокие широты.* Воркута литературная, 1931–2007 / Сост. М.Я. Каганцов. Воркута, 2007. 459 с.
23. *Стихи и песни с топонимом «Воркута».* URL: <https://vk.com/topic-16060674-22198332?offset=40>
24. *Сиротин Д.* Воркута литературная. URL: <https://www.proza.ru/2010/03/12/1041>
25. *Шабигин Ю.П.* Этнокультурное и этнополитическое развитие народов коми в XX веке. М.: ЦИМО, 1998. 375 с.
26. *Шишкин Н.И.* Коми АССР. Экономико-географическая характеристика. М.: Государственное издательство географической литературы, 1959. С. 174.
27. *Гольц И.С.* Воркута//Минувшее. Исторический альманах. Вып.7. М., 1992. С. 317–356.
28. *Молодежные уличные группировки: введение в проблематику.* М.: ИЭА, 2009. 340 с.
29. *Громов Д.В.* Нормирование поведения в подростково-молодежных уличных сообществах (на примере русских городов 1970–1980-е гг.)//Антропологический форум. 2010. Вып. 12. С. 353–374.
30. *Зимица А.* Гимн старых воркутян//Высокие широты. Воркута, 2007. С. 9.

References

1. *Vorkuta — gorod na ugle, gorod v Arktike.* Vtoroe dopolnennoe I pererabotannoe izdanie/pod redakciei M.V.Gecen [Vorkuta - a town on the coal, a town in the Arctic. 2-nd edition revised and updated / Ed. M.V.Getsen]. Syktyvkar: "Republican environmental center for the study and protection of East-European tundra" under the Ministry of Natural Resources and Environment protection of the Komi Reoublic, 2011. 511 p.
2. *Lozhnikova I.F.* Fenomen rossiiskogo severnogo goroda:sociokulturnye I ekologicheskie perspektivy. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata kul'turologii. [The phenomenon of the Russian northern city: socio-cultural and environmental perspectives].

- Abstract of diss...Cand. Sci. (Culturology). Moscow, 2008.21 p.
3. *Belovol A.A.* Sozdanie i razvitie severnykh gorodov Komi ASSR v konce 1920-h — sere-dine 1950-h gg. [The creation and develop-ment of the northern towns of the Komi ASSR in the late 1920s - mid-1950s]. Abstract of Diss... Cand. Sci. (History). Syktyvkar, 2008.20 p.
4. *Shabaga A.V.* Istoricheskii sub'ekt v poiske svoego Ya [Historical subject in search of himself]. Moscow: Peoples' friendship Univ. of Russia, 2009.524 p.
5. *Tishkov V.A.* Rekviem po etnosu.Issledovaniya po social'no-kulturnoi antropologii [Requiem for the ethnos. Studies on socio-cultural anthropology]. Moscow: Nauka, 2003. P.289.
6. *Morozov N.A.* GULAG v Komi krae. 1929-1956 [Gulag in the Komi region. 1929–1956]. Syktyvkar, 1997.190 p.
7. *Zherebtsova I.I.* Repressirovannaya kul'tura. Phenomen rossiiskikh nemcev//Stranicy istorii politicheskikh repressii v Komi ASSR (30–50-e gg. XX v.) [Repressed culture. The phenome-non of Russian Germans / / Pages of the his-tory of political repression in the Komi ASSR (1930-1950-s of XX century)]. Appendix to the martyrology "Repentance", Issue 1. Syk-tyvkar, 2003. P.40–41.
8. *Shabaev Yu.P.* Respublika Komi: Menyayu-chiesya liki migrantskogo soobchestva [The Komi Republic: changing faces of the migrant community] // Ethnographic Review. 2007. № 5. P.39–53.
9. *Ilyin V.I.* Gorod-konclager': social'naya strati-fikaciya gulagovskoi Vorkuty // Stratifika-ciya v Rossii: istoriya i sivremennost' [Town-concentration camp: social stratification of Gulag Vorkuta // Stratification in Russia: history and modernity]. Collection of sci. works. Syktyvkar: Syktyvkar Univ. Publ. House, 1999. P.57.
10. *Slovar' Argo GULAGA* [Dictionary Argo of Gulag] / Ed. B. Ben-Yakov. Frankfurt am Main: "Posev", 1982.149 p.
11. *Rossi Jacques.* Spravochnik po GULAGu [Han-dbook of the Gulag]. Moscow: Prosvet, 1991. 269 p.
12. *Slovar'tyuremno-lagernogo-blatnogo zhargona* (rechevoi i graficheskii portret sovetskoi tyur'my) [Dictionary of prison-camp-thief jargon (speech and graphic portrait of the Soviet prison) / Authors-compilers D.S.Bal-daev, V.K.Belko, I.M. Yusupov]. Moscow: Kraya Moskvyy, 1992.526 p.
13. *Ivanova G.M.* Istoriya GULAGA. 1918-1958. Social'no-ekonomicheskii i politico-pravovoi aspekty [History of the Gulag. 1918–1958. So-cio-economic and political-legal aspects. Mos-cow: Nauka, 2006. P.192.
14. *Volkov N.P.* Na Vorkute//Rodniki Parmy. Nauch-no-populyarnyi sbornik [In Vorkuta // Springs of the Parma]. Popular sci. collection. Syktyvkar, 1990. P.136.
15. *Azarov O.* Po tundra, po zheleznoi doroge [On the tundra, by rail] // Repentance. Komi republican martyrology to victims of mass repressions. Vol.2. Syktyvkar, 1999. P.159.
16. *Scholmer J.* Arzt in Workuta. Bericht aus einem sowjetischen Straflager [Doctor in Vorkuta. Report from a Soviet penal camp]. Munich,1954.393 p.
17. *Negretoe P.* Vse dorogi vedut na Vorkutu [All roads lead to Vorkuta]. Benson, Vermont, 1985.235 p.
18. *Markova E.V.* Vorkutinskie zametki kator-zhanki "E-105" [Vorkuta in notes of a convict "E-105"] // Appendix to the Martirology "Re-pentance". Issue 3. Syktyvkar, 2005.239 p.
19. *Sulimov I.N.* Ekho prozhitykh let, ili vospomi-naniya o Vorkutlage [Echoes of the past, or memories of the Vorkutlag]. Odessa, 1997. P.55–56.
20. *Barenberg, Alan.* Gulag Town, Company Town: Forced Labor and Its Legacy in Vorkuta. New Haven, CT: Yale University Press, 2014. 352 p.
21. *Kara-Murza S.* Sovetskaya civiliztsiya [Soviet civilization]. Moscow: Classics of Russian thought, 2000. 1200 p.
22. *Vysokie shirotty.* Vorkuta literaturnaya. 1931-2007 [High latitudes. Vorkuta literary, 1931-2007] / Comp. M.Ya. Kagantsov. Vorkuta, 2007.459 p.
23. *Stihi i pesni s toponimom "Vorkuta"* [Poems and songs with the toponym "Vorkuta"]. URL: <https://vk.com/topic-16060674-22198332?offset=40>
24. *Sirotin D.* Vorkuta literaturnaya [[Vorkuta literary]. URL: <https://www.proza.ru/2010/03/12/1041>
25. *Shabaev Yu.P.* Etnokulturnoe i etnopoliti-cheskoe razvitie narodov komi v XX veke. [Ethnocultural and ethno-political development of the Komi people in the 20th century]. Moscow: Centre for the study of international relations, 1998.375 p.
26. *Shishkin N.I.* Komi ASSR. Ekonomiko-geographicheskaya harakteristika [The Komi ASSR. Economic and geographical characteris-tics]. Moscow: State Publ. House of Geogr. Liter., 1959. P.174.
27. *Golts I.S.* Vorkuta//Minuvshee. Istoricheskii almanah [Vorkuta // The past. Historical almanac]. Issue 7. Moscow, 1992. P.317–356.
28. *Molodezhnye gruppirovki: vvedenie v probl-ematiku.* [Youth street groups: an introdu-ction to the problem]. Moscow: Institute of Ethnology and anthropology, RAS, 2009.340 p.
29. *Gromov D.V.* Normirovanie povedeniya v podrostkovo-molodezhnykh ulichnykh soobche-stvah (na primere russkikh gorodov 1970-1980-e gg. [Rationing behavior in adolescent youth street communities (on the example of Russian cities in the 1970s-1980s)] // Anthro-pological forum. 2010. Issue 12. P.353-374.
30. *Zimina A.* Gimn starykh vorkutyan [Anthem of the Old Vorkutians] // Vysokie shirotty [High latitudes]. Vorkuta, 2007. P.9.

Статья поступила в редакцию 26.02.2018.

УДК 910.1:911.375.4

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОЛИ «ВТОРОГО ГОРОДА» И «ГОРОДА-КОНКУРЕНТА» В РЕГИОНЕ

А.С. ПЕСТИЧ

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
alpestich@gmail.com

В статье представлены основные работы, посвященные анализу «городов-конкурентов» региональных центров. Дан подробный обзор с представлением ключевых особенностей взгляда каждого из учёных на методику выделения и роль «города-конкурента». Рассмотрены как преимущества, так и недостатки каждого из методов и текущее состояние методологии выделения «городов-конкурентов».

Ключевые слова: «город-конкурент», «второй город», региональный центр, конкуренция

A.S. PESTICH. ANALYSIS OF THE MAIN GEOGRAPHICAL STUDIES OF THE ROLE OF THE "SECOND TOWN" AND "COMPETITOR-TOWN" IN THE REGION

Studies of towns are sufficiently extensive. Nevertheless, despite the stated, the study of towns at meso- and macro levels is often reduced to the study of any group of settlements, united by one feature.

The growth of the number of towns and their population also leads to the emergence of new powerful centers in countries and regions, which become competitors for the old ones. Studies devoted to these towns and their role in the national economic activity of the territory began to appear in geography and other disciplines.

There are no common criteria for singling out "second towns" and "competitor-towns". Different researchers base on different parameters from which a group of studied towns is formed. "Competitor towns" are extremely heterogeneous. The only common feature is non-center status. Many "competitor towns" that occupy a prominent place in the region are large industrial centers.

The works considered differ from each other in time of their origin, depth of study, features of the vision of the problem, terminology. At the same time, they complement each other and help in solving research problems in this field.

Keywords: "competitor town", "second town", regional center, competition

Введение

Безусловным преимуществом исследований городов является разнообразие объекта изучения. Города отличаются друг от друга по экономико-географическому положению, численности и составу населения, площади, уровню социально-экономического развития и многим другим параметрам. Рассмотрение городских проблем проводится в различных масштабах: от микроуровня (районы) до макроуровня (весь мир). Таким образом, изучение городов отличается не только широтой исследовательского поля, но и возможностью применения междисциплинарных подходов.

Тем не менее, несмотря на заявленную широту потенциального исследовательского поля, за-

частую исследование городов на мезо- и макроуровнях сводится к изучению каких-либо групп населенных пунктов, объединённых по одному признаку: столицы, моногорода, малые города, древние города, города Севера, старопромышленные центры, наукограды, «ресурсные» города и т.д. Рассмотрение более широкой категории «города-конкуренты», в которую могут входить города практически всех вышеперечисленных групп, не пользовалось популярностью. Как в отечественной, так и в зарубежной литературе не так много работ посвящено данной проблематике. Однако говорить о том, что данная тема вообще никак не рассматривалась в географической науке, также не совсем верно.

За последние 90 лет в мировом населении произошло два кардинальных изменения: первое –

рост численности населения мира с 2 до 7 млрд. чел. Второе – это бум урбанизации и окончательное перемещение мировой экономической активности в города. Рост числа городов и их людности также приводил к возникновению в странах и регионах новых центров силы, становящихся конкурентами для старых. В географии и других дисциплинах стали появляться исследования по данным городам и их роли в народнохозяйственной деятельности территории.

В статье рассмотрены наиболее яркие подходы и теории, посвященные «городам-конкурентам» и нашедшие весьма широкий отклик в работах по данной тематике.

Идеи В.В. Покшишевского

Одним из первых географов, поставивших вопрос о месте и роли подобной группы городов на территории, стал В.В. Покшишевский, занимавшийся данной тематикой в 1970-х гг. Совокупность малых городов – центров экономической организации пространства данной территории – складывается в сеть. Однако сеть становится системой только при условии достижения городами за счет достаточного уровня развития верхнего ранга. Принципиально важным, по мнению В.В. Покшишевского, является определение значимости городов второго и третьего уровня иерархии; в противном случае система городов моноцентрична и является системой принципиально другого типа – «территориально-хозяйственно незрелой», о чем писал другой географ – Ч. Стюарт [1–3].

В.В. Покшишевским было проведено выделение вторых городов в регионах СССР. За таксономическую единицу исследования – регион – принимались область, край, АО, АССР в союзных республиках, имевших данные уровни административно-территориального деления, и республики как таковые во всех остальных случаях. Среди наиболее важных результатов проведенной работы были выделены следующие. Преобладающие системы расселения в регионах СССР были «моноцентричными» или «территориально-хозяйственно незрелыми». По оценкам автора, более чем в 65% регионов численность населения центра составляла свыше 300% от численности населения последующего города и только в 12,5% случаев численность населения второго города превышала 50% от центрального [1,2]. Отдельное исследование было посвящено исключительно союзным республикам и национальным автономиям. В 27 случаях из 35 (77%) численность населения регионального центра была больше, чем в городе второго уровня иерархии в три раза; в четырех случаях региональная столица была единственным городом региона. «Гипертрофированность» центров союзных республик, по мнению автора, показывала особое значение столиц национальных регионов в условиях социалистического строя как центров развития национальной культуры [1, 2].

В ряде случаев второй по численности населения город входил в состав агломерации региональной столицы, и в таком случае система была

квазимоноцентричной. В качестве допустимого расстояния для формирования собственного поля влияния В.В. Покшишевский называл 100 км (меньшая дистанция создаёт общность экономики и социальной среды). Таким образом, по мнению автора, такие города, как Обнинск, Елец, Энгельс, Дзержинск, Волжский, Тольятти и ряд других, не могут считаться «вторыми городами» [1, 2].

Было отмечено, что из проанализированных 44 «вторых городов», численность населения которых превышает 40% от регионального центра, порядка 70% приходилось на города, в структуре экономики которых абсолютно преобладала промышленность: Новокузнецк, Череповец, Кривой Рог, Мариуполь, Магнитогорск, Навои и т.д. Таким образом, автор делает вывод о наличии связи между развитием промышленности в регионе и развитостью уровней иерархии городов, в связи с чем формулируется финальный вывод: главным инструментом для развития «выпадающих» уровней иерархии является индустриализация региона; форма расселения твердо связана с размещением промышленности [2–4].

Работы В.В. Покшишевского внесли определённый вклад в изучение проблемы развития нестоличных городов регионов. Однако они не лишены ряда недостатков. Главным из них является чрезмерная концентрация внимания на необходимости индустриализации для роста городов. Практически не уделено внимания другим факторам, оказывающим влияние на развитие «вторых городов», например, туристическому (за счёт которого выросли Сочи, Пятигорск), и историческому. На современном этапе рассмотрение только фактора индустриализации как единственного, влияющего на развитие города, неверно. В начале 1970-х гг. не оценивалась важность третичного сектора экономики, набирающего силу на Западе. Также речь идёт только об одном «втором городе» в регионе, в то время как в ряде субъектов на эту роль претендуют несколько городов (Пятигорск и Невинномысск в Ставропольском крае; Таганрог, Шахты, Волгодонск в Ростовской области), порой даже и условно (Сарапул, Воткинск и Глазов в Удмуртии). Это связано с тем, что выбор второго города происходит исключительно на основе численности населения, а другие факторы игнорируются. Также спорным выглядит тезис о необходимости удалённости второго города от первого на расстояние 100 км, поскольку региональные центры отличаются друг от друга по численности населения и формируют зоны влияния разной площади.

Идеи Г.М. Лаппо

Идеи Лаппо о роли «вторых городов» основаны на работах Покшишевского. В их отношении применяется термин «вице-столицы» [5]. Лаппо выделяет 28 чётко выраженных «вице-столиц», а также пишет о существовании «вторых городов» на макрорегиональном уровне (экономические районы, федеральные округа). Критериями их выделения служат:

- численность населения (не меньше 100 тыс. жителей);

- удалённость от регионального центра (для городов-миллионеров – 100 км, для остальных – 50–70 км);

- наличие собственного хинтерланда;

- наличие относительно развитого сектора услуг.

Лаппо отдельно выделяет старые (возникшие до XX в.) и новые (возникшие в XX в.) «вице-столицы». Под «возникновением» в данном случае подразумевается не дата основания, а начало формирования города как центра окружающей его территории. Таким образом, Нижний Тагил и Балаково относятся к старым городам, а Тольятти, Сургут, Сочи – к новым. Новые «вице-столицы» возникали как промышленные центры: сырьевые (Железногорск, Березники), автомобилестроения (Тольятти, Набережные Челны), черной металлургии (Новокузнецк, Магнитогорск), энергетические (Обнинск), комплексные центры освоения территории (Сургут, Комсомольск-на-Амуре, Братск, Норильск и т.д.). По мере развития «вице-столицы» из сугубо отраслевых городов они превращались в центры обслуживания окружающей территории, получали новые функции или, напротив, лишались ряда старых (как это было в случае с Обнинском), что является закономерным этапом развития городов [5].

Старые города отличаются друг от друга в значительно большей степени. Они различны по времени своего основания (старые – Великие Луки; города-крепости конца XVI в. – Мичуринск, Камышин, Тобольск и т.д.; города административных реформ – Череповец, Кузнецк, Рыбинск и т.д.). По мере своего развития их специализация также трансформировалась: Старый Оскол и Череповец стали крупными центрами черной металлургии, Мичуринск и Димитровград получили статус «наугородов», Пятигорск стал городом-курортом и т.д. Но, в отличие от новых городов, развитие большинства старых шло не от отрасли, а от потребности территории в центральных местах [5].

Появление в регионе «вице-столицы» оказывало положительное влияние на региональную систему расселения. В их сферу влияния попадали территории, не охваченные центром субъекта в полной мере, они осуществляли своё развитие за счёт перехвата части задач у центра. Зачастую расстояние между столицей и «вице-столицей» крайне мало, однако, по мнению Лаппо, это не означает, что второй город обязательно полностью включен в сферу влияния первого или, что они имеют общий хинтерланд. Разная специализация, разное транспортное положение определяют для этих городов свои собственные задачи.

В работах Г.М. Лаппо прослеживается эволюция взглядов на проблему вторых городов в сравнении с предшественниками. Индустриализация больше не называется единственным необходимым фактором для развития городов второго ранга. Появляются новые виды классификации «вице-столиц»: по времени основания, по отрасли. Удалённость от регионального центра является важным, но не определяющим критерием выбора города второго ранга. Тем не менее, остаётся ряд

вопросов и замечаний. Как и у В.В. Покшишевского, практически не рассматриваются случаи, когда на роль «вице-столицы» претендуют два города и более. Несколько противоречивым видится тезис о развитии городов, исходя из нужд территории как прерогатива старых «вице-столиц», поскольку небольшая часть городов в районах нового освоения строилась, в том числе и для комплексного развития малоосвоенных территорий. Критерий, ограничивающий численность населения города числом в 100 тыс. жителей, исключает из исследования большую часть российских регионов и не позволяет оценить процессы трансформации, проходящие в «вице-столицах» «моноцентричных» регионов.

Идеи В.Л. Каганского

В.Л. Каганский предлагает следующие критерии для выбора «второго города»: относительно высокая численность населения; наличие определённой автономности в территориальном и/или другом (экономическом, институциональном, культурном) пространстве; несоответствие реального размера статусу; представленность на высоком территориальном уровне и наличие его элементов (например, федеральные предприятия в регионе) [6,7].

Другими словами, под «вторым городом» В.Л.Каганский понимает такие города, которые имели бы центральный статус, если бы находились в каком-либо другом месте. Тем самым круг потенциальных «вице-столиц» ещё сужается. К таким городам автор относит Балаково, Братск, Воркуту, Котлас, Магнитогорск, Набережные Челны, Нижневартовск, Нижнекамск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Новомосковск, Норильск, Орск, Сочи, Старый Оскол, Сургут, Тольятти и Череповец. В.Л. Каганский называет данные города центрами новой политико-экономической активности в регионах. Принимая во внимание крупные предприятия и привлечение крупных экономических и политических сил, В.Л. Каганский пишет о наличии определённой автономности данных городов в пределах регионов [6, 7].

По мнению автора, тот факт, что «вторые города» не являются региональными центрами, служит преимуществом, поскольку снимает с городов ответственность за остальной регион. Он называет «вице-столицы» наиболее свободными с экономической точки зрения городами региона. «Вторые города» являются, по мнению автора, инструментом для осуществления финансовых связей между федеральным центром и регионами, к тому же не отягощенными необходимостью в управлении регионом. Очевидным представляется тезис об интегративной роли вторых городов. Если в советское время отсутствие административного статуса компенсировалось для «вице-столиц» особым положением в отраслевой иерархии, то сейчас – в финансовых потоках, структурах крупного бизнеса или интересах властей. Таким образом, речь идёт об инверсии региональных центров и «вице-столиц». «Вторые города» оказываются более расположены к эффективному экономическому росту, в том числе за счёт собственных сил, а не на основе перераспределения приходящих в регион средств [6–8].

Критерии выбора «второго города» у В.Л. Каганского – наиболее жесткие. К их оценке он подходит с современной позиции, учитывая деятельность крупного бизнеса и политические процессы, и показывает (правда, без применения статистических данных), что «вторые города» могут быть реальными конкурентами для первых. Тем не менее, к вышеизложенным тезисам возникает ряд вопросов. Немало региональных центров, даже при наличии крупного города-конкурента, являются не менее привлекательными для крупного бизнеса (Челябинск, Екатеринбург, Тула, Самара, Казань, Кемерово и т.д.). Тезис о большем экономическом благополучии «вторых городов» также следует воспринимать с осторожностью, поскольку значительная часть налогов крупных предприятий поступает в федеральный бюджет. Чрезмерная индустриализованность города оставляет меньше пространства для манёвра, в связи с чем они сильнее подвержены кризисам (что наглядно показывает пример Тольятти).

Идеи А.И. Трейвиша

В отличие от многих других исследователей, А.И.Тревиш вместо термина «вторые города» употребляет термин «города-конкуренты», тем самым в значительной степени расширяя географию и выборку своего исследования. Таким образом, обсуждается вариант наличия в регионе не одного, а нескольких городов, соперничающих с центром в определённой сфере. Более того, как будет показано дальше, рассматривается наличие разных типов таких городов [9].

Конкуренция или её отсутствие между центром региона и другими городами выявляются на основании следующих показателей: численность населения, объём промышленного производства, оборот розничной торговли (в абсолютных и относительных показателях), объём платных услуг населению (в абсолютных и относительных показателях), объём инвестиций.

«Города-конкуренты» делятся на две большие группы: реальные конкуренты (в которых величина какого-либо показателя превышает значения в региональном центре) и формальные (в которых величина какого-либо показателя составляет не менее 50% от значения в региональном центре). Если какой-либо показатель в «городе-конкуренте» превышает значение в центре перманентно, то такой «город-конкурент» называется устойчивым. В случае, если «город-конкурент» превосходит центр по одному показателю, он называется монофакторный, по двум – усечённый, по трём – разносторонний и по всем четырем – комплексный [9].

Анализ, проведённый А.И. Трейвишем, показал, что города-конкуренты в первое десятилетие после распада СССР подверглись значительно меньшей деиндустриализации, нежели региональные центры. Если в 1990 г. среди 10 лидеров по объёму промышленного производства в РСФСР не было ни одного города, не имеющего статус регионального центра, то спустя 10 лет на подобные города приходилось уже более половины объёма промышленного производства. Инвестиции, напро-

тив, «ушли» в региональные центры: доля «нестолчных» городов уменьшилась с 1991 по 2000 гг., причем в группе 10 лидеров снижение было более чем двукратным. Особенно просели инвестиции в «города-конкуренты» во время кризиса 1998 г. Объём платных услуг изменился крайне незначительно. Аналогичная тенденция характерна и для оборота розничной торговли. Данные показатели в большей степени, чем объём промышленного производства, зависят от численности населения и административного статуса города.

География «городов-конкурентов» на внутрирегиональном уровне имеет свои особенности. Наибольшее число «городов-конкурентов» в 1990–2000 гг. было в Западной Сибири, немало их и на русском Севере и на Востоке. В остальных частях России их меньше, а в Волго-Вятском экономическом районе они вообще отсутствовали. Это можно считать подтверждением ранее высказанных тезисов о повышенной роли «вторых городов» и «городов-конкурентов» в промышленных районах и районах нового освоения. Феномен конкуренции, по оценкам А.И. Трейвиша, наиболее характерен для национальных и географических окраин.

Причины сохранения и развития «городов-конкурентов» исследователь выделил следующие:

- наличие индустриально-сырьевой базы в «городах-конкурентах», что позволило им соперничать с региональными центрами ввиду большей глубины падения их объёмов промышленного производства;
- формирование «городами-конкурентами» своей роли в развитии региона;
- возобновление экономического роста в столицах привело к стимулированию роста в «городах-конкурентах».

А.И. Трейвиш расширил терминологическую базу, введя ряд новых определений для «городов-конкурентов» разных категорий. Его исследования отличаются большей масштабностью в сравнении с работами предшественников.

Зарубежные идеи и работы

В зарубежной литературе вопрос «вторых городов» и «городов-конкурентов» изучается в нескольких ином ключе, в отличие от советских и российских исследователей. Это выражается в следующем: во-первых, практически никто не рассматривает внутрирегиональную конкуренцию. В подавляющей части работ исследуются внутристрановой и межстрановой уровни. Также вместо термина «второй город» (second city) используют понятие, более близкое к теме иерархии – «вторичный город» (secondary city). Данный термин был распространён Д. Рондинелли [10]. В своих работах учёный занимался вопросами экономического развития сельских территорий, находящихся в хинтерланде «вторичных городов». Например, швейцарские исследователи, занимавшиеся вопросом урбанизации в Азии, в своей работе используют данный термин лишь в том контексте, что вторичные города являются основным локомотивом урбанизации в регионе [11].

Рондинелли пишет о том, что с конца 1970-х гг. в развивающихся странах одной из первоочередных задач, связанных с региональным развитием, стала поддержка и стимулирование экономического роста «вторичных городов» с целью поддержки депрессивных регионов и развития сельской местности, входящей в зону влияния данных городов. Рост интереса ко «вторичным городам» был вызван в том числе и возросшей поляризацией в развивающихся странах между богатыми крупными городами (зачастую – столицей) и слабо развитой сельской местностью. Рондинелли под «вторичными городами» понимает в основном нестоличные города с населением более 100 тыс. чел. Среди основных факторов развития «вторичных городов» автор выделяет следующие:

- Выгодное ЭГП и богатство окружающей территории природными ресурсами;
- Наличие у города оборонительных и военных функций;
- Наличие у города определенных административных или столичных функций;
- Иностранные инвестиции;
- Расположение города на крупных торговых путях.

Более подробно вопрос «вторичных городов» рассмотрен в работах Брайана Робертса [12–14]. Автор замечает, что большая часть городов в мире – небольшие по численности населения. Он называет их «вторичными городами». Они, хотя и являются основой современной урбанизации, обладают меньшими возможностями для развития. Ввиду растущего числа «вторичных городов» растет и их влияние на экономическое развитие различных стран и регионов мира. Саския Сассен в своей статье в журнале *Forbes* предполагает, что небольшие города в будущем станут основой для продолжающейся экспансии транснациональных корпораций [15].

«Вторичный город», по мнению Б. Робертса, весьма общее понятие и зависит от контекста исследования: оно может относиться и к численности населения, и к административному статусу, и к экономической роли города, и к исторической значимости для региона.

Робертс называет «вторичные города» городами второго или более низкого уровня иерархии. К ним автор относит 2 400 городов со всего мира с численностью населения от 150 тыс. до 5 млн. чел. Он отмечает, что не все «вторичные города» одинаковы, а также что во всем мире идет активная конкуренция

Сравнение основных работ по проблемам «вторых городов» и «городов-конкурентов»*
Comparison of the main works on the problems of "second towns" and "competitor towns"

Используемая терминология	Основные тезисы	Основные преимущества	Основные недостатки
В.В. Покшишевский			
«Второй город», «моноцентричный регион», «территориально-хозяйственная незрелость»	Правило Цифа и теория центральных мест не подходят для социалистической экономики; 2/3 регионов – моноцентричны; усиление роли столицы в национальных республиках; минимальное расстояние между «вторым городом» и центром – 100 км; индустриализация отвечает за развитие «вторых городов»	Один из первых исследователей данной проблематики; первым заявил об индустриализованности «вторых городов», ввёл термин «территориально-хозяйственная незрелость»	Неактуальность идей о необходимости индустриализации в XXI в.; выбор только одного «второго города» в регионе; спорный тезис о минимальном расстоянии в 100 км
Г.М. Лаппо			
«Вице-столица», старые и новые вторые города	28 чётко выраженных «вице-столиц», новые «вице-столицы» – на базе промышленности, старые – исходя из нужд территории	Чёткие критерии для выделения «вице-столицы»; введение типологии «вторых городов», описание механизмов появления «вице-столиц»	Выбор только одной «вице-столицы» в регионе; спорный тезис о прерогативе старых городов для территории; ограничение выборки численностью населения
В.Л. Каранский			
«Приватизированный город», «частные города больших корпораций», «инверсия региональных центров и "вице-столиц»	Отсутствие административного статуса – преимущество; «вторые города» – более свободные в экономическом плане; интеграционная роль «вторых городов»	Оценка в наибольшей степени учитывает особенности постиндустриальной экономики	Чрезмерно жесткие критерии; спорность тезиса о «большей привлекательности для бизнеса и большем экономическом благополучии вторых городов»
А.И. Трейвиш			
«Город-конкурент»: «реальный», «формальный»; «устойчивый»; «монофакторный-усечённый-разносторонний-комплексный»	Промышленность «ушла» в «города-конкуренты», сфера услуг – нет; «города-конкуренты» наиболее типичны для Востока и Севера	Большой охват городов и территорий; активное использование статистических данных; анализ «городов-конкурентов» в динамике	Не все показатели можно оценивать в динамике
Б. Робертс, Д. Рондинелли			
«Вторичный город» («secondary city»)	Влияние «вторичных городов» на экономику растет; «вторичный город» определяется не только численностью населения; выделяются: 1) субнациональные, города-спутники, экономические торговые коридоры; 2) экономические центры, малоразвитые и депрессивные	Учитывается не только численность населения; дана типология «вторичных» городов	Отсутствие апробации методики на региональном уровне

*Составлено автором на основе: [1,2,5,6,7,8,9,11].

между «первичными» и «вторичными» городами за капитал, и в первую очередь – за инвестиции.

Автор разделяет «вторичные города» на три пространственные категории: субнациональные города, города-спутники, экономические торговые коридоры.

Субнациональные города. Выполняют какую-либо административную функцию и являются крупными промышленными или иными центрами (экономическими, транспортными, культурными). Некоторые из этих городов имели важное значение в прошлом или являлись административными центрами на определенном историческом этапе. Зачастую численность населения подобных городов превышает 200 тыс. чел.

Города-спутники больших городов. Развитие данных «вторичных городов» неразрывно связано с развитием городов высших уровней иерархии. Их появление и этап максимального роста пришлось на период активной децентрализации, когда заметная часть экономической активности, производства и услуг начала концентрироваться на окраинах, а не в центре. Эти города также различны по темпам своего экономического развития. Некоторые из подобных городов впоследствии поглощаются центром агломерации, в состав которой входят. Большая часть подобных городов расположена ближе 50 км к региональному центру.

«Вторичные города», расположенные на основных торговых и транспортных магистралях. Рост объемов торговли и увеличение числа частных и деловых поездок между городами приводят к появлению «вторичных городов» нового типа, развитие которых обеспечивается расположением на основных торговых или транспортных маршрутах. Эволюция транспорта и развитие транспортной сети и инфраструктуры превращают эти города в «полюса роста» локального или даже государственного масштаба. В качестве примера авторами приводятся «вторичные города» Китая и Юго-Восточной Азии, получившие стимул к развитию в результате строительства железных дорог.

Другую классификацию автор базирует на экономической роли городов. Он разделяет «вторичные города» на сложившиеся экономические центры, на развивающиеся экономические центры, а также на отстающие, к которым относятся как мало-развитые города с бедным населением, малым объемом накопленных инвестиций (характерно для развивающихся стран и регионов), так и депрессивные, чья конкурентоспособность, некогда находившаяся на высоком уровне, стала значительно ниже.

Б. Робертс указывает, что несмотря на обширную классификацию «вторичных городов», они обладают большим числом сходных характеристик и функций. Важнейшим постулатом данной работы является утверждение о том, что в современных условиях ЭГП оказывает значительно большее влияние на набор имеющихся у города функций, нежели численность населения. Последняя в большей степени становится мерой масштаба городов, но не обязательно является показателем уровня

значимости города. Конкурентные преимущества города, инфраструктура становятся более важными факторами для развития города, чем численность населения. Безусловно, она остается важным фактором, определяющим место города в иерархии. Тем не менее, набор функций у города, а также его конкурентоспособность оказывают немаловажное влияние на его статус. Таким образом, термин «вторичный город» подразумевает некий гибрид величины города, его функций, а также роли на разных территориальных уровнях (микро-, мезо-, макро-).

Оценка изученных работ по проблемам «вторых городов» и «городов-конкурентов» представлена в таблице.

Выводы

Изучение опыта исследования «вторых городов» и «городов-конкурентов» позволило сделать следующие выводы.

Нет единых критериев выделения «вторых городов» и «городов-конкурентов». Разными исследователями закладываются разные параметры, на основе которых формируется группа изучаемых городов. Расхождения встречаются в оценке необходимой численности населения, расстояния от регионального центра, набора экономических показателей, количества городов второго ранга как таковых.

«Города-конкуренты» крайне неоднородны. Они отличаются временем возникновения, численностью населения, ролью в регионе. Единственной общей чертой, характерной для всех «городов-конкурентов», является их нестоличный статус.

Многие «города-конкуренты», занимающие заметное место в регионе, – это крупные промышленные центры. Активная индустриализация стала причиной формирования многих новых «городов-конкурентов» и развития ряда старых. В начале 1990-х гг. роль «городов-конкурентов» в промышленном производстве России возросла за счёт сохранения индустриальных функций и падения промышленности в городах-центрах.

Исследование «городов-конкурентов» в настоящее время практически не проводится. Основное внимание уделяется категориям городов, объединённым более общими признаками: моногорода, малые города, старопромышленные центры и т.д.

Практическое значение изучения роли и места «вторых городов» выражается преимущественно в двух аспектах. Первый – это рассмотрение роли и места данных городов в системе расселения и народнохозяйственных связей страны или региона, а также влияниях данных городов на развитие окружающей территории. Как показывают исследования, «вторые города» зачастую выступают в роли важных экономических центров для близлежащих малых городов и сельской местности, а рост этих городов становится катализатором для развития окружающей территории. Второй аспект актуальнее для России, где проблематика «вторых городов» связана с исследованием влияния административного статуса города на динамику и особенности его развития, привлекательности для бизнеса, инвестиций.

Литература

1. *Покшишевский В.В.* О проблеме «второго города». Территориальные системы производства и расселения // Учен. зап. Пермск. ун-та им. А.М. Горького. 1973. № 311. С. 20–29.
2. *Покшишевский В.В.* Проблема «второго города» // Проблемы урбанизации и расселения. М.: Мысль, 1976. С. 178–187.
3. *Stewart C. T.* The size and spacing of cities // *Geographical Review*. 1958. 48:223–45.
4. *Блажко Н.И., Григорьев С.В., Заботин Я.И.* Математико-географические методы исследования городских поселений. Казань, 1970.
5. *Лаппо Г.М.* Вице-столицы российских регионов. М.: Газета «География», 2008. №3.
6. *Каганский В.Л.* Вторые города больших регионов современной России (к проблеме приватизации пространства) // Проблемы регионального развития. Модели и эксперименты. М.: ИГ РАН, МАРС, 1997. С. 23–28.
7. *Каганский В.Л.* Бум вторых городов [Электронный ресурс] // Русский журнал. 2005. URL: http://old.russ.ru/culture/20050221_kag.html
8. *Каганский В.Л.* Россия: инверсии советского пространства [Электронный ресурс] // Русский журнал. 2004. URL: <http://www.russ.ru/pole/Rossiya-inversii-sovetskogo-prostranstva>
9. *Трейвиш А.И.* Город, район, страна и мир. Развитие России глазами страноведа. М.: Новый хронограф, 2009.
10. *Rondinelli D.* Dynamics of Growth of Secondary Cities in Developing Countries. // *Geographical Review*, American Geographical Society. (1983). Vol. 73. No.1. P. 42–57.
11. *Brillembourg A., Klumpner H.* "Gran Horizonte: Taking a Walk in the Urban Planet", Network City and Landscape [Электронный ресурс] // NSL – Netzwerk Stadt und Landschaft, URL: <https://www.nsl.ethz.ch/de/content/view/full/2582>
12. *Roberts B.* The Systems of Secondary Cities. Definition, Trends and Policy Responses in International Development. Cities Alliance: Brussels, 2014.
13. *Roberts B.* "System of Secondary Cities: Why they are Important to the Sustainable Development of Nations and Regions", Power Point presentation in Medellin, 2014.
14. *Roberts B., Hohmann R.* The Systems of Secondary Cities: the neglected drivers of urbanizing economies, CIVIS; No.7. Sharing knowledge and learning from cities. Washington, DC, 2014.
15. *Sassen S.* World's Next Great Cities // *Forbes*. 2010. October 23. [Электронный ресурс] // URL: https://www.forbes.com/2008/10/23/cities-world-ten-forbeslife-cx_mw1023cities.html (Дата обращения 15.02.2018).
1. *Pokshishevsky V.V.* O probleme "vtorogo goroda". Territorialnye systemy proizvodstva I rasseleniya [". [On the problem of the "second town". Territorial systems of production and settlement] // *Sci. notes of A.M. Gorky Perm Univ*. 1973. No. 311. P. 20–29.
2. *Pokshishevsky V.V.* Problema "vtorogo goroda" [The problem of the "second town"] // *Problemy urbanizacii I rasseleniya* [Problems of urbanization and resettlement]. Moscow: Mysl, 1976. P. 178–187.
3. *Stewart C. T.* The size and spacing of cities // *Geographical Review*, 1958. 48:223–45.
4. *Blazhko N.I., Grigoryev S.V., Zabotin Ya.I.* Matematiko-geograficheskie metody issledovaniya gorodskih poseleniy [Mathematical and geographical methods of urban settlements research]. Kazan, 1970.
5. *Lappo G.M.* Vice-stolitsy rossiyskikh regionov [Vice-capitals of Russian regions]. Moscow: "Geography" newspaper, 2008. № 3.
6. *Kagansky V.L.* Vtorye goroda bolshih regionov sovremennoj Rossii (k probleme privatizacii prostranstva) [The second towns of large regions of Russia (to the problem of privatization of space)] // *Problemy regionalnogo razvitiya. Modeli I eksperimenty* [Problems of regional development. Models and experiments]. Moscow: Inst. of Geography, RAS, MARS, 1997. P. 23–28
7. *Kagansky V.L.* Bum vtoryh gorodov [Boom of the second towns] // *Russian J.*, 2005. URL: http://old.russ.ru/culture/20050221_kag.html
8. *Kagansky V.L.* Rossiya – inversii sovetskogo prostranstva [Russia - inversions of the Soviet space] // *Russian J.*, 2004. URL: <http://www.russ.ru/pole/Rossiya-inversii-sovetskogo-prostranstva>
9. *Treivish A.I.* Gorod, rajon, strana i mir. razvitiye Rossii glazami stranoveda. [City, district, country and the world: Development of Russia through the regional geography study]. Moscow: New chronograph, 2009.
10. *Rondinelli D.*, "Dynamics of Growth of Secondary Cities in Developing Countries" // *Geographical Review*, American Geographical Society. (1983). Vol.73. No.1. P. 42–57.
11. *Brillembourg A., Klumpner H.* "Gran Horizonte: Taking a Walk in the Urban Planet", Network City and Landscape // NSL – Netzwerk Stadt und Landschaft, URL: <https://www.nsl.ethz.ch/de/content/view/full/2582>
12. *Roberts B.* The Systems of Secondary Cities. Definition, Trends and Policy Responses in International Development. Cities Alliance: Brussels, 2014.
13. *Roberts B.* "System of Secondary Cities: Why they are Important to the Sustainable Development of Nations and Regions", Power Point presentation in Medellin, 2014.
14. *Roberts B., Hohmann R.* The Systems of Secondary Cities: the neglected drivers of urbanizing economies, CIVIS; No.7. Sharing knowledge and learning from cities. Washington, DC, 2014.
15. *Sassen S.* World's Next Great Cities // *Forbes*. 2010. October 23. URL: https://www.forbes.com/2008/10/23/cities-world-ten-forbeslife-cx_mw1023cities.html (Accessed 15.02.2018).

References

Статья поступила в редакцию 27.11.2017.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.510.41:547.211:504.7(470+571)

О РОЛИ АТМОСФЕРНОГО МЕТАНА В ГЛОБАЛЬНОМ КЛИМАТЕ ЗЕМЛИ

Е.П. КАЛИНИН

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Рассмотрен вклад атмосферного метана (CH_4) в глобальное потепление Земли. Атмосферная эмиссия CH_4 в России опирается на три вида производств: энергетика, сельское хозяйство и обработка промышленных и бытовых отходов. Данные об антропогенных выбросах метана в атмосферу представлены из российских источников. Показаны специфические особенности арктического российского метана. Приведены экономические выгоды при освоении региона и дополнительные угрозы его экологии и климату.

Ключевые слова: метан, атмосфера, климат, потепление

E.P. KALININ. ON THE ROLE OF ATMOSPHERIC METHANE IN THE EARTH'S GLOBAL CLIMATE

The contribution of atmospheric methane in global warming of the Earth is considered. Atmospheric emission of CH_4 in Russia is based on three types of production: energy, agriculture and processing of industrial and household waste. Data on anthropogenic methane emissions into the atmosphere from Russian sources are given. Economic features of the Russian Arctic methane and economic benefits in the development of the region and additional threats to its environment and climate are provided.

Keywords: methane, atmosphere, climate, warming

Метан – один из парниковых газов (озон, углекислый газ) – рассматривается в последние годы как «ответственный» за глобальное потепление [1,2]. Вклад метана в потепление – второй после углекислого газа (CO_2) [3,4]. Однако он в десятки раз эффективнее молекул CO_2 . Начиная с доиндустриального периода концентрация метана выросла примерно на 150%, а CO_2 – лишь на 40. Увеличение содержания метана способствует росту второго парникового газа – озона – как в тропосфере [4], так и в стратосфере [5].

Большая часть атмосферного метана имеет биогенное бактериальное происхождение. Поэтому поступление с земной поверхности в атмосферу природного метана полностью контролируется. Основные источники CH_4 – поверхность океанов, пресноводные водоемы, заболоченные территории, сжигание биомассы в результате пожаров. Метан попадает в атмосферу при добыче ископаемого топлива (уголь, газ, горючие сланцы), с мест захоронения бокситовых отходов, при очистке сточных вод, разведении крупного рогатого скота и т.д. Молекулы метана впоследствии разрушаются при атмосферных химических реакциях с гидроксидом (- 90%) [6] и атомарным хлором (выше 35 км).

Эволюция содержания атмосферного метана с 1990 г. по настоящее время рассмотрена на при-

мере обсерватории «Мауна Лоа» (США, Гавайи) в качестве эталонной. В 1990-е гг. ежегодно в атмосферу поступало ~ 560 Мт CH_4 [7], в начале XXI в. приток в среднем составил 678 Мт [8]. Ранее, в 1990-е гг., 2/3 выбросов CH_4 приходилось на антропогенные источники. В первой декаде текущего столетия зафиксировано примерное равенство между естественными и антропогенными источниками. В густонаселенных районах антропогенные источники метана, несомненно, преобладают. Бюджет метана в начале XXI в. с естественных резервуаров территории возрос почти вдвое с 110 до 217 Мт/год, в связи с увеличением удельного веса естественных источников [7]. Время пребывания метана в атмосфере составляет $9,1 \pm 0,9$ года [10], ранее использовалось значение, равное 10 годам [3].

Рост содержания метана, особенно в стратосфере, сопровождается изменением количества других важнейших парниковых газов (водяного пара, озона, углекислого газа). Это отражается на росте совокупного вклада CH_4 в изменения современного климата и усиление его вклада в глобальное потепление [8].

Данные об антропогенных выбросах метана в атмосферу в различных секторах хозяйства России (см. таблицу) делятся на «энергетическую» долю

**Выбросы метана в различных секторах хозяйства России, в Мт CH_4 /год [10]
Methane emissions in various sectors of economy of Russia, in Mt CH_4 / year [10]**

Категории источников	Годы					
	1990	2000	2005	2007	2009	2011
Энергетика Сжигание топлива Технологические выбросы и утечки	0,54 19,51	0,15 15,42	0,16 17,09	0,16 17,70	0,15 16,25	0,17 18,20
Промышленность Химическая промышленность Металлургия	0,02 0,02	0,01 0,02	0,02 0,02	0,02 0,02	0,02 0,01	0,02 0,01
Сельское хозяйство Внутренняя ферментация сельскохозяйственных животных Системы сбора, хранения и использования навоза и помета Выращивание риса	4,73 0,66 0,08	2,17 0,26 0,04	1,95 0,21 0,03	1,90 0,22 0,04	1,91 0,22 0,04	1,80 0,22 0,05
Лесные пожары	0,48	0,47	0,46	0,46	0,55	0,50
Отходы производства и потребления Захоронение твердых отходов в земле Очистка промышленных сточных вод Очистка коммунально-бытовых сточных вод	1,34 0,82 0,54	1,66 0,51 0,47	1,93 0,69 0,46	2,09 0,75 0,46	2,34 0,73 0,45	2,44 0,76 0,45
Сумма	28,74	21,18	23,02	23,82	22,67	24,62

(75%), «сельскохозяйственную» (8–12%), «обработку отходов» (12–15%) [9–10]. О естественных источниках метана сведений немного, нет до сих пор общепринятых методик по этому вопросу. Однако есть оценка эмиссии CH_4 с российских производственных территорий «Северной Евразии» – 9 Мт CH_4 /год и «Евразии умеренных широт» – 2 Мт CH_4 /год [7]. По другим объектам, например поток метана из тундры (евразийской и североамериканской), составлял в 1990-х и 2000-х гг. 13,7 и 14,7 Мт CH_4 /год [11].

Таким образом, российская естественная эмиссия метана достигает величины ~ 10 Мт CH_4 /год и общий выброс его с территории России составляет ~ 35 Мт CH_4 /год [2].

Современная Арктика характеризуется значительными темпами ее потепления. За последние 100 лет потепление здесь было вдвое интенсивнее, чем в среднем по Земному шару. С повышением температуры в Арктической зоне происходит уменьшение площади морских льдов, увеличение глубины протаивания в зоне вечной мерзлоты. Это открывает новые перспективы развития региона, увеличению регулярных перевозок по Северному морскому пути, расширение условий добычи полезных ископаемых. Однако деградация мерзлоты вызывает серьезные дополнительные риски при расширении хозяйственной деятельности в арктической зоне.

В последние годы активно дискутируется вопрос о возможном вкладе криолитозоны Восточной Сибири в формирование полей концентрации метана в Арктическом регионе. При этом возможно несколько путей миграции метана. Во-первых, выделение газообразного метана из газогидратов, большие залежи которых обнаружены на шельфах морей Лаптевых, Чукотского и др. Во-вторых, выделение метана из зоны многолетней мерзлоты при увеличении глубины ее протаивания. Рекордная глубина залегания многолетней мерзлоты (1370 м) отмечена в феврале 1982 г. в верховьях р. Вилюй в

Якутии. В-третьих, вклад крупнейших рек Восточной Сибири в перенос растворенного метана в моря Северного Ледовитого океана. Предполагается, что до 90% газогидратов находится в осадочных породах на глубинах 300–500 м континентального шельфа [12]. Больше половины ресурсов гидратного метана России приходится на арктические моря.

По современным оценкам выделение метана при таянии вечной мерзлоты невелико, порядка 1 Мт/год [6]. Крупные сибирские реки (Обь, Енисей, Лена) считаются еще одним источником метана в морях восточной Арктики [13]. Их водосборы находятся на территории с многолетней мерзлотой, хранящей огромные запасы органического углерода, в том числе в виде метана. Питательным резервуаром для Оби служат Васюганские болота, а для Лены – озера Колымо-Индигогорской и Приморской низменностей. Поток метана в дельте Лены оценен в 28,2 т в год.

Отсутствие международных соглашений, направленных на коллективное сокращение эмиссии парниковых газов, не содействует смягчению последствий изменения климата. От ранее принятого Киотского протокола после 2012 г. отказались Канада, Россия, Япония. Китай и США не участвовали в нем. Верность Киотскому протоколу сохранили лишь те страны, чей суммарный эффект от выброса парниковых газов составляет ~15% общемирового [4].

Концентрация метана в атмосфере в XXI в. продолжает возрастать. Последствия ускоренного арктического потепления открывают определенные выгоды при освоении Арктики. Однако одновременно несут угрозу вопросам экологии и климата Земли [1, 2].

В 1996 г. для защиты уникальной природы северной полярной зоны создан Арктический совет в составе восьми государств (Канада, Дания, Финляндия, Испания, Норвегия, Россия, Швеция, США) и Европейского парламента. Поэтому в наше время

при Арктическом совете организована специальная группа экспертов для изучения и комплексного освещения метановой проблемы [10]. Высокое второе место метана в ряду антропогенных газов значительно влияет на глобальное потепление. Поэтому он наиболее удобен для оценки климата Земли в ближайшие десятилетия. До сих пор отсутствует полное понимание разнообразных механизмов формирования метана и его поступления в атмосферу. Необходимо расширение исследований по вопросам концентрации и потока метана с различных типов подстилающей поверхности, в том числе – водной; объем выброса CH_4 от состояния вечной мерзлоты, влияние CH_4 на динамику климата и др. [1, 2]. Все эти вопросы ожидают своего решения, так как от этого зависит благополучие и комфортная жизнь всех людей на Земле.

Литература

1. Киселев А.А., Кароль И.Л. Еще раз про метан // Природа. 2015. №11. С. 9–17.
2. Кароль И.Л., Киселев А.А. Атмосферный метан и глобальный климат // Природа. 2004. №7. С. 47–52.
3. Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. 2007 (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4_syr_ru.pdf).
4. Кароль И.Л., Киселев А.А. Парадоксы климата. М., 2013.
5. Kiselev A.A., Karol I.L. Modeling of the long-term tropospheric trends of hydroxy radical for the Northern Hemisphere // Atmospheric Environment. 2000. Vol.34. P. 5271–5282.
6. Kirschke S., Bousquet S.P., Ciais P. et al. Three decades of global methane sources and sinks // Nature Geoscience. Published online 22 September 2013. P.813–823. Doi:10.1038/ngeo1955.
7. Scientific assessment of ozone depletion: 1994. WMO Global ozone research and monitoring project // Geneva. 1995. Report №37.
8. Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. 2013. (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>).
9. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2015 год. М., 2014 (<http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2013.pdf>).
10. Шестое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной конвенции Организации объединенных наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. М., 2013 (http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6nc_rus_final.pdf).
11. Guire A.D., Christensen T.R., Hayes D. et al. An assessment of the carbon balance of Arctic tundra: comparisons among observations, process models, and atmospheric inversions // Biogeosciences 2012. Vol.9. P. 3185–3204.
12. Sbakbova N., Semiletov I. Methane release and coastal environment in the East Siberian Arctic shelf // Journal of Marine Systems 2007. Vol. 66. P.227–243.
13. Sebneider J., Grosse G., Wagner D. Land cover classification of tundra environments in the Arctic Lena delta based on Landsat 7 ETM+ data and its application for upscaling of methane emissions // Remote Sensing of Environment. 2009. Vol. 113. P. 380–391.

References

1. Kiselev A.A., Karol I.L. Esche raz pro metan [Once again about methane] // Priroda [Nature]. 2015. No. 11. P. 9–17.
2. Karol I.L., Kiselev A.A. Atmosfernii metan I globalny klimat [Atmospheric methane and global climate] // Priroda [Nature]. 2004. No. 7. P. 47–52.
3. Doklad mezhpriavitelstvennoi gruppy ekspertov po izmeneniyam klimata [Report of the intergovernmental panel on climate change]. 2007 (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4_syr_ru.pdf).
4. Karol I.L., Kiselev A.A. Paradoksy klimata [The paradoxes of climate]. Moscow. 2013.
5. Kiselev A.A., Karol I.L. Modeling of the long-term tropospheric trends of hydroxy radical for the Northern Hemisphere // Atmospheric Environment. 2000. Vol. 34. P. 5271–5282.
6. Kirschke S., Bousquet S.P., Ciais P. et al. Three decades of global methane sources and sinks // Nature Geoscience. Published online 22 September 2013. P. 813–823. Doi: 10.1038/ngeo1955
7. Scientific assessment of ozone depletion: 1994. WMO Global ozone research and monitoring project // Geneva. 1995. Report No. 37.
8. Doklad Mezhpriavitelstvennoi gruppy ekspertov po izmeneniyam klimata [Report of the intergovernmental panel on climate change]. 2013. (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>).
9. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchei sredy v Rossiiskoi Federacii za 2015 god [Review of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2015]. Moscow. 2014 (<http://downloads.igcc.ru/publications/review2013.pdf>).
10. Shestoe nacionalnoe soobschenie Rossiiskoi Federacii, predstavlennoe v sootvetstvii so statyami 4 i 12 Ramochnoi konvencii Organizacii obyedinennykh natsii ob izmenenii klimata i statyei 7 Kiotskogo protokola [Sixth national communication of the Russian Federation submitted in accordance with articles 4 and 12 of the United Nations framework Convention on climate change and article 7 of the Kyoto Protocol]. Moscow, 2013 (http://unfccc.int/files/nationalreports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6nc_rus_final.pdf).
11. Guire A.D., Christensen I.R., Hayes D. et al. An assessment of the carbon balance of Arctic

- tundra: comparisons among observations, process models, and atmospheric inversions // *Biogeosciences* 2012. Vol. 9. P. 3185–3204.
12. *Sbakbova N., Semiletov I.* Methane release and coastal environment in the East Siberian Arctic shelf // *J. of Marine Systems* 2007. Vol. 66. P. 227–243.
13. *Sebneider J., Grosse G., Wagner D.* Land cover classification of tundra environments in the Arctic Lena delta based on Landsat 7 ETM+ data and its application for upscaling of methane emissions // *Remote Sensing of Environment*. 2009. Vol. 113. P. 380–391.

Статья поступила в редакцию 24.04.2018.

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 001.32:631:57(092)(470.13)

П.П. ВАВИЛОВ И АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА НА СЕВЕРЕ (к 100-летию со дня рождения П.П. Вавилова (1918 – 1984))

К.С. ЗАЙНУЛЛИНА, А.В. САМАРИН, В.М. ШВЕЦОВА, Г.Н. ТАБАЛЕН-
КОВА, Т.В. ТАРАБУКИНА

ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Представлены доклады, заслушанные 25 мая 2018 г. на совместном заседании Коми отделения Общества физиологов растений России и Коми отделения Русского ботанического общества, посвященном 100-летию со дня рождения Петра Петровича Вавилова.

Ключевые слова: П.П.Вавилов, организация науки на Севере, физиология растений, интродукция и продуктивность растений, северное растениеводство

K.S. ZAINULLINA, A.V. SAMARIN, V.M. SHVETSOVA, G.N. TABALENKOVA, T.V. TARABUKINA. P.P. VAVILOV AND ACADEMIC SCIENCE IN THE NORTH (1918–1984)

Reports delivered on May 25, 2018 at the joint meeting of the Komi Branch of the Society of plant physiologists of Russia and the Komi Branch of the Russian Botanical society, dedicated to the 100th birth anniversary of Petr Petrovich Vavilov, are presented. P.P.Vavilov is a prominent scientist-biologist, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, corresponding member of the USSR Academy of Sciences, academician and President of the All-Union Academy of Agricultural Sciences named after Lenin.

Keywords: P.P.Vavilov, organization of science in the North, plant physiology, introduction and plant productivity, Northern plant growing



25 мая 2018 г. в зале заседаний Ученого совета Института биологии Коми НЦ УрО РАН состоялось совместное заседание Коми отделения Общества физиологов растений России и Коми отделения Русского ботанического общества, посвященное 100-летию со дня рождения Петра Петровича Вавилова.

Петр Петрович Вавилов – видный ученый-биолог, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент АН СССР, академик и президент ВАСХНИЛ, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный деятель науки и техники Коми АССР, Почетный доктор Польской сельскохозяйственной академии. Награжден орденом Трудового Красного Знамени и 7 медалями СССР, 4 золотыми медалями зарубежных стран.

1949–1965 гг. – годы работы П.П.Вавилова в Коми республике.

Страницы биографии

Петр Петрович Вавилов родился 30 мая 1918 г. в г. Городище Пензенской губернии в многодетной семье крестьянина. После окончания школы он поступил в Московскую сельскохозяйственную академию им. К.А. Тимирязева (ТСХА), которую успешно

окончил в 1941 г., получив специальность агронома селекционера-семеновода [1, с. 3].

В самом начале Великой Отечественной войны П.П. Вавилов был направлен на учебу в Московскую ордена Ленина артиллерийскую академию имени Ф.Э. Дзержинского. В составе курсантской бригады в период обучения в академии участвовал

в обороне Москвы. После окончания Академии до октября 1943 г. был начальником арттехснабжения дивизии, а затем вплоть до демобилизации – старшим помощником начальника отдела вооружения Управления командующего артиллерией Белорусско-Литовского военного округа.

После демобилизации из армии П.П. Вавилов поступил в аспирантуру при кафедре растениеводства ТСХА и одновременно работал по совместительству ассистентом этой кафедры. В 1948 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию и в 1949 г. по приглашению «Научно-исследовательской Базы АН СССР в Коми АССР» приехал в г.Сыктывкар и начал работу в должности старшего научного сотрудника. В том же году это учреждение получило статус Коми филиала АН СССР. Петр Петрович Вавилов был назначен ученым секретарем филиала, затем в 1952 г. заместителем председателя Президиума по научной работе, а с 1956 г. – председателем Президиума Коми филиала АН СССР.

Вклад П.П.Вавилова в развитие науки на Европейском Севере

Петр Петрович руководил Коми филиалом АН СССР 16 лет. Он был самым молодым руководителем учреждения за всю его историю. Ученым секретарем стал в 31 год, заместителем председателя в 33 года, председателем Президиума в 38 лет. Уехал из Сыктывкара, когда ему было 47 лет. За прошедшие годы Коми филиал АН СССР претерпел существенные качественные изменения. Многие из них произошли благодаря П.П.Вавилову.

Еще в 1930-х гг. Президиум Академии наук СССР принял решение об отказе от политики изучения периферийных районов страны при помощи комплексных экспедиций в пользу организации постоянно действующих стационаров. Эвакуация научных центров во время войны привела к развитию сети научных учреждений за пределами столиц [2]. Однако система управления сетью научных центров со стороны АН СССР начала формироваться только после войны. Двумя характерными чертами этого периода были назначение на руководящие должности крупных московских ученых и значительное влияние местных властей на научные исследования филиалов и баз. Первым руководителем Базы АН СССР в Коми АССР был известный ученый железнодорожник, академик В.Н. Образцов, вторым – д.г.-м.н. Н.А.Сирин. Руководители учреждения принимали принципиальные решения, определяли приоритетные задачи развития научных исследований в регионе и отстаивали их перед местными властями и Президиумом АН СССР. В то же время работа учреждения проходила мимо живших в Москве директоров, основные вопросы развития научного центра решали заместители, которые в силу своих полномочий были фактическими руководителями. П.П.Вавилов стал первым руководителем Коми филиала АН СССР, который не был прислан «из вне», а выбран из коллектива, что положительно отразилось на последующем выборе точек роста молодого учреждения.

Другим сложным вопросом для руководителей учреждения были взаимоотношения с властями Коми АССР. Академия наук соглашалась открывать в регионах филиалы и базы только при том условии, что местные власти возьмут на себя обязательства по поддержке научных учреждений. Коми обком такое обещание дал и в меру сил оказывал необходимое содействие (материалы для строительства, жилье для ученых и пр.). Вместе с тем, участвуя в развитии учреждения, органы исполнительной власти Коми АССР начали ставить перед научным учреждением научно-исследовательские задачи. Создавалась противоречивая ситуация. Республиканские власти настаивали на продолжении разработки практических вопросов народного хозяйства, как это было во время войны. Руководство Академии наук требовало от Базы решения фундаментальных научных проблем [3]. Подобная «вилка», образовавшаяся в момент формирования учреждения, сохранялась в течение длительного времени. Ветераны Коми НЦ УрО РАН М.В.Фишман и И.В.Забоева вспоминали, что у руководства базы (в первую очередь у П.П.Вавилова) в 1940–1950-х гг. много сил отнимало составление тематических планов научных работ. Каждую тему требовалось заявить и обосновать глубоко и с высокой теоретичностью. К тому же она должна была иметь и конкретный практический выход, актуальный для народного хозяйства республики [4]. Именно П.П.Вавилов нашел ту грань, баланс между фундаментальными и прикладными исследованиями, которые устраивали как региональные власти, так и Академию наук. Научные приоритеты филиала были направлены на формирование комплексных исследований, концентрацию сил на решение крупных задач. Как результат, под редакцией П.П.Вавилова и при его личном участии было опубликовано более 20 обобщающих научных работ. Наиболее значимые из них: «Производительные силы Коми АССР», «Материалы по комплексному развитию Ухтинского и Воркутинского промышленных узлов», «Печорский клевер», «Основные направления развития и размещения промышленности и транспорта Коми АССР на 1959–1975 гг.», «Атлас Коми АССР».

Петр Петрович блистательно решал кадровые вопросы (см. таблицы). С окончанием войны и периода восстановления народного хозяйства многие ученые пожелали вернуться из периферийных учреждений в центральные вузы и НИИ. Коми филиал решал эту проблему за счет увеличения количества аспирантов. П.П. Вавилов всегда лично встречался с каждым аспирантом, обсуждал с ними направления научных исследований. Лично принимал на работу лаборантов и научных работников. Он был в курсе научных исследований всех науч-

Годы	Всего работников	Научных работников	В том числе:	
			кандидатов наук	докторов наук
1949	95	60	20	1
1965	430	185	56	2

Составлено по: Научный архив Коми НЦ УрО РАН Ф.1. Оп. 1. Д. 97а. Л. 42-46; Д. 863.

ных сотрудников. Возможно эти знания позволяли принимать ему смелые, но верные кадровые решения. П.П.Вавилов не боялся выдвигать молодежь. М.В. Фишман стал директором института в 40 лет, И.В.Забоева немного позже.

Приглашение Петра Фомича Рокицкого говорит о большом личном мужестве Петра Петровича. Он, безусловно знал, что Иван Ильич Оплеснин, заместитель директора Базы АН СССР в Коми АССР в 1944–1948 гг. был уволен за то, что принял на работу лиц, не имевших политического доверия (речь идет о недавно освободившихся будущем академике А.А.Баеве и этнографе А.К.Суспинском). П.П.Вавилов пригласил П.Ф.Рокицкого после разгромного съезда ВАСХНИЛ, когда тот был вынужден уехать из Москвы и работать учителем биологии в провинции. Исследования П.Ф.Рокицкого стали одной из ярких страниц в истории Коми филиала АН СССР.

Следующая проблема, которую удалось решить П.П.Вавилову – организация первых институтов. Реорганизация в 1949 г. Базы в Коми филиал предполагала значительные структурные преобразования. Прежде всего организацию на базе отделов научных институтов. Коми филиал очень долго не мог сформировать свои институты. Возглавив учреждение, П.П.Вавилов приступил к подготовке условий для организации институтов. Началось строительство лабораторного корпуса. В аспирантуре приоритетными специальностями стали геология и биология, те направления, по которым в первую очередь требовалось организовать институты. Показателем того, что Коми филиал поднялся до уровня других научных учреждений Академии наук, стала организация Института геологии в 1958 г.

Пожалуй, главным достижением П.П.Вавилова на посту председателя Президиума Коми филиала АН СССР являлось спасение учреждения от ликвидации. В середине 1950-х гг. в системе научных учреждений сложилась противоречивая ситуация, которая прекрасно продемонстрирована в письме А.И.Толмачева к сотруднику Коми филиала И.С.Хантимеру. Ботаник А.И.Толмачев в конце 1950 – начале 1960-х гг. работал в Ботаническом институте АН СССР и координировал планы научно-исследовательских работ филиалов по биологии. Зная работы многих научных учреждений, он отмечал, что если на местах ученые начинали разработку крупных фундаментальных тем, то у руководителей областей и в Академии наук СССР возникало сомнение: «Смогут ли филиал выполнить данную работу?». Тема передавалась в центральный институт. В результате «...при проверке работ того или иного филиала обнаруживалось, что он вообще не сделал ничего, что было бы не по плечу отраслевым институтам. После чего следовали директивы по повышению теоретического уровня работ» [5].

В июне 1959 г. состоялся Пленум ЦК КПСС, на котором было принято решение разгрузить Академию наук от отраслевой тематики. Были поставлены задачи: приблизить научно-исследовательские, конструкторские и проектные организации к производству, создать необходимые условия для широких исследований на местах. Для осуществления

поставленных задач президент Академии наук СССР академик А.П.Несмеянов предложил реформировать филиалы АН СССР, подчинив их Совнархозам. Коми филиал предполагалось разделить следующим образом: Институт геологии, отделы экономики и энергетики передать Совнархозу; отделы биологии растений и животных, почвоведения и леса – отраслевым институтам; отделы языка, литературы и истории, этнографии и археологии – Коми государственному педагогическому институту [6].

П.П.Вавилов обратился в бюро Коми обкома КПСС, а затем и в отдел науки, школ и культуры бюро ЦК КПСС по РСФСР. В своих выступлениях П.П.Вавилов описывал сложившуюся в республике ситуацию с научной деятельностью и отстаивал сохранение Коми филиала в неприкосновенности. Он доказывал, что Коми АССР имеет специфические особенности. С одной стороны, обширная территория, малая освоенность, наличие богатейших запасов полезных ископаемых и других минерально-сырьевых ресурсов, с другой – неразвитая сеть научных учреждений и высших учебных заведений. Поэтому республика не решит без Коми филиала ни одного принципиального вопроса развития промышленности, транспорта, сельского хозяйства [7].

Одновременно П.П.Вавилов начал менять структуру учреждения и корректировать планы научных работ для того, чтобы выгодно отличаться от других филиалов, перегруженных отраслевой тематикой и подлежащих закрытию. На заседании Ученого совета Вавилов выступил с докладом «Задачи Коми филиала в свете решений июльского Пленума ЦК КПСС 1959 г.». Он предложил в короткий срок уточнить планы, сократить количество тем и сконцентрировать силы на наиболее важных проблемах. Самыми острыми оказались вопросы создания основных лабораторий и организация работы только что созданного Ученого совета Института геологии.

Серьезные преобразования предстояли в биологических подразделениях, поскольку работы там носили «явно неакадемический характер». На базе отдела биологии животных предлагалось создать отдел зоологии с группой биологии домашних животных, причем все работы требовали серьезной перестройки. Планировалось за счет существующих штатов быстро организовать лабораторию радиобиологии и почвенно-геоботанический отдел, в котором предполагалось объединить всех ботаников. Отдел леса был переименован в лабораторию лесоведения и лесоводства, а отдел биологии растений – в лабораторию интродукции растений, с включением в его состав специалистов по радиобиологии [8].

Реорганизация, проведенная в соответствии с предложениями П.П.Вавилова, привела к тому, что из большинства научных исследований была исключена отраслевая тематика. Изменения затронули все отделы. Структура учреждения стала более жесткой и приближенной к структуре других научных учреждений АН СССР.

Решение о ликвидации филиалов было поддержано руководством страны. Структурные изменения в Коми филиале уже не могли повлиять на



Группа научных сотрудников Коми филиала АН СССР. 1950-е гг.

1 ряд: Н.Н. Кузькокова, А.С. Быстрозоров, М. Новикова

2 ряд: С.В. Беляев, В.П. Подоплелов, П.П. Вавилов, П.Ф. Рокицкий, Д.С. Тон.

Фото предоставлено В.М. Швецовой

его судьбу. П.П.Вавилов, узнав о подготовке постановления о закрытии Коми филиала АН СССР, обратился за помощью к председателю Совета министров Коми АССР З.В.Паневу, который поддержал П.П.Вавилова и сам поехал в Москву решать этот вопрос. З.В.Панев встретился с заведующим отделом ЦК КПСС по науке и технике В.А.Кириллиным. Как позже вспоминал З.В.Панев, «в жесткой форме» он заявил В.А.Кириллину, что республиканские власти заинтересованы в сохранении научного учреждения и готовы за него «подраться». Он охарактеризовал основные достижения филиала в области геологоразведочных изысканий, сказал об открытии многочисленных месторождений минеральных источников промышленного значения. На встрече с Н.С.Хрущевым В.А.Кириллин повторил аргументы З.П.Панева. В конце беседы Н.С.Хрущев, как передавал его слова З.В.Панев, сказал: «В Сыктывкаре филиал закрывать нельзя. Коми республика уникально богата, перспективы развития здесь исключительны. Вычеркните его из списка ликвидируемых. Его надо не закрывать, а укреплять» [9]. Возвратившись в Сыктывкар, З.В.Панев вызвал к себе П.П.Вавилова, предложил ему воспользоваться ситуацией и вместе с небольшой группой ведущих ученых съездить в Москву, тщательно продумав первоочередные наиболее важные вопросы.

Перед Коми филиалом АН СССР открылись новые возможности, прежде всего научно-организационного плана. В 1962 г. был организован Институт биологии. Долгое время открытие задерживалось в связи с отсутствием помещений и неразвитой материальной базой. В начале 1960-х гг. и в стране, в целом, и системе Академии наук усилены биологические исследования. Было принято специальное постановление Президиума Академии наук

СССР «О мерах по дальнейшему развитию биологической науки и укреплению ее связи с практикой». Руководство Коми филиала убедило Президиум Академии наук, что филиал в течение 20 лет на высоком теоретическом уровне проводит комплексные биологические исследования на территории республики и в состоянии в дальнейшем развивать биологические исследования в рамках специализированного института. К тому времени крупных достижений достигли почвоведы (изданы почвенные карты Коми АССР), исследователи интродукции растений ввели в сельскохозяйственный оборот большое количество новых кормовых культур [10].

Последний эпизод, показывающий значение П.П.Вавилова не только для науки в Коми, но и для региона целиком: стала проблема переброски стока северных рек. Здесь в очередной раз П.П.Вавилов проявил комплексный подход к научным исследованиям, государственное мышление и личное мужество. В середине 1950-х гг. Правительством СССР было принято решение начать проектно-изыскательские работы по переброске стока северных рек в бассейн Каспийского моря. Сыктывкарским ученым в проекте отводилась роль популяризаторов идеи переброски рек среди населения. Тем не менее в кратчайшие сроки в Коми филиале в научно-исследовательские планы была включена тема «Гидрологические условия зоны затопления КВП». Профильные отделы были усилены квалифицированными специалистами. Безусловно, ученые Коми филиала не могли остановить проект, реализуемый в интересах всей страны. Их предложения не могли расходиться с «генеральной линией», о сомнениях в правильности грандиозной идеи не могло быть и речи. В своих докладных записках, отчетах ученые сделали акцент на таких проблемах,

как влияние переброски рек на сельское хозяйство и лесоводство. При помощи расчетов они доказывали, что успешное развитие производительных сил Коми непосредственно не зависит от схемы переброски рек и может быть обеспечено другими экономическими путями. Помимо этого, разработчикам проекта переброски были продемонстрированы многочисленные ошибки и неточности в проекте, требующие дополнительной проработки. Все это привело к тому, что разработчики были вынуждены вернуться к чертежам. Позднее, уже после отъезда П.П.Вавилова из Сыктывкара, коми ученые продемонстрировали негативные экологические последствия проекта. После того, как разработчики минимизировали экологический ущерб, цена реализации проекта увеличилась настолько, что ученые подняли вопрос о нерациональности реализации переброски [11].

Говоря о значении фигуры Петра Петровича для развития науки на Европейском Севере, вспоминается термин «Золотой век»*. Уезжая из Сыктывкара в 1965 г., П.П.Вавилов вместо разрозненных, независимых друг от друга групп оставил слаженный коллектив, занимавшийся крупными проблемами, такими как переброска стока северных рек, радиобиология и др. Изменилась тематика работ филиала, была усилена теоретическая составляющая исследований. За время руководства П.П.Вавилова организованы два института, несколько отделов активно добивались этого статуса. Таким образом, за десять лет управления П.П.Вавиловым Коми филиал АН СССР значительно продвинулся в организационном плане и завоевал научный авторитет.

При П.П.Вавилове начались расцвет филиала, полоса признания его заслуг и трудов как в республике, так и за ее пределами. Активно развивалась материально-техническая база, строились лабораторные комплексы и жилые дома. Составлялись перспективные планы строительства.

С исключением отраслевой тематики из научных планов изменились приоритеты и цели филиала, ученые перешли от прикладных исследований к теоретическому обоснованию перспективного развития республики, а ожидания властных структур оставались прежними. Роль местных органов власти поменялась с направляющей на контролирующую.

Рядом с П.П. Вавиловым

Осталось мало людей, которые жили, были знакомы и работали рядом с Петром Петровичем. Но они знают и помнят, что П.П.Вавилов был главным из плеяды выдающихся представителей послевоенного поколения, которому выпало создать в северном, слабо исследованном регионе, форпост большой науки – Коми филиал Академии наук СССР. Он снижал заслуженный авторитет и признание в научном мире своими исследованиями по растениеводству, интродукции растений, семеноводству.

Работу начал с выявления возможности повышения урожайности за счёт улучшения микроклимата в посевах путём оптимизации приёмов возделывания. Знакомство со своеобразием местных условий добавляло много вопросов для первоначального решения. Например, как растения реагируют на длинный световой день, на какие звенья жизнедеятельности влияют и как практически можно использовать эффективность этого природного фактора для повышения хозяйственной полезности посевов. Видимо, уже тогда идея разработки научных основ стабильно высокопродуктивного растениеводства на Севере окончательно вошла в творческую жизнь П.П.Вавилова.

Опытные поля на Вильгортской биологической станции уже были, но для вновь планируемых исследований они не подходили. Требовалось создание новой экспериментальной базы для изучения продукционного процесса в полевых условиях. Одним из первых помощников Петра Петровича стала аспирантка, выпускница Петрозаводского университета Елена Степановна Болотова. Ускорила возможность расширить область наблюдений, добавить теплолюбивые культуры в список изучаемых растений. Подбирались помощники. Постепенно формировался коллектив единомышленников, что позволяло расширять и углублять исследования.

Несмотря на всё возрастающую загруженность административной работой, Пётр Петрович не забывал о собственных биологических исследованиях. В первую очередь это относилось к изучению продуктивности и перспективности внедрения стародавних и новых для севера культур. Будучи научным руководителем созданной им группы, а позднее и Лаборатории физиологии растений, он находил время для бесед с сотрудниками и участия в полевых экспериментах. Так, в большинстве случаев по изучению продуктивности посевов он был неперенным исполнителем приборных микроклиматических измерений.

Особое внимание уделял П.П.Вавилов развитию контактов с Министерством сельского хозяйства республики, при котором существовала хорошо налаженная система обучения и повышения квалификации тружеников села. В программах курсов, семинаров, совещаний разного уровня, наряду с выступлениями учёных исследователей Государственной опытной станции, лабораторий Минсельхоза, как правило, делали свои сообщения сотрудники филиала. Практиковались и выезды в районы, консультационная помощь. На полях совхозов стали появляться участки с новыми, завезёнными в наш край, перспективными кормовыми растениями из богатейшей коллекции, создаваемой К.А.Моисеевым при участии П.П. Вавилова. Некоторые из этих растений силосовались, другие было выгоднее запасать в виде травяных гранул и муки. Тогда расходы на электроэнергию не обременяли хозяйства, она стоила существенно дешевле, чем сейчас. Всё заметнее становилось увеличение эффективности сельскохозяйственного производства в республике. Специалисты Коми филиала АН СССР имели самое

* «Золотой век» – представление, присутствующее в мифологии многих народов мира, блаженное («райское») состояние первобытного человечества, жившего в гармонии с природой. Время, когда всегда все удавалось, все проблемы удавалось решить.



П.П.Вавилов с женой и сотрудниками Коми филиала АН СССР. Проводы П.П.Вавилова в г.Москву, 1965 г.
В.И.Маслов, П.И.Шахрай, В.П.Василенко, В.М.Швецова, Н.А.Лазарев, Б.А.Голдин, Н.Н.Кузькокова,
Н.В.Чебыкина, М.А.Скачкова, С.В.Беляев, М.А.Плотников, Л.А.Верхоланцева, И.В.Забоева, В.И.Чалышев,
Г.Т.Мамаев, Я.Н.Безносиков, К.И. Маслова, М.В.Фишман, В.В.Буканов, М.П.Рощевский,
Л.Сурина, О.С.Зверева, Е.С.Кучина, В.В.Турьева, В.А.Витязева, Д.А.Тимушев, В.П.Подоплелов,
В.А.Космортон, В.М.Неделяева, Е.С.Болотова, С.И.Жилина.

Фото предоставлено В.М.Швецовой

прямое отношение к этим положительным изменениям.

В современных социально-экономических условиях богатейшее научное наследие П.П.Вавилова не представляется возможным использовать в полной мере. Многочисленные реформы и реконструкции последних лет привели к тяжёлым последствиям в хозяйственной, социально-экономической и политической жизни во всех уголках нашей страны. Почти исчезла потребность не только в развитии, но даже в самом существовании многих жизненно важных отраслей государственного хозяйства. Для ликвидации этой беды требуется время и большие усилия. Многое зависит от каждого из нас, простых граждан отечества.

Каждый клочок нашей земли, каждый старый камень хранят в себе частицы ума, воли, доброты, энергии и здоровья тех, кто оставил нам свои дела для их использования, продолжения и развития.

Развитие идей П.П. Вавилова в современных исследованиях физиологов растений

С именем П.П.Вавилова связана организация систематических исследований по физиологии продуктивности культурных растений на Севере. Эти исследования с самого начала носили комплексный характер. Воспитанник кафедры растениевод-

ства знаменитой Тимирязевки, Петр Петрович хорошо осознавал, что познание физиологических реакций культурных растений на Севере может оказаться весьма полезным не только теоретически, но и для разработки общей стратегии растениеводства в условиях холодного климата [12, 13]. Его интересы выходили за рамки традиционных вопросов в сторону выявления процессов жизнедеятельности растений, а также зависимости этих процессов от внешних факторов. В настоящее время изучение подобных вопросов отнесли бы к области экологической фитофизиологии, но в те годы подобные исследования были внове и даже термина, обозначающего данное направление, не существовало.

Физиологические исследования были подчинены одной цели – изучению продуктивности растений. Было показано, что формирование продуктивности северных агроценозов имеет специфические особенности. Длинный световой день в сочетании с достаточным водоснабжением, умеренными температурами приводит к формированию большого листового аппарата, а при условии обеспеченности минеральным питанием дает высокий выход органической массы. Был сделан важный практический вывод, что специализация растениеводства должна ориентироваться на возделывание картофеля, овощей, корнеплодов, силосных растений, однолетних и многолетних трав [14], у которых используются главным образом вегетативные органы.

В настоящее время лаборатория экологической физиологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН продолжает изучение продукционного процесса уже на новом уровне. Показано, что факторы внешней среды могут различным образом влиять на составляющие продукционного процесса – фотосинтез, дыхание, транспорт и распределение ассимилятов. Особое значение имеют регуляторные взаимосвязи между функциями, которые реализуются через донорно-акцепторную систему целого растения. Практическим аспектом концепции донорно-акцепторных отношений является изучение закономерностей формирования органов репродукции и запасаения, так как именно они чаще всего представляют хозяйственный интерес [15].

Продолжаются исследования, имеющие практическую направленность. С учетом физиолого-биохимических особенностей предложены способы использования биологически активных веществ химического и микробиологического происхождения, повышающих устойчивость и продуктивность сельскохозяйственных культур. С использованием современных методов и подходов исследованы агро-биологические и физиологические закономерности продукционного процесса основных тепличных культур при различных режимах освещения. Получены экспериментальные данные о динамике роста, ассимиляционной активности и использовании световой энергии посевами листового салата, зеленых культур, огурца. На этой основе разработаны и предложены оригинальные режимы и приемы культивирования, позволяющие повысить урожайность и экономическую эффективность тепличного производства на Севере [16].

Раскрывая закономерности фундаментальных процессов жизнедеятельности, физиология растений создает теоретическую базу растениеводства, позволяет разрабатывать приемы повышения продуктивности и оптимизации продукционного процесса сельскохозяйственных культур при их выращивании в условиях холодного климата. Исследования, начало которым положил П.П. Вавилов, успешно продолжают в работах лаборатории экологической физиологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Роль Петра Петровича Вавилова в развитии сельскохозяйственной науки на Севере

На протяжении длительного периода времени наш Коми край считался малоприспособленным для развития сельского хозяйства, поэтому Республику Коми и называют районом «рискованного земледелия». Но вместе с тем история сельскохозяйственной науки на Коми земле насчитывает более 100 лет и, конечно же, тесно связана с именем Петра Петровича Вавилова, который внес бесценный вклад в развитие сельскохозяйственной науки на Севере. Благодаря его работам на рубеже 50–60-х гг. прошлого столетия были созданы научные основы северного растениеводства, что позволило вывести сельскохозяйственные исследования в авангард научных изысканий биологов Коми филиала Ака-

демии наук СССР и получить широкое научное признание. С тех пор академическая и сельскохозяйственная наука развиваются в тесном сотрудничестве между институтами Коми научного центра УрО РАН и Научно-исследовательским институтом сельского хозяйства Республики Коми.

Основные научные работы П.П. Вавилова посвящены растениеводству, интродукции, селекции и радиобиологии растений. Ученый особое внимание обращал на проблемы кормопроизводства [17]. Он утверждал, что в Коми имеются все необходимые условия для ведения сельского хозяйства, получения высоких и устойчивых урожаев, в том числе и ценных силосных культур, таких как кормовая капуста, подсолнечник, кукуруза, земляная груша, борщевик Сосновского, вико- и горохо-овсяные смеси, а также овес и другие однолетние культуры. Считал, что только повсеместно внедряя в колхозно-совхозное производство новые силосные культуры и повышая урожайность естественных кормовых угодий (сенокосов и пастбищ), можно обеспечить развивающееся животноводство необходимыми сочными и грубыми кормами и поднять его продуктивность.

П.П. Вавилов разрабатывал научные основы создания прочной кормовой базы в условиях Севера – вопросы рационального использования занятых паров, обогащения видового состава культурной флоры [18]. Считал, что в условиях Коми занятые пары вполне возможны и что здесь они достаточно эффективны. Далее, он утверждал, что хорошо обрабатываемые занятые пары в Коми республике являются важным резервом увеличения валовых сборов сельскохозяйственных культур и особенно кормов.

Ученый отмечал, что решающим условием высокой эффективности занятых паров является высокий уровень земледелия, ибо только при соблюдении всех агротехнических мероприятий в занятых парах восстанавливается плодородие почвы, успешно ведется борьба с засоренностью полей и возобновляются запасы почвенной влаги.

П.П. Вавилов считал основной задачей работников сельского хозяйства – шире внедрять занятые пары в колхозы и совхозы южных и центральных районов Коми АССР, высевая в занятых парах в первую очередь горохо- и вико-овсяные смеси, ранний картофель, клевер, кукурузу и подсолнечник. И по мере подъема культуры земледелия Коми края, по мере его интенсификации доля занятых паров должна постепенно возрастать.

Петр Петрович вывел ряд сортов и полигибридов сахарно-кормовой свёклы, впервые в СССР создал односемянный сорт кормовой свёклы [19]. Провёл комплексные исследования действия повышенной естественной и искусственной радиации на различные компоненты природных биогеоценозов [20].

В 60-е гг. прошлого столетия в стране одной из главных задач Коммунистической партии Советского Союза и всего нашего народа являлся резкий подъем сельского хозяйства, а на основе этого – создание изобилия продуктов питания. Однако низкое естественное плодородие почв Коми республики не обеспе-



Петр Петрович Вавилов знакомит руководителей республики с новыми силосными растениями на Вильгортском научно-экспериментальном пункте Коми филиала АН СССР.

На переднем плане руководители республики: З.В.Панев – председатель Совета министров Коми АССР, А.Г.Дмитрин – I секретарь обкома КПСС Коми АССР, Б.А.Тихомиров – руководитель отдела растениеводства Севера БИН, а также представители Министерства сельского хозяйства Коми АССР. 1950-е гг.

Фото предоставлено В.М.Шведовой.

чивало получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому основным условием повышения плодородия почв и урожайности растений в условиях Севера являлось применение органических и минеральных удобрений.

П.П. Вавилов на конкретных примерах из практики колхозов, совхозов и опытных сельскохозяйственных учреждений республики показал роль органических удобрений, наряду с улучшением пищевого режима почв республики, существенным образом улучшающих их физические свойства [21].

Ученый считал, что минеральные удобрения являются главным образом средством повышения эффективного плодородия почв, и повышение потенциального плодородия возможно только при совместном внесении органических и минеральных удобрений, а на сильно кислых почвах и извести.

Эффективность удобрений в значительной степени зависит от способа внесения. Наилучшие результаты дает послойное внесение, обеспечивающее наиболее равномерное распределение удобрений в пахотном слое. Рациональным приемом использования удобрений является дробное внесение их по фазам развития растений. Особенно эффективен этот прием под овощные культуры.

Он отмечал, что огромные резервы для увеличения производства сельскохозяйственной продукции используются в республике неудовлетворительно.

В связи с этим Петр Петрович подчеркивал, для того, чтобы обеспечить резкий подъем сельского хозяйства и увеличить производство продуктов питания, необходимо коренным образом перестроить наше сельское хозяйство в направлении улучшения использования всех резервов. В этой связи,

он рекомендовал колхозникам, рабочим совхозов и специалистам сельского хозяйства республики провести значительную работу, и, в первую очередь, по внедрению новой структуры посевных площадей и новых высокоурожайных культур. П.П.Вавилов напрямую и косвенно создавал для этого необходимые условия.

Имя Петра Петровича Вавилова хорошо известно старшему поколению всего Коми научного центра Уральского отделения РАН, НИИСХ Республики Коми.

Но и нынешним исследователям известно имя этого ученого, ведь многие направления его деятельности успешно развиваются и в наши дни [22]. Благодаря П.П. Вавилову значительно была укреплена база сельскохозяйственной науки в стране. А многие его материалы не потеряли своей актуальности и до настоящего времени.

Московский период деятельности П.П.Вавилова

В 1965 г. закончился «северный» период жизни П.П.Вавилова. В 1964 г. после успешной защиты докторской диссертации Петра Петровича пригласили на работу в Тимирязевскую академию на должность профессора кафедры растениеводства, которую он возглавил.

В 1971 г. П.П. Вавилова назначили ректором Тимирязевской академии, при этом он остался и заведующим кафедрой растениеводства, где проработал до последних дней своей жизни. Талантливый руководитель, крупный организатор учебного и научного процессов, он смело брался за решение труднейших задач и всегда реализовывал намеченные планы. Параллельно с научной и админи-

стративной деятельностью П.П.Вавилов вел большую общественную работу: был депутатом Моссовета, председателем экспертного совета Высшей аттестационной комиссии. В знак признания высокого научного авторитета и большого вклада в науку в 1972 г. его избрали членом-корреспондентом АН СССР, а в 1973 г. – академиком ВАСХНИЛ, в 1976 г. ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РСФСР». В 1978 г. П.П. Вавилов общим собранием действительных членов ВАСХНИЛ был единогласно избран ее президентом. За время пребывания на этом посту (1978–1983 гг.) он осуществил ряд крупных научных и организационных мероприятий, которые обеспечили активизацию фундаментальных исследований по важнейшим вопросам растениеводства и животноводства, повышение теоретического уровня научных разработок.

На возглавляемой им кафедре широко развернулись работы по изучению кормовых растений, ее специалисты получили 14 авторских свидетельств на сорта свеклы, клевера, редьки масличной, горца и др. Петр Петрович призывал развивать исследования, направленные на создание эффективных технологий выращивания зернобобовых, выведение высокопродуктивных сортов. За развитие биологической и сельскохозяйственной наук П.П.Вавилов был удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки и техники Коми АССР». Работы по интродукции кормовых культур в 1984 г. были удостоены премии Совета Министров СССР.

До конца своей жизни ученый считал нерешенной проблему северного растениеводства, поэтому никогда не прерывал научных связей с коллективами Коми филиала АН СССР и Института биологии, оказывал постоянную помощь в организации и проведении биологических исследований.

Петр Петрович Вавилов ушел из жизни 15 декабря 1984 г. Образ талантливого ученого, руководителя и организатора научных исследований, внесшего значительный вклад в развитие биологической науки, замечательного человека навсегда останется в истории российской науки.

Человек громадного государственного масштаба Петр Петрович Вавилов оставил богатейшее творческое наследие.

Литература

1. *Забоева, И.В., Попова О.Н., Швецова В.М.* Петр Петрович Вавилов. Сыктывкар, 1994. 56 с. (Серия «Люди науки» / Коми НЦ УрО РАН; вып. 7).
2. *Самарин А.В.* Управление сетью региональных академических учреждений АН СССР в 1930–1960-е годы // Вестник Российской академии наук. Т. 84. № 5. 2014. С.450.
3. *Архив РАН.* Ф. 1. Оп. 1 (1946–1950). Д. 12. Л. 17.
4. *НА Коми НЦ УрО РАН* Ф.1. Оп. 20. Д. 848.
5. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 14. Оп. 4. Д. 43. Л. 5-6.
6. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. Оп. 1. Д. 531. Л. 1-2.

7. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. Оп. 1. Д. 532. Л. 11-14.
8. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. Оп. 1. Д. 587. Л. 7.
9. *Панев З.В.* Вехи пути. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 2000. С.401.
10. *Самарин А.В.* История Коми научного центра Уральского отделения АН СССР: становление и развитие (1944–1991 гг.). Сыктывкар, 2006. С. 57.
11. *Самарин А.В.* Проекты переброски северных рек: Ученые Коми против советской гигантомании// Новый исторический вестник. 2009. № 4 (22). С.58–71.
12. *Вавилов П.П.* Проблема растениеводства в Коми АССР. Сыктывкар, 1964. 80 с.
13. *Вавилов П.П., Чебыкина Н.В.* Вопросы повышения урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Коми АССР. Сыктывкар, 1966. 109 с.
14. *Вавилов П.П., Болотова Е.С., Грунина Л.К.* Итоги физиолого-биохимического изучения некоторых сельскохозяйственных растений в условиях Севера // Биологические исследования в Коми АССР. Сыктывкар, 1968. С. 20–25. (Тр. Коми фил. АН СССР. №18).
15. *Табаленкова Г.Н., Головкин Т.К.* Продукционный процесс культурных растений в условиях холодного климата. СПб.: Наука, 2010. 231 с.
16. *Овощеводство защищенного грунта на Севере.* Теоретические и практические аспекты/ Т.К.Головкин, И.В.Далька, Е.Е.Григорай, А.В.Буткин, Г.Н.Табаленкова. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2017. 156 с.
17. *Вавилов П.П.* Силосные растения и их культура в Коми АССР. Сыктывкар, 1956. 64 с.
18. *Вавилов П.П., Заболоцкая Т.Г.* Занятые пары в Коми АССР. Сыктывкар, 1961. 48 с.
19. *Вавилов П.П., Новиков А.А.* Особенности формирования высоких урожаев сахарной свеклы в условиях нечерноземной полосы // Известия ИСХА. Вып.1. 1970. С. 67–80.
20. *Верховская И.Н., Вавилов П.П., Маслов В.И.* Миграция естественно-радиоактивных элементов в природных условиях и распределение их по биотическим и абиотическим компонентам среды // Изв. АН СССР. Серия биологическая. № 1. 1967. С. 270–285.
21. *Вавилов П.П., Чебыкина Н.В.* Удобрения и урожай. Сыктывкар, 1962. 48 с.
22. *Мишуров В.П., Волкова Г.А., Портнягина Н.В.* Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми (Итоги работы Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН за 50 лет). СПб.: Наука, 1999.216 с.

References

1. *Zaboeva I.V., Popova O.N., Shvetsova V.M.* Petr Petrovich Vavilov. Syktyvkar, 1994. 56 p. (Series "People of Science"/Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS/ Issue 7).

2. *Samarin A.V.* Upravlenie setyu regionalnykh akademicheskikh uchrezhdenii AN SSSR v 1930–1960-e gody [Management of the network of regional academic institutions of the USSR Academy of Sciences in the 1930s–1960s] //Bull. of the RAS. Vol.84. No.5. 2014. P.450.
3. *Arkhir RAN* [Archive of the RAS]. F.1. Op.1 91946-1950). D. 12. L. 17.
4. *Nauchny arkhir* Komi NTs UrO RAN [Scientific archive of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]. F.1. Op.20. D.848.
5. *NA Komi NTs UrO RAN* [Sci. archive of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]. F.14. Op.4. D.43. L. 5–6.
6. *NA Komi NTs UrO RAN* [Sci. archive of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]. F.1. Op.1. D.531. L.1–2.
7. *NA Komi NTs UrO RAN* [Sci. archive of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]. F.1. Op.1. D. 532. L.11–14.
8. *NA Komi NTs UrO RAN* [Sci. archive of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]. F.1. Op.1. D. 587. L.7.
9. *Panev Z.V.* Vekhi puti [Milestones on the road]. Syktyvkar: Komi Book Publ., 2000. P. 401.
10. *Samarin A.V.* Istoriya Komi nauchnogo tsentra Uralskogo otdeleniya AN SSSR: stanovlenie i razvitie (1944–1991 gg.) [History of the Komi Science Centre of the Ural Branch, USSR Academy of Sciences: formation and development (1944–1991)]. Syktyvkar, 2006. P. 57.
11. *Samarin A.V.* Proekty perebroski severnykh rek: Uchoniye Komi protiv sovetsskoi gigantomanii [Projects of diversion of the Northern rivers: Scientists of the Komi Republic are against the Soviet megalomania] // New historical Herald. 2009. No. 4 (22). P. 58-71.
12. *Vavilov P.P.* Problemarastenievodstva v Komi ASSR [The problem of crop production in Komi ASSR]. Syktyvkar, 1964. 80 p.
13. *Vavilov P.P., Chebykina N.V.* Voprosy povysheniya urozhainosti selskokhozyaistvennykh kultur v usloviakh Komi ASSR [Problems of productivity increase of agricultural crops in the conditions of the Komi ASSR]. Syktyvkar, 1966. 109 p.
14. *Vavilov P.P., Bolotova E.S., Grunina L.K.* Itogi fiziologo-biokhimicheskogo izucheniya nekotorykh selskokhozyaistvennykh rastenii v usloviakh Severa [Results of physiological and biochemical study of some agricultural plants in the North] // Biological research in the Komi ASSR. Syktyvkar, 1968. P. 20-25 (Works of the Komi Branch, USSR Ac. Sci. No. 18).
15. *Tabalenkova G.N., Golovko T.K.* Produkcionnyy process kulturnykh rastenii v usloviyakh holodnogo klimata [The production process of cultivated plants in cold climate]. St.Petersburg: Nauka, 2010. 231 p.
16. *Ovoshevodstvo zaschischennogo grunta na Severe. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty* [Vegetable production of protected soil in the North. Theoretical and practical aspects] / T.K.Golovko, I.V.Dal'ke, E.E.Grigoray, A.V. Butkin, G.N.Tabalenkova. Syktyvkar: Inst. of Biology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2017. 156 p.
17. *Vavilov P.P.* Silosnie rasteniya i ikh kultura v Komi ASSR [Silage plants and their culture in the Komi ASSR]. Syktyvkar, 1956. 64 p.
18. *Vavilov P.P., Zabolotskaya T.G.* Zanyatie pary v Komi ASSR [Planted fields in the Komi ASSR]. Syktyvkar, 1961. 48 p.
19. *Vavilov P.P., Novikov A.A.* Osobennosti formirovaniya vysokikh urozhayev sakharnoi svekly v usloviyakh nechernozemnoi polosy [Features of the formation of high yields of sugar beet in non-Chernozem zone] // Proc. of ISHA. Issue 1. 1970. P. 67-80.
20. *Verkhovskaya I.N., Vavilov P.P., Vaslov V.I.* Migratsiya estestvenno-radioaktivnykh elementov v prirodnykh usloviyakh i raspredelenie ikh po bioticheskim i abioticheskim komponentam sredy [Migration of naturally radioactive elements in natural conditions and their distribution in biotic and abiotic components of the environment] // Proc. of the USSR Ac. Sci. Series Biology. No. 1. 1967. P. 270-285.
21. *Vavilov P.P., Chebykina N.V.* Udobreniya i urozhai [Fertilizers and crops]. Syktyvkar, 1962. 48 p.
22. *Mishurov V.P., Volkova G.F., Portnyagina N.V.* Introduktsiya poleznykh rastenii v podzonsrednei taigi Respubliki Komi (Itogi raboty Botanicheskogo sada Instituta biologii Komi Nts UrO RAN za 50 let) [Introduction of useful plants in the middle taiga subzone of the Komi Republic (the results of the Botanical garden of the Institute of Biology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS for 50 years)]. St.Petersburg: Nauka, 1999. 216 p.

Статья поступила в редакцию 7.06.2018.

УДК 582.26/27(092)

ПАТРИАРХ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ АЛЬГОЛОГИИ (К 110-ЛЕТИЮ М.М.ГОЛЛЕРБАХА)

М.В. ГЕЦЕН

*Коми научный центр УрО РАН, г. Сыктывкар
mvgezen@yandex.ru*

Статья знакомит с жизнеописанием выдающегося ученого Максимилиана Максимилиановича Голлербаха (1907–1989). Впервые приводятся архивные материалы о годах юности М.М. периода 1924–1926 гг. и данные Интернета о его близкородственной связи из родословной Голлербахов. Особое внимание уделено «зачинателю» альгологических исследований в России А.А.Еленкину, учителю и другу всей жизни М.М.Голлербаха. В историю науки М.М. вошел как основатель в 1930-х гг. прошлого столетия особого направления ботанической науки – почвенной альгологии.

Ключевые слова: биография, научное наследие, почвенные водоросли, региональные альгологические исследования в Коми, Европейская Арктика

M.V. GETSEN. THE PATRIARCH OF THE NATIONAL SOIL ALGOLOGY (TO 110 ANNIVERSARY OF M.M. GOLLERBAKH)

M.M. Gollerbakh has not gone the way of the traditions of the artisans of his ancestors. He early showed interest in botany. Via joint excursions into nature, this interest was developed by a well-known algologist-lichenologist A.A. Elenkin. M.M.Gollerbakh became his disciple and friend for life. The direction of M.M.'s post-graduate work on the study of soil algae approved by A.A. Elenkin turned out to be crucial. The results of this first fundamental research were published. They gave impetus to the further development of Soil Algology in the country. For about 40 years after the death of A.A.Elenkin M.M. Gollerbakh had been in charge of Algology in the Botanical Institute of the USSR Academy of Sciences. As a brilliant editor, he continued the creation of "Identifiers" and "Flora" started by his predecessors for the purpose of "scientific and competent" definition of algae in the inventory of algae. This played a huge role in the development of regional algological studies. For a quarter of a century his name is associated with the formation and development of Algology in the Komi region. The generalization of the author's long-term research is based on M.M.'s theoretical views on the "landscape-forming" role of algae in extreme conditions. He couldn't live without teaching. As a brilliant lecturer, he began to teach yet in his post-graduate years, without stopping the lecture work even in difficult war years. M.M.Gollerbakh is the author of a number of textbooks on the life of algae. M.M. went through the hardships of life. During the siege of Leningrad, and during the party dictatorship in science, he retained himself as a scientist. His Doctoral thesis in memory of his Teacher, he defended during the war. M.M. Gollerbakh is a worthy example in science for the new generation of researchers.

Keywords: biography, scientific heritage, soil algae, regional algological studies in Komi, European Arctic

Введение

Ботаническая общественность страны приурочивает IV Всероссийскую конференцию с международным участием «Водоросли*: проблемы так-

сономии, экологии и использование в мониторинге» (24–28 сентября 2018 г., Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л.Комарова РАН) к 110-летию М.М. Голлербаха, заслуженного деятеля науки РСФСР, выдающегося ученого-ботаника, основателя почвенно-альгологического направления ботанической науки, Учителя нескольких поколений советских альгологов и незаурядного человека.

Для старшего поколения альгологов творчество и жизненный путь М.М. Голлербаха хорошо известны и опубликованы в ряде изданий [1–4]. Работа [3] была подготовлена к 90-летию со дня рождения. К 100-летию юбилею М.М. Голлербаха

* Альгология (от лат. alga – водоросль – наука о водорослях) – один из разделов ботаники. Почвенная альгология – самостоятельная отрасль ботаники, изучающая водоросли как важнейшую группировку микромира почв. Водоросли – низшие (простейшие) растения. У них нет тела, расчлененного на корень, стебель и лист. Нецветковые называют споровыми растениями. Они не образуют плодов и семян и размножаются и распространяются спорами.

библиотека Коми научного центра УрО РАН разместила это издание на своем сайте*.

Изучение водорослей в Коми почти четверть века связано с именем М.М.Голлербаха. В 1965 г. О.С. Зверева (1901–1967), основатель генетического направления в лимнологии в Коми филиале АН СССР, встретила с М.М.Голлербахом в Ботаническом институте АН СССР (БИН) с просьбой быть консультантом альгологических исследований на Европейском Севере.

Кризис в академической науке периода 1990-х гг. все еще дает о себе знать. Он оставил глубокий след в большом эпистолярном наследии Э.А.Штиной (ближайшего соратника М.М.) с тревогой о судьбе почвенной альгологии. Переписка с Эмилией Адриановной тех лет частично мною опубликована [5]. Э.А. много сделала для сохранения памяти и творческого наследия М.М.Голлербаха. Дополненная новыми материалами, настоящая статья в очередной раз ставит цель: показать напряженную и полную испытаний и тревог творческую жизнь М.М.Голлербаха как поучительную историю для последующих поколений альгологов.

В статье впервые приводятся новые материалы о жизни и творчестве М.М.Голлербаха. Исключительный интерес представляет рукописный дневник периода его юности (1924–1926 гг.), который хранится в личном архиве автора. Истлевшие желтые страницы рукописного текста дневника представляют собой сброшюрованную школьную тетрадь, на обложке которой портрет В.И.Ленина и слова: «Пролетариат победит наукой и знаниями». Начинаются записи 1 марта 1924 г. словом «НАЧАЛО» в левом верхнем углу первой страницы. Завершается дневник 11 июня 1926 г. на последней странице дневника под номером 50. Страницы исписаны чернилами разного цвета. Дневник является важным историческим документом, позволяющим «из первых уст» глубже понять историческую обстановку в годы формирования будущего ученого. Юный М.М. Голлербах сделал запись: «Пишу я это исключительно для себя, но может получиться, что после моей смерти или случайно это кому-нибудь попадется, так может быть потом меня поймет». Так сложилось, что после смерти М.М. Голлербаха мысли и сомнения его юношеского периода впервые публикуются именно в этой статье.

Большое значение для понимания первых лет М.М.Голлербаха в науке имеют мемуары Ю.И.Полянского. Редкие библиографические сведения о жизни, творчестве М.М.Голлербаха имеются в ряде публикаций, посвященных юбилейным датам и знаковым событиям (см. заключительный раздел статьи).

Важнейшим документом для раскрытия творческой лаборатории ученого является Автобиография М.М.Голлербаха, написанная им в 1945 г. и предоставленная автору сотрудниками лаборатории альгологии Ботанического института РАН. Это первый документальный материал, который удалось обнаружить и подвергнуть анализу: текст не-

однократно комментируется автором статьи, поскольку имеет ряд разночтений с официальными источниками о жизни и деятельности М.М.Голлербаха. В связи с этим в статье приводится ее полный текст.

«Родился 2 июня (20 мая ст. ст.) 1907 г. в г. Пушкин в семье бухгалтера, по сословию мещанина. Среднее образование получил в этом городе в I-ой Трудовой школе, которую окончил в 1924 г. с получением командировки в ВУЗ. Осенью 1924 г. был принят в Ленинградский географический институт, откуда в 1925 г. перевелся в Ленинградский Государственный университет на Биологическое отделение Физико-математического факультета. Университет я окончил в январе 1930 г. по специальности “физиология растений” и в феврале 1930 г. был принят аспирантом в Главный ботанический сад, а с присоединением последнего к Академии наук СССР, осенью 1930 г. был зачислен в аспирантуру Академии наук, которую проходил при отделе Споровых растений Ботанического института Академии наук СССР, окончил осенью 1933 г.

25 октября 1935 г. по совокупности работ мне присуждена степень кандидата биологических наук, а 21 января 1941 – ученое звание старшего научного сотрудника. 3 июля 1944 г. защитил докторскую диссертацию на Ученом совете Ботанического института АН СССР и 30 декабря 1944 г. утвержден в степени доктора биологических наук.

Моя трудовая жизнь началась с 1920 г., когда я, не оставляя школы, поступил препараторм на Павловскую экскурсионную станцию в г.Слуцке. Здесь я проработал до февраля 1930 г., причем за студенческие годы вел не только препаратормскую работу, но и педагогическую работу со школьниками и учителями средних школ. После окончания аспирантуры 1933 г. я был оставлен в Ботаническом саду Института в качестве научного сотрудника Отдела споровых растений, где и работаю до сих пор в должности старшего научного сотрудника. В период 1932–1938 гг. вел также и административную работу в качестве секретаря и зам. заведующего Отделом споровых растений. С ноября 1941 г., в связи с эвакуацией основной части Института, был назначен ответственным по Ленинградской части того же отдела, каковым и состоял за все время блокады Ленинграда до эвакуации Института в 1944 г.

Кроме вышеуказанного круга работ, я занимаюсь и педагогической деятельностью, а именно: 1/ в 1931–33 гг. состоял внештатным ассистентом на кафедре общей биологии Ленинградского медицинского института; 2/ в 1934–38 гг. ежегодно проводил большой летний практикум по спорным растениям со студентами Ленинградского Гос. университета; 3/ в 1934–41 гг. ежегодно вел курс спорных растений учителям средних школ в Ленинградском институте усовершенствования учителей; 4/ Читал лекции на областных курсах повышения квалификации учителей средних школ, школы взрослых и студентам-заочни-

* http://elib.komisc.ru/sotrudniki_uro_ran

кам Ленинградского Гос. университета; 5/ с 25/XI–1942 г. по 1/X–1944 г. руководил кафедрой общей биологии 1-го Ленинградского медицинского института; 6/ 1/XI–1943 г. по силе – зав. кафедрой биологии Ленинградского института усовершенствования учителей.

Научно работать я начал под руководством проф. А.А.Еленкина. Основным этапом моей научной деятельности [является] следующее: 1/ Период средней школы (1923–1924 гг.) – морфология и систематика синезеленых водорослей; опубликовано 4 небольшие работы (из них 2 совместных с руководителем); 2/ студенческий период (1924–1930 гг.) – морфология и систематика синезеленых водорослей и слизистых лишайников; опубликовано 6 работ; в январе 1928 г. выступал с 2-мя докладами на Всесоюзном съезде ботаников, а летом 1928 г. участвовал в экспедиции по изучению флоры споровых растений Карелии. 3/ Период аспирантуры (1930–1933 гг.) – монографическая обработка синезеленых водорослей сем. Глеокапсовых, начало изучения почвенных водорослей; 4/ с 1933 г. – изучение флоры водорослей СССР – сначала почвенных водорослей, а с 1936 г. – монографическая обработка харовых водорослей, в связи с чем в 1936 г. – экспедиция на озера Южного Урала. Кроме того, непосредственным следствием педагогической работы явилась, начиная с 1935 г., литературная научно-популярная деятельность, в частности составление 4-х книг по споровым растениям из серии «Библиотека учителя средней школы», издаваемых Учпедгизом.

В итоге всей моей деятельности мною написано 50 работ, из которых 28 научных и 22 научно-популярных и методических. 33 работы (в объеме 47 печатных листов) опубликованы, 17 работ (в объеме около 38 печ. листов) сданы в печать.

Моя общественная работа целиком протекала в Ботаническом институте АН СССР, преимущественно в качестве выборного члена профгруппы Отдела споровых растений, а также пропагандиста и т.д. С 1943 г. – член редколлегии, а затем ответственный редактор стенной газеты. В июле 1944 г., после годового кандидатского стажа я принят в члены ВКП(б). 27 июня 1943 г. награжден правительственной наградой медалью «За оборону Ленинграда».

В Национальной библиотеке Республики Коми впервые удалось ознакомиться с редкими изданиями о близком родственнике М.М. – Эрихе Федоровиче Голлербахе. При этом серьезным подспорьем послужили интернет-ресурсы. В связи с 300-летием Царского Села в рубриках «Энциклопедия Царского Села» и «История Царского Села в лицах»: среди знаменитых «царскоселов» приводятся биографии: «Эрих Федорович Голлербах (1895–1942)» [<http://tsarselo.ru/yenciklopedija-carskogo-sela/istorija-carskogo-sela-v-licah/gollerbah-erih-fedorovich-1895-1942.html#WqTd9h3FLcs>] и «Максимилиан Максимилианович Голлербах (1907–1989)» [<https://tsar-selo.ru/yenciklopedija-carskogo-sela/istorija-carskogo-sela-v-licah/gollerbah-maksimilian-maksimiliano-vich-1907-carskoe-selo-1989.html>].

М.М.Голлербах:

становление почвенного альголога

Невиданный взлет науки (1920-е гг.). В

1920-е гг. новая власть, как бы ни отрицали это некоторые современные либеральные историки, уделяла научному сообществу и развитию науки пристальное внимание. И это понятно, поскольку наука должна была сыграть важную роль в просвещении народных масс, в создании экономической основы для продвижения страны к социалистическим целям и бесклассовому обществу. В самые трудные годы Гражданской войны возглавляемый А.В.Луначарским Народный комиссариат просвещения РСФСР делал все возможное в тех условиях для спасения науки, для включения видных ученых в активную научную жизнь, обеспечения условий для научной работы. В эти годы, к примеру, по предложению А.М.Горького был создан Дом ученых [6, с. 949]. Двадцатые годы явились годами относительного благополучия и для биологии, что, несомненно, было связано «с введением новой экономической политики, представлявшей собой попытку возрождения здравого смысла в социальной сфере. НЭП привел к оживлению не только в сфере экономики, но и культуре, в области науки. Именно в эти годы сформировались плодотворные школы генетиков. Однако с середины 1920-х гг. наметился переход к демонтажу НЭПа. Как известно, переломным в этом отношении явился 1929 год» [7, с. 57].

Своеобразной была обстановка в 20-е гг. и в области школьного образования. Она характеризовалась решительным переходом от сухого книжного изучения к непосредственному познанию живой природы. Особым типом научно-педагогических учреждений служила созданная в эти годы сеть экскурсионных станций. Создание экскурсионных естественно-научных станций – это идея и детище И.И.Полянского*. Одна из экскурсионных станций городским Отделом народного образования была открыта в г.Павловске (окр. г.Ленинграда). В 1918 г. ее организовал и возглавил проф. И.И.Полянский. В деле ее организации свою роль сыграла связь И.И.Полянского с Министерством просвещения Временного правительства и знакомство с Наркомом просвещения А.В.Луначарским. Как уже отмечено, в основе создания станций «лежала идея максимального сближения преподавателя естествознания в школе с природой. На такие экскурсии выезжали группы учащихся, и руководители станции с участием преподавателей школы проводили экскурсию в природу»... «Они» «приносили большую познавательную пользу учащимся. Кроме того (время было голодное), экскурсионным станциям

* В 1900 г. И.И. Полянский окончил естественное отделение физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета с дипломом I степени, который давал звание кандидата естественных наук (в те годы было такое звание – МГ). Считал себя учеником В.М.Шимкевича (в 1920–1923 гг. – ректор университета). По окончании университета И.И.Полянский был оставлен на кафедре зоологии в профессорской должности. Но с подъемом науки и образования решил посвятить себя научно-педагогической деятельности в области естествознания.

отпускались продукты, так что после экскурсии всех участников кормили сытным завтраком. Ленинградским городским отделом образования руководила З.К.Лилина – жена Зиновьева. Как вспоминал Ю.И. Полянский, сын И.И. Полянского, «она» была неплохим организатором, и с отцом у нее установились хорошие деловые взаимоотношения... Она полностью доверяла отцу и другим прогрессивным педагогам того времени...» [8, с. 36].

Ю.И. Полянский вспоминал [8]: «...Павловская экскурсионная станция взяла на себя еще более важную функцию по переподготовке учителей-биологов. Она также много способствовала разработке методики преподавания биологии в школе, в особенности школьных биологических экскурсий. При станции с 1921 г. издавалось полупериодическое издание «Экскурсионное дело», которое редактировал отец... Он оставил богатое литературное наследство». Еще до революции им был составлен учебник природоведения для младших классов гимназий «О трех царствах природы»... Широкой известностью пользовалась книга «Сезонные явления в природе». Отец умел сложные вопросы излагать в общедоступной форме». Периодически в качестве лекторов и руководителей экскурсий учителей приезжали на Павловскую экскурсионную станцию видные ученые, например, акад. В.Л. Комаров, действительный член АН СССР (1920), у которого были добрые отношения с И.И. Полянским. Как виднейший методист-естественник он сумел больших ученых из Академии наук привлечь и к работе на станции. Из Ботанического института АН СССР на станции совместителем работал альголог-лихенолог А.А. Еленкин, с именем которого связано развитие альгологии в России. Одной из своих задач он видел ознакомление педагогов со споровыми растениями. А.А. Еленкин разработал для них и опубликовал руководство [10, с. 1], которое издано под редакцией И.И. Полянского в качестве учебного пособия для трудовой школы.

Юного Максимилиана привел на Павловскую биологическую станцию школьный учитель биологии Юрий Кос. Этот очень важный момент в будущей творческой биографии М.М. подробно описан по воспоминаниям его супруги Антонины Петровны Голлербах [4, с. 51–52]. Он был учителем биологии в мужской (Николаевской) и женской (Мариинской) гимназиях Царского Села (в 1920-е гг. переименованные в Царскосельские трудовые школы), в которых учились Максимилиан и Антонина (семейные имена Матя и Тося). Юрий Кос был большим другом семьи А.П. и позднее она дружила и с его сыном (тоже Юрий Кос). (По свидетельству И.И. Полянского, опухший от голода мальчик был приглашен подкормиться на станции). Спустя десятилетия, невозможно без волнения читать страницы дневника 17-летнего юноши Максимилиана с описанием голодных лет послереволюционного перио-

да, которые влекли раннее социальное взросление людей.

Запись в дневнике за 10 октября 1924 г.

«Так сильно наша психика связана с физическим состоянием, прямо-таки эти понятия неразделимы. Можно с уверенностью сказать, что на мое [физическое] состояние большое влияние оказало голодное время. Шутка ли сказать, ведь голод доходил до того, что кошек и собак ели. Голод доходил до ужаса, до низости... 1917–18–19 года, один из самых важных для меня, когда я формировался и из меня делался человек, можно считать совершенно вычеркнутыми из моей жизни. Одно чувство – голод, одно желание – есть, вот содержание тогдашней жизни. Намного они сократили нашу жизнь. А после этого почти полных четыре года усиленной работы: зимой – в школе и Павловск, а летом – 3 дня в Павловске, громадные огороды и усиленная работа на выставки и съезды. ... Эти годы мне принесли громадную пользу».

А.А. Еленкин открывает для юного Голлербаха широкий горизонт. Молодые Максимилиан Голлербах и Володя Полянский (сын И.И.) проявили серьезный интерес к ботанике и со школьных лет начали работать препараторами на Павловской станции под руководством А.А. Еленкина. Семья Голлербахов жила бедно. Заработанные 20 руб. в месяц Максимилиан отдавал матери. Знакомство на Павловской станции с А.А. Еленкиным и сыновьями И.И. Полянского, с которыми он подружился на долгие годы, для творческой биографии М.М. Голлербаха приобрело судьбоносное значение. Воспитание юношей под руководством А.А. Еленкина проходило в лучших «биологических традициях». Их формировало серьезное отношение к первым объектам исследования во время экскурсий с А.А. Еленкиным в природу, совместные наблюдения, многочасовая работа с микроскопом. Первые научные работы Володи и Максимилиана появились уже в 15-летнем возрасте. А.А. Еленкин с особой любовью относился к своим ученикам. Огромное влияние А.А. Еленкина на общую эрудицию и культуру юношей описал Ю.И. Полянский, который, выбрав своей специальностью протозоологию под руководством проф. Догеля, за два года прошел у А.А. Еленкина альгологический практикум. С огромной к нему теплотой Юрий Иванович вспоминал эти занятия как член образовавшегося «биоценоза» – М.М. Голлербах, В.И. Полянский и Ю.И. Полянский [8, с. 61]. Все трое стали по жизни видными учеными. Юношеские молодые годы оказали огромное влияние на Максимилиана Голлербаха, на его эрудицию и культуру. Он стал учеником А.А. Еленкина. Под его руководством в 1921 г. он занимался в Отделе споровых растений Главного ботанического сада (Вот откуда началась дорога М. Голлербаха в Ботанический институт АН СССР). С тех пор он считал А.А. Еленкина не только своим учителем, но и лучшим другом всей своей жизни.

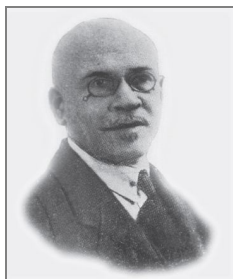
Запись в дневнике за 7 апреля 1925 г.

«Дружба с А.А. – это такое светлое событие в моей жизни, которое внесло полнейший переворот в моих помыслах на будущее, раскрыло мои горизонты, окрылило меня. Все-таки мною

* После кончины И.И. Полянского в 1930 г. сыновьями посмертно изданы его труды: «Сезонные явления в природе» (совместно с Ю.И. Полянским) выдержало 5 изданий; «Ботанические экскурсии» выдержало 2 издания. Редактор изданий – В.И. Полянский [9, с. 1567].



И.И.Полянский



А.А.Еленкин



М.М.Голлербах



Ю.И.Полянский



В.И.Полянский

написаны две самостоятельные работы, правда небольшие, и которым я не придаю значения, но все-таки работы, и я имею право ими гордиться. Приобрел я очень много, но, как мне кажется, не максимум того, что можно было бы приобрести. Люблю ли я свое дело? Иногда мне кажется да, иногда – нет. Собственно по-настоящему я еще не работал, и я хочу работать. В общем, эти 4 года прошли не вяло. При всем их громадном значении для меня, фактического материала я почерпнул в течении их немного. И это меня огорчает... Одним словом, я чувствую необходимость расширить кругозор, больше читать, думать... Когда я начинаю работать, я забываю все свои сомнения и только после окончания они могут снова овладеть мною».

«После скоростной смерти моего отца, – пишет Ю.И.Полянский [8, с.75], экскурсионная Павловская станция как научно-педагогическое учреждение перестало существовать».

Царское Село в родословной Голлербахов. В творческом становлении М.М.Голлербаха как исследователя далеко не последнее место сыграли его родословные связи и неповторимая творческая обстановка Царского Села. Предки братьев Голлербахов – выходцы из Германии, были ремесленниками. Прадед семьи Голлербахов (по отцу) Иоганн Георг в 16 лет (примерно в 1815 г.) эмигрировал в Россию, поселился в Санкт-Петербурге, стал российским подданным <и как потомственный пекарь> открыл немецкую булочную. Родословная М.М. Голлербаха, в том числе о его отдаленных предках, опубликована [4]. Эти сведения в рукописном виде (запись 1974 г.) оставила Елена Максимилиановна Голлербах, родная сестра М.М., и его супруга А.П.Голлербах. Упоминания о близкородственной связи М.М. с его двоюродным братом Э.Ф.Голлербахом в этих записях более чем 40-летней давности отсутствовали. Оба брата с разницей в 12 лет родились в Царском селе: Эрих Фёдорович (Э.Ф.) – 11(23) марта 1895 г., Максимилиан Максимилианович (М.М.) – 2(20) июня 1907 г. Атмосфера Царского Села, несомненно, сказалась и на их раннем духовном взрослении [11, с. 56; 12]. Оба нарушили традиции предков и выбрали творческие профессии. Уже в юношеские годы М.М.Голлербах начал себя осознавать как личность.

После окончания в 1924 г. Трудовой Детско-сельской школы I ступени (до ноября 1918 г. – Императорская Николаевская Царскосельская гимназия, в истории которой оставили след и отдельные

родственники М.М.Голлербаха) по настоянию А.А. Еленкина 18-летний Максимилиан получает направление в Ленинградский университет (сравни Автобиографию).

Из дневника за 10 октября 1924 г.

«Я иногда <хотел бы> заглянуть в будущее, и другой раз оно мне кажется ужасным. От своей буржуазной мелкой среды (**выделено МГ**) я оторвался, ее интересами я жить не могу, но достаточно ли у меня данных, чтобы пристать к другой интеллигентной среде, которую я увидел и к которой меня тянет неудержимо. Не останусь ли я, так сказать, лишним человеком, чем-то средним между мещанством и интеллигентностью? Такого сознания, мне кажется, я не перенесу».

А.А.Еленкин проявил личное участие в дальнейшей судьбе юного Голлербаха.

Запись в дневнике за 7 апреля 1925 г.

«Мне А.А. предлагает идти по Физическому отделению Университета, предлагает мне широкий путь, **открывает мне широкий горизонт (МГ)**. И я пойду по этому пути, я стремлюсь к этому свету, который мне показал А.А. и указал путь к нему. Только мой скверный скептицизм к своим силам, уму и способностям несколько омрачает картину того будущего, который мне рисуется. Милый А.А. так огорчается, что я мало работаю по ботанике. Но что сделать. Мне самому это ужасно жаль. Я скучаю без этой работы, меня тянет к ней, но что же сделать?... Может быть, А.А. думает, что у меня нет охоты, что мне эта тема наскучила. Но он в таком случае ошибается, Я всегда с охотой думаю о ней. **Милый и дорогой А.А. Как он меня любит. И за что? (МГ)**. Я в себе так копаюсь и нахожу тьму недостатков. Во мне странное сочетание сомнения в своих качествах и невольного самолюбования, которое я опять-таки ненавижу всеми силами души».

А.А.Еленкин предложил Максимилиану жить у него в Ленинграде. Дал ему отдельную обставленную комнату в квартире дома для сотрудников Ботанического института и взял его на полное иждивение. Так М.М. стал ленинградцем. Поступает с другом Володей Полянским на географический факультет университета. Через год они переводятся на биологический. Весь период обучения в университете Максимилиан продолжает работать на Павловской экскурсионной станции (до 1930 г.) и заниматься под руководством А.А.Еленкина в Ботаническом институте, изучая морфологию, биологию и

систематику синезеленых водорослей. М.М. окончил отделение биологии физико-математического факультета по специальности «биолог-физиолог» при кафедре физиологии растений акад. С.П.Костычева*. Как покажет направление будущих исследований аспирантской темы М.М., была ли, вряд ли, эта вузовская специализация уж столь случайной?

На протяжении десятилетий научная деятельность М.М.Голлербаха протекала в Отделе споровых растений Ботанического института. История Ботанического института АН СССР им. В.Л.Комарова (ныне – БИН РАН) как старейшего в стране научного учреждения связана с деятельностью Петра I и подробно освещена в печати. В 2014 г. БИН РАН отметил свое 300-летие [13, 14]. В дореволюционный период изучение споровых растений связано с именем А.А.Еленкина**. Ключевой период в истории БИНа – 1931 год: Постановление сессии Академии наук СССР об объединении Ботанического сада и Ботанического музея в единый Ботанический институт [13]. С 1931 г. образован единый Отдел споровых растений, в состав которого вошли: из Ботсада – Институт споровых растений и Отдел гидробиологии, из Ботанического музея – Отдел низших растений. В 1932 г. Отдел споровых растений возглавил лихенолог В.П.Савич*** [15]. В 1930-е гг. Отдел споровых растений «был тихой заводью, почти без молодежи. В институте царил дух благопристойности и профессора при встрече снимали шляпы» (из личной переписки с сотрудниками БИНа в 1960-е гг.). В общении с ними ни у кого не было большой дистанции. Ближайшим соратником М.М.Голлербаха, начиная с его аспирантских лет, становится В.П.Савич. Под его руководством усилия Отдела споровых растений были направлены на составление «Флоры споровых растений СССР». Аспирантский период в Отделе споровых растений БИНа станет для М.М.Голлербаха началом его научно-организационной деятельности.

Завершающим этапом становления М.М.Голлербаха как почвенного альголога является аспирантский период его обучения. Перед А.А. Еленки-

ным встал вопрос о руководстве и выборе темы аспиранта. В целях расширения его кругозора А.А. поручает руководство аспирантской темой А.Н.Данилову, которого с самого начала организации Отдела споровых растений он пригласил для ведения экспериментальных работ по водорослям и лишайникам****. Будучи альгологом физиологического направления, А.Н.Данилов был очень близок к группе А.А.Еленкина. В научной судьбе М.М.Голлербаха А.Н.Данилов сыграл выдающуюся роль.

Из письма М.М.Голлербаха Э.А.Штиной за 27 апреля 1979 г.

«В кругу читаемой А.Н.Даниловым литературы, естественно, был и "Научно-агрономический журнал", в котором в 1928 г. была опубликована статья А.А.Рихтера и К.И.Орловой о водорослях в почвах окр. г.Саратова. Статья была замечена А.Н.Д. и он, со свойственной ему мудростью, обратил внимание А.А. на это направление и порекомендовал взять эту тему для меня, что и было принято. Помню, что за первыми сборами проб в район Луги он поехал вместе со мной и, как человек агрономического уклона, отработал со мной методику сбора проб именно на обработанных почвах. Обучил и культивированию их, а во всем остальном полностью представил самому себе. Даже рамки темы точно не были определены. Ему, по-видимому, хотелось, чтобы я был физиологом, но я был слишком «еленкинец» и оставался флористом-систематиком» (См. также: [4, с. 55–56]). Рекомендация А.Н.Данилова по теме аспирантской работы А.А.Еленкиным была принята. Важно подчеркнуть, что хотя А.А.Рихтер не продолжил поднятую им тему, но именно благодаря ему в центре «классической альгологии» начала зарождаться почвенная альгология.

Со времени публикации в 1936 г. результатов аспирантской работы М.М.Голлербаха минуло более 80 лет. Но она не потеряла своей значимости и в наши дни, особенно для начинающих альгологов. Во-первых, этот первый основополагающий труд «К вопросу о составе и распространении водорослей в почвах» [16], выполненный М.М.Голлербахом за годы обучения в аспирантуре, дает цельное представление об историческом фоне, на котором начала свое развитие отечественная почвенная альгология. Сам акад. А.А.Рихтер, хотя и не придал значения своей первой работе по почвенным водорослям, но в эпиграфе к ней подчеркивал: «Ясно, что роль водорослей в жизни почвы не может быть мала и что ближайшее знакомство с ними должно быть поставлено на очередь». И эта «очередь» в

* С.П.Костычев (1877–1931) в 1900 г. закончил Петербургский университет. С 1914 г. работает в этом же университете зав.кафедрой физиологии растений. С 1923 г. – руководитель лаборатории биохимии и физиологии растений АН СССР. С 1930 г. – директор Института микробиологии ВАСХНИЛ.

** А.А.Еленкин окончил Варшавский университет (1898). Из Варшавы его как талантливого студента выписал на заведование гербарием споровых растений директор Императорского Санкт-Петербургского Ботанического сада А.А.Фишер фон Вальдгейм. Долгое время он возглавлял кафедру ботаники Московского университета. После окончания МГУ и получения степени магистра (1865) и доктора ботаники (1867) был назначен директором Варшавского ботсада (1896). В гербарии А.А.Еленкин стал заниматься в основном флорой лишайников и создал первые флористические сводки (1906).

*** Формирование В.П.Савича как ботаника проходило, начиная со студенческих лет (1904–1912 гг.), в Ботаническом институте (препаратор кабинета Петроградского университета и куратор Гербария Ботанического института). С осени 1906 г. – Ботсад Петра Великого (практикант, препаратор). Заинтересовался споровыми растениями и становится одним из первых учеников А.А.Еленкина (зав. Спорным гербарием Ботсада), посвятив себя изучению лишайников.

**** Большое значение имела также организация при Институте споровых растений в 1914 г.биолого-физиологической лаборатории, порученной А.Н.Данилову. В этой лаборатории велось экспериментальное и цитологическое изучение растений, преимущественно водорослей и лишайников, связанное с систематико-флористическими работами. А.Н.Данилов сочетал в себе эрудицию ученого с недоужинными способностями техника-экспериментатора и в короткий срок сумел широко развернуть постановку лабораторных исследований в различных направлениях [17, с. 121–122]. В те годы это было новой страницей в познании различных сторон жизни споровых растений.

предложенной А.Н.Даниловым аспирантской теме настала. В чем была основная трудность? Нужна была «необходимость доказательства самого существования в толще почвенного слоя особой флоры» (цит. по... [16, с. 101]). Это и привело к изучению почвенных водорослей, прежде всего в физиологическом аспекте с использованием культуральных методов. И это понятно. «Заметные на глаз» разрастания водорослей на поверхности почвы издавна легко обнаруживаются ботаниками. Для выявления же «скрытой» жизни водорослей в почвах приходится прибегать к специальным методам. И опыт А.Н.Данилова как физиолога «агрономического уклона», работающего с культурами на искусственных жидких питательных средах, для аспиранта оказался незаменим.

Были ли у аспиранта М.М.Голлербаха предшественники, которые «подвергали почвенные пробы микробиологическому анализу путем засева их в питательные среды»? [16, с. 101]. Альгологам давно известно имя мисс Бристоль (В. Muriel Bristol) с Ротамстедской сельскохозяйственной станции (Англия). В ее задачу не входило изучение всего разнообразия состава почвенных водорослей, а только – азотофиксирующих видов. М.М.Голлербах в своей «аспирантской сводке» приводит наиболее полный список работ Бристоль за период 1919–1928 гг. Ее усовершенствованным методом культивирования пользовались те же А.А.Рихтер и К.И.Орлова, хотя видового состава водорослей опять-таки касались «лишь попутно». Но как подчеркивал и М.М.Голлербах, историческое значение этой работы, безусловно, сохраняется, поскольку «в ней впервые в научной русской литературе была ясно сформулирована необходимость работы в этом направлении». Вот почему «выяснение видового состава водорослей представлялось аспиранту» первоочередной задачей» [16, с. 109].

Разработку аспирантской темы М.М.Голлербах начал осенью 1930 г. Как уже отмечалось, А.Н.Данилов не определил рамки темы. Аспирант был «полностью предоставлен самому себе»...

«Уже в годы моей аспирантуры, – подчеркивал М.М., – А.Н.Д. стал работать как чистый физиолог по фотосинтезу с хлореллой, и с переходом заведования отделом от А.А. (Еленкина) к В.П.Савичу – пришел в штат Отдела физиологии БИН...». Возвращаясь через многие годы к итогам этой первой сводки, невольно испытываешь творческое волнение, оценивая ее с позиции сегодняшнего дня. Ясно представляешь себе не только исторический фон, на котором зарождалась отечественная почвенная альгология. Поражает глубокий анализ зарубежной литературы. Благодаря богатейшим библиотекам Ленинграда и Ботанического института [18], многочисленные источники изучены аспирантом в оригиналах. Аспирантская работа М.М. стала первой, в которой для культивирования водорослей использована «среда Данилова» (в различных модификациях она широко применяется исследователями и в настоящее время). Основным результатом экспериментального исследования, проведенного в лаборатории Отдела споровых растений Ботанического института АН СССР, был первый систематический список почвенных водорослей (на примере почв Ленинградской области). По итогам аспирантуры М.М. Голлербах благодарит старшего ботаника А.Н.Данилова, *по инициативе (МГ)* и под руководством которого была начата настоящая работа, и А.А.Еленкина как одного из зачинателей планомерного изучения низших растений в нашей стране «за проявленный к этой работе живой интерес и за ценные указания при обработке систематического списка» [16, с. 110]. Почему период аспирантской подготовки М.М.Голлербаха был исключительно важен и для самого А.А.Еленкина? 1920–1930-е гг. были для него завершающим периодом научного творчества. А.А. начал сосредотачиваться на изучении водорослей. М.М.Голлербах и В.И.Полянский были последними его учениками. У Владимира Ивановича для изучения проблемы видообразования объектом стали одноклеточные водоросли. На долю Максимилиана Максимилиановича выпали почвенные водоросли [19, с.1334]. При таком сте-



Э.Ф. Голлербах в своем кабинете. Царское Село. 1920-е гг. Фото Н.И. Гнедич. Фото взято из Интернета.



М.М.Голлербах за микроскопом в лаборатории Ботанического института АН СССР, 1934 г. Фото из архива Э.А.Штиной.

чении обстоятельств рекомендация А.Н.Данилова при выборе аспирантской темы оказалась «гениальным предвидением». Она не только дала толчок к изучению в стране почвенных водорослей, но по сути заложила основы для формирования в ботанической науке нового направления (А.Н.Данилову сделать из Голлербаха физиолога так и не удалось). Много ли наука знает подобных примеров? С этого времени проблемы почвенной альгологии для М.М.Голлербаха становятся одним из главных направлений его научной деятельности. В 1935 г. по совокупности работ ему была присуждена научная степень кандидата биологических наук.

После окончания аспирантуры (довоенный период 1933–1941 гг.) продолжение научной деятельности М.М.Голлербаха – это период настоящего расцвета ленинградской «Еленкинской школы» альгологов. Для М.М.Голлербаха-аспиранта это было время начала в Ботаническом институте АН СССР его многогранной научной и педагогической деятельности. Аспирантский период завершился публикацией в 1936 г. сводной работы «К вопросу о составе и распределении водорослей в почвах» [16]. А в 1938 г. Отдел споровых растений БИНа начинает публикацию первых, тоже уникальных многотомных сводок А.А.Еленкина «Синезеленые водоросли СССР» (монография пресноводных и наземных водорослей, обнаруженных в пределах СССР). В ней приняли участие В.И.Полянский и М.М.Голлербах. М.М.написал главу по почвенным водорослям, которая стала той первой творческой высотой, которую он достиг к 27 годам по итогам обучения в аспирантуре.

Переломным моментом для дальнейшего развития почвенной альгологии стал военный период. Особенно трагичным был 1942 год: ушли из жизни А.А.Еленкин (умер в эвакуации в Казани) и А.Н.Данилов. М.М.Голлербах с трудом перенес блокаду Ленинграда. Об этом страшном времени вспоминает незадолго до своей кончины супруга М.М.Голлербаха.

Из воспоминаний А.П. Голлербах за 8 июня 1993 г. [3].

«М.М. лежал, обложенный утюгами и грелками, врач Академии наук Зейц говорил мне: “Мужайтесь, Вы женщина из Ленинграда, Ваш муж не встанет”. Аллочка ухаживала за ним, школа не работала... 8.06.1942 г. мы с Зиновой пошли в райком партии и через замечательного секретаря райкома получили разрешение открыть в БИНе лечебное питание на 100 человек... М.М. лежал в постели, около него поставили вертящуюся этажерку. Зинова Анна Дмитриевна приносила ему из библиотеки книги, и М.М. работал над докторской диссертацией, лежа в постели. Потом он стал понемножку ходить...и в 1944г. поехал в Казань и защитил диссертацию на доктора... (ср. автобиографию – МГ). Когда вернулся БИН из Казани, М.М. стал зав.отделом альгологии, который был на него оставлен и при эвакуации БИНа в Казань». После защиты докторской диссертации стал первым в стране доктором по проблеме почвенной альгологии.

М.М.Голлербах – лидер советской почвенно-альгологической школы

Максимилиан Максимилианович Голлербах около 70 лет жизни отдал Ботаническому институту АН СССР (1921–1989)*, при этом руководству лабораторией альгологии – три десятилетия. После А.А.Еленкина он по сути возглавил альгологию в стране. В ботаническую науку М.М.Голлербах вошел как продолжатель дела своего Учителя. Свое лидерство в советской альгологии М.М. объяснял так: *«...Вся моя жизнь и работа связаны с образом моего учителя и друга Александра Александровича Еленкина. И если мне удастся сделать хотя бы малую толику того, что он сделал для меня, это доставляет мне большую радость как дар его светлой памяти».*

Памяти ряда своих коллег (В.П.Савич, Н.Н.Воронихин, В.И.Полянский) М.М. посвятил очерки с анализом их творчества [15, 20, 9]. Особенно он дорожил многолетним научно-организационным опытом В.П.Савича [17, с.115], который подчеркивал: с созданием отдела споровых растений «в изучении споровых...флористико-систематические исследования остаются исходными и первоочередными». Как блестящий редактор, М.М.продолжил начатое его предшественниками создание «Определителей» и «Флор» в целях «научно грамотного» определения водорослей при инвентаризации споровых. Это сыграло определяющую роль в развитии региональных альгологических исследований. Флористическое направление исследований не изжило себя и сегодня, но переходит на новый уровень с использованием генетических методов.

Продолжил М.М. и направления своих личных исследований, объектами которых были почвенные и харовые водоросли и систематика синезеленых. Как «систематик еленкинской школы» с аспирантских лет до конца своих дней М.М. прорабатывал проблему филогенетической систематики водорослей: не приняв «микробиологической природы» синезеленых, он отставил их «водорослевую природу», считая что водоросли и бактерии – это две самостоятельные ветви развития [4, с. 57–58].

Но вместе с тем, разграничить личные исследования М.М.Голлербаха как лидера альгологии в стране и его научно- организационную работу, которая «приводила в действие многочисленные коллективы альгологов», было достаточно трудно.

Из воспоминаний Л.А.Рундиной (Лаборатория БИНа).

«Мы редко видели его за микроскопом: все время занимало редактирование, оппонирование, рецензирование и многочасовые обсуждения раз-

* По материалам личного архива М.М. повторно приводится его послужной список в цитируемом варианте [21, с.335]: Архив Ботанического института. Ф.273. Т.4. №32: М.М. «последовательно занимал должности: ученого секретаря (1930–1938 гг.), затем старшего научного сотрудника... В 1947 г. возглавил организованный в Отделе сектор альгологии, которым руководил до 1979 г. И одновременно с 1963 г. по 1979 г. заведовал Отделом споровых растений БИН АН СССР.

нообразных тем с альгологами из других городов и республик б. СССР. М.М. был центром притяжения специалистов для разработки координации работ по изучению водорослей» [4, с. 59].

Да, редактирование было особой сферой научной деятельности М.М.Голлербаха. Именно она служила цементирующим началом в его многолетней координирующей деятельности. В этом плане многим было известно расхожее выражение: «Через Голлербаха прошла вся живая альгология». Хотя «обилие подсобных работ», по его выражению, сильно удручало.

Из переписки М.М.Голлербаха с Э.А.Штиной [3, с. 24].

«...О стиле своей работы. Очевидно, во мне самом, в какой-то дурной немецкой особенности не пропускать ни одной дурно написанной строчки... Дурацкий институт ответственных редакторов, который обязывает тебя как редактора отвечать за все, что является ответственно-стью автора».

М.М. не мог жить без преподавания. Как блестящий лектор он начал преподавать еще в аспирантские годы, не прекращая лекционной работы – даже в трудные военные. М.М. – автор ряда учебных пособий о жизни водорослей. Всего им написано 22 научно-популярных и методических работ (из автобиографических сведений).

Под влиянием работ М.М.Голлербаха по регионам б. СССР начали возникать центры развития почвенной альгологии и новые направления исследований. Семья альгологов разрасталась до масштабов «Альгологического братства», подробно нами описанного [3, с. 26–32]. На протяжении десятилетий ведущим центром в альгологии оставался «Еленкинско-Голлербаховский центр». Творческий вклад М.М.Голлербаха в развитие советской почвенной альгологии неразрывно связан с именем его ближайшего соратника и друга Эмилии Адриановны Штиной, плодотворное сотрудничество которых продолжалось более 30 лет и прервалось лишь с кончиной М.М. Максимилиан Максимилианович и Эмилия Адриановна (1910–2007) – ровесники ушедшей от нас эпохи зарождения и взлета отечественной альгологии. Еще одно из ярких ее явлений – созданная Э.А.Штиной «Кировская научная школа». Творческий союз М.М. и Э.А. положил начало новому этапу развития в почвенной альгологии – экологическому направлению, опередив зарубежные исследования. В очередной раз эти достижения подтвердили общеизвестный тезис, что уровень науки в первую очередь определяется не географией, а личностью ученого [22].

Э.А.Штина пыталась понять, в свою очередь, первоисточники «явления Голлербаха» в ботанической науке. Она неоднократно подчеркивала, что оно возникло от случайного сочетания таких обстоятельств, как генетика, семья, невиданный взлет науки в первое десятилетие советской власти и сам Ленинград как символ блокадных испытаний. Настоящая статья затронула каждое из этих слагаемых. Но на первое место Э.А. ставила все же генетический фактор. При этом, безусловно, его подчер-

кивались лишь социальные корни рода Голлербахов. Знакомство с жизнью и творчеством Эриха Федоровича Голлербаха (11 марта 1895, Царское Село – 4 марта 1942, Вологда) известного искусствоведа, художественного и литературного критика, библиографа и библиофила, крайне близкого по родству к М.М.Голлербаху (двоюродный брат и по матери и по отцу), обнаруживает общность их интересов «естественно-гуманитарной» направленности.

Широко известно, что в научном наследии М.М.Голлербаха видное место занимает библиография. В этой сфере деятельности у М.М. были такие предшественники, как известный библиограф И.А.Оль, опубликовавший указатель по ботанической литературе за 1930–1937 гг. [18, с. 277], и, конечно, сам А.А.Еленкин. «От своего учителя А.А.Еленкина М.М. унаследовал понимание большого значения библиографии, в частности, при изучении водорослей, освоение их ресурсов в нашей стране и оповещение зарубежных альгологов...» [19, с. 1336]. Немаловажен сам по себе факт, что среди ближайшего окружения М.М. в БИНе был такой выдающийся библиограф, как Д.В. Лебедев (1946–1949 гг. – зав библиотекой БИНа, 1949–1952 гг. – врио директора Библиотеки АН СССР под руководством С.И.Вавилова)*.

М.М.Голлербах и региональные исследования в Коми. История формирования на европейском Северо-Востоке различных направлений ботанической науки неразрывно связана с Ботаническим институтом им.В.Л.Комарова РАН [14]. Становление и развитие почвенной альгологии в Коми целиком определили М.М.Голлербах и Э.А.Штина [4]. С 1960-х гг. прошлого столетия важнейшим направлением Института биологии Коми филиала АН СССР становится изучение состава и роли споровых растений в растительном покрове районов Крайнего Севера. Памятным событием в жизни «альгологического братства» 1980-х гг. стал северный форум «Биологические проблемы Севера» (Сыктывкар, июнь 1981 г.), популярность которого в те годы была огромна. Впервые в практике его проведения Институт биологии Коми филиала АН

* «У Э.Ф.Голлербаха также велико прежде всего библиографическое наследие... Самым главным и наиболее серьезным увлечением <Эриха> Голлербаха явилось библиофильство. Эта страсть, зародившаяся с детских лет, была для него наиболее органически связанной ... со всей литературной работой» [11, с. 28]. В библиографической литературе он ценил не только ее информационную, но и историко-культурную ценность [23]. А уж если говорить о непревзойденном мастерстве М.М.Голлербаха как редактора, то невольно возникает аналогия с «высоким чувством слова», присущим Э.Ф.Голлербаху как писателю и поэту. «Светлый острый философский ум» М.М.Голлербаха (по выражению Э.А.Штиной) невольно ассоциируется с Э.Ф.Голлербахом как философом. Царскосельская среда сделала его человеком разносторонних талантов. «Большое влияние на формирование личности молодого Голлербаха оказало его знакомство, а затем и четырехлетняя дружба с Василием Васильевичем Розановым (1856–1919). Своеобразный философ, писатель, публицист» [11, с. 15]. Не случайно Э.Ф.Голлербаха называли «философом Розановского типа». И как при таких совпадениях не вспомнить слова М.Цветаевой: «Наша кровь старше нас».



М.М. Голлербах в Сыктывкаре:
выступает на симпозиуме (1981 г.),
на загородной экскурсии (1987 г.).

СССР организовал секцию «Низшие растения» под руководством М.М.Голлербаха. На ней «споровики» представляли все основные направления ботанической науки*. М.М. привлёк интерес ботаников к спорным растениям с точки зрения их определяющей роли в структурно-функциональной организации экосистем на Крайнем Севере. Впервые была раскрыта и громадная «работа» почвенных водорослей по обеспечению устойчивости биогеоценозов тундры. Вторым мероприятием, связанным с проведением в Сыктывкаре (июнь 1987) с участием М.М.Голлербаха, стала в год 25-летия Института биологии Коми филиала АН СССР выездная сессия Научного совета «Биологические основы охраны и рационального использования растительного мира» [4, с. 80–82]. Основным ее организатором стало Всесоюзное ботаническое общество как основной в те годы координирующий орган ботанической науки**.

Выездная сессия совпала с 80-летием М.М.Голлербаха, который в Научном совете возглавлял альгологическое направление. Она привлекла в Сыктывкар цвет ботанической науки и ведущих альгологов страны (Для многих из них эта встреча с М.М. стала последней, через два года он ушел из жизни). Но для дальнейшего развития почвенной альгологии в Коми эта сессия была поворотным моментом. На ней были подведены итоги изучения альгофлоры в Коми и раскрыта (по Голлербаху) многообразная роль спорных растений как «конституционной основы жизни высокоширотных экосистем» [25–28]***. Эти выводы М.М. оказали благо-

творное влияние при комплексном исследовании водорослей на заполярных территориях Коми. Совершенно новый его взгляд на становление биологического режима тундры как ландшафтной единицы дал нам опору в междисциплинарных исследованиях по изучению структурно-функциональной роли спорных растений в Большеземельской тундре [4, с. 72–74; 28]. К 300-летию Ботанического института РАН были подведены итоги его яркой полярной страницы многолетних исследований на Таймыре [31]. М.М.Голлербах остался в истории науки одним из первопроходцев в изучении водорослей высоких широт.

Тяготы жизни

Несмотря на обаяние личности, жизнь М.М. Голлербаха не была лишена трагизма. По свидетельству его ближайших коллег по лаборатории альгологии, его интеллект в науке не был полностью реализован. На протяжении всей его долгой семейной жизни над ним довлел жесткий диктат, который распространялся не только на семейный уклад, но и творческую сферу его деятельности.

Из письма Е.М.Голлербах к М.В.Гецен за 11 октября 1989 г.

«Дорогая Рита! Обращаюсь к вам по-дружески, поскольку друзья Мати (с детства семейное имя М.М.Голлербаха) и мои друзья, и я очень рада, что Вы написали мне. Мне очень трудно писать о нем, ведь после мамы он был мне самым близким человеком и не только по родству, но и духовно. Мы очень хорошо понимали друг друга, но, к сожалению, редко виделись. Этому мешали большие расстояния и его домашняя обстановка. Оставалась переписка. Его письма, адресованные мне и маме, я храню и перечитываю. Он мог гораздо больше общаться и с родными, и с друзьями, если бы не домашнее рабство. Сколько тепла он мог бы дать еще людям, если бы не это. Как мог он это вынести и оставаться самим собой! Я счастлива, что в 1988 г. он приезжал в Алма-Ату и побывал у меня. (В этот год в Алма-Ате проходил съезд Ботанического общества – МГ). Тогда я не думала, что мы видимся в последний раз, Нить, связывающая всех, кто знал дядю Матю, не должна прерываться».

Еще в юные годы 19-летний Голлербах с огорчением делает запись в дневнике о том «про странстве», которое его разделяет с девушкой, в

участвовал в двух экспедициях: 1951 г. Арало-Каспийская экспедиция по комплексному исследованию водорослей и их роли на такырах Туркмении с участием его двух первых аспирантов [29]; 1956–1957 гг. 2-я советская Антарктическая экспедиция, где он был из ботаников первым альгологом по исследованию почвенных водорослей южного континента [30]. В обеих экспедициях М.М.Голлербах сделал описания ландшафтов с участием водорослей и других групп спорных растений не просто как альголог, а как ботаник широкого профиля с участием почвоведов, геохимиков, биогеографов (Н.И.Базилевич, Л.Е. Родин, Е.Е. Сыроечковский). Было установлено, что в создании органического горизонта такыров велика биологическая роль водорослей. Ландшафты Антарктиды – это «стихия наземных водорослей и лишайников».

* На Коми научного центра УрО РАН. Ф. 3. Оп.1. Д. №179 и 184).

** Создание ВБО было связано с именем патриарха российских ботаников, основателя и первого Президента Русского ботанического общества И.П.Бородин [24]. М.М.Голлербах с 1946 г. – действительный член Ботанического общества.

*** М.М.Голлербах никогда не был в тундре. И как он мог так четко выразить суть своих теоретических воззрений на «ландшафтнообразующую роль водорослей в экстремальных условиях среды»? Может, это была просто игра ума? (Такие примеры науке известны). Нет, эти выводы подготовлены наблюдениями М.М. за «поведением» низших растений в двух крайних для них условиях обитания. В 1950-е гг. М.М.

которую он был влюблен с 16 лет. Этим пространством была и, по-видимому, осталась наука.

Запись М.М.Голлербаха в дневнике за 31 мая 1926 г.

«...Иногда ясная мысль, резкая, и отчетливая – брак с ней невозможен; на ней не мог бы и не хотел бы жениться. Для меня все-таки дороже мир А.А.<Еленкина>, которому Тося чужда...и в этом – огромное разделяющее пространство. Тося науку не понимает, а для меня научное творчество дороже всего (МГ). А совмещение того и другого – невозможно. Такое расхождение огорчает».

Домашняя обстановка влекла и отношения с близкими. Можно предположить, что на долгие годы в семье был «запрет» и на двоюродного брата М.М. – Эриха Федоровича Голлербаха. В 1930-е гг. он попал под «меч» партийного диктата. «Почти вся научная и научно-библиографическая деятельность Э.Ф.Голлербаха падает на 1920-1930-е гг. – сложное время ревизии подлинных художественных ценностей, постоянного (особенно после известного постановления «О перестройке литературно-художественных организаций от 23 апреля 1932 г.») давления со стороны партийных и правительственных органов» [27]. В 1927 г. (год выхода из печати первого издания книги Э.Ф. Голлербаха «Город муз» - МГ) в прессе против Э.Ф. началась кампания обвинений в идеализме и буржуазности.

Несмотря на тяжелый период своей биографии, Э.Ф. строил свою дальнейшую жизнь в соответствии со своими внутренними убеждениями, руководствуясь заповедью философа Н.Бердяева, с которым он был знаком, «превыше всего любите внутреннюю свободу духа»... Жизнь Э.Ф.Голлербаха трагически оборвалась в 1942 г. в возрасте 47 лет.

М.М.Голлербах не был свободным человеком. И это не могло не отложить свой отпечаток на линию его поведения.

Из воспоминаний Л.А.Рундиной [3, с.59].

«Вся обстановка в кабинете была отпечатком личности М.М. Недаром «киты» альгологи, прибывшие в Л-д на Лимнологический конгресс в 1972 г. и не увидевшие там М.М., захотели хотя бы взглянуть на кабинет М.М. и удостовериться, что М.М. не «миф» (так выразился П.Бурелли). Увидев, убедились в реальности существования М.М. и спрашивали с пристрастием меня, почему он не ездит на конгрессы и конференции за рубеж. (Хотя в кругах зарубежных альгологов труды М.М. были хорошо известны – МГ). Что сковывало М.М.? Может быть, невозможность открытого обсуждения событий в стране и науке? Родственник (известный искусствовед) Эрих Голлербах?...Мне кажется, что интеллект М.М. не был полностью использован из-за жесткого контроля в его семейной жизни. Были подавлены его интересы <и> в области искусства».

У М.М.Голлербаха, судя по варианту автобиографии 1945 г., в суровых условиях военного времени просматривается сдержанное поведение: никаких сведений о родственниках, упор странно сделан на преподавательскую работу. Даже местом

своего рождения указано не Царское Село (г.Пушкин), переименованное в 1918 г. в Детское село, в 1937 г. – в г.Пушкин). За год до окончания войны М.М. защищает докторскую диссертацию и после года кандидатского стажа вступает в ряды ВКП(б).

Не лишена трагизма и научная судьба возникшего еще в 1920-е гг. на одержимости наукой прекрасного «союза молодости» (М.М.Голлербах и братья Полянские). В 1940-е гг. братья Полянские прошли через серьезные испытания «лысенковщины». Особо яркий пример мужества и гражданственности проявил Юрий Иванович Полянский, ученый с мировым именем. Он был исключен из партии и лишен всех постов. «Призывы к партийности в науке все отчетливее давали о себе знать в советском обществе...Хотя никакого стремления обеспечить свою карьеру путем вступления в партию с моей стороны не было» [8, с.64, 84]. В Ботаническом институте из ближайшего окружения М.М.Голлербаха известна тяжелая судьба Д.В.Лебедева как «яркого антилысенковца» [32]. Обстоятельства тех лет укоротили жизнь Владимира Ивановича Полянского (1907-1959), в трудах которого основным лейтмотивом проходит проблема вида у водорослей и дарвинизма в биологии [17, 9]. В последние годы В.И. заведовал Ботаническим музеем БИНа. Самую долгую жизнь в этом «союзе» судьба подарила Ю.И.Полянскому (1904–1993). Он был еще участником памятной встречи альгологов в Ботаническом институте по случаю годовщины со дня кончины М.М.Голлербаха (1990): он напомнил молодежи прекрасные годы их учебы у А.А.Еленкина на созданной его отцом научно-экскурсионной станции в Павловске.

У М.М.Голлербаха было стойкое убеждение, что «стареть надо достойно». За несколько дней до кончины он написал мне письмо под девизом «Летальный исход не просматривается» (под подушкой лежали рукописи неоконченных трудов). М.М.Голлербах ушел из жизни в возрасте 82 лет. Э.А.Штина (1910–2007), друг и соратник М.М., скончалась в 97 лет, в год 100-летия со дня рождения Голлербаха.

М.М. Голлербах в памяти и делах современников

Трудно ответить на вопрос, а сколько же у М.М. учеников? Сам он говорил: «Как я могу сказать о человеке, что он мой ученик, а вдруг он обидится? Главное, считает ли он меня своим Учителем». Фактически деятельность М.М.Голлербаха привела к формированию «Голлербаховской» научной школы. Голлербаховцами называли себя не только воспитанники Ботанического института, но и альгологи различных регионов огромной страны (б. СССР), получившие альгологическую специализацию у родоначальников различных научных школ. Всех их через личные контакты объединяла преданность науке, уважение и искренняя любовь к М.М.Голлербаху. Во многих «споровиках» до сего времени есть «голлербаховское» начало. Это и сделало его в свое время центральной фигурой альгологии. Творческое наследие М.М.Голлербаха и его предшественников до сего времени «питает» многое из того, что есть лучшее и в альгологии Ко-

ми. Альгологи Института биологии Коми НЦ УрО РАН тоже вносят свой посильный вклад в сохранение памяти о М.М.Голлербахе.

1992 г. – год 85-летия М.М.Голлербаха. Лаборатория альгологии БИНа организовала памятную альгологическую секцию Координационного научного совета. **1997 г.** – опубликован фотообзор к 90-летию со дня рождения М.М.Голлербаха [4]. Юбилейную дату М.М.Голлербаха и В.И.Полянского альгологи отметили на Всероссийской конференции «Современное состояние альгологических исследований в России» (Санкт-Петербург, апрель 1997 г.), которую организовали лаборатория альгологии БИНа и альгологическая секция Русского ботанического общества. **2005 г.** – к 50-летию развития альгологии в Коми издана «Библиография...» [33], в которой отражен вклад М.М.Голлербаха, его предшественников, соратников и учеников в изучении водорослей на территории Европейского Северо-Востока. **2007 г.** – год 100-летия М.М.Голлербаха был объявлен годом Полярным. Он вместил очень важные события в развитии академической науки в Коми и на Урале и столетия исследований автора в области арктической экологии. В этот год была издана монография [4], в которой размещены очерки о жизни и творческом наследии М.М.Голлербаха и Э.А.Штиной. В 2007 г. к юбилейному заседанию Коми отделения Русского ботанического общества была подготовлена компьютерная версия трудов М.М. Их ценность с годами будет только возрастать, особенно для начинающих альгологов. Так от поколения к поколению будет сказываться роль М.М.Голлербаха в изучении водорослей различных регионов России.

Заключение

Как отрасль ботаники почвенная альгология прошла определенный путь развития. Благоприятные условия для ее становления начали складываться еще в 1920-е гг. прошлого столетия. Они были связаны с одним из самых известных в своем времени ботаников А.А.Еленкиным. Именно он еще со школьных лет начал приобщать юного Максимилиана к ботанике и обозначил сферу его интересов в альгологии. Он предоставил ему великопные возможности получить университетское ботаническое образование и отнюдь не случайно подвел к выбору темы аспирантской работы по исследованию практически неизученных до него почвенных водорослей. Аспиранту по сути предстояло раскрыть их роль в экономике природы. Соратники по совместной с М.М. работе в Ботаническом институте АН СССР [19, с. 1334] так оценивают роль А.А.Еленкина в творческой судьбе М.М.Голлербаха: «Жизнь человека может складываться по-разному. Далеко не всегда единый план ее прослеживается столь четко, как у М.М., со школьной скамьи, что зависит и от собственной целенаправленности, и от благотворного влияния учителей. М.М.Голлербаху повезло...». В итоге работа 27-летнего аспиранта [16] стала основным трудом всей его жизни и положила начало рождению почвенной альгологии в СССР. И это, надо признать, далеко не частный

случай в науке, чтобы работа аспиранта породила новую область ботанических исследований. Причем, это исследование было выполнено им совершенно самостоятельно. Для последующих поколений поучителен опыт М.М.Голлербаха и в отношении активной популяризации среди учащихся и учителей споровых растений. Этот пример А.А.Еленкин показал еще совсем юному Голлербаху. Актуальность более глубокого изучения в общеобразовательных учреждениях такого трудного объекта, как водоросли, сохраняется до сего времени.

С уходом из жизни М.М.Голлербаха и многих его соратников по Ботаническому институту (на своем творческом пути он отдал ему более 70 лет), которые были свидетелями зарождения и расцвета почвенной альгологии, ушла эпоха энциклопедически образованных людей. Для них смысл жизни был в творчестве. М.М. вошел в альгологию и стал лидером направления по почвенной альгологии как продолжатель дела своего Учителя. Творческая биография и жизненный путь М.М.Голлербаха по случаю 110-летия со дня рождения представляют еще один яркий пример российских немцев в изучении природных ресурсов России [21], среди которых огромная созидательная роль в экономике природы принадлежит водорослям. В важнейшей проблеме преемственности поколений [34] М.М.Голлербах и его соратник и друг Э.А.Штина преподавали молодым альгологам пример высокого служения науке. Уменьшение числа исследователей, изучающих почвенные водоросли, все же продолжается. Хочется верить, что опираясь на опыт предшествующих поколений, почвенная альгология получит новый импульс для своего дальнейшего развития.

Автор благодарит сотрудников лаборатории альгологии Ботанического института им. В.Л.Комарова РАН за предоставленные материалы биографического характера М.М.Голлербаха и сотрудника Научной библиотеки Коми НЦ УрО РАН Г.Е.Шикиряву за активное содействие в предоставлении возможности ознакомиться со вторым изданием книги Эриха Федоровича Голлербаха «Город муз» (1930), которая за прошедшие годы успела стать библиографической редкостью и сохранилась лишь в фондах крупнейших библиотек страны, да у некоторых библиофилов.

Публикация подготовлена при поддержке Комплексной программы УрО РАН «Исследователи Севера России: биографика и научное исследование» (проект 18-6-6-2).

Литература

1. Штина Э.А. Памяти М.М.Голлербаха (к годовщине со дня смерти) // Ботан. журн. 1990. Т. 75. №4. С. 580–587.
2. Штина Э.А. Возникновение и развитие почвенной альгологии в СССР (1922–1990) // Альгология. 1992. Т. 2. №4. С. 97–106.
3. Штина Э.А., Гецен М.В. Максимилиан Максимилианович Голлербах (к 90-летию со дня рождения). Киров-Воркута, 1997. 33 с.

4. *Гецен М.В.* Воркута и академическая наука: взгляд через поколения: Научно-популярное издание. Сыктывкар, 2007. 352 с.
5. *Гецен М.В.* Сплав таланта, дружбы и верности. Сыктывкар, 2010. 69 с.
6. *Шкаровский В.С.* Прошлое и настоящее Центрального дома ученых РАН. К 95-летию со времени создания // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №10. С. 949–953.
7. *Захаров И.А., Суриков И.М.* Генетики – жертвы репрессий // Цитология и генетика. 1989. Т. 23. №6. С. 57.
8. *Полянский Ю.И.* Годы прожитые. Воспоминания биолога. СПб.: Наука, 1997. 255 с.
9. *Голлербах М.М.* Памяти Владимира Ивановича Полянского (14 XI 1907– 15 X 1959) // Ботан. журн. 1960. Т. 45. №10. С. 1558–1564.
10. *Еленкин А.А.* Биология низших растений в доступных наблюдениях и опытах. Л.-М., 1925. 220 с.
11. *Голлербах Э.Ф.* Город муз. Повесть о Царском Селе. Л., 1930. 191 с.
12. *Острой О., Юниверг Л.И.* Приложение к факсимильному изданию книги: Голлербах Э.Ф. Город муз. Повесть о Царском Селе. Л., 1930. Сопроводительная статья и примечания. М.: Книга, 1990. 93 с.
13. *Ботанический институт им. В.Л.Комарова – 300 лет* // От Аптекарского огорода до Ботанического института / Под ред. В.Г.Ярмишко. СПб., 2014. 55 с.
14. *Гецен М.В.* Из истории развития ботаники в Республике Коми (в связи с 300-летием Ботанического института им. В.Л.Комарова Российской академии наук) // Ботан. журн. 2015. Т. 100. №6. С. 602–611.
15. *Голлербах М.М., Полянский В.И.* Заслуженный деятель науки, профессор В.П. Савич. К 70-летию со дня рождения // Ботан. журн. 1955. Т. 40. №2. С. 281–286.
16. *Голлербах М.М.* К вопросу о составе и распространении водорослей в почвах // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2. 1936. Вып. 3. С. 99–302.
17. *Савич В.П.* Отдел споровых растений // От Аптекарского огорода до Ботанического института. Очерки по истории Ботанического института Академии наук СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. М.-Л., 1957. С. 115–133.
18. *Лебедев Д.В.* Библиотека Ботанического института // От Аптекарского огорода до Ботанического института. М.-Л., 1957. С. 271–277.
19. *Абрамов И.И., Лебедев Д.В.* Максимилиан Максимилианович Голлербах (к 60-летию со дня рождения) // Ботан. журн. 1968. Т. 53. №9. С. 1334–1339.
20. *Голлербах М.М.* Памяти Н.Н. Воронихина // Ботан. журн. 1955. Т. 41. №6. С. 1230–1234.
21. *Голлербах Максимилиан Максимилианович.* Великая Россия. Российская Биографическая Энциклопедия. Т.11 / Под ред. А.И.Мелуа. В.И.Гохнадель. Российские ученые-естественники немецкого происхождения. Книга 1. СПб.: «Гуманистика», 2014. С.333–335.
22. *Штина Э.А.* Ученый с мировым именем. Педагог. Общественный деятель. Киров, 2009. 449 с.
23. *Острой О.С.* Эрих Федорович Голлербах – библиограф // Библиография. 1995. №5. С. 85–91.
24. *Манойленко К.В.* Иван Парфеньевич Бородин, 1847–1930 / Отв. ред. Э.И. Колчинский. М.: Наука, 2005. 274 с.
25. *Гецен М.В.* Споры в экосистемах Крайнего Севера // Ботан. журн. 1983. Т. 68. №1. С.10–20.
26. *Гецен М.В.* Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука, 1985. 168 с.
27. *Гецен М.В.* Водоросли как конституционная основа жизни высокоширотных экосистем // Ботан. журн. 1990. Т. 75. №12. С. 1641–1647.
28. *Гецен М.В.* Арктическая альгология Коми: история, развитие, приоритеты, перспективы // Водоросли, таксономия, использование в мониторинге. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 8–17.
29. *Голлербах М.М., Новичкова Л.Н., Сдобникова Н.В.* Водоросли такыров // Такыры Западной Туркмении и пути их с.-х. освоения. М.: Наука, 1956. С. 38–54.
30. *Голлербах М.М., Сыроечковский Е.Е.* Биогеографические исследования в Антарктиде в 1957 г. // Изв. АН СССР. Сер. Географ., 1958. № 6. С. 59–68.
31. *Матвеева Н.В.* Ретроспектива изучения растительного покрова Крайнего Севера в Ботаническом институте им. В.Л.Комарова РАН за полтора века и перспективы в XXI веке // Растительность России. СПб., 2014. №25. С. 142–153.
32. *Колчинский Э.И.* Великий «антилысенковец»: к 100-летию со дня рождения Д.В.Лебедева // Вопросы истории естествознания и техники. 2016. Т. 37. №1. С. 110–135.
33. *Гецен М.В., Стенина А.С., Патова Е.Н.* Библиография работ по современным водорослям европейского Северо-Востока России. Сыктывкар, 2005. 88 с.
34. *Смагина Г.И.* С уважением к предшественникам. К 95-летию создания комиссии по истории знаний // Вестник Российской академии наук. 2016. Т. 86. №9. С. 852–858.

References

1. *Shtina E.A. Pamyati M.M. Gollerbakha (k godovschine so dnya smerti)* [In memory of M.M. Gollerbakh (to the anniversary of his death)] // Botanical J. 1990. Vol. 75. No.4. P. 580–587.
2. *Shtina E.A. Vozniknovenie i razvitie pochvennoi algologii v SSSR (1922-1990)* [The emergence and development of Soil Algology in the USSR (1922–1990)] // Algology. 1992. Vol. 2. No. 4. P. 97–106.
3. *Shtina E.A., Getsen M.V.* Maximilian Maximilianovich Gollerbakh (k 90-leniyu so dnya rozhdeniya) [Maximilian Maximilianovich Goller-

- bakh (to the 90th birth anniversary)]. Kirov-Vorkuta, 1977. 33 p.
4. *Getsen M.V.* Vorkuta i akademicheskaya nauka: vzglyad cherez pokoleniya [Vorkuta and academic science: a view through generations]. Popular scientific publication. Syktyvkar, 2007. 352 p.
5. *Getsen M.V.* Splav talanta, druzhby i vernosti [A fusion of talent, friendship and loyalty]. Syktyvkar, 2010. 69 p.
6. *Shkarovsky V.S.* Proshloe i nastoyashee tsentralnogo doma uchenykh RAN. K 95-letiyu so vremeni sozdaniya [The past and present of the Central house of scientists of RAS. To the 95th anniversary of its establishment]// Herald of the Russian Academy of Sciences. 2012. Vol. 82. No. 10. P. 949–953.
7. *Zakharov I.A., Surikov I.M.* Genetiki – zher-tvy repressii [Genetics-researchers - victims of repressions] //Cytology and genetics. 1989. Vol. 23. No. 6. P. 57.
8. *Polyansky Yu.I.* Gody prozhitye. Vospomina-ni-ya biologa [The years lived. Memoirs of a biologist]. St.Petersburg: Nauka, 1997. 255 p.
9. *Gollerbakh M.M.* Pamyati Vladimira Ivanovi-cha Polyanskogo (14.11.1907-15.10.1959) [In memory of Vladimir Ivanovich Polyansky (14.11.1907 – 15.10.1959)]//Botanical J. 1960. Vol. 45. No. 10. P. 1558–1564.
10. *Elenkin A.A.* Biologiya nizshikh rastenii v dos-tupnykh nablyudeniyyakh i opytakh [Biology of lower plants in available observations and ex-periments]. Leningrad-Moscow, 1925. 220 p.
11. *Gollerbakh, E.F.* Gorod muz. Povest' o Tsars-kom sele [The city of the muses. The story of Tsarskoye Selo]. Leningrad, 1930. 191 p.
12. *Ostroy O., Yuniverg L.I.* Prilozhenie k faksi-milnomu izdaniyu: Gollerbakh E.F. Gorod muz [The Annex to the facsimile edition: Gol-lerbakh E.F. The city of the muses]. Moscow: Book, 1990. 93 p.
13. *Botanicheskomu institutu im. V.L.Komarova 300 let* // Ot Aptekarskogo ogoroda do Bota-nicheskogo instituta [Botanical Institute na-med after V.L.Komarov is 300. From the Apo-thechary garden to the Botanical Institute] / Ed. V.G.Yarmishko. St.Petersburg, 2014. 55 p.
14. *Getsen M.V.* Iz istorii razvitiya botaniki v Respublike Komi (v svyazi s 300-letiem Bota-nicheskogo instituta im. V.L.Komarova Ros-siiskoi Akademii nauk [From the history of botany development in the Republic of Komi (in connection with the 300th anniversary of the Botanical Institute named after V. L. Ko-marov, RAS)] // Botanical J. 2015. Vol. 100. No.6. P. 602–611.
15. *Gollerbakh M.M., Polyansky V.I.* Zasluzhennii deyatel' nauki, professor V.P.Savich. K 70-letiyu so dnya rozhdeniya [Honored worker of science, Professor V.P.Savich. To the 70th birth anniversary] // Botanical J. 1955. Vol. 40. No.2 P. 281-286.
16. *Gollerbakh M.M.* K voprosu o sostave i ra-sprostranении vodoroslei v pochvakh [On the composition and distribution of algae in soils]// Proc. of Botanical Institute of the USSR Ac. Sci. Series 2. 1936. Issue 3. P. 99–302.
17. *Savich V.P.* Otdel sporovykh rastenii // Ot Aptekarskogo ogoroda do Botanicheskogo in-stituta Akademii nauk SSSR [The Depart-ment of the Spore – Plants // From the Apo-thechary garden to the Botanical Institute. Es-says on the history of the Botanical Institute of the USSR Ac.Sci.]. Moscow-Leningrad, 1957. P. 115–133.
18. *Lebedev D.V.* Biblioteka Botanicheskogo in-stituta // Ot Aptekarskogo ogoroda do Botani-cheskogo instituta [Library of the Botanical Institute // From the Apothecary garden to the Botanical Institute]. Moscow-Leningrad, 1957. P. 271–277.
19. *Abramov I.I., Lebedev L.V.* Maximilian Max-imilianovich Gollerbakh (k 60-letiyu so dnya rozhdeniya [Maximilian Maximilianovich Gol-lerbakh (to the 60th birth anniversary)] // Bo-tanical J. 1968. Vol.53. No.9. P. 1334–1339.
20. *Gollerbakh M.M.* Pamyati N.N.Voronikhina [In memory of N.N.Voronikhin] // Botanical J. 1955. Vol. 41. No. 6. P. 1230–1234.
21. *Gollerbakh Maximilian Maximilianoich.* Veli-kaya Rossiya. Rossiiskaya Biograficheskaya entsiklopediya [Great Russia. Biographical en-cyclopedia]. Vol. II / Ed. A.I.Melua. V.I.Gok-hnadel. Rossiiskie uchenye-estestvenniki ne-metskogo proiskhozhdeniya [Russian scien-tists-naturalists of German origin]. Book 1. Ct. Petersburg: “Gumanistika”, 2014. P. 333–335.
22. *Shtina E.A.* Uchenii s mirovym imenem. Pe-dagog. Obschestvennii deyatel' [A scientist with a worldwide reputation. Teacher. Public figure]. Kirov, 2009. 449 p.
23. *Ostroy O.S.* Erikh Fedorovich Gollerbakh – bibliograf [Erich F. Gollerbakh – bibliograph-er]// Bibliography. 1995. No. 5. P. 85–91.
24. *Manoilenko K.V.* Ivan Parfenyevich Borodin. 1847-1930/ Ed. E.I.Kolchinsky. Moscow: Nau-ka, 2005. 274 p.
25. *Getsen M.V.* Sporovie rasteniya v ekosiste-makh Krainego Severa [Spore plants in eco-systems of the Far North] // Botanical J. 1983. Vol. 68. No.1. P. 10–20.
26. *Getsen M.V.* Vodorosli v ekosistemakh Kraine-go Severa [Algae in ecosystems of the Far North]. Leningrad: Nauka, 1985. 168 p.
27. *Getsen M.V.* Vodorosli kak konstitucionnaya osnova zhizni vysokoshirotnykh ekosistem [Algae as a constitutional basis of life of high-latitude ecosystems] // Botanical J. 1990. Vol. 75. No. 12. P. 1641–1647.

28. *Getsen M.V.* Arkticheskaya algologiya Komi: istoriya, razvitie, priority, perspektivy // Vodorosli, taksonomiya, ispolzovanie v monitoringe [Arctic Algology of the Komi: history, development, priorities, prospects // Algae, taxonomy, use in monitoring]. Ekaterinburg: Uraj Branch, RAS, 2011. P. 8-17.
29. *Gollerbakh M.M., Novichkova L.N., Sdobnikova N.V.* Vodorosli takyrov // Takiry Zapadnoi Turkmenii i puti ikh s.-kh. osvoeniya [The algae of takyrs// Takyrns of Western Turkmenia and the ways of their agricultural development]. Moscow: Nauka, 1956. P. 38–54.
30. *Gollerbakh M.M., Syroechkovsky E.E.* Biogeograficheskie issledovaniya v Antarktide v 1957 g. [Biogeographic research in Antarctica in 1957] //Proc. of the USSR Ac. Sci. Series Geography, 1958. No. 6. P. 59–68.
31. *Matveeva N.V.* Retrospektiva izucheniya rastitelnogo pokrova Krainego Severa v Botanicheskom institute im. V.L.Komarova RAN za poltora veka i perspektivy v XXI veke [Retrospective study of vegetation cover of the Far North at the Botanical Institute named after V. L. Komarov, RAS, for a century and a half and prospects in the XXI century] //Vegetation of Russia. St.Petersburg, 2014. No.25. P.142–153.
32. *Kolchinsky E.I.* Velikii “antilysenkovets”: k 100-letiyu so dnya rozhdeniya D.V.Lebedeva [Great “anti-Lysenko”: to the 100th birth anniversary of D.V.Lebedev] // Issues of history of natural science and technology. 2016. Vol. 37. No. 1. P. 110–135.
33. *Getsen M.V., Stenina A.S., Patova E.N.* Bibliografiya rabot po sovremennym vodoroslyam Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii [Bibliography of works on modern algae in the European North-East of Russia]. Syktyvkar, 2005. 88 p.
34. *Smagina G.I.* S uvazheniem k predshestvennikam. K 95-letiyu sozdaniya komissii po istorii znaniy [With respect to predecessors. To the 95th anniversary of the Commission on the history of knowledge] // Bull. of RAS , 2016. Vol. 86. No. 9. P. 852–858.

Статья поступила в редакцию 20.02.2018.

ИТОГОВОЕ ЗАСЕДАНИЕ УЧЕНОГО СОВЕТА КОМИ НЦ УрО РАН ЗА 2017 год

12 апреля 2018 г. состоялось итоговое заседание Ученого совета Коми НЦ УрО РАН за 2017 г., которое вели врио председателя Коми НЦ УрО РАН, д.б.н., профессор В.В. Володин и врио заместителя председателя по научной работе Коми НЦ УрО РАН, к.и.н. А.В. Самарин. Открывая заседание, В.В. Володин приветствовал его гостей и участников: заместителей Председателя Правительства Республики Коми, министра образования, науки и молодежной политики РК Н.А. Михальченкову, министра инвестиций, промышленности и транспорта РК Н.Н. Герасимова и первого заместителя министра инвестиций, промышленности и транспорта РК А.А. Просужих, вице-президента - исполнительного директора Регионального объединения работодателей Союза промышленников и предпринимателей Республики Коми В.П. Рудого, ректора Сыктывкарского государственного университета О.А. Сотникову, директора Сыктывкарского лесного института Л.А. Гурьеву, проректора Ухтинского государственного технического университета Д.А. Борейко, начальника отдела координации и обеспечения деятельности подведомственных организаций Уральского территориального управления ФАНО России О.В. Рудую, директоров институтов Коми научного центра и руководителей сельскохозяйственных научных учреждений, научных сотрудников центра.

В своем выступлении В.В. Володин отметил, что данный Ученый совет не только подводит итоги 2017 г., но и завершает более чем 20-летний период, когда Коми НЦ УрО РАН и его институты существовали как самостоятельные юридические лица. В июне текущего года, в результате проводимой реорганизации, в Коми научный центр войдут все его шесть институтов (биологии; геологии; химии; физиоло-



Врио председателя Коми НЦ УрО РАН, д.б.н., проф. В.В.Володин и министр образования, науки и молодежной политики Республики Коми Н.А. Михальченкова.



В зале заседаний.

гии; языка, литературы и истории; социально-экономических и энергетических проблем Севера) и два учреждения сельскохозяйственной науки (Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Республики Коми и Печорская опытная сельскохозяйственная станция им. А.В.Журавского в с. Усть-Цильма). Все они образуют Федеральный исследовательский центр (далее – ФИЦ), миссия которого – получение новых знаний о природе, обществе, человеке и внедрение их в практику для обеспечения устойчивого развития Севера и Арктики России. От ФИЦ ожидается более эффективное использование научного потенциала в усилении фундаментальных и организации комплексных междисциплинарных исследований в интересах развития Республики Коми, ее арктических и субарктических территорий.

В докладе В.В. Володин подчеркнул, что научно-организационная деятельность Коми НЦ УрО РАН в 2017 г. прошла под флагом подготовки к организации ФИЦ. Определяющую роль в успешной реализации проекта реструктуризации сыграл совет директоров учреждений ФАНО, расположенных в Республике Коми. В состав совета директоров вошли руководители всех реорганизуемых научных учреждений (акад. А.М.Асхабов, д.м.н. Е.Р.Бойко, к.г.-м.н. И.Н.Бурцев (с 25.12.2017), д.б.н. В.В.Володин, д.б.н. С.В.Дёгтева, д.и.н. И.Л.Жеребцов, Л.А.Канева, д.х.н. С.А.Рубцова, д.т.н. Ю.Я.Чукреев,

к.э.н. А.А.Юдин). На совещаниях совета обсуждались вопросы взаимодействия между институтами, структура и деятельность ФИЦ, в частности: ключевые положения устава будущего ФИЦ, концепция формирования служб будущего учреждения (бухгалтерия, закупки, аспирантура, административно-управленческая структура, охрана труда, гражданская оборона). Совместными усилиями совета разработаны дорожная карта основных мероприятий по проведению реорганизации и объединенное штатное расписание, обсуждена и конкретизирована программа развития ФИЦ. На одном из таких совещаний директора институтов подписали протокол об участии в реорганизации данных научных учреждений путем присоединения к базовой организации – Коми НЦ УрО РАН, что впоследствии послужило изданию 3 ноября 2017 г. приказа ФАНО России «О реорганизации Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук», согласно которому на территории Республики Коми создается крупное научное учреждение – Федеральный исследовательский центр.

В рамках работы по созданию ФИЦ руководством Коми НЦ УрО РАН было инициировано проведение ряда важных мероприятий. По обмену опытом в Красноярске и Перми, где уже созданы аналогичные ФИЦ, побывали специалисты финансово-экономического и юридического отделов. Проведена совместная встреча руководства Коми НЦ УрО РАН, совета директоров, профсоюза Коми НЦ УрО РАН с трудовыми коллективами институтов Коми НЦ УрО РАН. На встрече доведена информация о преимуществах нового модельного устава, в котором предложен термин – «Обособленные структурные подразделения». Также на встрече обсудили вопросы социальных гарантий по сохранению рабочих мест и заработной платы сотрудников.

В 2017 г. с целью координации работы, разработки единого научно-обоснованного подхода и возможных направлений работы учреждений Коми НЦ УрО РАН в вопросах Арктической тематики, по инициативе Коми НЦ УрО РАН при совете директоров Коми НЦ УрО РАН была создана Арктическая комиссия. В ее состав вошли 19 чел. из числа ученых всех институтов Коми НЦ УрО РАН и НИИСХ Республики Коми, работающих по Арктической тематике. Работу комиссии возглавил директор Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, д.м.н. Е.Р. Бойко. В.В. Володин обозначил, что руководство Коми НЦ УрО РАН уделяет большое внимание налаживанию сотрудничества между Федеральными исследовательскими центрами – Кольским, Карельским и Архангельским.

По результатам работы круглого стола «Управление интеллектуальной собственностью в научно-исследовательских институтах, подведомственных ФАНО России: состояние и перспективы развития» была подготовлена резолюция в форме обращения к руководителю ФАНО России М.М.Котюкову по вопросам, касающимся разъяснения некоторых положений правовых актов в сфере интеллектуальной деятельности. В дискуссии были затронуты актуальные проблемы учета, охраны и введения в хозяйственный оборот результатов интеллектуальной деятельности (РИД), созданных в подведомственных ФАНО России научно-исследовательских институтах, а также вопросы урегулирования договорных отношений, связанных с использованием РИД.

В докладе В.В. Володин сказал, что ведущие специалисты Коми НЦ УрО РАН и институтов провели большую работу в научно-консультативном совете при Главе Республики Коми. Предложение зам. директора Института биологии, к.б.н. И.Ф. Чадина об открытии научного стационара в Воркуте – представительства создаваемого ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и вузов региона – единогласно поддержано учеными всех институтов Коми НЦ УрО РАН и представителями высших учебных заведений. Предложение поддержано и администрацией Воркуты.

В рамках республиканского совещания по итогам работы в 2017 г. по выявлению, сопровождению и поддержке одаренных детей в Республике Коми «Настоящее и будущее одаренных детей Республики Коми» состоялось подписание трёхстороннего Соглашения о сотрудничестве с целью совместной деятельности для создания условий построения системной работы в Республике Коми по выявлению и поддержке одаренных детей и молодежи в области науки с участием Правительства Республики Коми, Регионального центра выявления и поддержки одаренных детей в области искусства, спорта и науки в Республике Коми и Коми НЦ УрО РАН.

В.В. Володин акцентировал в своём докладе, что развитию совместных исследований по приоритетным направлениям развития науки, обеспечению взаимодействия и объединению ресурсов, при проведении комплексных научных исследований и подготовки и переподготовки квалифицированных специалистов будет способствовать подписанное в 2017 г. рамочное соглашение о сотрудничестве на очередной пятилетний срок между Коми НЦ УрО РАН и Сыктывкарским государственным университетом им. П.Сорокина. Укрепляя взаимодействие между Коми НЦ УрО РАН и СГУ им. П.Сорокина дополнительно был подписан договор о создании совместной лаборатории.

Руководство Коми НЦ УрО РАН содействовало созданию в Республике Коми новых наукоемких технологий. Так была организована рабочая встреча с генеральным директором швейцарской компании «Клариянт Россия» доктором Ральфом Рутте, на которой обсуждалась возможность строительства завода по получению биотоплива ферментативным гидролизом целлюлозы.

На площадке Коми НЦ УрО РАН был организован Международный научно-практический симпозиум «Мост дружбы: сотрудничество Республики Коми и Республики Болгария». Среди перспективных направлений сотрудничества обозначены: лесная промышленность, биотехнология, биомедицина и экологический туризм.

В докладе В.В. Володина отдельным блоком прозвучали итоги научно-организационной деятельности. Была показана действующая структура Коми НЦ УрО РАН и даны пояснения по её изменению в течение года с учётом перспектив структуры ФИЦ. Отмечено, что большим достижением

академической науки в Республике Коми в ушедшем году стало создание в Коми НЦ УрО РАН Физико-математического института. В докладе также отражены: деятельность Ученого совета Коми НЦ УрО РАН и важнейшие результаты по темам научных исследований, информация о выполнении планов государственного задания по научно-исследовательским темам. Обсуждение последних результатов в области отдельных разделов математики, теоретической и экспериментальной физики, обмен опытом и установление научных связей с коллегами прошло в рамках проведенного Физико-математическим институтом Международного семинара «Теоретико-групповые методы исследования физических систем». В.В. Володин обратил внимание на проведенную работу по подготовке кадров в аспирантуре и её готовность к аккредитации, работу совета молодых учёных и их активное участие в международных и российских мероприятиях, научной библиотеки, Отдела гуманитарных междисциплинарных исследований и Научно-инновационной группы.

В заключительном блоке своего доклада В.В. Володин рассказал об административно-хозяйственной работе Коми НЦ УрО РАН в отчетном году по строительству жилого дома для молодых ученых в пос. Еля-Ты Сыктывдинского района с адресной инвестиционной программой, о проведенном большом объеме работ по капитальному ремонту объектов, находящихся на балансе Коми НЦ УрО РАН. Были подведены итоги работы отдела правовых и имущественных отношений, редакционно-издательского отдела, отдела мобилизационной подготовки, гражданской обороны и охраны труда.

После доклада В.В. Володина выступила Н.А. Михальченкова, которая положительно отзывалась о деятельности Коми НЦ УрО РАН в период реорганизации и создания ФИЦ и подчеркнула ту высокую ответственность, которая возлагается на ФИЦ в подготовке нового поколения ученых при реализации планов социально-экономического развития Республики Коми, а также пожелала исследователям и научным коллективам успешности и результативности в решении поставленных задач.

Далее работа итогового Ученого совета была продолжена согласно программе заседания следующими научными докладами:

1. «Математические исследования Физико-математического института Коми НЦ УрО РАН в 2015–2017 гг.» – д.ф.-м.н. Н.А. Громов, директор ФМИ Коми НЦ УрО РАН.

2. «Неразрушающая рентгеновская диагностика материалов наноэлектроники» – д.ф.-м.н. В.И. Пунегов, г.н.с. ФМИ Коми НЦ УрО РАН.

3. «Электрическая активность сердца при морфо-функциональных изменениях миокарда» – к.х.н. А.Я. Полле, врио директора филиала Коми НЦ УрО РАН «ВНЭБС».

4. «Оценка влияния кормовых добавок серпухи венценосной на метаболизм и биопродукционный процесс жвачных животных в условиях Севера» – к.с.-х.н. Я.А. Жариков, с.н.с. филиала Коми НЦ УрО РАН «ВНЭБС».

5. «Создание и деятельность Северной базы АН СССР в контексте исторической роли Академии наук в научном освоении северных территорий России (1930–1940-е гг.)» – к.и.н. А.А. Бровина, зав. отделом гуманитарных междисциплинарных исследований Коми НЦ УрО РАН.



Докладчик – д.ф.-м.н. Н.А. Громов; в президиуме: врио зам. председателя Коми НЦ УрО РАН по научной работе, к.и.н. А.В. Самарин, ученый секретарь, к.х.н. А.Я. Полле.

Ученый секретарь Коми НЦ УрО РАН, к.х.н. А.Я. Полле

МИХАИЛ ИГОРЕВИЧ УСПЕНСКИЙ



9 апреля 2018 г. исполнилось 75 лет ведущему научному сотруднику Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, известному в России и за рубежом специалисту в области противоаварийного управления в электроэнергетических системах (ЭЭС), члену Международного института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и Общества инженеров по энергетике (PES), кандидату технических наук **Михаилу Игоревичу Успенскому**.

Михаил Игоревич после окончания в 1961 г. Калининградского политехнического техникума работал в Пермском наладочном участке. Именно тогда, в начале 1960-х гг., налаживая в командировках релейную защиту на крупных заводах, он осознал, какие просторы для исследований предоставляет электротехника. Затем были армия и обучение в Ленинградском политехническом институте, где со второго курса началась исследовательская деятельность на кафедре электрических станций. По окончании института в 1971 г. Михаил Игоревич приступил к работе в Отделе энергетики и водного хозяйства Коми филиала Академии наук СССР. Сначала младшим научным сотрудником, затем старшим, а после вхождения в 1999 г. Отдела энергетики в Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН – ведущим научным сотрудником.

При его участии в процессе исследований по использованию вычислительной техники для выполнения функций управления режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) в 1975 г. в Сыктывкаре впервые в Советском Союзе было отключено искусственное короткое замыкание на линии 110 кВ с помощью вычислительной машины. А спустя 10–15 лет устройства релейной защиты на микропроцессорах стали обычным делом на электроэнергетических предприятиях. Долгое время ученый был членом межведомственной комиссии по релейной защите и автоматике при Комитете по науке и технике СССР. В 1984 г. им была защищена диссертация на степень кандидата технических наук. Далее М.И. Успенский с коллективом сотрудников Отдела энергетики разрабатывал иерархические структуры управления режимами ЭЭС. Его работы связаны с использованием информационных технологий, в частности, искусственных нейронных сетей и сетевых графов для распознавания признаков аварийного режима и определения

операций, направленных на смягчение последствий нарушения и последующего восстановления нормальных режимов в ЭЭС. В этой же области под руководством Михаила Игоревича разработаны методы и комплекс восстановления электроснабжения в распределительных сетях, а также системы восстановления ЭЭС после крупных аварий с погашениями.

Михаил Игоревич активно сотрудничает с вузами Республики Коми. Он был «пионером» при создании электроэнергетического направления в Сыктывкарском лесном институте, где многие годы и преподавал. М.И. Успенский был председателем Государственной аттестационной комиссии колледжа при Сыктывкарском государственном университете по специальности «Техническое обслуживание средств вычислительной техники и компьютерных сетей».

М.И. Успенский – автор и соавтор более 140 опубликованных научных трудов объемом свыше 160 печ.л. Среди них восемь монографий, пять учебных пособий, восемь препринтов, четыре авторских свидетельства и более 120 статей, 12 из которых опубликованы за рубежом.

Свои исследования ученый проводит в сотрудничестве с ведущими организациями России в этой области, такими как Всероссийский научно-исследовательский институт релестроения, кафедра электрических станций Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, научно-производственный центр «Бреслер», научно-производственное предприятие «Экра», филиал ОАО «НТЦ Электроэнергетики» – ВНИИЭ и другими. Михаил Игоревич имеет творческие связи с Институтом энергетики Вроцлавского университета (Польша), консалтинговой фирмой «Кванта Технолоджи» (США) и Диспетчерским управлением энергосистемы Израиля.

При выполнении исследований М.И. Успенский поддерживает постоянные контакты с энергетиками Республики Коми. В частности, для ОАО «Комиэнерго» были выполнены исследования по разработке методики восстановления информации о токовых нагрузках фидеров сетевых предприятий в отсутствии телеметрии для решения задачи получения данных по активной и реактивной мощности. Проводились также исследования по влиянию различных форм льгот на формирование тарифа за электроэнергию в республике. В последние годы ученый исследует влияние геомагнитных штормов на режимы работы электроэнергетических систем Севера страны, прежде всего, на Коми энергосистему, как вследствие возникновения индуцируемых токов в линиях электропередачи, так и в результате помех в работе устройств синхронных векторных измерений. Эти исследования особенно важны в связи с перемещением магнитного полюса Земли

в направлении полуострова Таймыр, что существенно увеличивает такое воздействие.

Заслуги М.И. Успенского по праву отмечены правительственными и академическими наградами. Он награжден Почетной грамотой Совета министров Республики Коми, Почетной грамотой Российской академии наук и Профсоюза работников РАН, Почетной грамотой Республики Коми, Почетной грамотой Министерства промышленности и энергетики РК, Почетным званием «Ветеран Коми научного центра УрО РАН».

Михаила Игоревича высоко ценят в институте как опытного профессионала, увлеченного исследователя с большим научным потенциалом, умеющего рассказать о сложном простым языком. Его научные доклады всегда собирают широкую аудиторию. Михаила Игоревича отличает внутренняя интеллигентность, он глубоко поря-

дочный человек с неизменно приветливой улыбкой, искрометным чувством юмора.

Более полвека Михаил Игоревич идет рука об руку со своей женой Ирой Григорьевной. Они вырастили двух прекрасных сыновей, один из них работает в Коми научном центре. Так что дело династии Успенских в научном сообществе Республики Коми, начало которой было положено 47 лет назад, продолжается!

От всей души поздравляем известного ученого и талантливого человека Михаила Игоревича Успенского с юбилеем и желаем ему здоровья и дальнейшей творческой жизни!

Коллектив Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН

ТАМАРА КОНСТАНТИНОВНА ГОЛОВКО



29 мая 2018 г. отметила свой юбилей видный ученый-биолог, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный работник Республики Коми, главный научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН, доктор биологических наук, профессор **Тамара Константиновна Головки**.

Тамара Константиновна родилась в 1948 г. в с. Стыла Донецкой области в семье школьных учителей. В 1971 г. окончила с красным дипломом Донецкий государственный университет (биологический факультет) по специальности «физиология растений». В том же году Т.К. Головки начала свою трудовую деятельность в должности старшего лаборанта лаборатории физиологии растений Института биологии Коми филиала АН СССР. В Институте биологии она прошла все ступени иерархической лестницы от младшего до главного научного сотрудника.

Тамара Константиновна проявила себя не только как талантливый ученый, но и как организатор науки. С 1985 по 2017 г. она возглавляла Лабораторию экологической физиологии растений, с 1994 по 2004 г. занимала пост заместителя директора Института биологии по научным вопросам. На этом посту уделяла много внимания планированию и координации научных исследований в подразделениях института.

Имя Т.К. Головки как крупного специалиста, внесшего большой вклад в разработку фундаментальных вопросов физиологии, экологии и биоэнергетики дыхания растений, широко известно и признано в научном мире. Ею разработана концепция дыхания в донорно-акцепторной системе растений, получены принципиально важные данные о взаимосвязи дыхания с важнейши-

ми функциями растительного организма. Выявлена роль дыхания в продукционном процессе и реализации экологической стратегии видов. В 1978 г. Тамара Константиновна защитила кандидатскую диссертацию, а в 1993 г. докторскую по специальности «физиология и биохимия растений».

Т.К. Головки отличается широким научным кругозором, высоким профессионализмом. При непосредственном участии и под ее руководством выполнено несколько десятков научных проектов по изучению фотосинтеза, дыхания, роста, метаболической активности и механизмов устойчивости растений в условиях холодного климата. Выявлены морфофизиологические и биохимические адаптации различных видов и экологических групп растений к воздействию природных и антропогенных факторов. Доказана перспективность и апробировано на практике использование эколого-физиологических показателей при проведении биомониторинга. Обобщены многолетние данные по физиологии продукционного процесса, дополнены представления о формировании урожая, разработаны предложения и методические рекомендации по усовершенствованию технологии возделывания важнейших сельскохозяйственных культур с учетом их физиолого-биохимических свойств, особенностей климатических и эдафических условий Севера. Результаты выполненных исследований нашли отражение в более чем 300 научных публикациях, включая 12 монографий и более 150 статей в рецензируемых изданиях.

Много сил и внимания Т.К. Головки уделяет воспитанию кадров научной молодежи. Тамара Константиновна передает своим ученикам не только знания и опыт, она заражает их своим оптимизмом и трудолюбием, помогает ставить большие цели и не бояться браться за решение крупных задач. Под ее руководством подготовлены и защищены 16 кандидатских и две докторские диссертации.

Многие годы Т.К. Головки отдала педагогической деятельности в должности профессора

на географическом факультете Коми государственного пединститута, в филиале Вятской сельскохозяйственной академии, на кафедре лесного хозяйства Сыктывкарского лесного института, в 2003–2008 гг. возглавляла кафедру ботаники Сыктывкарского государственного университета. Являлась организатором и научным координатором крупных проектов по интеграции фундаментальной науки и высшего образования в области биологии и экологии. Под руководством Т.К.Головки студентами выполнено около 30 курсовых и дипломных проектов.

Активно ведет научно-организационную работу. Тамара Константиновна – председатель специализированного совета по защите докторских диссертаций, член Научного совета РАН по физиологии растений и фотосинтезу, член Центрального совета Общества физиологов растений России, председатель Коми отделения ОФР, член Федерации европейских обществ биологов расте-

ний. В 2007 г. Т.К. Головки была организатором и сопредседателем VI съезда Общества физиологов растений России. Неизменный член оргкомитета всероссийских и международных научных мероприятий.

За заслуги в области научной и научно-организационной деятельности Т.К. Головки неоднократно награждалась Почетными грамотами РАН, Республики Коми. Удостоена званий «Почетный деятель науки Республики Коми», «Ветеран труда».

Т.К. Головки отличают высокая нравственность, интеллигентность, целостность характера, исключительное трудолюбие, преданность науке, отзывчивость, умение жить и работать в коллективе, уважать мнение коллег.

Сердечно поздравляем Тамару Константиновну с юбилеем, желаем доброго здоровья и дальнейшей плодотворной научной деятельности!

редколлегия

ПОТЕРИ



5 апреля 2018 г. скоропостижно скончалась кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, известный специалист в области развития социальной сферы, продовольственной безопасности северных регионов, проблем развития сельского предпринимательства

ТАТЬЯНА ЮРЬЕВНА МИКУШЕВА

Татьяна Юрьевна родилась 22 мая 1957 г. в г.Ухте. В 1979 г. она с отличием окончила математический факультет старейшего в СССР Тартуского государственного университета, где была в числе лучших студентов, удостоенных стипендии имени Петра Струве. После окончания университета Т.Ю. Микушева приступила к работе в Отделе экономики Коми филиала АН СССР. В 1982–1987 гг. проходила стажировку и обучение в аспирантуре Центрального экономико-математического института АН СССР, где прошла школу Натальи Михайловны Римашевской, великого российского социолога и экономиста, ученого с мировым именем. В аспирантуре Татьяна Юрьевна занималась вопросами моделирования социально-культурного развития городов и в 1988 г. защитила кандидатскую диссертацию «Кумулятивный подход к моделированию социально-культурного развития городских поселений (на примере больших городов СССР)».

Татьяна Юрьевна была одним из самых образованных и высокопрофессиональных сотрудников нашего института. Т.Ю. Микушевой опубликовано более 130 научных работ, среди которых восемь монографий и статьи в ведущих научных журналах страны. Ее научная и научно-практическая деятельность была связана с исследованием социально-экономических проблем малочисленных народов Севера, вопросов государственного регулирования внешнеэкономической деятельности Республики Коми, форм и методов использования маркетинга на российских предприятиях, продовольственной безопасности северных регионов, проблем развития сельского предпринимательства на Севере с учетом инновационного фактора. Результаты ее научно-практических исследований были использованы при создании в сельских районах Республики Коми Центров развития женского предпринимательства. В последние годы научный интерес Татьяны Юрьевны был обращен к вопросам формирования рациональных норм потребления и потребления населением северных регионов основных продуктов питания как составляющей продовольственной безопасности территорий.

Почти два десятилетия Татьяна Юрьевна занималась подготовкой для республики и соседних регионов специалистов экономического и управленческого профиля. Она читала курсы лекций и вела практические занятия по дисциплинам «Статистика», «Социальная статистика» и «Рекламная деятельность» в Сыктывкарском государственном университете имени Питирима Сорокина. Участвовала в подготовке управленческих кадров в Коми республиканской академии государственной службы и управления, где читала лекции и проводила практические занятия по дисциплинам «Статистика», «Социально-экономическая статистика» и «Мировое хозяйство», руководила курсовыми и дипломными работами. Для курса «Мировое хозяйство» Т.Ю. Микушевой было подготовлено авторское учебное пособие, в котором представлены итоги ее научных разработок по проблемам внешнеэкономической деятельности Республики Коми. Ее педагогическая деятельность неоднократно отмечалась руководством учебных заведений грамотами, дипломами и благодарственными письмами. Совсем недавно Татьяна Юрьевна была удостоена Почетной грамоты Министерства образования, науки и молодежной политики Республики Коми.

Татьяна Юрьевна состоялась не только как ученый и педагог. Она воспитала прекрасную талантливую дочь и передала ей свою тягу к научному поиску. Сейчас она учится в аспирантуре МГУ им. М.В. Ломоносова.

Татьяна Юрьевна была светлым, отзывчивым, добрым и глубоко порядочным человеком. Она пользовалась уважением и любовью всего коллектива. Несмотря на проблемы со здоровьем, она до последних дней сохраняла интерес к жизни и открытую улыбку, которая притягивала к ней молодых сотрудников, с которыми она щедро делилась накопленными знаниями и опытом.

Светлая память Татьяне Юрьевне – от всех, кто ее знал и ценил.

*Коллектив Института социально-экономических
и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН*

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 подписуточные подписи (на русском и английском языках).

Во введении в максимально лаконичной форме должны быть изложены цель, существо и новизна рассматриваемой задачи с обязательным кратким анализом данных наиболее важных и близких по смыслу работ других авторов. Однако введение не должно быть обзором литературы. В разделе «Материал и методы» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Единицы измерения следует приводить в Международной системе единиц (СИ). Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывают только суть метода и дают обязательно ссылку на источник заимствования, а в случае модификации – указывают, в чем конкретно она заключается.

При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в аннотации), необходимо давать их полное наименование, и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. Сокращение проводить по ключевым буквам слов в русском написании. Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Все названия видов флоры и фауны при первом упоминании в тексте обязательно даются на латыни с указанием авторов.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

Таблицы должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Все результаты измерений должны быть обработаны и оценены с применением методов вариационной статистики. Таблицы нумеруются по мере упоминания в статье, каждой дается тематический заголовок (на русском и английском языках) и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9–10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подписанные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расписываются в подписанных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4–5 рix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль 9–10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

Математические символы, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

В тексте цитируемую литературу необходимо приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии с примером (см. ниже). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

После Списка литературы размещается References – Пристатейный список литературы в транслите (на латинице) и в квадратных скобках перевод названия статьи и журнала на английский язык. References повторяет в полном объеме, с той же нумерацией Список литературы на русском языке, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются как в Списке литературы, так и в References.

Список литературы и References оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

Список литературы:

1. Иванов И.И. Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 41. №4. С. 18–26.
2. Петров П.П. Название книги. М.: Наука, 2007. (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75).
3. Казаков К.К. Название диссертации: Дис. канд. биол. наук. М.: Название института, 2002. 164 с.

References:

1. Иванов И.И. Название статьи (транслитерация) [Перевод названия статьи на англ.яз.] // Название журнала (транслитерация) [Перевод названия журнала на англ.яз]. Год. Том. Номер. Страницы.
2. Петров П.П. Название книги (транслитерация) [Перевод названия книги на англ.яз.]. Город: Издательство на англ.яз., год. Общее число страниц в книге (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75).
3. Казаков К.К. Название диссертации (транслит) [Перевод названия на англ.яз.]: Дис. канд. биол. наук. Город: Название института, год, страницы.

Например:

1. Ivanov I.I. Novye vidy vodjanyh kleshhei [New species of water mites] // Rossiiski zoologichskii jurnal [Russian J. of Zoology]. 2005. Vol.41. № 4. P. 18–26.

2. *Petrov P.P.* Elektrotehnikhskie materialy [Electrotechnical materials]. Moscow: Nauka, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 р.) или конкретная страница (например, Р. 75.).
3. *Kazakov K.K.* Impedans elektrohimicheskoi yacheiki [Impedance of electrochemical cell]: Diss. ... Cand. Sci. (Biology). Moscow: Inst. of Political Reseach, 2002. 164 p.

При наличии большого количества авторов в списке литературы указываются все или четыре автора и др.

Для транслитерации списка литературы удобно использовать интернет-ресурс <http://translit-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 коллегия не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 5–7 дней должен вернуть ее в редакционную коллегия или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и диски не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;

- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте**; нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;

- в числовых значениях десятичные разряды отделяются запятой;
- вставка символов **Symbol**.

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw, Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:

Ответственному секретарю редакционной коллегии

журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Андрею Яковлевичу Полле

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,

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. 2(34)

Выпуск подготовили:

Научный редактор д.б.н. М.В.Гецен
Помощник главного редактора к.и.н. А.В.Самарин
Редактор Т.В.Цветкова
Компьютерное макетирование Н.А.Сулейманова
Корректura английского перевода Т.А. Искакова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999.
Компьютерный набор. Подписано в печать 22.06.2018.
Формат бумаги 60x84¹/₈. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 17. Уч.-изд.л. 16,75. Тираж 300. Заказ № 19.
Свободная цена.

Подготовлено к изданию и отпечатано:
Редакционно-издательский отдел
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.
167982, ГСП, г. Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.

Адрес учредителя, издателя: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр УрО РАН».
167982, ГСП-2, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.