

Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№4(28)

2016

Главный редактор:

академик *А.М. Асхабов*

Редакционная коллегия:

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

Редакционный совет:

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

Адрес редакции:

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

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 52047

ISSN 1994-5655

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

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН, 2016

Science Journal

Founded in 2010
Published 4 times a year

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

PROCEEDINGS

OF THE KOMI SCIENCE CENTRE
URAL BRANCH
RUSSIAN ACADEMY OF
SCIENCES

№4(28)

2016

Editor-in-chief:

academician *A.M. Askhabov*

Editorial Board:

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

Editorial Council:

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

Editorial Office:

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

The "Russian Post" catalogue subscription index 52047

ISSN 1994-5655

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

© Federal State Budgetary Institution of Science
the Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

D.B. Efimov. Determinants of generalized binary band matrices (Д.Б.Ефимов. Определители обобщенных бинарных ленточных матриц).....	5
И.В. Костяков, В.В. Куратов. Контракции супералгебр и неоднозначность диаграмм Дынкина.....	11

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

С.В. Дёгтева, В.А. Канев, Е.Е. Кулюгина, В.А. Мартыненко, И.А. Козлова, Ю.А. Дубровский, Б.Ю. Тетерюк, Л.В. Тетерюк, Л.Н. Тикушева. Флора сосудистых растений северной части национального парка «Югыд ва»	16
А.С. Стенина, С.И. Генкал, Г.В. Харитонова, Н.С. Коновалова, В.И. Ким. Состав диатомовых водорослей в речных взвесьях среднего Амура (Дальний Восток).....	29
В.С. Артамонова, С.Б. Бортникова, А.В. Оплеухин. Техногенное загрязнение почв подотвальными водами в районе угледобычи.....	38
И.А. Кириллова. Фенотипическая изменчивость <i>Cypripedium calceolus</i> L. (Orchidaceae) на северном пределе распространения	46
О.В. Раскоша, Л.А. Башлыкова. Генетические эффекты в соматических клетках мышей, подвергнутых хроническому γ -облучению в малых дозах, и у их потомков	55
А.Г. Ивонин, Е.В. Пименов, В.А. Оборин, А.В. Чернядьев. Морфофункциональные характеристики эритроцитов собаки при экстракорпоральном насыщении цефалоспориновыми антибиотиками	60
С.Л. Смирнова, О.В. Суслوнова, И.М. Рощевская. Пространственно-временные характеристики электрического поля предсердий у крыс с экспериментально вызванной легочной гипертензией	67
В.И. Циркин, А.Д. Ноздрачев, Ю.В. Коротаева. Бета ₃ -адренорецепторы миокарда (обзор литературы).....	73

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

О.В. Удоратина, В.А. Капитанова. Геохронология пород субстрата и руд редкометалльно-редкоземельных месторождений и рудопроявлений на севере Урала и Тимане	85
Н.Ю. Никулова, И.В. Козырева. Вещественный состав и особенности формирования метапсаммитов хребта Оченырда (Полярный Урал).....	101

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

М.И. Успенский. Основные понятия и пути влияния геомагнитных штормов на электроэнергетическую систему (часть I).....	112
---	-----

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

А.М. Таскаев. Особенности уровня грамотности населения Коми автономной области по полу и возрасту по материалам Всесоюзной переписи населения 1926 г.	125
В.В. Власова. Развитие старообрядческой традиции коми в советский период	135
Е.Е. Ермакова. Медицинские практики в бытовой культуре коми юга Тюменской области....	142

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А.В. Волокитин, И.А. Будзанивский. Новое в исследованиях археологического памятника Вылыс Том 2 на р.Ижма.....	155
---	-----

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

Пятый Всероссийский научный семинар по проблемам Севера.....	161
--	-----

ЮБИЛЕИ	164
--------------	-----

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2016 г.....	167
---	-----

CONTENTS

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

D.B.Efimov. Determinants of generalized binary band matrices.....	5
I.V.Kostyakov, V.V.Kuratov. Contraction of Lie superalgebras and ambiguity of Dynkin diagrams.....	11

BIOLOGICAL SCIENCES

S.V.Degteva, V.A.Kanev, E.E.Kulyugina, V.A.Martynenko, I.A.Kozlova, Yu.A.Dubrovsky, B.Yu.Teteryuk, L.V.Teteryuk, L.N.Tikusheva. Flora of vascular plants in northern part of the "Yugyd Va" national park.....	16
A.S.Stenina, S.I.Genkal, G.V.Kharitonova, N.S.Konovalova, V.I.Kim. The diatoms composition in the river suspended matter of the mid-Amur (Russian Far East)	29
V.S.Artamonova, S.B.Bortnikova, A.V.Opleukhin. The technogenic pollution of soils by underspoil waters in the area of coal mining	38
I.A.Kirillova. Phenotypic variability of <i>Cypripedium calceolus</i> L. (Orchidaceae) on its northern distribution bound	46
O.V.Raskosha, L.A.Bashlykova. Genetic effects in somatic cells of mice exposed to chronic low dose γ -irradiation, and their progeny	55
A.G.Ivonin, E.V.Pimenov, V.A.Oborin, A.V.Chernyadyev. Morphofunctional characteristics of dog erythrocytes at extracorporeal saturation with cephalosporin antibiotics.....	60
S.L.Smirnova, O.V.Suslonova, I.M.Roshchevskaya. Spatial-temporal characteristics of the electric field of atria in rats with experimentally induced pulmonary hypertension.....	67
V.I.Tsirkin, A.D.Nosdrachev, Yu.V.Korotaeva. Beta ₃ -adrenoreceptors of the myocardium (review)	73

GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

O.V.Udoratina, V.A.Kapitanova. Geochronology of the rocks of the substrate and ores of rare metal - rare earth deposits and ore occurrences in the north of the Urals and Timan.....	85
N.Yu.Nikolova, I.V.Kozyreva. The substance composition and features of formation of metapsammites of the ridge Ochernyyrd (Polar Urals).....	101

TECHNICAL SCIENCES

M.I.Uspensky. Basic concepts and impact ways of geomagnetic storm on power system (Part I) ..	112
---	-----

HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES

A.M.Taskaev. Sex-age features of literacy of the population of the Komi Autonomous Region on materials of 1926 all-Union population census.....	125
V.V.Vlasova. Development of the Komi Old Believers' tradition in the Soviet period	135
E.E.Ermakova. Medical practices in everyday culture of the Komi people from the south of the Tyumen Region	142

PAPERS-IN-BRIEF

A.V.Volokitin, I.A.Budzanivsky. New data in the investigation of archaeological site Vyls Tom 2 on the Izhma river.....	155
---	-----

SCIENTIFIC LIFE

Fifth all-Russian scientific seminar on problems of the North	161
---	-----

ANNIVERSARIES	164
---------------------	-----

MATERIALS PUBLISHED IN 2016	167
-----------------------------------	-----

DETERMINANTS OF GENERALIZED BINARY BAND MATRICES

D.B. EFIMOV

*Department of Mathematics, Komi Science Centre, Syktывkar, Russia
defimov@dm.komisc.ru*

Under binary matrices we mean matrices whose entries take one of two values. In this paper, explicit formulae for calculating the determinant of some type of binary Toeplitz matrices are obtained. Examples of the application of the determinant of binary Toeplitz matrices for the enumeration of even and odd permutations of different types are given.

Keywords: binary matrix, Toeplitz matrix, band matrix, determinant, enumeration of permutations

Д.Б. ЕФИМОВ. ОПРЕДЕЛИТЕЛИ ОБОБЩЕННЫХ БИНАРНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ МАТРИЦ

Под бинарными матрицами мы понимаем матрицы, элементы которых принимают одно из двух значений. Матрицы такого типа возникают в различных как чисто математических, так и прикладных задачах. Одним из основных понятий теории матриц является понятие определителя. Для вычисления определителя существуют эффективные алгоритмы, которые работают за полиномиальное время. Тем не менее в случае некоторых видов матриц для выражения определителя удается получить хорошие явные формулы, которые, с одной стороны, позволяют делать определенные выводы о свойствах матриц, с другой, дают еще больший выигрыш в скорости вычисления. В представленной работе получены такого рода явные формулы для определителей некоторых видов бинарных теплицевых матриц. Рассматриваемые матрицы близки по своей структуре к ленточным матрицам и получили в данной работе название обобщенных ленточных матриц. Одной из областей их применения является перечислительная комбинаторика. В работе приведено несколько примеров использования определителя рассматриваемых матриц для нахождения числа четных и нечетных перестановок различных типов.

Ключевые слова: бинарная матрица, теплицева матрица, ленточная матрица, определитель, перечисление перестановок

Introduction

Under binary matrices we mean matrices whose elements can take only two values. Matrices of this kind arise in different mathematical questions. For example, this type includes popular objects in mathematics and its applications such as matrices over the field $GF(2)$ [1]. The Hadamard's problem of finding the maximal determinant of $(-1, 1)$ -matrices, i.e. matrices consisting from 1 and -1 , is well known [2]. Further, $(0, 1)$ -matrices are one of the favorite objects of the enumerative combinatorics [3–6]. Also one can use binary $(1, x)$ -matrices for enumerative problems [6]. These examples can be extended.

One of the basic notion of the matrix theory is the notion of determinant. There exist effective algorithms for the determinant calculation, for example, the modified method of Gaussian elimination, which run in polynomial time. Nevertheless, in cases of some kinds of matrices it is possible to obtain good explicit formulae for the de-

terminant expression. On the one hand, these formulae allow to draw certain conclusions about properties of matrices. On the other hand, they give even greater gain in the speed of the determinant calculation.

Our paper is motivated to some extent by the recent work [7] in which the explicit formula for the determinant of some binary circulant matrices has been obtained. In the present paper we get explicit formulae for determinants of some kinds of binary Toeplitz matrices. Considered matrices are close in their structure to band matrices, therefore we call them generalized band matrices. For our purpose we use quite elementary methods. Applying the Laplace expansion we obtain recurrent formulae leading to the required result.

In the second section we give and prove the formulae, which allow to efficiently calculate determinants of generalized binary band matrices in an explicit form. In the third section we give a few examples of the application of the determinant of such matrices for the enumeration of even and odd permutations of different types.

1. The main part

Let n, k, l be integers, $1 \leq l \leq k \leq n$. Consider a binary Toeplitz matrix $A = (a_{ij})$ of order n with the following elements:

$$a_{ij} = \begin{cases} b, & \text{if } -l < j - i < k; \\ a, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

where a and b ($a \neq b$) belong to a commutative associative ring with a unit. In the case $a = 0$ we get a so-called *band matrix* ([8], p.16). So we can say that we consider *generalized binary band matrices*. Our purpose is to get explicit formulae for calculating the determinant of the matrix A . We will divide this problem into two cases.

Case 1. Let $l = 1$. In other words, let the first row of the matrix A have the form:

$$\underbrace{[b \dots b \ a \dots a]}_n,$$

and the $(i + 1)$ -st row is obtained from the first row by the removal of i elements on the right and addition of i elements a on the left:

$$A = \begin{pmatrix} b & \dots & b & & & & \\ & b & \dots & b & & & \\ & & b & \dots & b & & \\ & & & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & & & b & \dots & b \\ a & & & & & \ddots & \vdots \\ & & & & & & b \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Theorem 1. Let $n \equiv p \pmod{k}$, where $0 < p \leq k$. Then the determinant of the matrix (1) is equal to:

$$\det A = (b - a)^{n-1} \left(b + \frac{n-p}{k} a \right). \quad (2)$$

For the proof of Theorem 1 one can apply the method given in [7] for the proof of explicit formulae of the determinants of circulant matrices (using the formula of the determinant of a 2×2 block matrix). But in this case another method will be more convenient. First let us formulate some auxiliary statements. Consider a square matrix of order n of the form:

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} b & \dots & b & & & & a \\ & b & \dots & b & & & a \\ & & b & \dots & b & & a \\ & & & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ & & & & b & \dots & b \\ a & & & & & \ddots & \vdots \\ & & & & & & b \\ \hline a & a & a & \dots & a & \dots & a \end{array} \right). \quad (3)$$

The given matrix is obtained from the matrix (1) of order $(n - 1)$ by addition of one more (the last) row and one more (the last) column, consisting entirely of elements a . Let f_n denote the determinant of such matrix.

Lemma 1. The determinant of the matrix (3) is equal to:

$$f_n = (b - a)^{n-1} a. \quad (4)$$

Proof. Subtracting the penultimate row from the last row and expanding the determinant along the last row, we get that $f_n = (b - a)f_{n-1}$. Using the given formula consecutively to f_{n-1}, f_{n-2} and so on, we get (4). $\square$

Suppose that $k = n$, i.e. consider the matrix of order n of the form:

$$\begin{pmatrix} b & b & b & \dots & b \\ & b & b & \dots & b \\ & & b & \dots & b \\ & & & \ddots & \vdots \\ a & & & & b \end{pmatrix}. \quad (5)$$

By g_n denote the determinant of such matrix.

Lemma 2. One can calculate the determinant of the matrix (5) by the formula:

$$g_n = (b - a)^{n-1} b. \quad (6)$$

Proof. Similarly to the proof of the previous lemma. $\square$

Consider the matrix (1) of order n with $k < n$. Let d_n denote the determinant of such matrix.

Lemma 3. The following equality holds:

$$d_n = \begin{cases} (b - a)^k d_{n-k} + (b - a)^{n-1} a, & k < \frac{n}{2}; \\ (b - a)^{n-1} (b + a), & k \geq \frac{n}{2}. \end{cases} \quad (7)$$

Proof. Let $k < \frac{n}{2}$, i.e. the number of elements b in the first row of the matrix (1) is less than the number of elements a . Let us subtract the penultimate row of the matrix from the last row and expand the determinant along the last row. Performing this procedure consecutively k times, we come to the equality:

$$d_n = (b - a)^k d_{n-k} + (b - a)^k f_{n-k}.$$

Substituting here the formula (4), we get the first row of the equality (7).

Let $\frac{n}{2} \leq k$, i.e. the number of elements b in the first row of the matrix (1) is more or equal to the number of elements a , but less than n . Executing the same k consecutive expansions along the last row as in the first case, we come to the equality:

$$d_n = (b - a)^k (f_{n-k} + g_{n-k}).$$

Substituting here the formulae (4) and (6), we get the second row of (7). $\square$

Proof. (of the Theorem 1). Suppose that $n \equiv p \pmod{k}$, where $0 < p \leq k$, i.e. $n = km + p$, where m is a non-negative integer. Assume that $k < n$. Then $m > 0$ and, using the first row of the formula (7) recurrently $m - 1$ times, we obtain the equality:

$$d_n = (b - a)^{n-k-p} d_{k+p} + (m - 1)(b - a)^{n-1} a.$$

Since $\frac{k+p}{2} \leq k$, then applying the second row of the formula (7) to d_{k+p} and performing obvious transformations, we get (2).

If $k = n$, i.e. the first row of the matrix (1) entirely consists from elements b , then $p = n$ and the formula (2) gives us $d_n = (b - a)^{n-1} b$, which corresponds to the statement of the Lemma 2. $\square$

Case 2. Let $l > 1$. In other words, let the i -th row of the matrix A , $i = 1, \dots, l$, have the form:

$$\underbrace{[b \dots b \ a \dots a]}_n^{k+i-1},$$

and the $(l+j)$ -th row is obtained from the l -th one by the removal of j elements on the right and addition of j elements a on the left:

$$A = \begin{pmatrix} b & \dots & b & & a \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b & & \ddots & \ddots & \vdots \\ & \ddots & \ddots & \ddots & b \\ a & & & b & \dots & b \end{pmatrix}. \quad (8)$$

The matrix A is not symmetric in general, but it is per-symmetric (i.e. symmetric with respect of the secondary diagonal) like all Toeplitz matrices.

Lemma 4. In the matrix (8) exactly $\max(k+l-n, 0)$ rows consist entirely from elements b .

Proof. First note that each row of the matrix A contains no more than $k+l-1$ elements b by definition. Let $k+l-n \leq 0$. Hence $k+l-1 < n$, i.e. there is at least one element a in each row and there are no rows, consisting entirely from elements b . Let now $k+l-n > 0$ or, alternatively, $k+l-1 \geq n$. If $n = k+i-1$, $1 \leq i \leq l$, then the number of rows, that consist entirely from elements b , will be equal to $l-i+1 = k+l-n$. $\square$

Theorem 2. Let $1 < l \leq k \leq n$ and $n \equiv p \pmod{k+l-1}$, $0 \leq p < k+l-1$. Then the determinant of the matrix (8) is equal to:

$$\det A = \begin{cases} (-1)^{\delta n} \mu \left(b + \frac{n-\sigma}{\sigma} a\right), & p = 0, \\ (-1)^{\delta(n-1)} \mu \left(b + \frac{n-1}{\sigma} a\right), & p = 1, \\ 0, & p > 1, \end{cases} \quad (9)$$

where

$$\delta = \frac{(k-1)(l-1)}{k+l-1}, \quad \mu = (b-a)^{n-1}, \quad \sigma = k+l-1.$$

Proof. By the theorem condition $n \geq 2$. Let $n \equiv p \pmod{k+l-1}$, $0 \leq p < k+l-1$. This is equivalent to $n = (k+l-1)s + p$, where s is a non-negative integer.

First consider the case when $s = 0$, i.e. when $p = n$ and, respectively, $n < k+l-1$. By lemma 4 at least 2 rows of the matrix A will consist entirely from elements b in this case, therefore the determinant of the matrix A will be equal to 0, that corresponds to the formula (9).

Now assume that $s \geq 1$. The first row of the matrix A differs from the second one only by an element in the $(k+1)$ -st column. Let us subtract the first row from the second one and expand the determinant along the second row. We will get that $\det A = (-1)^{k-1}(b-a) \det A'$, where A' is a matrix, whose first

and second rows differ also only in the $(k+1)$ -st column. Performing this procedure $l-1$ times, we obtain that $\det A = (-1)^{(k-1)(l-1)}(b-a)^{l-1} \det A''$, where

$$A'' = \left(\begin{array}{ccc|ccc} b & \dots & b & & & \\ & \ddots & \vdots & & & \\ a & & b & & & a \\ \hline & & b & \dots & b & \\ & & \vdots & \ddots & \vdots & \\ & a & b & & \ddots & \\ & & & \ddots & \ddots & b \\ & & & & \ddots & \vdots \\ & & & & a & b \dots b \end{array} \right).$$

The part of the matrix A'' that is located above the horizontal line consists from k rows, and in the first row there are exactly k elements b . In the lower right corner of the matrix A'' there is a submatrix, which is formed by intersection of the last $n-k-l+1$ rows and columns of A . The given submatrix, in turn, also has the form (8).

The algorithm can be repeated s times with an obvious shift at each step in the k rows down and in the k columns to the right. Thus in the second step we subtract the $(k+1)$ -st row of the matrix A'' from the $(k+2)$ -nd one and expand the determinant along the $(k+2)$ -nd row, and repeat this procedure $l-1$ times and so on. As a result we will get that

$$\det A = (-1)^{(k-1)(l-1)s} (b-a)^{(l-1)s} \det A''', \quad (10)$$

where

$$A''' = \left(\begin{array}{ccc|ccc} b & \dots & b & & a \\ & \ddots & \vdots & & & a \\ & & \ddots & & b & \\ & & & \ddots & \vdots & \ddots \\ a & & & \ddots & b & \\ \hline & & & & a & M \end{array} \right).$$

The part of the matrix A''' that is located above the horizontal line consists from ks rows, and in the first row there are exactly k elements b . In the lower right corner of the matrix A''' there is a submatrix M , which is formed by intersection of the last $n-(k+l-1)s = p$ rows and columns of the matrix A .

It is not hard to see that if $1 < p < k+l-1$ then M contains two identical rows, hence the matrix A''' also contains two identical rows, and therefore its determinant and the determinant of the matrix A are equal to 0.

If $p = 0$ then the matrix A''' is the matrix of the form (1) of order ks . Then by Theorem 1 we get:

$$\begin{aligned} \det A''' &= (b-a)^{ks-1} \left(b + \frac{ks-k}{k} a \right) = \\ &= (b-a)^{ks-1} [b + (s-1)a]. \end{aligned}$$

Then, substituting the given formula in (10) and taking

into account that $n = (k + l - 1)s$, we finally obtain:

$$\begin{aligned} \det A &= \\ &= (-1)^{(k-1)(l-1)s} (b-a)^{(k+l-1)s-1} [b + (s-1)a] = \\ &= (-1)^{\frac{(k-1)(l-1)n}{k+l-1}} (b-a)^{n-1} \left(b + \frac{n-k-l+1}{k+l-1} a \right). \end{aligned}$$

If $p = 1$ then the matrix A''' will be the matrix of the form (1) of order $ks + 1$. Then from Theorem 1 we get:

$$\begin{aligned} \det A''' &= (b-a)^{ks} \left(b + \frac{ks+1-1}{k} a \right) = \\ &= (b-a)^{ks} (b+sa). \end{aligned}$$

Then, substituting the given formula in (10) and taking into account that $n = (k + l - 1)s + 1$, we finally obtain:

$$\begin{aligned} \det A &= (-1)^{(k-1)(l-1)s} (b-a)^{(k+l-1)s} (b+sa) = \\ &= (-1)^{\frac{(k-1)(l-1)(n-1)}{k+l-1}} (b-a)^{n-1} \left(b + \frac{n-1}{k+l-1} a \right). \end{aligned}$$

□

2. The application of determinants of binary matrices to the enumeration of permutations

As mentioned in the Introduction, the binary matrices are one of the favorite objects of the enumerative combinatorics. In particular, they are applied for enumeration of permutations with restricted positions. Following [6] let us describe briefly this mechanism.

Let $A = (a_{ij})$ be a $(0, 1)$ -matrix of order n . Each of such matrices defines a class $\mathcal{B}(A)$ of restricted permutations. Namely a permutation p belongs to $\mathcal{B}(A)$ if and only if the inequality $M_p \leq A$ holds for its incidence matrix M_p , i.e. each element of the matrix M_p is not more than the corresponding element of the matrix A . The matrix A is called the characteristic matrix of the class $\mathcal{B}(A)$. It is not hard to see that the number of permutations in the class $\mathcal{B}(A)$ is equal to the permanent of the matrix A : $|\mathcal{B}(A)| = \text{per } A$. By E_A and O_A denote the number of even and odd permutations from the class $\mathcal{B}(A)$, respectively. It is obvious that $E_A + O_A = \text{per } A$. It is easy to see also that $E_A - O_A = \det A$. This implies the following formulae for calculating the total number of even and odd permutations from the class $\mathcal{B}(A)$:

$$E_A = \frac{\text{per } A + \det A}{2}, \quad O_A = \frac{\text{per } A - \det A}{2}. \quad (11)$$

As an example we calculate the number of even and odd permutations $\pi \in S_n$ such that $\pi(i) \neq i, i+1$ for $i = 1, \dots, n-1$ and $\pi(n) \neq n$. The characteristic matrix of this class of permutations is the following $(0, 1)$ -matrix A_n of order n :

$$A_n = \begin{pmatrix} 0 & 0 & & & \\ & 0 & 0 & 1 & \\ & & \ddots & \ddots & \\ & & & 0 & 0 \\ 1 & & & & 0 \end{pmatrix}.$$

Such matrices arise in the variation of the famous *ménage problem*, where not a round table, but one side of a rectangular table is considered ([5], ch. 8).

If we denote the permanent of such matrix by p_n , then the sequence of permanents will satisfy the following recurrence relation:

$$\begin{aligned} (n-1)p_n &= (n^2 - n - 1)p_{n-1} + np_{n-2} + 2(-1)^{n+1}, \\ p_1 &= p_2 = 0. \end{aligned}$$

One can also calculate these permanents by the following explicit formula:

$$p_n = \sum_{k=0}^n \binom{2n-k}{k} (n-k)! (-1)^k.$$

Let d_n denote the determinant of the matrix A_n . Substituting $b = 0, a = 1, k = 2$ to the formula (2), we get

$$d_n = (-1)^{n-1} \frac{n-p}{2}, \quad n \equiv p \pmod{2}, \quad 0 < p \leq 2.$$

One can also rewrite this equality in the following form:

$$d_n = (-1)^{n-1} \left\lfloor \frac{n-1}{2} \right\rfloor = \begin{cases} \frac{n-1}{2}, & \text{if } n - \text{odd}; \\ -\frac{n-2}{2}, & \text{if } n - \text{even}. \end{cases}$$

Applying formulae (11), we obtain sequences of the number of even (e_n) and odd (o_n) permutations of the given type depending on the permutation order:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	...
p_n	0	0	1	3	16	96	675	5413	...
d_n	0	0	1	-1	2	-2	3	-3	...
e_n	0	0	1	1	9	47	339	2705	...
o_n	0	0	0	2	7	49	336	2708	...

As a second example, we will calculate the number of even and odd permutations $\pi \in S_n$ such that $|\pi(i) - i| > 1, i = 1, \dots, n$. The characteristic matrix of the given class of permutations is the matrix of order n B_n whose main diagonal and its neighboring diagonals are zero, and all other elements are equal to 1:

$$B_n = \begin{pmatrix} 0 & 0 & & & \\ 0 & 0 & 0 & & 1 \\ & 0 & 0 & 0 & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & 1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

This example is linked with another variation of the *ménage problem*, where a rectangular table is considered and additional restriction on the placement of men is imposed. The explicit formula of the total number of such permutations of order n or, alternatively, of the value of the permanent of B_n was found by V.S. Shevelev (see the review [6]). Here we will not give it, but indicate only that the sequence $\{p'_n\}$ of such numbers has the id-number A001883 in [9]. Let d'_n denote the determinant of the matrix B_n . Substituting $b = 0, a = 1, k = l = 2$ to the formula (9), we get

$$d'_n = \begin{cases} \frac{3-n}{3}, & \text{if } p = 0; \\ \frac{n-1}{3}, & \text{if } p = 1; \\ 0, & \text{if } p = 2, \end{cases}$$

where $n \equiv p \pmod{3}$. Applying formulae (11), we obtain sequences of the number of even (e'_n) and odd (o'_n) permutations of the given type depending on the permutation order:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	...
p'_n	0	0	0	1	4	29	206	1708	...
d'_n	0	0	0	1	0	-1	2	0	...
e'_n	0	0	0	1	2	14	104	854	...
o'_n	0	0	0	0	2	15	102	854	...

Another version of the application of binary matrices to enumeration of permutations has been described also in [6]. It consists in the following. Let us consider a binary matrix A of order n in which some elements are equal to the variable b , and other elements are equal to 1. It is easy to see that the coefficient on b^k in the permanent per A will be equal to the number of permutations $\pi \in S_n$ whose incidence matrices have exactly k units in the positions, in which there are elements b in the matrix A . Respectively, the coefficient on b^k in the determinant $\det A$ will be equal to the difference between the number of even and odd permutations of such type. Then calculating in expressions $\frac{1}{2}(\det A \pm \text{per } A)$ the coefficient on b^k , we get the number of even and odd permutations of such kind.

Let us give an example of the application of this scheme. Let π be a permutation. Recall that a number i for which $\pi(i) \geq i$ is called a *weak excedance* of π ([10], p. 40). Let us find the number of even and odd permutations of order n with exactly k weak excedances. Consider a binary matrix of order n C_n whose elements on the main diagonal and above it are equal to b , and other elements are equal to 1:

$$C_n = \begin{pmatrix} b & b & b & \dots & b \\ & b & b & \dots & b \\ & & b & \dots & b \\ & & & \ddots & \vdots \\ 1 & & & & b \end{pmatrix}.$$

It is well known ([10], p. 39–40) that the permanent of this matrix is equal to the Eulerian polynomial of order n , and, respectively, the coefficient on b^k is equal to the Eulerian number $T(n, k)$ (A008292 in [9]). By the formula (2) we get that $\det C_n = (b-1)^{n-1}b$. It follows that the coefficient on b^k in $\det C_n$ is equal to:

$$c(n, k) = (-1)^{n-k} \binom{n-1}{k-1}.$$

Hence the number of even and odd permutations of order n with exactly k weak excedances is equal to:

$$e_{n,k} = \frac{1}{2} \left(T(n, k) + (-1)^{n-k} \binom{n-1}{k-1} \right),$$

$$o_{n,k} = \frac{1}{2} \left(T(n, k) - (-1)^{n-k} \binom{n-1}{k-1} \right).$$

Let, for example, $k = 2$. Then

$$e_{n,2} = \frac{1}{2} (T(n, 2) + (-1)^n (n-1)),$$

$$o_{n,2} = \frac{1}{2} (T(n, 2) - (-1)^n (n-1))$$

and we get the following table:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	...
$T(n, 2)$	0	1	4	11	26	57	120	247	...
$c(n, 2)$	0	1	-2	3	-4	5	-6	7	...
$e_{n,2}$	0	1	1	7	11	31	57	127	...
$o_{n,2}$	0	0	3	4	15	26	63	120	...

Let us write out all permutations of order 4 with 2 weak excedances: 1423, 2143, 2413, 3124, 3142, 3412, 3421, 4132, 4213, 4312, 4321 — total 7 even and 4 odd permutations (weak excedances are in bold, even permutations are underlined).

The study is supported by Program of UD RAS, project 15-16-1-3.

Acknowledgment. The author is grateful to V.S. Shevelev for useful pointers to the literature and comments.

References

1. *Boston N.* Spaces of constant rank matrices over $GF(2)$ // *Electronic Journal of Linear Algebra*. 2010. Vol. 20. P. 1–5.
2. *Seberry J., Xia T., Koukouvinos C., Mitrouli M.* The maximal determinant and subdeterminants of ± 1 matrices // *Linear Algebra and its Applications*. 2003. Vol. 373. P. 297–310.
3. *Brualdi R. A., Ryser H. J.* Combinatorial matrix theory. Cambridge University Press, 1991.
4. *Minc H.* Permanents. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978.
5. *Ryser H. J.* Combinatorial Mathematics. Mathematical Association of America, 1963.
6. *Shevelev V. S.* Some problems of the theory of enumerating the permutations with restricted position // *Journal of Soviet Mathematics*. 1992. Vol. 61(4). P. 2272–2317.
7. *Kravvaritis Ch.* Determinant evaluations for binary circulant matrices // *Special Matrices*. 2014. Vol. 2. P. 187–199.
8. *Golub J. H., Van Loan C. F.* Matrix computations. The Johns Hopkins University Press, 1996.
9. *Sloane N. J. A.* The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences. Available at <http://oeis.org/>
10. *Stanley R. P.* Enumerative Combinatorics. Vol. 1. Cambridge University Press, 2nd edition, 2011. 642 p.

Литература

1. *Boston N.* Spaces of constant rank matrices over $GF(2)$ // *Electronic Journal of Linear Algebra*. 2010. Vol. 20. P. 1–5.
2. *Seberry J., Xia T., Koukouvinos C., Mitrouli M.* The maximal determinant and subdeterminants of ± 1 matrices // *Linear Algebra and its Applications*. 2003. Vol. 373. P. 297–310.
3. *Brualdi R. A., Ryser H. J.* Combinatorial matrix theory. Cambridge University Press, 1991.
4. *Минк Х.* Перманенты. М.: Мир, 1982.
5. *Райзер Г. Дж.* Комбинаторная математика. М.: Мир, 1965.

6. *Шевелев В. С.* Некоторые вопросы теории перечисления перестановок с ограниченными позициями. Итоги науки и техники. Серия «Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика». Т.30. М.: ВИНТИ, 1992. С. 113–177.
7. *Kravvaritis Ch.* Determinant evaluations for binary circulant matrices // *Special Matrices*. 2014. Vol. 2. P. 187–199.
8. *Golub J. H., Van Loan C. F.* Matrix computations. The Johns Hopkins University Press, 1996.
9. *Sloane N. J. A.* The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences. Available at <http://oeis.org/>
10. *Стэнли Р.* Перечислительная комбинаторика. М.: Мир, 1990.

Статья поступила в редакцию 01.10.2016.

УДК 512.55

КОНТРАКЦИИ СУПЕРАЛГЕБР И НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ ДИАГРАММ ДЫНКИНА

И.В. КОСТЯКОВ, В.В. КУРАТОВ

*Отдел математики, Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
kostyakov@dm.komisc.ru, kuratov@dm.komisc.ru*

Рассмотрены некоторые особенности флаговых контракций супералгебр Ли, заданных различными суперматричными структурами. Показано, что контракции по-разному заданных супералгебр не изоморфны. Перечислены суперпреобразования Галилея, возникающие при наделении суперпространства флаговой структурой после контракций.

Ключевые слова: супералгебры, контракции

I.V. KOSTYAKOV, V.V. KURATOV. CONTRACTION OF LIE SUPERALGEBRAS AND AMBIGUITY OF DYNKIN DIAGRAMS

We study contractions of Lie superalgebras. Definition of flag contractions modified for work with superalgebras is proposed. We consider some features of flag contractions of Lie superalgebras, which are defined by different supermatrix structures. It is shown that these contractions are nonisomorphic. The Galilei superalgebras, arising after contractions of superalgebra of $sl(2|1)$ are listed. The nonadditivity and noncommutativity of the law of a velocity addition is shown. It is natural to consider these superalgebras as supergeneralization of the para-Galilean algebras described in [1]. Flag contractions of supergroups are defined by exponential map of flag contractions of superalgebras. Different actions of Galilean supergroup on flag superspaces are presented.

Keywords: superalgebras, contractions

Введение

Суперсимметрия продолжает оставаться объектом интенсивного изучения в математической физике. Обобщение математических объектов на их супераналоги — суперфункции, супералгебры, суперпространства — приводит к красивым результатам и в физике, и в математике [2, 3]. Контракция [4] представляет собой математическую операцию, которая связывает неизоморфные алгебры Ли. Контракции, приводящие к супералгебрам Пуанкаре и Галилея, находят применение в теории суперструн и суперконформных теориях поля. В данной работе мы покажем необычное поведение супералгебр Ли при контракциях и опишем действие супергруппы Галилея на флаговых суперпространствах $\mathbb{R}^{2|1}(j_1, j_2)$ и $\mathbb{R}^{1|2}(j_1, j_2)$.

1. Супералгебры Ли

Линейное пространство V называется суперпространством, если оно наделено $\mathbb{Z}_2$ -градуировкой, т.е. разложением $V = V_0 \oplus V_1$. Элементы V_0 называются четными, а V_1 — нечетными.

Линейные преобразования суперпространства описываются суперматрицами. Суперматричной структурой или просто суперматрицей называют матрицу с приписанной каждой строке и столбцу четностью. Обычно суперматричная структура выбирается так, чтобы четные строки и столбцы шли сначала, а

нечетные — потом. Такая структура называется стандартной. Например, первая матрица имеет стандартную структуру, вторая — нестандартную.

$$\begin{pmatrix} \text{Ч} & \text{Ч} & \text{Н} \\ \text{Ч} & \text{Ч} & \text{Н} \\ \text{Н} & \text{Н} & \text{Ч} \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \text{Ч} & \text{Н} & \text{Ч} \\ \text{Н} & \text{Ч} & \text{Н} \\ \text{Ч} & \text{Н} & \text{Ч} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Оператор p определяет четность однородных элементов $p(\text{Ч}) = 0$, $p(\text{Н}) = 1$. Супералгеброй A называется суперпространство, снабженное четным гомоморфизмом или суперумножением $A \otimes A \rightarrow A$. Супералгеброй Ли называется супералгебра g с умножением, обозначаемым $[\ , \]$ (суперкоммутатор), которое удовлетворяет условиям:

$$\begin{aligned} [x, y] &= -(-1)^{p(x)p(y)}[y, x], \\ [x, [y, z]] &= [[x, y], z] + (-1)^{p(x)p(y)}[y, [x, z]]. \end{aligned} \quad (2)$$

Далее коммутатор двух нечетных элементов будем обозначать фигурными скобками $\{x, y\} = xy + yx$. Корневые системы, матрицы Картана и классификация супералгебр Ли приведена в работах [5, 6].

Пусть $\Lambda = \Lambda_0 \oplus \Lambda_1$ — алгебра Грассмана над полем $K = \mathbb{R}$ или $\mathbb{C}$, где Λ_0 — ее четная часть, Λ_1 — нечетная. Супергруппу определяют экспоненциальным отображением супералгебры $G \sim \exp(\Lambda_0 A_0 + \Lambda_1 A_1)$ [2, 3, 6]. Рассмотрим множе-

ство $(m+n) \times (m+n)$ суперматриц вида

$$M = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где A, B, C, D — матрицы $m \times m, m \times n, n \times m$ и $n \times n$ соответственно. Элементами матриц A и D являются числа из Λ_0 , элементами матриц B и C — числа из Λ_1 . Общей линейной супергруппой $GL(m|n; K)$ называется множество обратимых матриц M с обычной операцией матричного умножения.

Приведем примеры представлений суперматрицами некоторых супералгебр Ли. Специальная линейная супералгебра Ли $sl(m|n)$ имеет суперматричную структуру

$$\begin{pmatrix} A_0 & B_1 \\ B_0 & A_1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где A_0 и A_1 — четные блоки с $\text{Tr}(A_0) = \text{Tr}(A_1)$, размерности $m \times m, n \times n$ соответственно, а B_0 и B_1 — нечетные блоки размерности $m \times n, n \times m$ соответственно. Простейшая супералгебра $sl(1|1)$ с матрицей Картана $a = 0$ и диаграммой Дынкина $\otimes$ задается следующими коммутаторами

$$[H, E] = 0, \quad [H, F] = 0, \quad \{E, F\} = H, \quad (5)$$

и представляется двумерными матрицами

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad E = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad F = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где генератор H — четный, а E и F — нечетные. Суперматричная структура и градуировка суперпространства $(x, \Theta)^t$ выглядят соответственно

$$\begin{pmatrix} \mathbb{C} & \mathbb{H} \\ \mathbb{H} & \mathbb{C} \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mathbb{C} \\ \mathbb{H} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Супералгебра $sl(2|1) \approx sl(1|2)$ содержит четыре четных генератора E^+, E^-, H, Z и четыре нечетных $F^+, F^-, \bar{F}^+, \bar{F}^-$. Суперматричная структура, градуировка суперпространства и коммутаторы приведены ниже

$$\begin{pmatrix} H + \frac{1}{2}Z & E^+ & \bar{F}^+ \\ E^- & -H + \frac{1}{2}Z & \bar{F}^- \\ F^- & F^+ & Z \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mathbb{C} \\ \mathbb{C} \\ \mathbb{H} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$[H, E^\pm] = \pm E^\pm, \quad [H, F^\pm] = \pm \frac{1}{2} F^\pm,$$

$$[H, \bar{F}^\pm] = \pm \frac{1}{2} \bar{F}^\pm, \quad [Z, \bar{F}^\pm] = -\frac{1}{2} \bar{F}^\pm,$$

$$[Z, H] = [Z, E^\pm] = 0, \quad [Z, F^\pm] = \frac{1}{2} F^\pm,$$

$$[E^\pm, F^\pm] = [E^\pm, \bar{F}^\pm] = \{F^\pm, F^\pm\} = \{\bar{F}^\pm, \bar{F}^\pm\} = 0,$$

$$\{F^\pm, F^\mp\} = \{\bar{F}^\pm, \bar{F}^\mp\} = 0, \quad \{F^\pm, \bar{F}^\pm\} = E^\pm,$$

$$[E^\pm, F^\mp] = -F^\pm, \quad [E^\pm, \bar{F}^\mp] = \bar{F}^\pm,$$

$$[E^+, E^-] = 2H, \quad \{F^\pm, \bar{F}^\mp\} = Z \mp H. \quad (9)$$

Генераторы можно реализовать трехмерными матрицами

$$H = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad Z = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$E^+ = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad E^- = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$F^+ = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad F^- = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\bar{F}^+ = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \bar{F}^- = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Матрица Картана и диаграмма Дынкина выглядят так

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \bigcirc \text{---} \otimes.$$

Данное представление соответствует стандартной суперматричной структуре. Нестандартная суперматричная структура

$$\begin{pmatrix} H + \frac{1}{2}Z & \bar{F}^+ & E^+ \\ F^- & Z & F^+ \\ E^- & \bar{F}^- & -H + \frac{1}{2}Z \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mathbb{C} \\ \mathbb{H} \\ \mathbb{C} \end{pmatrix} \quad (11)$$

задает изоморфную алгебру с другой матрицей Картана и диаграммой Дынкина

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \otimes \text{---} \otimes.$$

Имеется еще одна суперматричная структура

$$\begin{pmatrix} \mathbb{C} & \mathbb{H} & \mathbb{H} \\ \mathbb{H} & \mathbb{C} & \mathbb{C} \\ \mathbb{H} & \mathbb{C} & \mathbb{C} \end{pmatrix}, \quad (12)$$

которая также задает изоморфную алгебру

$$\begin{pmatrix} Z & F^- & F^+ \\ F^+ & H + \frac{1}{2}Z & E^+ \\ \bar{F}^- & E^- & \frac{1}{2}Z - H \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mathbb{H} \\ \mathbb{C} \\ \mathbb{C} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Меня суперпространство $\mathbb{R}^{2|1}$ на $\mathbb{R}^{1|2}$, имеем еще три реализации алгебры $sl(1|2)$.

$$\begin{pmatrix} Z & F^- & F^+ \\ F^+ & H + \frac{1}{2}Z & E^+ \\ \bar{F}^- & E^- & \frac{1}{2}Z - H \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mathbb{C} \\ \mathbb{H} \\ \mathbb{H} \end{pmatrix}. \quad (14)$$

$$\begin{pmatrix} H + \frac{1}{2}Z & \bar{F}^+ & E^+ \\ F^- & Z & F^+ \\ E^- & \bar{F}^- & \frac{1}{2}Z - H \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mathbb{H} \\ \mathbb{C} \\ \mathbb{H} \end{pmatrix}. \quad (15)$$

$$\begin{pmatrix} H + \frac{1}{2}Z & E^+ & \bar{F}^+ \\ E^- & \frac{1}{2}Z - H & \bar{F}^- \\ F^- & F^+ & Z \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mathbb{H} \\ \mathbb{H} \\ \mathbb{C} \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Коммутационные соотношения $sl(1|2)$ будут задаваться формулами (9), как и в случае $sl(2|1)$.

Супералгебры Ли, как мы видим, имеют, вообще говоря, много неэквивалентных корневых систем

и, соответственно, матриц Картана и диаграмм Дынкина, что связано с возможностью выбора различных суперматричных структур. Далее мы увидим, что контракции снимают это вырождение.

2. Флаговые контракции

При определении супералгебр сначала вводится понятие $\mathbb{Z}_2$ -градуировки и суперматричной структуры. Затем при определении коммутаторов градуировка существенно используется. При определении алгебраических контракций похожим способом сначала вводится некоторая матричная структура и затем определяются коммутаторы [4].

Пусть каждый элемент матрицы домножен на некоторую комбинацию произведений параметров $j_1, j_2, \dots, j_n$. Будем называть это j -структурой. Далее везде $j_i^2 = 0, 1$.

Флаговой j -структурой вектора назовем структуру вида $(x_1, j_1 x_2, j_1 j_2 x_3)^t$. Набор таких векторов составляет флаговое пространство $\mathbb{R}^3(j_1, j_2)$. Будем называть j -структуру стандартной, если все элементы однородны и рост числа сомножителей параметров происходит сверху вниз. Флаговой j -структурой матрицы назовем такое расположение параметров j , которое сохраняет флаговую j -структуру вектора

$$\begin{pmatrix} a_{11} & j_1 a_{12} & j_1 j_2 a_{13} \\ j_1 a_{21} & a_{22} & j_2 a_{23} \\ j_1 j_2 a_{31} & j_2 a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}. \quad (17)$$

Для однородных элементов вектора и матрицы введем оператор J , определяющий j -структуру данного элемента. Например:

$$J(j_1 j_2 x_3) = j_1 j_2, \quad J(j_1 a_{12}) = j_1. \quad (18)$$

Флагово контрактированной алгеброй Ли назовем алгебру Ли с введенной в реализующие ее матрицы флаговой j -структурой и новым ее коммутатором, определяемым формулами

$$[A, B]_{\text{new}} = \frac{J(A_J)J(B_J)}{J([A, B]_J)} [A, B]_{\text{old}}, \quad (19)$$

где A_J, B_J – генераторы, домноженные на $j_1 j_2 \dots j_n$.

3. Контракции классических алгебр $sl(2)$, $sl(3)$

Алгебра $sl(2)$ с матрицей Картана $a = 2$ и диаграммой Дынкина $\bigcirc$ задается коммутаторами

$$[H, E] = 2E, \quad [H, F] = -2F, \quad [E, F] = H. \quad (20)$$

Контракция получается умножением корневого вектора на j_1 . При этом правая часть последнего коммутатора домножается на j_1^2 . Будем обозначать такую алгебру диаграммой Дынкина с меткой j_1



Более содержателен пример алгебры $sl(3)$

$$g = \begin{pmatrix} H_1 & E_1 & E_3 \\ F_1 & H_2 - H_1 & E_2 \\ F_3 & F_2 & -H_2 \end{pmatrix}. \quad (21)$$

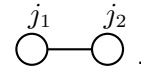
$$\begin{aligned} [H_i, E_j] &= a_{ij} E_j, \quad [H_i, F_j] = -a_{ij} F_j, \\ [E_i, F_j] &= \delta_{ij} H_j, \quad i, j = 1, 2, \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}, \quad \bigcirc - \bigcirc.$$

Структура ее флаговых контракций получается домножением корневых векторов E_1 и E_2 на параметры j_1 и j_2 соответственно. В матричной реализации это выглядит как (17). При этом правые части некоторых коммутаторов домножаются на квадраты параметров.

$$\begin{aligned} [E_3, F_3] &= j_1^2 j_2^2 H_3, \quad [E_i, F_i] = j_i^2 H_i, \\ [E_i, F_3] &= j_i^2 F_{3-i}, \quad [E_i, F_i] = j_i^2 H_i, \quad i, j = 1, 2. \end{aligned} \quad (23)$$

Коммутаторы (22), содержащие элементы матрицы Картана a_{ij} , не меняются. Обозначим такую алгебру диаграммой Дынкина с приписанными метками j_1 и j_2



Таким образом, флаговые контракции описывают класс неполупростых алгебр с прежними матрицами Картана, но с помеченными диаграммами Дынкина.

Рассмотрим нестандартную флаговую j -структуру вектора $(x_1, j_1 j_2 x_2, j_1 x_3)^t$. Соответствующая j -структура матрицы имеет вид

$$\begin{pmatrix} a_{11} & j_1 j_2 a_{12} & j_1 a_{13} \\ j_1 j_2 a_{21} & a_{22} & j_2 a_{23} \\ j_1 a_{31} & j_2 a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}. \quad (24)$$

Можно рассматривать контракции, индуцированные такими j -структурами, однако легко видеть, что при этом получаются алгебры, изоморфные выше описанным. На языке диаграмм Дынкина этот факт выглядит следующим образом:

$$\begin{matrix} j_1 & j_2 \\ \bigcirc & - & \bigcirc \\ \alpha_1 & & \alpha_2 \end{matrix} = \begin{matrix} j_2 & j_1 \\ \bigcirc & - & \bigcirc \\ -\alpha_2 & & \alpha_1 + \alpha_2 \end{matrix}$$

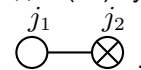
и соответствует группе автоморфизмов диаграммы и равноправию корней $\pm\alpha_1, \pm\alpha_2, \pm\alpha_1 \pm \alpha_2$.

4. Флаговые контракции супералгебр

Рассмотрим супералгебру $sl(2|1)$ в стандартной суперматричной реализации. Введем стандартную флаговую j -структуру (17). Часть коммутаторов (9) сохранится, а часть изменится. Изменившиеся коммутационные соотношения контрактированных супералгебр имеют вид:

$$\begin{aligned} [E^+, F^-] &= -j_1^2 F^+, \quad \{F^-, \bar{F}^+\} = j_1^2 j_2^2 (Z + H), \\ [E^-, \bar{F}^+] &= j_1^2 \bar{F}^-, \quad [E^+, E^-] = 2j_1^2 H, \\ \{F^\pm, \bar{F}^\pm\} &= j_2^2 E^\pm, \quad \{F^+, \bar{F}^-\} = j_2^2 (Z - H). \end{aligned} \quad (25)$$

Диаграмму Дынкина для (25) будем обозначать



Поменяем теперь расстановку параметров j_1, j_2 . Нестандартная j -структура плюс стандартная суперматричная структура дают (11)

$$\left(\begin{array}{cc|c} H + \frac{1}{2}Z & j_1 j_2 E^+ & j_1 \bar{F}^+ \\ j_1 j_2 E^- & -H + \frac{1}{2}Z & j_2 \bar{F}^- \\ \hline j_1 F^- & j_2 F^+ & Z \end{array} \right), \quad \left(\begin{array}{c} x_1 \\ j_1 j_2 x_2 \\ j_1 \Theta \end{array} \right). \quad (26)$$

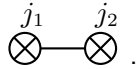
Замена $2 \leftrightarrow 3$ столбцов и строк приводит к обычной расстановке j со второй матрицей Картана

$$\left(\begin{array}{cc|c} H + \frac{1}{2}Z & j_1 \bar{F}^+ & j_1 j_2 E^+ \\ j_1 F^- & Z & j_2 F^+ \\ \hline j_1 j_2 E^- & j_2 F^- & \frac{1}{2}Z - H \end{array} \right), \quad \left(\begin{array}{c} x_1 \\ j_1 \Theta \\ j_1 j_2 x_2 \end{array} \right). \quad (27)$$

Таким образом, нестандартная j -структура плюс стандартная суперматричная структура есть стандартная j -структура плюс нестандартная суперматричная структура. Опять приведем только изменившиеся коммутационные соотношения:

$$\begin{aligned} [E^+, F^-] &= -j_1^2 F^+, & \{F^-, \bar{F}^+\} &= j_1^2 (Z + H), \\ [E^-, \bar{F}^+] &= j_1^2 \bar{F}^-, & [E^+, E^-] &= 2j_1^2 j_2^2 H, \\ [E^+, \bar{F}^-] &= j_2^2 \bar{F}^+, & [E^-, F^+] &= -j_2^2 F^-, \\ \{F^+, \bar{F}^-\} &= j_2^2 (Z - H). \end{aligned} \quad (28)$$

Диаграмма Дынкина в этом случае принимает вид:



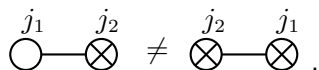
Еще одна возможность задается матрицами (12) и (17). После циклической перестановки строк и столбцов имеем

$$\left(\begin{array}{cc|c} H + \frac{1}{2}Z & j_2 E^+ & j_1 \bar{F}^+ \\ j_2 E^- & -H + \frac{1}{2}Z & j_1 j_2 \bar{F}^- \\ \hline j_1 F^- & j_1 j_2 F^+ & Z \end{array} \right), \quad \left(\begin{array}{c} j_1 x_1 \\ j_1 j_2 x_2 \\ \Theta \end{array} \right), \quad (29)$$

$$\begin{aligned} [E^-, F^+] &= -j_2^2 F^-, & [E^+, E^-] &= 2j_2^2 H, \\ [E^+, \bar{F}^-] &= j_2^2 \bar{F}^+, & \{F^-, \bar{F}^+\} &= j_1^2 (Z + H), \\ \{F^\pm, \bar{F}^\pm\} &= j_1^2 E^\pm, & \{F^+, \bar{F}^-\} &= j_1^2 j_2^2 (Z - H). \end{aligned} \quad (30)$$

Если в (30) сделать замены $E^\pm \rightarrow E^\mp$, $\bar{F}^\pm \rightarrow \bar{F}^\mp$, $F^\pm \rightarrow F^\mp$, $j_1 \leftrightarrow j_2$, $H \rightarrow -H$, то (30) и (25) совпадут, т.е. они изоморфны, но действия их супергрупп на соответствующих суперпространствах разные. Так как представления супералгеб $sl(1|2)$ (14), (15), (16) в точности соответствуют (13), (11), (8), то и их контракции дают точно такие же результаты. Отличие будет только в действии на соответствующее суперпространство.

В отличие от несуперсимметричного случая $sl(3)$, когда разные j -структуры приводили к изоморфным контракциям, здесь мы имеем неизоморфные контракции или на диаграммном языке:



5. Преобразования Галилея в суперпространствах $\mathbb{R}^{2|1}(j_1, j_2)$ и $\mathbb{R}^{1|2}(j_1, j_2)$

Обычно группы Галилея и их действие получают процедурой контракции [4]. Мы, однако, воспользуемся тем, что в (9) уже есть три подалгебры Галилея, действие которых можно получить просто вводя на суперпространства флаговую структуру.

Рассмотрим подалгебру (25), натянутую на генераторы $\{E^-, F^-, F^+\}$, соответствующую нижнетреугольной части матрицы (8)

$$\begin{aligned} [E^-, F^+] &= -F^-, & [E^-, F^-] &= 0, \\ \{F^-, F^+\} &= 0, & \{F^\pm, F^\pm\} &= 0. \end{aligned} \quad (31)$$

Введем флаговую структуру (17) $(x_1, j_1 x_2, j_1 j_2 \Theta)^t$. Тогда преобразование координат флаговой пространства $\mathbb{R}^{2|1}(j_1, j_2)$ под действием соответствующей подгруппы $G = \exp(vE^- + a_1 F^- + a_2 F^+)$ с четным параметром v и нечетными a_1, a_2

$$\begin{cases} x'_1 = x_1, \\ x'_2 = x_2 + vx_1, \\ \Theta' = \Theta + ax_1 + bx_2. \end{cases} \quad (32)$$

Далее выделим подалгебру в (28), соответствующую нестандартной суперматричной структуре (11), натянутую на генераторы $\{E^-, F^-, \bar{F}^-\}$.

$$\begin{aligned} [E^-, F^-] &= 0, & [E^-, \bar{F}^-] &= 0, \\ \{F^-, \bar{F}^-\} &= E^-, & \{\bar{F}^-, \bar{F}^-\} &= \{F^-, F^-\} = 0. \end{aligned} \quad (33)$$

После введения флаговой структуры данная подгруппа $G = \exp(vE^- + a_1 F^- + a_2 \bar{F}^-)$ дает преобразования

$$\begin{cases} x'_1 = x_1, \\ \Theta' = \Theta + ax_1, \\ x'_2 = x_2 + vx_1 + b\Theta. \end{cases} \quad (34)$$

Вариант $\{E^-, \bar{F}^+, \bar{F}^-\}$ супералгебры Галилея соответствует второй стандартной структуре (12):

$$\begin{aligned} [E^-, \bar{F}^+] &= \bar{F}^-, & [E^-, \bar{F}^-] &= 0, \\ \{\bar{F}^+, \bar{F}^-\} &= 0, & \{\bar{F}^\pm, \bar{F}^\pm\} &= 0. \end{aligned} \quad (35)$$

Как супералгебра Ли этот вариант изоморфен первому, но действие подгруппы $G = \exp(vE^- + a_1 \bar{F}^+ + a_2 \bar{F}^-)$ на флаговом суперпространстве другое

$$\begin{cases} \Theta' = \Theta, \\ x'_1 = x_1 + a\Theta, \\ x'_2 = x_2 + vx_1 + b\Theta. \end{cases} \quad (36)$$

Проводя аналогичные действия в случае $sl(1|2)$, будем иметь следующие три варианта действия на флаговом суперпространстве $\mathbb{R}^{1|2}(j_1, j_2)$

$$\begin{cases} x' = x, & \Theta'_1 = \Theta_1 + ax, \\ \Theta'_2 = \Theta_2 + v\Theta_1 + bx, \end{cases} \quad (37)$$

$$\begin{cases} x' = x + a\Theta_1, & \Theta'_1 = \Theta_1, \\ \Theta'_2 = \Theta_2 + v\Theta_1 + bx, \end{cases} \quad (38)$$

$$\begin{cases} x' = x + a\Theta_1 + b\Theta_2, & \Theta'_1 = \Theta_1, \\ \Theta'_2 = \Theta_2 + v\Theta_1. \end{cases} \quad (39)$$

Два расширенных трансляциями времени и пространства варианта супералгебр Галилея, один из которых совпадает с (31), описаны в работе [7]. Упоминание о супералгебре Галилея (33) с действиями (34) и (38) и антикоммутатором, равным генератору буста, в литературе нам неизвестно. Выяснение ее физического содержания было бы интересным, поскольку обычно антикоммутатор суперпреобразований равен трансляциям. В качестве иллюстрации необычных свойств этих супералгебр приведем закон сложения скоростей для преобразований (34) для бозонных координат

$$\begin{aligned} v_{12} &= v_1 + v_2 + b_1 a_2, \\ v_{21} &= v_1 + v_2 + b_2 a_1, \end{aligned} \quad (40)$$

который неаддитивен и некоммутативен.

Приложение

Для удобства, формулы (9),(25),(28) собраны в таблицу.

	(9)	(25)	(28)
$[H, E^\pm]$	$\pm E^\pm$	$\pm E^\pm$	$\pm E^\pm$
$[H, F^\pm]$	$\pm \frac{1}{2} F^\pm$	$\pm \frac{1}{2} F^\pm$	$\pm \frac{1}{2} F^\pm$
$[H, \bar{F}^\pm]$	$\pm \frac{1}{2} \bar{F}^\pm$	$\pm \frac{1}{2} \bar{F}^\pm$	$\pm \frac{1}{2} \bar{F}^\pm$
$[Z, F^\pm]$	$-\frac{1}{2} F^\pm$	$-\frac{1}{2} F^\pm$	$-\frac{1}{2} F^\pm$
$[Z, \bar{F}^\pm]$	$\frac{1}{2} \bar{F}^\pm$	$\frac{1}{2} \bar{F}^\pm$	$\frac{1}{2} \bar{F}^\pm$
$[E^+, E^-]$	$2H$	$2j_1^2 H$	$2j_1^2 j_2^2 H$
$[E^+, F^-]$	$-F^+$	$-j_1^2 F^+$	$-j_1^2 F^+$
$[E^-, F^+]$	$-F^-$	$-F^-$	$-j_2^2 F^-$
$[E^+, F^-]$	F^+	F^+	$j_2^2 F^+$
$[E^-, F^+]$	F^-	$j_1^2 F^-$	$j_1^2 F^-$
$\{F^\pm, F^\pm\}$	E^-	$j_2^2 E^-$	E^-
$\{F^+, F^-\}$	$Z - H$	$j_2^2 (Z - H)$	$j_2^2 (Z - H)$
$\{F^-, F^+\}$	$Z + H$	$j_1^2 j_2^2 (Z + H)$	$j_1^2 (Z + H)$

Таблица 1: Коммутационные соотношения (9),(25),(28)

Литература

1. Bacry H., Levy-Leblond J.-M. Possible kinematics // Journal of Mathematical Physics, 1968. Vol.9. No. 10. Pp.1605-1614.
2. Березин Ф.А. Введение в суперанализ. М.: МЦНМО, 2013. 432с.
3. Семинар по суперсимметриям. Т. 1. Алгебра и анализ. Основные факты. М.: МЦНМО, 2011. 414 с.
4. Громов Н.А. Контракции классических и квантовых групп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 320 с.
5. Kac V.G. Lie Superalgebras // Advances in mathematics., 1997. Vol.26. Pp.8-96.
6. Frappat L., Sciarrino A., Sorba P. Dictionary on Lie Algebras and Superalgebras. Academic Press, 2000. 410p. ArXiv:hep-th/9607161.
7. Hussin V., Negro J. and del Olmo M.A. Kinematical superalgebras // Journal of Physics A: Mathematical and General, 1999. Vol.32. No. 27. Pp.5097-5121.

References

1. Bacry H., Levy-Leblond J.-M. Possible kinematics // J. of Mathematical Physics, 1968. Vol.9. No. 10. Pp.1605-1614.
2. Berezin F.A. Vvedeniye v superanaliz [Introduction to superanalysis]. M.: MCNMO, 2013. 432 p.
3. Seminar po supersimmetriyam [Workshop on supersymmetry]. Vol.1. Algebra i analiz. Osnovnye fakty [Algebra and analysis. Basic facts]. Moscow, MCNMO, 2011. 414 p.
4. Gromov N.A. Kontrakcii klassicheskikh i kvantovykh grupp [Contraction of classical and quantum groups]. Moscow, FIZMATLIT, 2012. 320 p.
5. Kac V.G. Lie Superalgebras // Advances in mathematics., 1997. Vol.26. Pp.8-96.
6. Frappat L., Sciarrino A., Sorba P. Dictionary on Lie Algebras and Superalgebras. Academic Press, 2000. 410p. ArXiv:hep-th/9607161.
7. Hussin V., Negro J. and del Olmo M.A. Kinematical superalgebras // J. of Physics A: Mathematical and General, 1999. Vol.32. No. 27. Pp.5097-5121.

Статья поступила в редакцию 21.06.2016.

УДК 581.9(470.13)

ФЛОРА СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЮГЫД ВА»

С.В. ДЁГТЕВА*, В.А. КАНЕВ*, Е.Е. КУЛЮГИНА*, В.А. МАРТЫНЕНКО*,
И.А. КОЗЛОВА*, Ю.А. ДУБРОВСКИЙ*, Б.Ю. ТЕТЕРЮК*, Л.В. ТЕТЕРЮК*,
Л.Н. ТИКУШЕВА**

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

***Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар
degteva@ib.komisc.ru*

Приводятся результаты исследования флоры сосудистых растений северной части крупнейшей особо охраняемой природной территории Республики Коми – национального парка «Югид ва». Установлено, что на изученной территории произрастают 562 вида сосудистых растений из 245 родов и 76 семейств. Впервые подтверждено произрастание в границах резервата 34 таксонов. На основе результатов анализа таксономической и географической структуры флоры ее можно классифицировать как горно-бореальную. Высокие доли монотипных родов и семейств свидетельствуют о миграционном характере флоры. Соотношение во флоре эколого-ценотических групп отражает структуру растительного покрова территории. Широко представлены виды горно-тундровой, таежно-лесной, болотной эколого-ценотических групп. Признаки антропогенной трансформации флоры проявляются слабо, в зарастании нарушенных местообитаний принимают участие преимущественно виды-апофиты. Отличительная особенность флоры – заметная доля редких и охраняемых видов, в том числе эндемичных для горной страны Урал.

Ключевые слова: национальный парк «Югид ва», Приполярный Урал, Республика Коми, флора, сосудистые растения

S.V.DEGTEVA, V.A.KANEV, E.E.KULYUGINA, V.A.MARTYNENKO, I.A.KOZLOVA,
Y.A.DUBROVSKY, B.YU.TETERYUK, L.V.TETERYUK, L.N.TIKUSHEVA. **FLORA OF VASCULAR PLANTS IN NORTHERN PART OF THE "YUGYD VA" NATIONAL PARK**

Study of biodiversity of nature protected areas (NPA) is one of the major priorities in the world. The "Yugyd va" national park is the largest key NPA of the Komi Republic. The reserve was approved by the Government of the Russian Federation in 1994 and included in the List of UNESCO World Heritage Sites in 1995. The area of the national park is about 1.9 mln ha. Protected territory covers western slopes and foothills of the Subpolar and Northern Urals and adjoining sites of the Pechora River lowland including basins of its large right tributaries: Kosyu, Bolshaya Synya, Schugor and Podcherem. The vast territory of the "Yugyd va" national park is still botanically underinvestigated. During the last decade, scientists of the Institute of Biology of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS obtained new data on diversity of the vegetation of the reserve. The results of studying the flora of vascular plants in the northern part of the national park (basins of the rivers Kosyu and Bolshaya Synya) are presented. It is established that on the territory there grow 562 vascular plants species from 245 genera and 76 families. 34 taxa were registered for the first time in the reserve. Based on the analysis of the taxonomic and geographical structure of the flora, it can be classified as mountain-boreal. High proportions of the monotype genera and families indicate migration nature of the flora. The ratio of eco-coenotical groups of species in the flora reflects the structure of vegetation cover of the territory. Species from mountain-tundra, taiga-forest and mire eco-coenotical groups are the most abundant. There are no significant evidences of the anthropogenic transformation of the flora, apophyte plant species are mainly involved in the overgrowth of disturbed habitats. Specific feature of the investigated flora is the significant proportion of rare and protected species including the Ural's endemics. New data on diversity of the flora of vascular plants of the

protected landscapes in the basins of the Kosyu and Bolshaya Synya rivers can be used for monitoring of the natural resources of the "Yugyd va" national park.

Keywords: "Yugyd va" national park, Subpolar Urals, the Komi Republic, flora, vascular plants

Изучение биологического разнообразия особо охраняемых природных территорий (ООПТ) рассматривается сегодня как один из важнейших приоритетов во всем мире. Республика Коми, где значительная часть ландшафтов и экосистем слабо трансформирована деятельностью человека, представляет собой уникальный регион для реализации программ исследований в данной области науки. Здесь функционируют 239 ООПТ, две из которых – Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник и национальный парк «Югыд ва», имеют федеральный статус, остальные – региональное (республиканское) подчинение. Общая площадь природно-заповедного фонда составляет 5,4 млн. га – примерно 13% от общей площади республики [1].

Национальный парк «Югыд ва» – один из крупнейших природоохранных объектов федерального значения, утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации в 1994 г., а в 1995 г. включенный в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Резерват занимает площадь около 1,9 млн. га, расположен на западных склонах гор и в предгорьях Приполярного и Северного Урала, а также на прилежащих к ним участках Печорской низменности в бассейнах крупных правых притоков Печоры: Косью, Большой Сыни, Щугора, Подчерема.

Степень ботанической изученности обширной территории национального парка «Югыд ва» оценивается как недостаточная. Первые сведения о растительности и видовом составе сосудистых растений отдельных его частей приведены в работах Ю.Д. Цинзерлинга [2], В.С. Говорухина [3], Ю.П. Юдина [4, 5], П.Л. Горчаковского [6], К.Н. Игошиной [7] и др. Все эти данные были учтены в сводке «Флора Северо-Востока европейской части СССР» [8–11]. В последующие годы на территории парка работали специалисты Института биологии Коми филиала АН СССР (ныне Коми научный центр Уральского отделения РАН) Н.И. Непомилуева и А.Н. Лашенкова [12–16], В.А. Мартыненко, А.Н. Лавренко, С.В. Дёгтева [17–21]. В результате этих исследований довольно полно изучена флора сосудистых растений двух участков резервата: среднего течения р. Кожим [19] и нижнего течения р. Подчерем [22], рассматриваемых в качестве горной и равнинно-предгорной локальных флор. В процессе последующих изысканий, выполненных сотрудниками отдела флоры и растительности Севера Института биологии, получены сведения о разнообразии растительного мира отдельных ключевых участков крупнейшей ООПТ региона. В настоящей статье обобщены сведения о флоре сосудистых растений

северной части национального парка «Югыд ва» (бассейны рек Косью и Большая Сыня).

Геологическое строение изученной территории определяется особенностями тектонической эволюции северной части Урала. Здесь распространены осадочные, магматические и метаморфические образования, возрастной диапазон которых охватывает период от раннего протерозоя до голоцена. Слабо увалистый рельеф Печорской низменности (отметки абсолютных высот 200–300 м над ур. м.) при продвижении на восток сменяется системой предгорных возвышенностей, низко-среднегорных хребтов (отметки высот от 300–700 до 1200–1500 м над ур. м.) и сопряженных с ними депрессий, к которым приурочены долины водотоков [23]. В горной ландшафтной зоне расположены самые высокие вершины Уральского хребта: Народная (1896 м) и Карпинского (1803 м). Климат суровый и резко континентальный с преобладанием холодного периода над умеренно теплым. Средняя годовая температура воздуха – около -5 °С. Средняя многолетняя температура самого холодного месяца (январь) составляет -20 °С, самого теплого (июль) +13 °С. Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше 0 °С – 120–160 дней, а с температурой ниже -5 °С может достигать от 170 до 210 дней [24]. Средняя годовая сумма осадков – до 1100 мм, их большая часть выпадает в теплый период года. При этом величина испарения с поверхности суши существенно ниже суммы осадков и составляет 250–300 мм в год [25].

Растительный покров модельной территории, расположенной в границах национального парка «Югыд ва», имеет сложную организацию [13, 20]. В нем выражены черты широтной зональности. В то же время, определяющее влияние на облик растительности оказывают меридиональные горные цепи Приполярного Урала. Согласно принятому сегодня ботанико-географическому районированию [26], исследованная территория относится к Камско-Печорско-Западноуральской подпровинции Урало-Западносибирской провинции Евразийской таежной области. Основные типы растительности – леса равнинных пространств, предгорий и склонов Уральских гор, а также горные редколесья, тундры и в меньшей степени, – болота. Почвенный покров характеризуют значительная пестрота и комплексность [27]. Систематический список включает в себя 24 типа почв, входящих в 10 отделов (без учета аллювиальных и слаборазвитых почв). Ведущую роль в формировании почв играют процессы альфегумусового почвообразования, определяющие развитие различных подтипов подзолов и подбуров. Подзолистые почвы распространены практи-

чески повсеместно, встречаются во всех высотных поясах — от горно-лесного до горно-тундрового, формируются под разными типами растительности и приурочены к сильно опесчаненным суглинистым элювиально-делювиальным отложениям, преимущественно кислых метаморфических пород.

Исследование флоры проводили с помощью метода локальных флор, предложенного А.И. Толмачевым [28], Ю.Р. Шеляг-Сосонко [29], Б.А. Юрцевым и Р.В. Камелиным [30]. Изучение каждой локальной флоры выполняли маршрутным методом [31] с обследованием всех встречающихся в данном географическом пункте местообитаний и типов растительности. Протяженность радиальных маршрутов составляла до 12 км. Списки видового состава локальных флор документированы гербарными сборами, хранящимися в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Определение растений выполнено с использованием монографии «Флора Северо-Востока европейской части СССР» [8–11]. По этой же сводке принята система типов ареалов видов. Кроме того, использованы определители «Флора европейской части СССР» [32], «Флора Восточной Европы» [33, 34], «Арктическая флора СССР» [35] и др.

При анализе списка видов учитывали следующие показатели:

- число видов, родов, семейств и их соотношение;
- спектр семейств, выстроенный по убыванию их видового богатства;
- состав ведущих семейств и их роль (ранг) в составе общего флористического списка;
- родовая насыщенность (отношение числа видов к числу родов);
- родовой коэффициент (отношение числа родов к числу видов, %);
- число монотипных родов и семейств;
- соотношение основных жизненных форм, принятых по системе И.Г. Серебрякова [36];
- соотношение широтных и долготных элементов;
- соотношение экологических групп видов;
- соотношение эколого-ценотических групп видов [37].

Для территории национального парка «Югыд ва» приводится 668 видов сосудистых растений [21]. В результате обобщения всех имеющихся на сегодняшний день сведений о разнообразии данной систематической группы в северной части резервата нами установлено, что список зарегистрированных на указанной территории таксонов включает 562 вида из 245 родов и 76 семейств. В бассейне р. Косью (включая бассейн ее крупного правого притока — р. Кожим) произрастают 545 видов высших растений из 242 родов и 76 семейств. Для бассейна верхнего течения р. Большая Сыня зафиксировано 332 вида из 183 родов и 63 семейств. Расчеты показывают, что мера включения флоры бассейна р. Большая Сыня во флору бассейна р. Косью составляет 94 %. В процессе исследований последних лет нами впервые подтверждено произраста-

ние в границах национального парка «Югыд ва» 34 таксонов: *Alopecurus glaucus* Less.*, *Castilleja lapponica* Gand., *Erigeron borealis* (Vierh.) Simm., *Lagotis uralensis* Schischk., *Pedicularis dasyantha* Hadač, *Taraxacum nivale* Lange ex Kihlm., *T. macilentum* Dahlst. и др. Некоторые из вновь зарегистрированных видов отмечены исключительно в антропогенно трансформированных экотопах (*Erysimum hieracifolium* L., *Phleum pratense* L., *Polygonum aviculare* L., *Potentilla norvegica* L.). Виды *Batrachium eradicatum* (Laest.) Fries и *Diphasiastrum tristachium* (Pursh) Holub ранее указывали для территории резервата в составе видов *Batrachium trichophyllum* (Chaix) Bosch и *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub соответственно. В результате уточнения таксономического положения и ревизии гербарных образцов в список флоры включены виды, ранее не приводившиеся для национального парка (*Cotoneaster x antoninae* Juz. ex Orlova, *C. cinnabarinus* Juz., *Geranium krylovii* Tzvel., *Myriophyllum sibiricum* Kom.).

К споровым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами и плаунами, относятся 39 видов (6,9 %). Наиболее разнообразна группа папоротников (23 вида). Это связано с широким распространением на изученной территории выходов коренных пород — скал, дислоцированных по берегам горных рек, а также останцов выветривания на верхних ярусах рельефа. В таких экотопах произрастают папоротники, относящиеся к эколого-ценотической группе петрофитов (*Asplenium viride* Huds., *Cryptogramma crispa* (L.) R. Br., *C. stelleri* (S.G. Gmel.) Prantl, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Polypodium vulgare* L., *Woodsia glabella* R. Br. и др.). Большинство из них в Республике Коми встречается редко и подлежит охране [39]. В то же время, некоторые представители данной группы играют значительную роль в формировании растительных сообществ. Так, *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *D. carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt могут достигать значительного обилия под пологом лесов и редколесий. В подгольцовом поясе по берегам ручьев образует мономерные заросли *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz.

Разнообразие хвощей и плауновидных меньше (по восемь видов). Хвощи с высоким постоянством и обилием встречаются в различных фитоценозах: в лесах (*Equisetum sylvaticum* L.), на лугах (*E. arvense* L., *E. pratense* Ehrh.), образуют заросли по берегам водоемов и водотоков (*E. fluviatile* L., *E. palustre* L.). Ценотическая роль плауновидных (*Diphasiastrum alpinum* (L.) Holub, *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank. & C. Mart., *Lycopodium lagopus* (Laest.) Zinserl. ex Kuzen.) более значима в сообществах горных тундр. Виды данной группы, встречающиеся в сообществах лесов и редколесий (*Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub, *Lycopodium annotinum* L.), заметным обилием не отличаются. Семь видов принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными: *Abies sibirica* Le-

* Названия сосудистых растений приведены по сводке С.К. Черепанова [38].

deb., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *P. sylvestris* L., *Juniperus communis* L. и *J. sibirica* Burgsd. Первые три из перечисленных видов принадлежат к числу эдификаторов лесных сообществ, в горах выходят на верхнюю границу леса, а *Juniperus sibirica* Burgsd. формирует группировки в подгольцовом поясе гор Приполярного Урала.

Остальные виды относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 152 – однодольные, а 364 – двудольные. Их соотношение составляет 1 : 2,4. В целом соотношение крупных таксономических групп растений – сосудистых споровых, голосеменных и покрытосеменных (табл. 1), как и во всей флоре национального парка «Югыд ва» [21], отражает подзональные особенности, присущие флоре подзоны северной тайги.

Таблица 1

Систематическая и таксономическая структуры флор северной части национального парка «Югыд ва»

Показатели	Северная часть национального парка	Бассейн р. Косью	Бассейн верхнего течения р. Большая Сыня
Споровые сосудистые	39	37	29
Голосеменные	7	7	6
Покрытосеменные:			
однодольные	152	145	93
двудольные	364	356	204
Число видов	562	545	332
родов	245	242	183
семейств	76	76	63
Пропорции флоры	1 : 3,2 : 7,4	1 : 3,2 : 7,2	1 : 2,9 : 5,3
Родовой коэффициент, %	43,6	44,4	55,1
Родовая насыщенность	2,3	2,3	1,8
Число видов в ведущих семействах	377	354	199
Число семейств с 1–2 видами	40	40	35
Число семейств с 1 родом	45	45	34
Число родов с 1 видом	148	147	123

Среди семейств сосудистых растений, выявленных во флорах северной части национального парка «Югыд ва», наибольшим числом видов отличаются *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Scrophulariaceae*, *Brassicaceae*, *Salicaceae*, *Fabaceae*, *Ericaceae*, *Juncaceae* (табл. 2). Спектр ведущих семейств в целом характерен для флоры Республики Коми [40, 41]. Для таежной зоны республики типично преобладание по численности видов сем. *Asteraceae* [41]. Его достаточно высокий ранг в спектре наиболее богатых видами семейств флоры исследованной территории, а также позиции семейств *Rosaceae* и *Fabaceae*, закономерны и отражают положение региона в северной части зоны тайги.

Таблица 2

Ведущие семейства во флорах национального парка «Югыд ва»

Ведущие семейства	Северная часть национального парка		Бассейн р. Косью		Бассейн верхнего течения р. Б. Сыня	
	Число видов	Ранг	Число видов	Ранг	Число видов	Ранг
<i>Cyperaceae</i>	57	1	56	1	32	2
<i>Asteraceae</i>	54	2	53	2	30	3
<i>Poaceae</i>	52	3	50	3	34	1
<i>Rosaceae</i>	38	4	35	4	25	4
<i>Caryophyllaceae</i>	34	5	33	5	17	5
<i>Ranunculaceae</i>	27	6	27	6	16	6
<i>Scrophulariaceae</i>	25	7	25	7	9	10
<i>Brassicaceae</i>	24	8	24	8	5	17–19
<i>Salicaceae</i>	21	9	21	9	12	8
<i>Fabaceae</i>	15	10–12	14	12	8	11
<i>Ericaceae</i>	15	10–12	15	10–11	11	9
<i>Juncaceae</i>	15	10–12	15	10–11	7	12–13
<i>Orchidaceae</i>	14	13	10	14	13	7

В то же время, максимальное разнообразие сем. *Cyperaceae* подчеркивает горный характер изученной флоры. Лидирующая позиция данного семейства в спектрах типична для флор Северного, Приполярного и южной части Полярного Урала [19, 42]. От равнинных флор флору северной части национального парка отличает и довольно высокий ранг сем. *Ericaceae*. Во флоре верховьев р. Большая Сыня наивысший ранг имеет сем. *Poaceae*, что более обычно для умеренно-арктических флор [19, 41]. Таким образом, по систематической структуре флора северной части национального парка «Югыд ва» может рассматриваться как горно-бореальная. В наиболее насыщенных в видовом отношении семействах (ранги с I по XII) содержится значительная часть (67,1 %) таксонов. Это типично для северо-бореальных флор Голарктики [28].

Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex*. Второе место по численности занимает род *Salix*. Это типично для флоры европейского северо-востока России [40, 41, 43]. Заметным разнообразием видов отличаются также роды *Stellaria*, *Poa*, *Ranunculus*, *Pedicularis*, *Alchemilla*, *Saxifraga*, *Draba*, *Equisetum*, *Hieracium* (табл. 3). Достаточно высокое разнообразие последних четырех родов указывает на горные черты исследованной флоры. Родовой коэффициент составляет 43,6 %. Значительное число семейств (30) и родов (148) содержит только по одному виду. Это свидетельствует о миграционном характере флоры.

Растения, произрастающие на изученной территории, относятся к разным географическим элементам (рис. 1). Преобладают растения северных широтных групп, а среди них – бореальные виды. В числе последних – такие эдификаторы и доминанты растительных сообществ, как *Abies sibirica* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Aconitum septentrionale* Koelle, *Bistorta major* S.F. Gray,

Таблица 3

Ведущие роды во флорах национального парка «Югыд ва»

Ведущие роды	Северная часть национального парка		Бассейн р. Косью		Бассейн верхнего течения р. Б. Сыня	
	Число видов	Ранг	Число видов	Ранг	Число видов	Ранг
<i>Carex</i>	46	1	45	1	25	1
<i>Salix</i>	20	2	20	2	11	2
<i>Stellaria</i>	12	3	12	3	7	3–4
<i>Poa</i>	11	4–5	10	5–6	7	3–4
<i>Ranunculus</i>	11	4–5	11	4	5	9–11
<i>Pedicularis</i>	10	6–7	10	5–6	2	ниже 11
<i>Alchemilla</i>	10	6–7	7	11–14	6	5–8
<i>Saxifraga</i>	9	8	9	7	3	ниже 12
<i>Draba</i>	8	9–12	8	8–10	–	–
<i>Equisetum</i>	8	9–12	8	8–10	6	5–8
<i>Hieracium</i>	8	9–12	7	11–14	6	5–8
<i>Juncus</i>	8	9–12	8	8–10	3	ниже 11
<i>Rubus</i>	6	ниже 12	6	ниже 14	6	5–8
<i>Eriophorum</i>	7	ниже 12	7	11–14	5	9–11

Примечание: (–) – род не зарегистрирован.

чем во флоре таежной зоны Республики Коми [41], отражает географическое положение исследованной территории, большая часть которой приурочена к северной части предгорной полосы и гор Приполярного Урала. Арктических видов, характерных для тундровой зоны, зарегистрировано 49. Это существенно больше, чем во флоре другого крупного резервата региона – Печоро-Илычского заповедника, расположенного в предгорьях и горах Северного Урала [42]. При этом заметную роль в формировании растительных сообществ (горных тундр, зарослей кустарников, болот) в северной части национального парка «Югыд ва» играют лишь несколько представителей арктической фракции: *Carex arctisibirica* (Jurtz.) Czer., *C. rariflora* (Wahl.) Smith, *C. rotundata* Wahlenb. и *Salix lanata* L. Достаточно обычными компонентами тундровых фитоценозов являются *Hierochloë arctica* C. Presl, *Luzula wahlenbergii* Rupr., но значительного обилия они не достигают. Ряд арктических видов (*Arnica iljinii* (Maguire) Iljin, *Carex glacialis* Mackenz., *C. misandra* R. Br., *Cassiope tetragona* (L.) D. Don, *Castilleja arctica* Kryl. et Serg. s.l., *Draba cinerea* Adams, *D. lactea* Adams, *Epilobium davuricum* Fisch. ex Hornem., *Eutrema edwardsii* R.Br., *Hierochloë pauciflora* R.Br., *Minuartia rubella* (Wahlenb.) Hiern, *Papaver lapponicum* ssp. *jugoricum* (Tolm.) Tolm., *Poa glauca* Vahl, *Polemonium boreale* Adams, *Ranunculus sulphureus* C.J. Phipps,

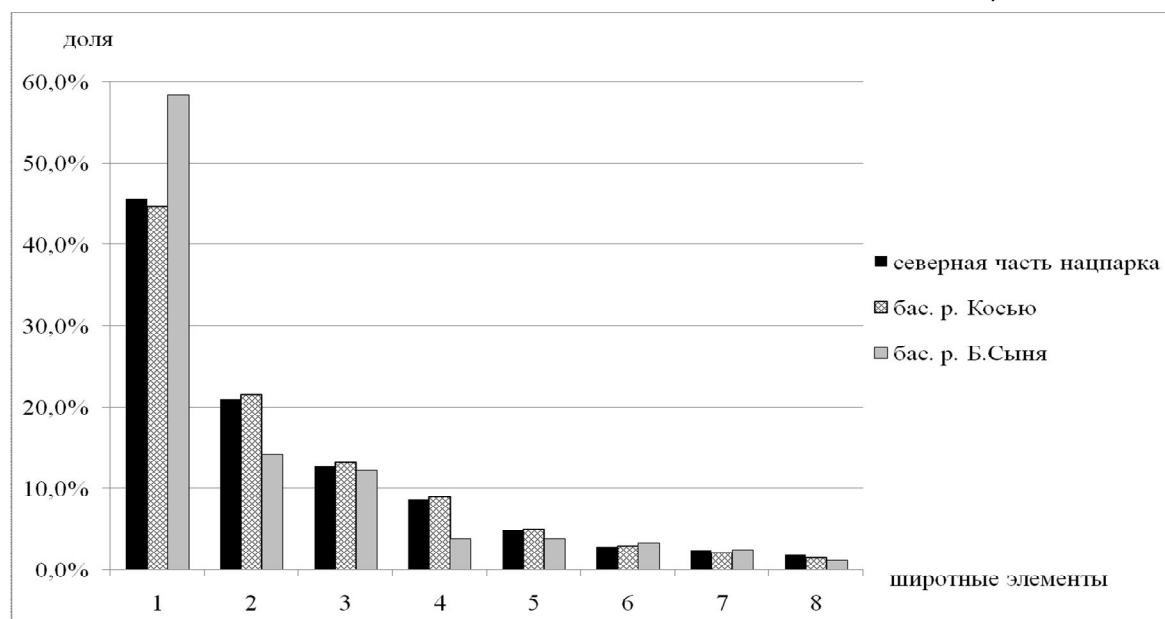


Рис. 1. Основные широтные элементы во флорах северной части национального парка «Югыд ва».

Условные обозначения элементов: 1 – бореальный (включая горный бореальный); 2 – аркто-альпийский; 3 – гипоарктический; 4 – арктический; 5 – полизональный; 6 – неморально-бореальный; 7 – эндемики Урала и Фенноскандии; 8 – лесостепной (включая горно-степной).

Calamagrostis purpurea (Trin.) Trin., *Carex rostrata* Stokes. Господство бореальных видов как по разнообразию, так и по ценотической роли, закономерно отражает положение исследованной территории в таежной зоне Голарктики. Примерно такое же количество видов относится к остальным северным широтным группам: аркто-альпийской, гипоарктической и арктической. Их значительная совокупная доля (42,5 %), которая почти в четыре раза выше,

Tephrosieris atropurpurea (Ledeb.) Holub) – редкие в Республике Коми, занесены в региональную Красную книгу [39].

Наличие на изученной территории меридиональных хребтов горной страны Урал закономерно обуславливает значительное разнообразие аркто-альпийских видов (рис. 1). Представители данной широтной группы типичны для горно-тундрового и подгольцового высотных поясов. К числу ценотиче-

ски значимых видов, характеризующихся высоким постоянством и заметным обилием, можно отнести *Anthoxanthum alpinum* A. et D. Löve, *Arctous alpina* (L.) Niedenzu, *Baeothryon cespitosum* (L.) A. Dietr., *Diphasiastrum alpinum* (L.) Holub, *Juncus trifidus* L., *Oxytropis sordida* (Willd.) Pers., *Viola biflora* L. Среди константных, но малообильных видов заслуживают упоминания *Hieracium alpinum* L., *Omalotheca norvegica* (Gunn.) Sch. Bip. & F. Schultz, *Pachypleurum alpinum* Ledeb., *Phleum alpinum* L., *Pedicularis compacta* Steph., *Salix reticulata* L., *Sibbaldia procumbens* L. В силу того, что большинство представителей рассматриваемой группы отличается стеноитопностью, а предпочитаемые ими местообитания в Республике Коми имеют ограниченное распространение, многие аркто-альпийские растения являются редкими. В региональную Красную книгу включено 30 таксонов из 116 зарегистрированных во флоре северной части национального парка «Югыд ва» аркто-альпийских видов (*Achoriphragma nudicaule* (L.) Soják., *Acomastylis glacialis* (Adams) A. Khokhr., *Antennaria lanata* (Hook.) Greene, *Astragalus gorodkovii* Jurtz., *Carex atrofusca* Schkuhr, *Crypto-gramma crispa* (L.) R. Br., *Dryopteris fragrans* (L.) Schott, *Oxygraphis glacialis* (Fisch.) Bunge, *Oxytropis mertensiana* Turcz., *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et C.A. Mey. и др.). Еще девять видов (*Harrimanella hypnoides* (L.) Cov., *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv., *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab., *Thalictrum alpinum* L., *Tephrosia heterophylla* (Fisch.) Konechn. и пр.) нуждаются в постоянном контроле численности популяций в природе.

Из гипоарктических видов, характерных для южной части тундровой зоны и севера тайги, наибольшим постоянством и обилием на обследованной территории характеризуются *Avenella flexuosa* (L.) Drej., *Betula nana* L., *Empetrum hermaphroditum* Hagerup, *Geranium krylovii* Tzvel., *Petasites radiatus* (J.F. Gmel.) Toman, *Rubus chamaemorus* L., *Salix glauca* L., *S. lapponum* L., *S. phylicifolia* L., *Vaccinium uliginosum* L. Реже высокого обилия достигают *Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Aschers & Graebn., *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, *Eriophorum russeolum* Fries, *Juniperus sibirica* Burgsd., *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd. ex Steud. Среди константных, но малообильных представителей данного широтного элемента можно упомянуть *Euphrasia frigida* Pugsl., *Luzula frigida* (Buchenau) Sam., *Lycopodium lagopus* (Laest.) Zinserl. ex Kuzen., *Ranunculus propinquus* C.A. Mey., *Rubus arcticus* L., *Sorbus sibirica* Hedl. Девять из зарегистрированных гипоарктических видов взяты в республике под охрану (*Brotopsis pumpelliana* (Scribn.) Holub, *Carex williamsii* Britt., *Chrysosplenium tetrandrum* (Lund ex Malmgr.) Th. Fries, *Dianthus repens* Willd., *Erigeron silenifolius* (Turcz.) Botsch., *Rhodiola rosea* L. и др.).

Закономерно, что растения с южным распространением в изученной флоре значительно менее многочисленны. На их долю в совокупности приходится 4,8 % от общего числа выявленных таксонов. Зарегистрированы один неморальный вид (*Carex digitata* L.) и 15 видов неморально-бореальной группы (*Crepis paludosa* (L.) Moench, *Dryopteris filix-*

mas (L.) Schott, *Glechoma hederacea* L., *Lamium album* L., *Milium effusum* L., *Paris quadrifolia* L., *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt, *Stellaria nemorum* L. и пр.). Отмечены лесостепные (*Alopecurus glaucus* Less., *Anemone sylvestris* L., *Hedysarum alpinum* L., *Linaria acutiloba* Fisch. ex Reichenb., *Silene tatarica* (L.) Pers.) и горно-степные (*Alyssum obovatum* (C.A. Mey.) Turcz., *Erysimum pallasii* (Pursh) Fern., *Neotorularia humilis* (C.A. Mey) Hedge et Leonard, *Penta-phyloides fruticosa* (L.) O. Schwarz) виды. Популяции горно-степных видов рассматриваются как реликтовые. Наличие растений данной широтной группы подтверждает существование на Урале и в Приуралье в позднем плейстоцене тундрово-степной растительности, сформировавшейся в условиях холодного континентального климата этого периода [21].

Видов полизонального элемента, ареалы которых располагаются в нескольких природных зонах, зарегистрировано 27. Среди них водные (*Batrachium trichophyllum* (Chaix) Bosch, *Callitriche palustris* L., *Myriophyllum sibiricum* Kom., *Potamogeton alpinus* Balb., *P. pectinatus* L., *P. perfoliatus* L.) и прибрежно-водные (*Equisetum fluviatile* L., *E. palustre* L., *Rorippa palustris* (L.) Bess.) растения. На большей части территории национального парка экосистемы не испытывают антропогенного воздействия и длительное время развиваются в режиме спонтанной динамики. Исключение составляет бассейн р. Кожим, где до создания резервата работали предприятия горно-рудной промышленности [45]. На заброшенных промышленных полигонах, территориях поселков и туристических баз, вдоль дорог встречаются сорные растения, относящиеся к полизональной группе: *Capsella bursapastoris* (L.) Medik., *Chenopodium album* L., *Erysimum cheiranthoides* L., *Poa annua* L., *Polygonum aviculare* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Tripleurospermum perforatum* (Mérat) M. Lainz и некоторые др.

Анализ долготных групп выявил преобладание видов с широкими голарктическими (*Carex rotundata* Wahlenb., *Diphasiastrum alpinum* (L.) Holub, *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Lycopodium annotinum* L., *Vaccinium myrtillus* L.) и евразийскими (*Alopecurus pratensis* L., *Anthoxanthum alpinum* A. et D. Löve, *Betula nana* L., *Carex globularis* L., *Empetrum hermaphroditum* (Lange) Hagerup, *Pachypleurum alpinum* Ledeb., *Salix lapponum* L. и пр.) ареалами (рис. 2). Это типичная черта флоры таежной зоны Голарктики. Как и во всей флоре национального парка, во флоре его северной части примерно одинаковы доли европейских (*Angelica archangelica* L., *Avenella flexuosa* (L.) Drej., *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Melampyrum sylvaticum* L., *Paris quadrifolia* L., *Salix phylicifolia* L., *Trollius europaeus* L., *Viola biflora* L. и др.) и азиатских, преимущественно сибирских (*Abies sibirica* Ledeb., *Atragene sibirica* L., *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin., *Crepis chrysanthia* (Ledeb.) Turcz., *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, *Elymus fibrosus* (Schrenk) Tzvel., *Larix sibirica* Ledeb., *Lonicera pallasii* Ledeb., *Stellaria bungeana* Fenzl., *Salix jensseensis* (F. Schmidt)

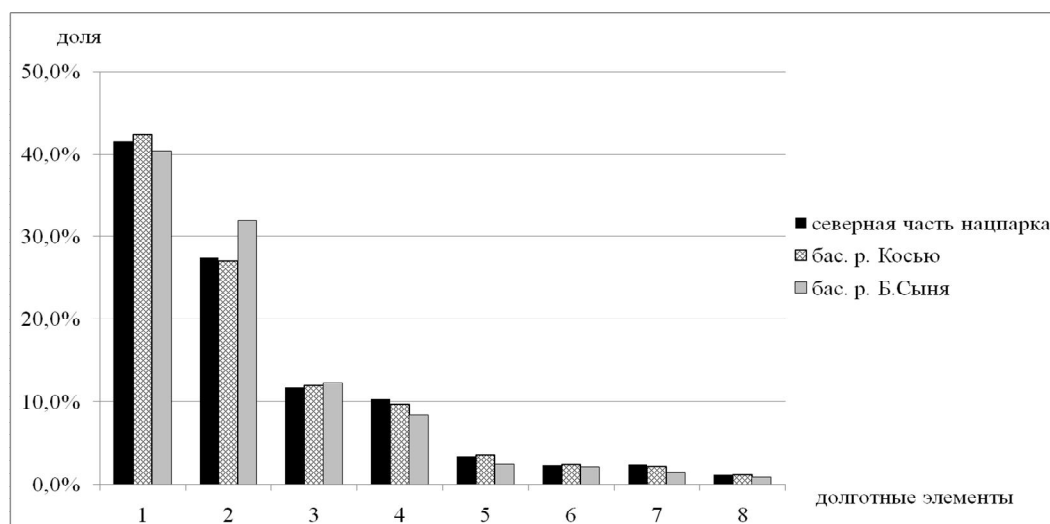


Рис. 2. Долготные элементы во флорах северной части национального парка «Югыд ва».

Условные обозначения элементов: 1 – голарктический; 2 – евразийский; 3 – азиатский; 4 – европейский; 5 – азиатско-американский; 6 – европейско-американский; 7 – эндемики Урала и Фенноскандии; 8 – космополитный.

Floder, *Trisetum sibiricum* Rupr. и пр.) видов. Следует подчеркнуть, что в локальных флорах западных равнинных районов Республики Коми, расположенных в подзоне северной тайги, соотношение европейских и сибирских видов составляет 2 : 1 [21, 41, 44]. Доли таксонов с европейско-американским (*Asplenium viride* Huds., *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz, *Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Aschers. & Graebn., *Juncus trifidus* L., *Omalotheca supina* (L.) DC., *Sibbaldia procumbens* L.) и азиатско-американским (*Ac-taea erythrocarpa* Fisch., *Artemisia tilesii* Ledeb., *Boschniakia rossica* (Cham. et Schlecht.) B. Fedtsch., *Bromopsis pumpehiana* (Scribn.) Holub, *Chamaenerion latifolium* (L.) Th. Fries et Lange, *Pedicularis labradorica* Wirsing, *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz) типами ареалов во флоре изученной территории также приблизительно равные (рис. 2). Космополитных видов всего пять. Это наземные (*Botrychium lunaria* (L.) Sw., *Chenopodium album* L., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Poa annua* L., *Polygonum aviculare* L.) и водные (*Potamogeton pectinatus* L.) растения. Наземные космополитные виды на обследованной территории тяготеют к антропогенно нарушенным местообитаниям. Исключение составляет *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., произрастающий исключительно на скалах и останцах выветривания.

Специфику флоре исследованной территории придают виды, эндемичные для горной страны Урала: *Alchemilla hyperborea* Juz., *A. obtusifolia* Alech., *A. semispoliata* Juz., *Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub, *Astragalus gorodkovii* Jurtz., *Cerastium krylovii* Schischk. et Gorczak., *Gagea samojedorum* Grossh., *Gypsophila uralensis* Less., *Lagotis uralensis* Schischk., *Linum boreale* Juz., *Thymus talijevii* Klok. et Schost. Все они занесены в Красную книгу Республики Коми [39].

Анализ состава жизненных форм показал, что их соотношение в изученной локальной флоре имеет примерно такие же показатели, как и во флоре подзоны северной тайги [40]. Превалируют

травянистые многолетние растения (рис. 3), преимущественно корневищные: *Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub, *Bistorta major* S.F. Gray, *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin., *Carex rostrata* Stokes, *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Geranium krylovii* Tzvel., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Solidago virgaurea* L. и т.п. Доля таксонов древесных жизненных форм существенно ниже. Тем не менее, именно они определяют облик большинства растительных сообществ во всех высотных поясах. Это, прежде всего, эдификаторы из биоморфологических групп деревьев (*Abies sibirica* Ledeb., *Betula pubescens* Ehrh., *Picea obovata* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb.) и кустарников (*Betula nana* L., *Juniperus sibirica* Burgsd., *Salix glauca* L., *S. lanata* L., *S. lapponum* L.), доминанты из числа кустарничков (*Empetrum hermaphroditum* Hagerup, *Ledum decumbens* (Ait) Lodd. ex Steud., *Vaccinium myrtillus* L., *V. Uliginosum* L.). Полностью представлены древесными растениями семейства *Betulaceae*, *Cupressaceae*, *Ericaceae*, *Pinaceae*, *Salicaceae*. Одно-двулетников немного (*Comastoma tenellum* (Rottb.) Toyok., *Euphrasia frigida* Pugsl., *Melampyrum pratense* L., *M. Sylvaticum* L. др.). Часть из них относится к сорным растениям (*Barbarea stricta* Andr., *Poa annua* L., *P. supina* Schrad., *Polygonum aviculare* L.). Их небольшая доля во флоре косвенно свидетельствует о низкой степени антропогенной нарушенности территории. Отмечены также два полукустарника (*Rubus idaeus* L. и *R. matsumuranus* Lévl. & Vaniot) и одно многолетнее лиановидное растение (*Atragene sibirica* L.).

Годовая норма осадков, выпадающих в горах Приполярного Урала и Приуралья, существенно выше, чем на равнинных территориях Республики Коми. Это обуславливает значительное участие во флоре северной части национального парка «Югыд ва» влаголюбивых растений из экологических групп гигрофитов (*Andromeda polifolia* L., *Betula nana* L., *Caltha palustris* L., *Carex aquatilis* Wahlenb., *C. globularis* L., *Equisetum fluviatile* L., *Eriophorum scheuchzeri*

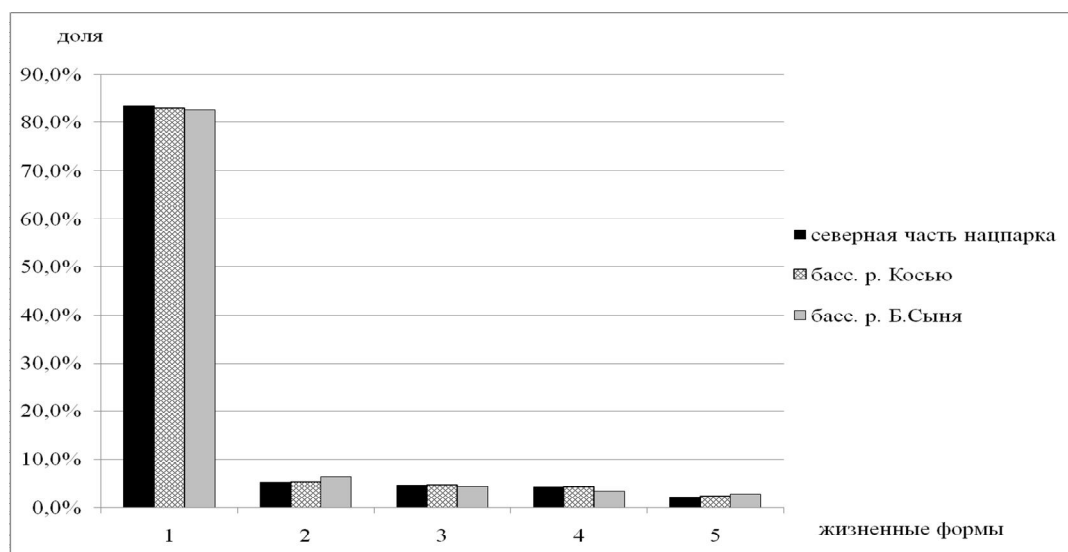


Рис. 3. Основные жизненные формы во флорах северной части национального парка «Югид ва». Условные обозначения: 1 – травянистые многолетники; 2 – кустарники; 3 – травянистые одно- и двулетние растения; 4 – кустарнички; 5 – деревья.

Hoppe, *Geum rivale* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Par-nassia palustris* L., *Vaccinium uliginosum* L.) и гидро-мезофитов (*Adoxa moschatellina* L., *Alopecurus pra-tensis* L., *Bistorta major* S.F. Gray, *Chrysosplenium alternifolium* L., *Crepis paludosa* (L.) Moench, *Poa pa-lustris* L., *Ranunculus repens* L., *Salix glauca* L., *Vale-riana wolgensis* Kazak.) (рис. 4). При этом сохра-няется превалирование мезофитов (*Aconitum sep-temtrionale* Koelle, *Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub, *Anthoxanthum alpinum* A. et D. Löve, *Dryop-teris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Equisetum prate-nse* Ehrh., *Galium boreale* L., *Gymnocarpium dryop-teris* (L.) Newm., *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Oxalis acetosella* L., *Rubus saxatilis* L., *Soli-dago virgaurea* L., *Thalictrum minus* L., *Vaccinium myr-tillus* L. и мн. др.). Широкое распространение в рас-тительном покрове изученной территории горных тундр, каменных россыпей и скал обуславливает заметное участие во флоре криофитов (*Arctous*

alpina (L.) Niedenzu, *Artemisia norvegica* Fries, *Carex arctisibirica* (Jurtz.) Czer., *Dryas octopetala* L., *Hie-racium alpinum* L., *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv., *Oxytropis sordida* (Willd.) Pers., *Salix polaris* Wahlenb., *S. reticulata* L., *Tephroseris atropurpurea* (Ledeb.) Ho-lub и пр.) и ксеромезофитов (*Alyssum obovatum* (C.A. Mey.) Turcz., *Carex glacialis* Mackenz., *Dianthus repens* Willd., *Festuca ovina* L., *Poa glauca* Vahl, *Thymus talijevii* Klok. et Schost., *Viola arenaria* DC.). Несмотря на густую гидрографическую сеть, раз-нообразие гидрофитов в изученной флоре невелико (зарегистрировано лишь восемь видов настоя-щих водных растений). Это обусловлено суровым климатом региона.

Спектр эколого-ценотических групп (ЭЦГ) во флоре отражает структуру растительного покрова территории (рис. 5). Широко представлены виды горно-тундровой (*Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub, *Bistorta major* S.F. Gray, *Carex arctisibirica*

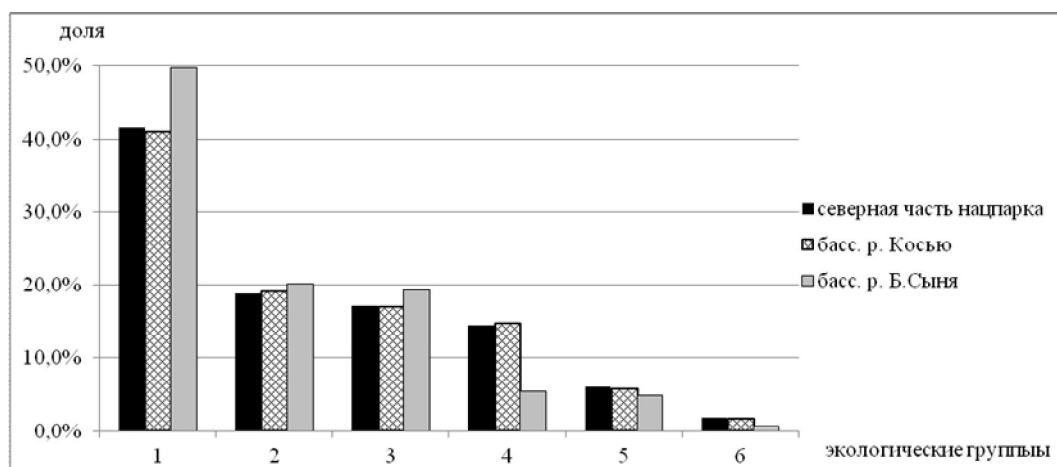


Рис. 4. Экологические группы во флорах северной части национального парка «Югид ва». Условные обозначения: 1 – мезофиты; 2 – гидрофиты; 3 – гидро-мезофиты; 4 – криофиты; 5 – ксеромезофиты; 6 – гидрофиты.

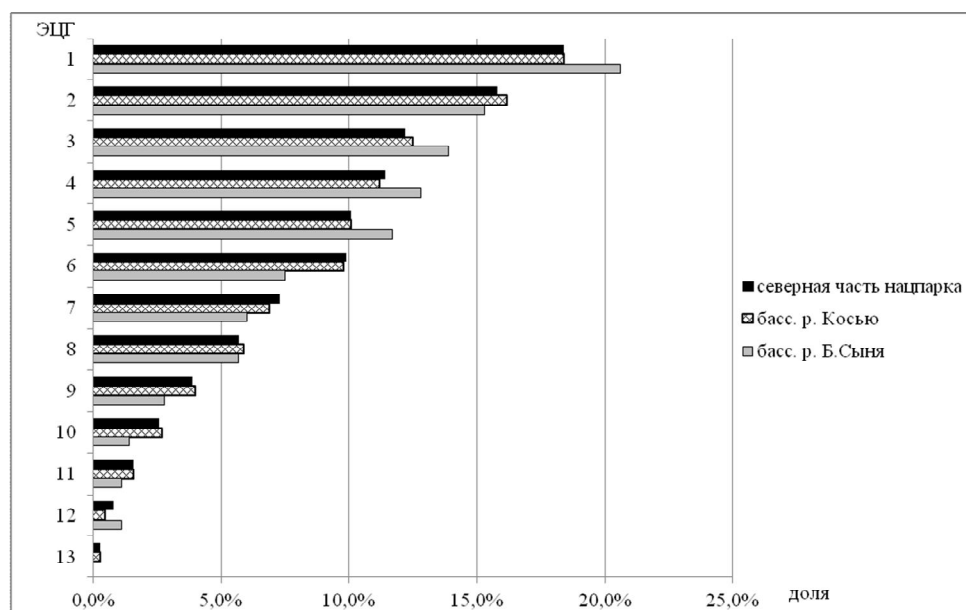


Рис. 5. Эколого-ценотические группы во флорах северной части национального парка «Югыд ва». Условные обозначения ЭЦГ: 1 – долинная лесо-луговая и долинная луговая; 2 – горных тундр и редколесий; 3 – болотная, лесо-болотная и тундрово-болотная; 4 – таежно-лесная; 5 – долинная лугово-лесная и долинная лесная; 6 – аллювиальная; 7 – петрофитная; 8 – горно-луговая; 9 – сорно-рудеральная; 10 – прибрежно-водная; 11 – долинная темнохвойно-лесная; 12 – таежная лугово-лесная; 13 – боровая.

(Jurtz.) Czer., *C. brunnescens* (Pers.) Poir., *Empetrum hermaphroditum* Hagerup, *Festuca ovina* L. и др.) и таежно-лесной (*Abies sibirica* Ledeb., *Avenella flexuosa* (L.) Drej., *Betula pubescens* Ehrh., *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Linnaea borealis* L., *Lycopodium annotinum* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Picea obovata* Ledeb., *Trientalis europaea* L., *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitisidaea* L. и пр.) ЭЦГ. Они не отличаются высокими требованиями к обеспеченности почв элементами минерального питания и способны мириться с их высокой кислотностью. Значительная заболоченность ландшафтов определяет заметное разнообразие болотной (*Andromeda polifolia* L., *Baeothryon cespitosum* (L.) A. Dietr., *Carex rostrata* Stokes, *C. rotundata* Wahlenb., *Comarum palustre* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Rubus chamaemorus* L.), лесо-болотной (*Carex cinerea* Poll., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Equisetum palustre* L., *Ledum palustre* L.) и тундрово-болотной (*Betula nana* L., *Salix glauca* L., *S. lapponum* L., *Vaccinium uliginosum* L.) ЭЦГ, на долю которых в совокупности приходится 12,2 % от общего числа видов. Сообщества травянистых многолетников занимают в растительном покрове подчиненное положение, однако характеризуются высокими показателями α -разнообразия. Последнее обуславливает заметное участие во флоре видов аллювиальной (*Astragalus subpolaris* Boriss. et Schischk., *Bartsia alpina* L., *Chamaenerion latifolium* (L.) Th. Fries et Lange, *Hedysarum alpinum* L., *Pentaphylloides fruticosus* (L.) O. Schwarz, *Viola epipsiloides* A. & D. Löve), долинной лесо-луговой (*Alopecurus pratensis* L., *Angelica archangelica* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Lamium album* L., *Ranunculus repens* L., *Salix dasyc-lados* Wimm.) и луговой (*Elymus fibrosus* (Schrenk)

Tzvel., *Equisetum arvense* L., *Poa pratensis* L.), а также горно-луговой (*Anthoxanthum alpinum* A. et D.Löve, *Omalotheca norvegica* (Gunn.) Sch. Bip. & F. Schultz, *Pachypleurum alpinum* Ledeb., *Pedicularis compacta* Steph., *Phleum alpinum* L., *Tanacetum bipinnatum* (L.) Sch. Bip., *Veratrum lobelianum* Bernh. и др.) ЭЦГ. Наличие специфических экотопов – каменных россыпей, выходов коренных горных пород по берегам рек – определяет достаточно высокую долю петрофитов (*Campanula rotundifolia* L., *Cryptogramma stelleri* (S.G. Gmel.) Prantl, *Cystopteris dickieana* R. Sim, *Dryas punctata* Juz., *Saxifraga nivalis* L., *S. oppositifolia* L., *Thymus talijevii* Klok. et Schost., *Woodsia glabella* R. Br.). Признаки антропогенной трансформации флоры проявляются слабо, доля видов сорно-рудеральной ЭЦГ (*Alopecurus aequalis* Sobol., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt., *Poa annua* L., *P. supina* Schrad., *Stellaria media* (L.) Vill.) во флоре низкая.

Изучение сукцессий растительности на участках, нарушенных добычей полезных ископаемых, показало, что в результате антропогенного воздействия происходит существенное обеднение видового состава формирующихся фитоценозов [17, 21, 46]. При этом в зарастании нарушенных экотопов принимают участие преимущественно виды-апофиты.

Заключение

Таким образом, флору сосудистых растений северной части национального парка «Югыд ва» можно охарактеризовать как горно-бореальную. При преобладании зональных бореальных видов она несет ярко выраженные северные и горные черты. Анализ соотношения долготных элементов показал, что при преобладании таксонов с широко-

ми ареалами (голарктическими (циркумполярными), евразийскими), заметна доля видов с преимущественно азиатским (сибирским) распространением. Данная специфика флоры закономерно обусловлена положением обследованной территории на стыке Русской равнины и горной страны Урал, а также на границе двух частей света – Европы и Азии. Для ряда видов на изученной территории проходят северные, южные или западные границы ареалов. Многие встречающиеся здесь таксоны, в том числе эндемичные для горной страны Урал (*Alchemilla hyperborea* Juz., *Anemonastrum biarmienae* (Juz.) Holub, *Astragalus gorodkovii* Jurtz., *Gypsophila uralensis* Less., *Lagotis uralensis* Schischk., *Linum boreale* Juz., *Thymus talijevii* Klok. et Schost. и др.), взяты в Республике Коми под охрану. Особенности структуры растительного покрова территории резервата определяют соотношение во флоре эколого-ценотических групп видов. В ней широко представлены виды горно-тундровой, таежно-лесной, болотной ЭЦГ. Наличие в ландшафтах предгорий и гор Приполярного Урала специфических экотопов – выходов коренных пород, скал, останцов выветривания, каменных россыпей, – создает условия для поселения здесь видов петрофитов, многие из которых в Республике Коми отнесены к числу редких и занесены в региональную Красную книгу. Признаки антропогенной трансформации флоры проявляются слабо, в зарастании нарушенных экотопов принимают участие преимущественно виды апофиты.

Новые данные о разнообразии флоры сосудистых растений особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня могут найти применение при проведении долговременного мониторинга природных ресурсов национального парка «Югыд-ва», принятии решений в сфере управления особо охраняемыми природными территориями. Флористические исследования на территории крупнейшего резервата региона планируется продолжить.

Авторы выражают благодарность З.Г. Улле (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН) и В.В. Петровскому (БИН РАН) за консультации при определении коллекций сосудистых растений. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ-Север проект №16-44-110167 «Оценка состояния и динамики популяций редких растений, грибов и животных, занесенных в Красные книги Республики Коми и Российской Федерации».

Литература

1. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / Под ред. С.В. Дёгтевой, В.И. Пономарева. Сыктывкар, 2014. 428 с.
2. Цинзерлинг Ю.Д. Очерк растительности массива Сабли // Урал. Приполярные районы. Л., 1935. С.75–86. (Тр. Ледниковых экспедиций. Вып.4).
3. Говорухин В.С. Флора Урала. Свердловск, 1937. 536 с.
4. Юдин Ю.П. Очерк растительности бассейнов рек Щугор и Подчерем (Северный Урал) // Ботан. журн. 1950. Т.35. №5. С.522–526.
5. Юдин Ю.П. Вертикальная зональность и верхняя граница леса в горах Щугорского Урала // Известия Коми филиала ВГО. 1951. Т.1. С.5–16.
6. Горчаковский П.Л. Флора и растительность высокогорий Урала. Свердловск, 1966. 270 с.
7. Игошина К.Н. Флора горных и равнинных тундр и редколесий Урала // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л., 1966. Вып.6. С.135–223.
8. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1974. Т.1. 274 с.
9. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1976. Т.2.316 с.
10. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1976. Т.3. 293 с.
11. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1977. Т.4. 311 с.
12. Непомилуева Н.И., Лащенкова А.Н., Малафеев А.И. Естественные луга Приполярного Урала // Вопросы северного луговодства. Сыктывкар, 1976. С.33–46. (Труды Коми филиала АН СССР; №28).
13. Лащенкова А.Н. Растительность // Природный парк Коми АССР. Сыктывкар, 1977. С.47–57.
14. Непомилуева Н.И. Редкие фитоценозы Приполярного Урала // Ботан. журн. 1978. Т.65, №5. С.744–751.
15. Непомилуева Н.И. Лиственничные редколесья (*Larix sibirica*) Приполярного Урала // Изучение и охрана растительности Севера. Сыктывкар, 1984. С.51–68.
16. Непомилуева Н.И., Лащенкова А.Н. Охрана флоры и растительности природного парка Коми АССР // Растительный мир охраняемых территорий. Рига, 1978. С.43–45.
17. Мартыненко В.А. Естественное зарастание техногенных участков на Приполярном Урале // Ботан. журн. 1986. Т.71. №12. С.1663–1668.
18. Дёгтева С.В. Начальные стадии сингенеза растительности на промышленных отвалах Кожимского месторождения (Приполярный Урал) // Влияние антропогенных факторов на флору и растительность Севера. Сыктывкар, 1990. С.35–45 (Тр. Коми науч. центра УрО АН СССР; №108).
19. Лавренко А.Н. Флора Малдинского участка р. Кожим // Влияние разработки россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду. Сыктывкар, 1994. С.41–66.
20. Дёгтева С.В., Мартыненко В.А. Растительность и флора природного парка «Югыд-Ва» (Республика Коми) // Ботан. журн. 2000. Т.85. №11. С.76–86.
21. Мартыненко В.А., Дёгтева С.В. Конспект флоры национального парка «Югыд-Ва» (Республика Коми). Екатеринбург, 2003. 108 с.
22. Мартыненко В.А. Локальные флоры равнинной части юга бассейна р. Печоры // Флора

- и растительность южной части бассейна р. Печоры. Сыктывкар, 1992. С. 65–75 (Тр. Коми науч. центра УрО РАН. №126).
23. *Национальный парк «Югыд ва»* / Под ред. В.И. Пономарева. М., 2001. 208 с.
 24. *Атлас Республики Коми*. М., 2011. 448 с.
 25. *Атлас Республики Коми по климату и гидрологии*. М., 1997. 116 с.
 26. *Исаченко Т.И., Лавренко Е.М.* Ботанико-географическое районирование // Растительность европейской части СССР. Л., 1980. С.10–20.
 27. *Почвы заповедников и национальных парков России*. М., 2012. С.87–92.
 28. *Толмачев А.И.* Введение в географию растений. Л., 1974. 244 с.
 29. *Шеляг-Сосонко Ю.Р.* О конкретной флоре и методе конкретных флор // Ботан. журн. 1980. Т.65, №6. С.761–774.
 30. *Юрцев Б.А., Камелин Р.В.* Программы флористических исследований разной степени детальности // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л., 1987. С.219–242.
 31. *Юрцев Б.А., Камелин Р.В.* Основные термины и понятия флористики. Пермь, 1991. 80 с.
 32. *Флора европейской части СССР* / Отв. ред. Ан. А. Фёдоров. Л.: Наука, 1978. Т.3. 259 с.
 33. *Флора Восточной Европы* / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. СПб., 1996. Т.9. 456 с.
 34. *Флора Восточной Европы* / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. СПб., 2001. Т.10. 670 с.
 35. *Арктическая флора СССР*. Вып.10. Семейства Rubiaceae – Compositae. Л., 1987. 416 с.
 36. *Серебряков И.Г.* Экологическая морфология растений. М., 1962. 378 с.
 37. *Дёгтева С.В., Новаковский А.Б.* Эколого-ценоотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры. Екатеринбург, 2012. 180 с.
 38. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., 1995. 990 с.
 39. *Красная книга Республики Коми* / Под ред. А.И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.
 40. *Мартыненко В.А.* Флора северной и средней подзон тайги европейского Северо-Востока: Автореф. дис... докт. биол. наук. Екатеринбург, 1996. 31 с.
 41. *Мартыненко В.А., Груздев Б.И.* Сосудистые растения Республики Коми. Сыктывкар, 2008. 136 с.
 42. *Лавренко А.Н., Улле З.Г., Сердитов Н.П.* Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. СПб., 1995. 255 с.
 43. *Мартыненко В.А., Шмидт В.М.* Биометрическое сравнение конкретных флор Коми АССР // Ботан. журн. 1981. Т.66, №3. С.353–370.
 44. *Мартыненко В.А., Груздев Б.И., Канев В.А.* Локальные флоры таежной зоны Республики Коми. Сыктывкар, 2008. 76 с.
 45. *Влияние разработки россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду* / Под ред. С.В. Дёгтевой. Сыктывкар, 1994. 167 с.
 46. *Дёгтева С.В.* Результаты многолетнего мониторинга восстановления растительных сообществ на отвалах отработанных россыпей Приполярного Урала // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. СПб., 2011. Т.2. С.60–62.

References

1. *Kadastr osobo ohranjaemyh prirodnih territorij Respubliki Komi* [Cadastr of the protected areas of the Komi Republic] / Eds. S.V.Degteva, V.I.Ponomarev. Syktyvkar. 2014. 428 p.
2. *Tsinzerling Yu.D.* Ocherk rastitel'nosti massiva Sabli [Review of the vegetation of the Sablya Ridge] // Ural. Pripoljarnye rajony [Urals. Supolar areas]. Leningrad, 1935. P. 75–86. (Proc. of Ice Expeditions. Issue 4).
3. *Govorukhin V.S.* Flora Urala [Flora of the Urals]. Sverdlovsk, 1937. 536 p.
4. *Yudin Yu.P.* Ocherk rastitel'nosti bassejnov rek Shhugor i Podcherem (Severnyj Ural) [Review of the vegetation of the basins of Schugor and Podcherem (Northern Urals)] // Botanical J. 1950. Vol. 35. № 5. P. 522–526.
5. *Yudin Yu.P.* Vertikal'naja zonal'nost' i verhnaja granica lesa v gorah Shhugorskogo Urala [Altitudinal zonality and vertical boundary of the forest in mountains of the Schugor Urals] // Izvestija Komi filiala VGO [Proc. of Komi Branch of RGS]. 1951. Vol.1. P. 5–16.
6. *Gorchakovskiy P.L.* Flora i rastitel'nost' vysokogorij Urala [Flora and vegetation of the Urals high mountains]. Sverdlovsk, 1966. 270 p.
7. *Igoshina K.N.* Flora gornyh i ravninnyh tundr i redkolesij Urala [Flora of mountain and plain tundra and light forests of the Urals] // Rastitel'nost' Krajnego Severa SSSR i ee osvoenie [Vegetation of the USSR Far North and its development]. Moscow-Leningrad, 1966. Issue 6. P. 135–223.
8. *Flora Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR* [Flora of the USSR European Northeast]. Leningrad, 1974. Vol. 1. 274 p.
9. *Flora Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR* [Flora of the USSR European Northeast]. Leningrad, 1976. Vol. 2. 316 p.
10. *Flora Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR* [Flora of the USSR European Northeast]. Leningrad, 1976. Vol. 3. 293 p.
11. *Flora Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR* [Flora of the USSR European Northeast]. Leningrad, 1977. Vol. 4. 311 p.
12. *Nepomilueva N.I., Lashhenkova A.N., Malafeev A.I.* Estestvennye luga Pripoljarnogo Urala [Natural meadows of the Subpolar Urals] // Voprosy severnogo lugovodstva [Problems of meadows cultivation in the North]. Syktyvkar, 1976. S. 33–46. (Proc. of Komi Branch, USSR Ac. Sci. №28).
13. *Lashchenkova A.N.* Rastitel'nost' [Vegetation] // Prirodnyj park Komi ASSR [Nature park of the Komi ASSR]. Syktyvkar, 1977. P. 47–57.

14. *Nepomilueva N.I.* Redkie fitocenozy Pripoljarnogo Urala [Rare phytocoenoses of the Subpolar Urals] // Botanical J. 1978. Vol. 65, № 5. P. 744–751.
15. *Nepomilueva N.I.* Listvennichnye redkoles'ja (*Larix sibirica*) Pripoljarnogo Urala [Larch (*Larix sibirica*) light forests of the Subpolar Urals] // Izuchenie i ohrana rastitel'nosti Severa [Studying and protection of vegetation of the North]. Syktyvkar, 1984. P. 51–68.
16. *Nepomilueva N.I., Lashchenkova A.N.* Ohrana flory i rastitel'nosti prirodnogo parka Komi ASSR [Protection of flora and vegetation of the nature park of the Komi ASSR] // Rastitel'nyj mir ohranjaemyh territorij [Flora of the protected territories]. Riga, 1978. P. 43–45.
17. *Martynenko V.A.* Estestvennoe zarastanie tehnogennyh uchastkov na Pripoljarnom Urale [Natural overgrowth of technogenic sites in the Subpolar Urals] // Botanical J. 1986. Vol. 71, № 12. P. 1663–1668.
18. *Degteva S.V.* Nachal'nye stadii singeneza rastitel'nosti na promyshlennyh otvalah Kozhimskogo mestorozhdenija (Pripoljarnyj Ural) [Initial stages of vegetation syngeneses on the mining dumps of the Kozhim gold field (Subpolar Urals)] // Vlijanie antropogennyh faktorov na floru i rastitel'nost' severa [Anthropogenic impact on the flora and vegetation of the North]. Syktyvkar, 1990. P. 35–45 (Proc. of Komi Sci.Centre, Ural Branch, USSR Ac. Sci. № 108).
19. *Lavrenko A.N.* Flora Maldinskogo uchastka r. Kozhim [Flora of the Maldy area of the Kozhim River] // Vlijanie razrabotki rossypnyh mestorozhdenij Pripoljarnogo Urala na prirodnuju sredu [Influence of development of placer deposits in the Subpolar Urals on the environment]. Syktyvkar, 1994. P. 41–66.
20. *Degteva S.V., Martynenko V.A.* Rastitel'nost' i flora prirodnogo parka «Jugyd-Va» (Respublika Komi) [Vegetation and flora of the nature park “Yugyd va” (the Komi Republic)] // Botanical J. 2000. Vol. 85, № 11. P. 76–86.
21. *Martynenko V.A., Degteva S.V.* Konspekt flo-ry nacional'nogo parka «Jugyd-Va» (Respublika Komi) [The list of flora of the “Yugyd va” national park (the Komi Republic)]. Ekaterinburg, 2003. 108 p.
22. *Martynenko V.A.* Lokal'nye flory ravninnoj chasti juga bassejna r. Pechory [Local floras of plain area of the Pechora River basin] // Flora i rastitel'nost' juzhnoj chasti bassejna r. Pechory [Flora and vegetation of the southern part of the Pechora River basin]. Syktyvkar, 1992. P. 65–75 (Proc. of Komi Sci.Centre, Ural Branch, RAS). № 126).
23. *Nacional'nyj park «Jugyd va»* [The “Yugyd va” national park]. / Ed. V.I.Ponomarev. Moscow, 2001. 208 p.
24. *Atlas Respubliki Komi* [Atlas of the Komi Republic]. Moscow, 2011. 448 p.
25. *Atlas Respubliki Komi po klimatu i gidrologii* [Atlas of the Komi Republic on climate and hydrology]. Moscow, 1997. 116 p.
26. *Isachenko T.I., Lavrenko E.M.* Botaniko-geograficheskoe rajonirovanie [Botanical-geographical zoning] // Rastitel'nost' Evropejskoj chasti SSSR [Vegetation of the European part of the USSR]. Leningrad, 1980. P.10–20.
27. *Pochvy zapovednikov i nacional'nyh parkov Rossii* [Soils of the reserves and national parks of Russia]. Moscow, 2012. P. 87–92.
28. *Tolmachev A.I.* Vvedenie v geografiju rastenij [Introduction to the vegetation geography]. Leningrad, 1974. 244 p.
29. *Shelyag-Sosonko Yu.R.* O konkretnoj flore i metode konkretnyh flor [About specific flora and the method of specific floras] // Botanical J. 1980. Vol.65, №6. P.761–774.
30. *Yurtsev B.A., Kamelin R.V.* Programmy floristicheskikh issledovanij raznoj stepeni detal'nosti [Programs of floristic researches of different detalization]//Teoreticheskie i metodicheskie problemy sravnitel'noj floristiki [Theoretical and methodical problems of comparative floristics]. Leningrad, 1987. P. 219–242.
31. *Yurtsev B.A., Kamelin R.V.* Osnovnye terminy i ponjatija floristiki [Main terms and concepts of the floristics]. Perm, 1991. 80 p.
32. *Flora evropejskoj chasti SSSR* [Flora of the European part of the USSR]. / Ed. A.A.Fedorov. Leningrad: Nauka, 1978. Vol.3. 259 p.
33. *Flora Vostochnoj Evropy* [Flora of East Europe]. / Ed. N.N.Tsvelev. St.Petersburg, 1996. Vol.9. 456 p.
34. *Flora Vostochnoj Evropy* [Flora of East Europe] / Ed. N.N.Tsvelev. St.Petersburg., 2001. Vol.10. 670 p.
35. *Arkticheskaja flora SSSR* [Arctic flora of the USSR]. Semejstva Rubiaceae – Compositae L. [Families Rubiaceae–Compositae]. Issue 10. Leningrad, 1987. 416 p.
36. *Serebryakov I.G.* Jekologicheskaja morfologija rastenij [Ecological morphology of plants]. Moscow, 1962. 378 p.
37. *Degteva S.V., Novakovsky A.B.* Jekologo-cenoticheskie gruppy sosudistyh rastenij v fitoceno- zakh landshaftov bassejna verhnjej i srednej Pechory [Eco-coenotical groups of vascular plants in communities of landscapes in the basin of the upper and middle Pechora]. Ekaterinburg, 2012. 180 p.
38. *Cherepanov S.K.* Sosudistye rastenija Rossii i sopredel'nyh gosudarstv [Vascular plants of Russia and adjacent states]. St.Petersburg, 1995. 990 p.
39. *Krasnaja kniga Respubliki Komi* [Red Data Book of the Komi Republic] / Ed. A.I. Taskaev. Syktyvkar, 2009. 791 p.
40. *Martynenko V.A.* Flora severnoj i srednej podzon tajgi evropejskogo Severo-Vostoka [Flora of the northern and middle subzones of taiga of the European Northeast]. Abstract of diss. ... Dr.Sci (Biology). Ekaterinburg, 1996. 31 p.
41. *Martynenko V.A., Gruzdev B.I.* Sosudistye rastenija Respubliki Komi [Vascular plants of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2008. 136 p.
42. *Lavrenko A.N., Ulle Z.G., Serditov N.P.* Flora Pechoro-Ilychskogo biosfernogo zapovednika

- [Flora of the Pechora-Ilych biosphere reserve]. St.Petersburg, 1995. 255 p.
43. *Martynenko V.A., Shmidt V.M.* Biometricheskoe sravnenie konkretnyh flor Komi ASSR [Biometric comparing of specific floras of the Komi ASSR] // Botanical J. 1981. Vol. 66, № 3. P. 353–370.
44. *Martynenko V.A., Gruzdev B.I., Kanev V.A.* Lokal'nye flory taezhnoj zony Respubliki Komi [Local floras of taiga zone of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2008. 76 p.
45. *Vlijanie razrabotki rossypnyh mestorozhdenij Pripoljarnogo Urala na prirodnuju sredu* [Influence of development of placer deposits in the Subpolar Urals on the environment] / Ed. S.V.Degteva. Syktyvkar, 1994. 167 p.
46. *Degteva S.V.* Rezul'taty mnogoletnego monitoringa vosstanovlenija rastitel'nyh soobshhestv na otvalah otrabotannyh rossypej Pripoljarnogo Urala [Results of long term monitoring of vegetation regrown on the dumps of developed deposits in the Subpolar Urals] // Otechestvennaja geobotanika: osnovnye vehi i perspektivy: mater. Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. Uchastiem [Russian geobotany: main highlights and prospects: proc. of intern. Sci. conf.]. St.Petersburg, 2011. Vol. 2. P. 60–62.

Статья поступила в редакцию 28.01.2016.

УДК 582.26. (571.61)

СОСТАВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В РЕЧНЫХ ВЗВЕСЯХ СРЕДНЕГО АМУРА (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

А.С. СТЕНИНА*, С.И. ГЕНКАЛ**, Г.В. ХАРИТОНОВА***, Н.С. КОНОВАЛОВА****, В.И. КИМ****

* Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

** Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Ярославская обл., пос. Борок

*** Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

**** Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, г. Хабаровск

stenina@ib.komisc.ru

Представлены первые данные о составе диатомовых водорослей во взвесах из р. Амур, найденных в осенний период. Основой агрегаций являются центрические диатомовые, особенно из класса Coscinodiscophyceae, семейства *Stephanodiscaceae* и рода *Stephanodiscus*. Шесть видов: *Aulacoseira* cf. *pusilla*, *Discostella pseudostelligera*, *Navicula gregaria*, *Stephanodiscus invisitatus*, *Thalassiosira faurii*, *T. cf. pseudonana* выявлены как новые для альгофлоры р. Амур. Приводятся краткие диагнозы и фотографии видов.

Ключевые слова: взвеси, диатомовые водоросли, река Амур, Дальний Восток

A.S. STENINA, S.I. GENKAL, G.V. KHARITONOVA, N.S. KONOVALOVA, V.I. KIM. THE DIATOMS COMPOSITION IN THE RIVER SUSPENDED MATTER OF THE MID-AMUR (RUSSIAN FAR EAST)

Data on the suspended matter structure in the river waters are solitary, they are absent for the Amur River. First information on the diatoms composition in the suspended matter of the river in the vicinity of Khabarovsk taken in September of 2015 is presented. The samples reveal 16 species of diatoms, which refer to 10 genera, 6 families, 5 orders, and 3 classes. Generally, they are representatives of the class Coscinodiscophyceae. 6 species, *Aulacoseira* cf. *pusilla*, *Discostella pseudostelligera*, *Navicula gregaria*, *Stephanodiscus invisitatus*, *Thalassiosira faurii*, and *T. cf. pseudonana*, are noted as new for the Amur algaeflora. Brief diagnoses and photos of the species are presented. The samples do not exhibit the earlier demonstrated for plankton of the Amur river species of the genus *Aulacoseira*, which surge in population development was characteristic of summer (*Aulacoseira granulata*) and winter-autumn (*A. islandica*) periods. It is shown that considerable part of the diatoms suspended matter is involved in the formation of aggregations. The majority of the cells forming microaggregates falls to the species of the genus *Stephanodiscus* due to their morphology and life strategy, presence of spines, and their ability to be attached to other aggregates. The spines help them to hold on the particles of clay minerals. The polysaccharide exudates of diatoms promote participation of diatoms in aggregation. Species of the genera *Cyclotellina*, *Cyclotella* and *Thalassiosira* are present in the suspended matter to a lesser degree. There occur *Aulacoseira* cf. *pusilla*, and also species of the genus *Navicula* (*N. gregaria*, *N. cf. cryptotenella*, *Navicula* sp.). Their companions are *Diatoma moniliformis*, *Surirella angusta*, *S. helvetica*, *Ulnaria* sp., *Pinnularia* sp., species of the *Fragilariaceae* family, and others. The dominant complexes divert to unicellular centric ones, especially species of the *Stephanodiscus* genus, give evidence of the rapid development of eutrophication in the river due to both anthropogenic impact and the catastrophic flood of 2013.

Key words: aggregates, diatoms, centric species, Amur River, the Far East

Введение

Диатомовые – одна из наиболее разнообразных групп водорослей, для которых характерно широкое распространение и обитание в различных

водных и наземных экологических группировках. Они довольно хорошо изучены в фитопланктоне как автономные одноклеточные или колониальные организмы. В меньшей степени известно об их участии в образовании агрегаций. Понятие дано по: [1,

2]. К таким скоплениям абиотической и биотической природы относятся взвеси. Они имеют большое значение в гидрологических и гидрохимических процессах рек, озер и морей, оказывая влияние на прозрачность, температуру воды, состав донных отложений, процессы их формирования и в итоге – на пелагические и бентические сообщества [3].

Однако компоненты таких агрегаций, особенно биотическая составляющая, мало изучены. В работах, касающихся проблем взвесей, приводятся данные в основном о тех или иных систематических группах водорослей, в том числе и диатомовых, которые нередко преобладают [4–7]. Указывается на присутствие центрических и пеннатных диатомей. Из родов приводятся *Asterionella* Hassal, *Tabellaria* Ehrenberg и некоторые другие.

Диатомовые водоросли в водоемах бассейна р. Амур достаточно хорошо изучены в течение длительного времени. Сведения об их составе в альгофлоре региона представлены в ряде обобщающих работ [8–13 и др.]. Объектами всестороннего изучения были все основные сообщества (фитопланктон, перифитон, фитобентос, криофитон), кроме взвесей.

Цель исследования – выявление видового состава диатомовых водорослей в агрегациях взвесей в водах р. Амур.

Материал и методы

Материалом для изучения послужили пробы воды, отобранные 13 сентября 2015 г. в р. Амур. Станции (глубиной 1,5; 3,0; 6,0 м) располагались в основном русле реки в районе г. Хабаровск, у протоки Бешеная (см. рисунок). Отбор проб проведен батометром на каждой станции с глубины 0,5 м ниже

поверхности воды и 0,5 м от дна [14]. Несколько капель отобранной воды на следующий день после сбора были нанесены на столики микроскопа, высушены и напылены – Pt. Изучение препаратов проведено в сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 (TESCAN, Чешская Республика). Для идентификации были использованы основные определители, систематические сводки и отдельные публикации [15–23 и др.]. Названия таксонов в списке даны в соответствии с системой Ф. Раунд с соавторами [24], современные номенклатурные изменения уточнены по AlgaeBase [25]. Эколого-географические характеристики приведены по литературным данным [26–28 и др.].

Результаты и обсуждение

В осенних пробах взвесей из воды р. Амур в районе Хабаровского водного узла выявлено 16 видов диатомовых водорослей, которые относятся к 10 родам, 6 семействам, 5 порядкам, 3 классам. В основном это представители класса Coscinodiscophyceae, среди них найдены новые для р. Амур виды (*). Кроме того, некоторые диатомовые определены только до рода ввиду невозможности их точной идентификации (неполнота и загрязненность створок, отсутствие положения со стороны створки). Ниже приводится список, краткие описания и фотографии диатомовых водорослей.

Класс COSCINODISCOPHYCEAE

Порядок THALASSIOSIRALES Glezer et Makarova

Семейство Thalassiosiraceae Lebour

Род Thalassiosira Cleve

**Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle 1975 [29] (= *Coscinodiscus faurii* Gasse). Створка диаметром 16,5 мкм, 11 ареол в 10 мкм, краевых выростов 8 в 10 мкм (табл. I, 12).

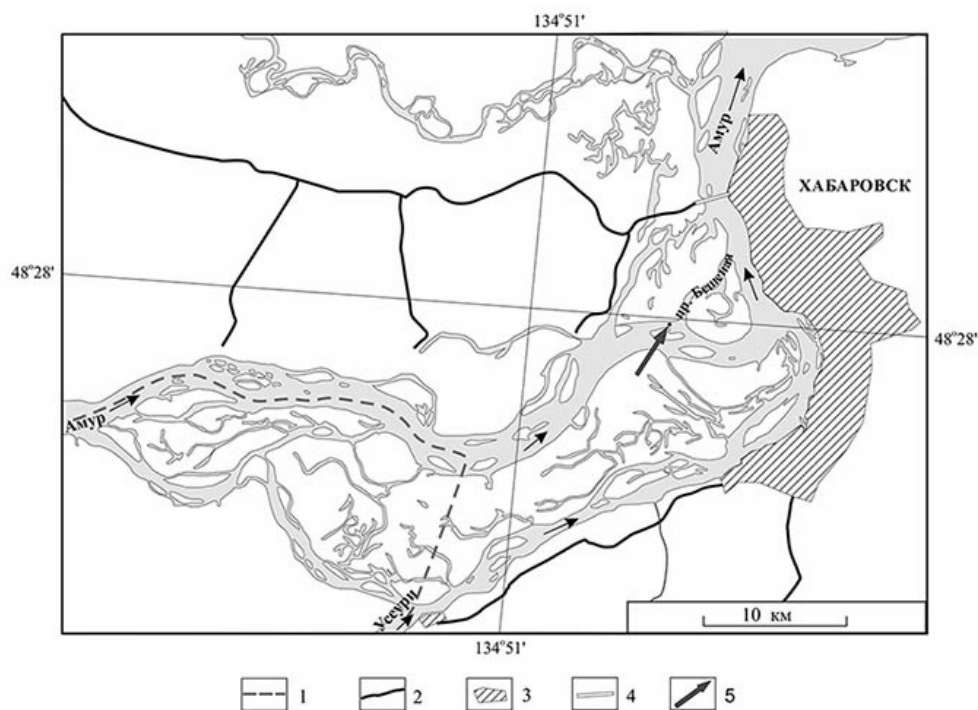


Рис. Карта-схема района исследований: 1 – государственная граница, 2 – автомобильные дороги, 3 – населенные пункты, 4 – железнодорожный мост, 5 – место отбора образцов.

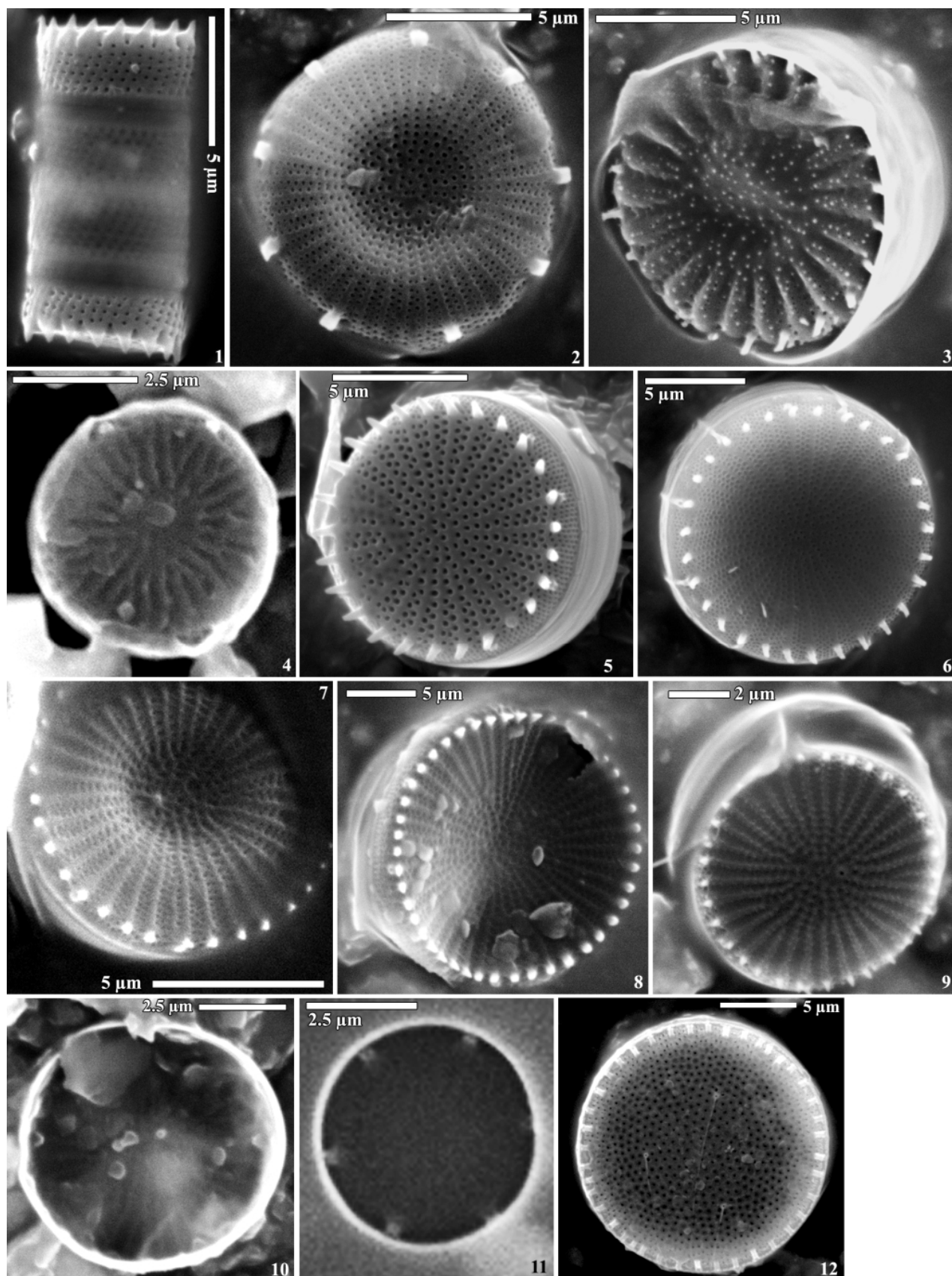


Табл. I. Центрические диатомовые во взвесах р. Амур: 1 – *Aulacoseira* cf. *Pusilla*; 2 – *Cyclostephanos dubius*; 3 – *Cyclotella meneghiniana*; 4 – *Discostella pseudostelligera*; 5, 6 – *Stephanodiscus hantzschii*; 7 – *S.* cf. *Delicates*; 8 – *S. invisitatus*; 9 – *S. makarovae*; 10 – то же, створка с внутренней поверхности; 11 – *Thalassiosira pseudonana*; 12 – *T. faurii*.

Экология. Морской вид. Характерен для соленых, щелочных вод [30]. По некоторым данным пресноводный вид [31]. **Распространение.** Озера юго-восточной Азии и Африки [25]. Редкий для России вид. Найден в водохранилищах Нижней Волги [29–32], Приморском крае [33]. Л.Г.Корнева [34] характеризует этот вид как инвазийный. Для р. Амур приводится впервые.

**Thalassiosira cf. pseudonana* Hasle et Heimdal 1970 [17, 20: 41, табл. 2: 1]. Диаметр 4,6 мкм, краевых выростов с опорами на створке 6 (табл. I, 11).

Экология. Мезогалоб, алкалофил. По разным данным, β -, α -мезосапроб характерен для гиперэвтрофных вод. **Распространение.** Бореальный, широко распространенный вид [35]. В р. Амур ранее не был отмечен.

Семейство *Stephanodiscaceae* Glezer et Makarova
Род *Cyclotella* (Kützinger) Brébisson

Cyclotella meneghiniana Kützinger 1844 [17]. Диаметр створки 24,4 мкм, штрихов 10 в 10 мкм (табл. I, 3).

Экология. Пресноводный, планктонно-бентосный вид, галофил, алкалофил, α -мезосапроб, по некоторым данным α -мезосапроб. **Распространение.** Космополит, широко распространен в водоемах различных типов.

Род *Cyclostephanos* Round ex Round

Cyclostephanos dubius (Fricke) Round 1982 [17] (= *Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hustedt). Диаметр створки 11–11,4 мкм, рядов 16 и ареол 30–40 в 10 мкм (табл. I, 2).

Экология. Пресноводный, планктонный, индифферент по отношению к содержанию солей в воде, алкалофил, по разным данным, α - β , β -мезосапроб. **Распространение.** Бореальный, ограниченно распространенный вид.

Род *Discostella* Houk et Klee

Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk et Klee 2004 [18] (= *Cyclotella pseudostelligera* Hustedt). Диаметр створки 5 мкм, 30 штрихов в 10 мкм (табл. I, 4)). **Экология. Пресноводный, планктонный вид, индифферент по отношению к содержанию солей в воде, циркумнейтральный; α - β , β -мезосапроб. **Распространение.** Широко распространенный вид, космополит. Отмечен в водоемах Приморского края [12], в р. Амур найден впервые.

Род *Stephanodiscus* Ehrenberg

Stephanodiscus cf. delicatus Genkal 1985 [18]. Диаметр створки 8,3 мкм, штрихов 14 в 10 мкм (табл. I, 7).

Экология. Пресноводно-солонатоводный, циркумнейтральный планктонный вид; β -мезосапроб, чаще встречается в мезотрофно-эвтрофных водах. **Распространение.** Космополит.

Stephanodiscus hantzschii Grunow 1880 [17]. Диаметр створки 8–13,6 мкм, штрихов 7–14, ареол 30–35 в 10 мкм (табл. I, 5, 6).

Экология. Пресноводный, планктонный вид, индифферент по отношению к содержанию солей в воде, алкалофил; α - β -мезосапроб, по другим данным, α -мезосапроб-полисапроб. **Распростране-**

ние. Космополит, широко распространен в различных типах водоемов.

**Stephanodiscus invisitatus* Hohn et Hellerman 1963 [17, 18] (= *Cyclostephanos invisitatus* (Hohn et Hellerman) Theriot, Stoermer et Hakansson). Диаметр створки 7,2–10,2 мкм, штрихов 12–14, ареол 30–40 в 10 мкм. Около центра одиночный вырост с опорами (табл. I, 8).

Экология. Пресноводный, планктонный вид, индифферент по отношению к содержанию солей в воде, алкалофил; α - β , β -мезосапроб, индикатор начальной стадии эвтрофирования. **Распространение.** Космополит. Приводится для Приморского края [12], для р. Амур отмечен впервые.

Stephanodiscus makarovae Genkal 1978 [18]. Диаметр створки 7,4–8,3 мкм; штрихов 14–20 в 10 мкм (табл. I, 9).

Экология. Пресноводный, планктонный. **Распространение.** Широко распространен в водоемах России.

Порядок *AULACOSEIRALES* Crawford

Семейство *Aulacoseiraceae* Crawford

Род *Aulacoseira* Thwaites

**Aulacoseira cf. pusilla* (F. Meister) A. Tuji et A. Houk 2004 [18] (= *Melosira pusilla* F. Meister). Диаметр створки 5,3 мкм, высота загиба створки 3,3 мкм, рядов ареол 20 в 10 мкм; в ряду 14 ареол в 10 мкм (табл. I, 1).

Экология. Пресноводный вид. Встречается в эвтрофных озерах, реках, водохранилищах, приводится для Японии [36]. **Распространение.** Космополит. В р. Амур отмечен впервые.

Класс *FRAGILARIOPHYCEAE* Round

Порядок *FRAGILARIALES* Silva

Семейство *Fragilariaceae* (Kützinger) De Tony

Род *Diatoma* Bory

Diatoma moniliformis Kützinger 1833 [17, 23: 57, табл. 22: 7]. Длина створки 20 мкм, ширина 5 мкм, ребер 6 в 10 мкм (табл. II, 1).

Экология. Бентосный вид, галофил, алкалофил; β -мезосапроб. **Распространение.** Космополит.

Род *Hannaea* Patrick

Hannaea arcus (Ehrenberg) Patrick 1961 [17]. Длина створки 51,5, ширина 6,6 мкм, штрихов 18 в 10 мкм (табл. II, 2).

Экология. В водоемах с низким содержанием ионов и нейтральной средой; олигосапроб. **Распространение.** Аркто-альпийский, широко распространенный вид.

Класс *BACILLARIOPHYCEAE* Haeckel

Порядок *NAVICULALES* Bessey

Семейство *Naviculaceae* Kützinger

Род *Navicula* Bory

Navicula cf. cryptotenella Lange-Bertalot 1985 [15]. Длина створки 29,5 мкм, ширина 5,9 мкм, штрихов 14 в 10 мкм (табл. II, 3).

Экология. Бентосный вид, индифферент по отношению к солености, алкалофил; β -мезосапроб. **Распространение.** Широко распространенный вид, космополит.

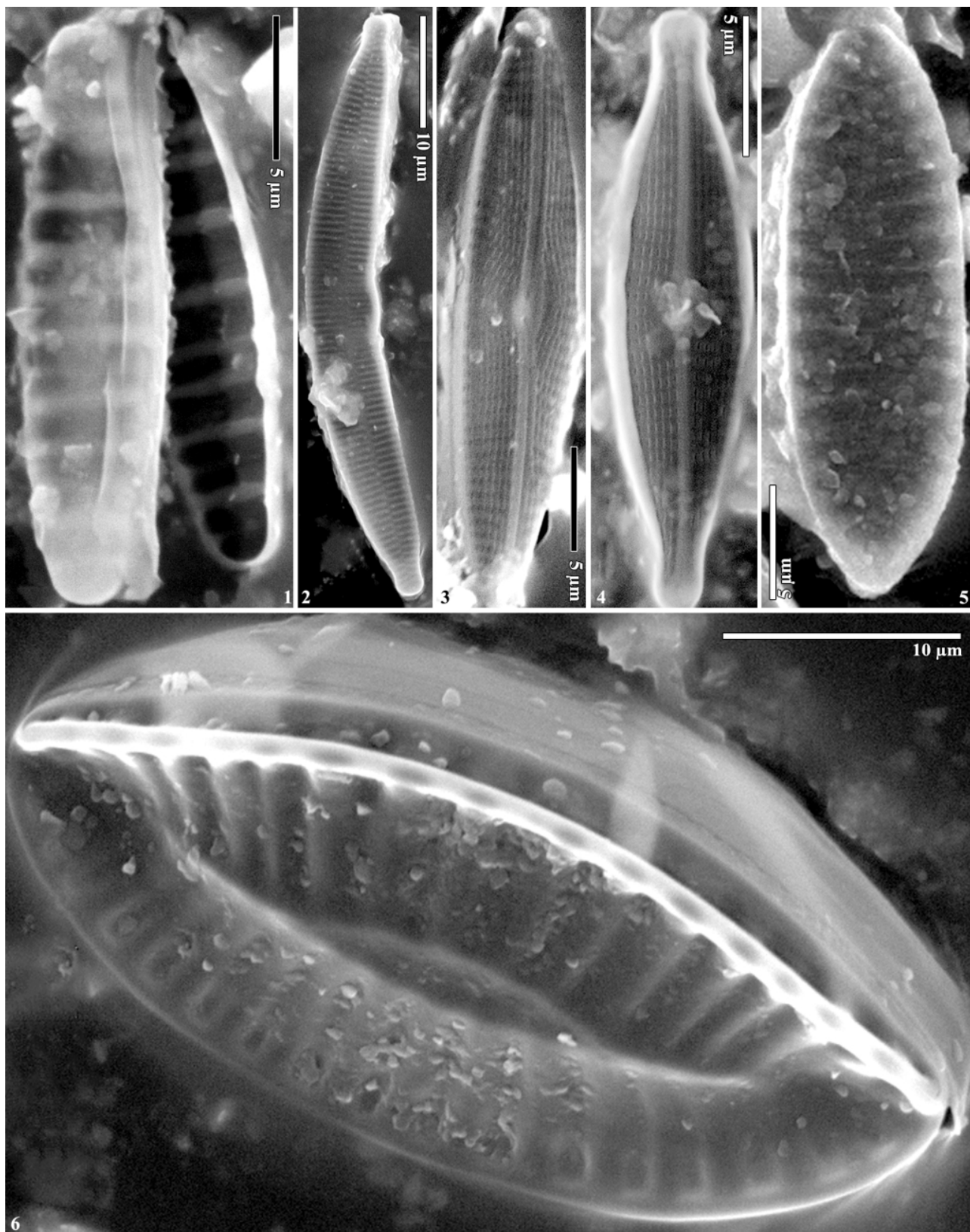


Табл. II. Пеннатные диатомовые во взвесах р. Амур: 1 – *Diatoma moniliformis*, 2 – *Hannaea arcus*, 3 – *Navicula* cf. *cryptotenella*, 4 – *N. gregaria*, 5 – *Surirella angusta*, 6 – *S. helvetica*.

**Navicula gregaria* Donkin 1861 [15]. Длина створки 21 мкм, ширина 5 мкм, штрихов 18 в 10 мкм (табл. II, 4).

Экология. Характерен для эвтрофных и гиперэвтрофных водоемов, мезогалоб, алкалифил. По разным данным, α–мезосапроб, полисапроб.

Распространение. Широко распространенный вид, космополит.

Порядок **SURIPELLALES** Mann

Семейство **Surirellaceae** Kützinger

Род **Surirella** Turpin

Surirella angusta Kützinger 1844 [16]. Длина створки 25,4 мкм, ширина 8,2, ребер 7 в 10 мкм (табл. II, 5).

Экология. Индифферент по отношению к солености воды, алкалифил; β–мезосапроб. **Распространение.** Широко распространенный вид, космополит.

Surirella helvetica Brun 1880 [16, 23: 82, табл. 99: 5] (= *Surirella linearis* W. Smith var. *helvetica* (Brun) Meister). Длина створки 43,9 мкм, ребер 4 в 10 мкм (табл. II, 6).

Экология. Бентосный вид, циркумнейтральный, индифферент по отношению к солености воды. Олигосапроб, по некоторым данным, β–мезосапроб. **Распространение.** Бореальный вид.

Исследования показали, что основу взвесей составляют в основном центрические диатомовые, образующие агрегации с другими водорослями, беспозвоночными организмами, бактериями и неорганическими частицами. Наибольшее количество клеток, образующих такие скопления, приходится на виды из рода *Stephanodiscus* благодаря их морфологии и жизненной стратегии: наличию шипов и способности прикрепляться к другим, меньшим по размеру агрегациям. Кроме такой механической связи большое значение имеет выделение органических веществ в результате физиологических процессов [3], что обеспечивает прилипание клеток. Диатомовые водоросли способны образовывать из полисахаридных экссудатов гелеподобные слизистые частицы, которые способствуют скоплению клеток и слипанию их с иными элементами агрегаций [37]. На примере донных отложений показано снижение скорости их эрозии при увеличении концентрации углеводов, выделяемых диатомовыми [38].

В меньшей степени в агрегациях представлены виды из родов *Cyclostephanos*, *Cyclotella* и *Thalassiosira*. Нередко встречается *Aulacoseira* cf. *pusilla*, а также представители рода *Navicula* (*N. gregaria*, *N. cf. cryptotenella*, *Navicula* sp.). Им сопутствуют *Diatoma moniliformis*, *Surirella angusta*, *S. helvetica*, *Ulnaria* sp., *Pinnularia* sp., виды из семейства *Fragilariaceae* и другие диатомовые, определенные только до рода. В отличие от предыдущих лет наблюдается большее развитие одноклеточных центрических в планктоне, из которого они включаются в агрегации. В пробах не отмечены виды из рода *Aulacoseira*, приводимые ранее для планктона р. Амур: *Aulacoseira granulata* – в летний и *A. islandica* – в зимне-осенний периоды [10, 13, 39]. Большая часть выявленных видов – индикаторы вод, умеренно загрязненных легко окисляемыми орга-

ническими веществами, показатели мезотрофных или эвтрофных условий водной среды. Обилие центрических может быть связано с эвтрофированием вод реки, обусловленным как антропогенным влиянием, так и катастрофическим наводнением 2013 г.

Заключение

Диатомовые водоросли представляют собой неперенный компонент взвесей в водах р. Амур. Значительное участие в формировании агрегаций принимают центрические диатомовые, особенно одноклеточные из семейства *Stephanodiscaceae*. Им сопутствуют пенистые подвижные виды из родов *Navicula*, *Pinnularia*, *Surirella*, а также бесшовные представители семейства *Fragilariaceae* и другие. Во взвесах р. Амур найдены шесть новых для альгофлоры реки видов. Изменения доминирующих комплексов в сторону одноклеточных центрических, особенно видов рода *Stephanodiscus*, свидетельствуют о происходящих в реке процессах эвтрофирования.

Литература

1. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 223 с.
2. Дмитриева В.А., Дмитриев В.В. Русско-английский словарь терминов по микробиологии. М.: Наука, 1991. 248 с.
3. Zimmermann-Timm H. Characteristics, dynamics and importance of aggregates in rivers – An Invited Review // Internat. Rev. Hydrobiol. 2002. Vol. 87. № 2–3. С. 197–240.
4. Диатомовые водоросли во взвеси в северной части Белого моря / Г.С.Голикова, Н.М.Кривоногова, В.С.Медведев, Г.А.Нагаева // Процессы развития и методы исследований прибрежной зоны моря. М.: Наука, 1972. С. 155–173.
5. Кравчишина М.Д. Вещественный состав водной взвеси Белого моря: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова, 2007. 32 с.
6. Распределение и состав взвеси в озерах Кенозерского национального парка (Архангельская область) / К.В.Филина, В.П.Шевченко, Н.М.Кокрятская, А.В.Чупаков // Современные проблемы науки и образования. М., 2012. № 6. С. 633. URL: www.science-education.ru/106-7950
7. Гранулометрический и микроэлементный состав донных отложений реки Амур в среднем и нижнем течении / С.Е.Сиротский, Г.В.Харитонов, В.И.Ким, М.А.Климин, Н.П. Чижикова, З.Н. Тюгай, Н.С. Коновалова, Е.В.Уткина // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2014. Вып. 6. С. 629–635.
8. Юрьев Д.Н., Лебедев Ю.М. Развитие ледового перифитона р. Амур в связи со световым фактором // Бот. журн. 1988. Т. 73. № 11. С. 1546–1551.
9. Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (русский

- Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 1996. 364 с.
10. *Медведева Л.А., Сиротский С.Е., Озлы З.П.* Водоросли бассейна реки Амур (Россия): Литературный обзор // Биогеохимические и гидроэкологические особенности экосистем бассейна реки Амур. Вып. 11. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 151–174.
11. *Медведева Л.А., Сиротский С.Е.* Аннотированный список водорослей реки Амур и водоемов его придаточной системы // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. Вып. 12. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 130–218.
12. *Медведева Л.А., Никулина Т.В.* Каталог пресноводных водорослей юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2014. 271 с.
13. *Никулина Т.В.* Видовой состав альгофлоры Нижнего Амура в 2005–2014 гг. и оценка качества воды по данным биологического анализа // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 483–500.
14. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений* / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
15. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Jena, 1986. Bd. 2/1. 876 s.
16. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae. Teil 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 1988. Bd. 2/2. 596 s.
17. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Bd. 2/3. 1991. 576 s.
18. *Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные)* / Отв. ред. И.В. Макарова. СПб.: Наука, 1992. Т. II. Вып. 2. 125 с.
19. *Lange-Bertalot H., Genkal S.I.* Diatoms from Siberia I. Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky-Shar Strait) // Iconogr. Diatomol: annotated diatom micrographs. Ruggell, 1999. Vol. 6. 304 p.
20. *Поповская Г.И., Генкал С.И., Лихошвай Е.В.* Диатомовые водоросли планктона озера Байкал: атлас–определитель. Новосибирск: Наука, 2002. 168 с.
21. *Håkansson H.A.* Compilation and evaluation of species in the genera *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family *Stephanodiscaceae* // *Diatom Res.* 2002. Vol. 17 (1). P. 1–139.
22. *Генкал С.И., Вехов Н.В.* Диатомовые водоросли водоемов Русской Арктики: архипелаг Новая Земля и остров Вайгач. М.: Наука, 2007. 64 с.
23. *Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ* / С.И. Генкал, М.С. Куликовский, Т.М. Михеева, И.В. Кузнецова, Е.В. Лукьянова. М.: Научный мир, 2013. 236 с.
24. *Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G.* The diatoms. Biology, morphology of genera. Cambridge, New York, Port Chester; Melbourne; Sydney, 1990. 747 p.
25. *Guiry M.D., Guiry G.M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2015. <http://www.algaebase.org>; searched on 06 December 2015.
26. *Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J.* A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands// *Neth. J. Aquat. Ecol.* 1994. Vol. 1. № 28. P. 117–133.
27. *Барينوва С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.* Биоразнообразие водорослей–индикаторов окружающей среды. Tel-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
28. *Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H.* Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa / Ed. by H. Lange-Bertalot. Ruggell, 2011. 908 s.
29. *Генкал С.И., Корнева Л.Г.* Новые находки диатомовых водорослей (Centrophyceae) из волжских водохранилищ // Альгология. 2001. Т. 11. № 4. С. 457–461.
30. *The diatoms. Applications for the environmental & Earth sciences* / Eds. J.P. Smol, E.F. Stoermer. Cambridge: University Press, 2010. 667 p.
31. *Генкал С.И., Щербак В.И., Майсцова Н.В.* Морфологическая изменчивость и таксономия *Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle (Bacillariophyta) // Новости систематики низших растений. СПб., М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. Т. 41. С. 26–32.
32. *Генкал С.И., Беляева П.Г.* Диатомовые водоросли (Centrophyceae) Камского водохранилища (Россия) // Альгология. 2011. Т. 21. № 3. С. 312–320.
33. *Medvedeva L.A., Nikulina T.V., Genkal S.I.* Centric diatoms (Coscinodiscophyceae) of fresh and brackish water bodies of the southern part of the Russian Far East // *Oceanological and Hydrobiological Studies: Intern. J. of Oceanography and Hydrobiology.* 2009. Vol. XXXVIII. № 2. P. 139–164.
34. *Корнева Л.Г.* Инвазии чужеродных видов планктонных водорослей в пресных водах Голарктики (обзор) // Российский журнал биологических инвазий. 2014. № 1. С. 9–37.
35. *Макарова И.В.* Диатомовые водоросли морей СССР: род *Thalassiosira* Cl. Л.: Наука, 1988. 117 с.
36. *Tuji A., Williams D.M.* Type Examination of Japanese Diatoms Described by Friedrich Meister (1913) from Lake Suwa // *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci. Ser. B.* 33 (2). 2007. P. 69–79.
37. *Aldredge Alice L.* The potential role of particulate diatom exudates in forming nuisans mucilaginous scums // *Ann. Ist. Super. Sanitci.* 1999. Vol. 35. № 3. P. 397–400.
38. *Sutherland T.F., Amos C.L., Grant J.* The effect of buoyant biofilms on the erodibility of sublittoral sediment of a temperate microtidal

estuary // *Limnol. and Oceanogr.* 1998. Vol. 43. № 1. P. 225–235.

39. *К изучению развития и морфологических особенностей Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (Bacillariophyta) / М.В. Усольцева, Т.В. Никулина, Д.Н. Юрьев, Е.В. Лихошвай // *Альгология*. 2006. Т. 16. №2. С.145–155.

References

1. *Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. Slovar' ponjatij i terminov sovremennoj fitocenologii* [Dictionary of concepts and terms in modern phytocenology]. Moscow: Nauka, 1989. 223 p.
2. *Dmitrieva V.A., Dmitriev V.V. Russko-anglijskij slovar' terminov po mikrobiologii* [Russian-English dictionary of microbiological terms]. Moscow: Nauka, 1991. 248 p.
3. *Zimmermann-Timm H. Characteristics, dynamics and importance of aggregates in rivers – An Invited Review* // *Internat. Rev. Hydrobiol.* 2002. Vol. 87. № 2–3. P. 197–240.
4. *Diatomovye vodorosli vo vzvesi v severnoj chasti Belogo morja* / Golikova G.S., Krivonosova N.M., Medvedev V.S., Nagaeva G.A. [Diatoms in aggregates in northern part of the White Sea] // *Processy razvitiya i metody issledovaniy pribrezhnoj zony morja* [Processes of development and methods of investigations in littoral zone of the sea]. Moscow: Nauka, 1972. P. 155–173.
5. *Kravchishina M.D. Veshhestvennyj sostav vodnoj vzvesi Belogo morja* [Material structure of water suspension of the White Sea]: Abstract of diss. ... Cand. Sci. (Geol.&Mineral.) Moscow: P.P.Shirshov Inst. of Oceanology: Moscow, 2007. 32 p.
6. *Raspredelenie i sostav vzvesi v ozerah Kenozerskogo nacional'nogo parka* (Arhangel'skaja oblast') / Filina K.V., Shevchenko V.P., Kokryatskaya N.M., Chupakov A.V. [Distribution and structure of the suspension in lakes of Kenozero National Park (Arkhangelsk region)] // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012. № 6. P. 633. URL: www.science-education.ru/106-7950
7. *Granulometricheskij i mikroelementnyj sostav donnyh otlozhenij reki Amur v srednem i nizhnem techenii* / Sirotsky S.E., Kharitonova G.V., Kim V.I., Klimin M.A., N.P. Chizhikova, Z.N. Tyugai, N.S.Konovalova, E.V.Utkina [Particle size and microelement composition of bottom sediments in the middle and lower reaches of the Amur River] // *Chtenija pamjati Vladimira Jakovlevicha Levanidova. Vyp. 6* [Readings in memory of Vladimir Yakovlevich Levanidov]. Issue 6. Vladivostok: Dal'nauka, 2014. P. 629–635.
8. *Yuryev D. N., Lebedev Yu. M. Razvitie ledovogo perifitona r. Amur v svyazi so svetovym faktorom* [The development of ice periphyton in the Amur River in relation to the factor of light] // *Botanical J.* 1988. Vol.73. №11. P. 1546–1551.
9. *Barinova S.S., Medvedeva L.A. Atlas vodoroslej-indikatorov saprobnosti* (rossijskij Dal'nij Vostok) [Atlas of the algal indicators of saprobity (Russian Far East)]. Vladivostok: Dal'nauka, 1996. 364 p.
10. *Medvedeva L.A., Sirotsky S.E., Ogly Z.P. Vodorosli bassejna reki Amur (Rossija): Literaturnyj obzor* [Algae of the Amur River basin (Russia): Review] // *Biogeohimicheskie i gidroekologicheskie osobennosti jekosistem bassejna reki Amur* [Biogeochemical and hydroecological features of ecosystems of the Amur river basin]. Issue 11. Vladivostok: Dal'nauka, 2001. P. 151–174.
11. *Medvedeva L.A., Sirotsky S.E. Annotirovannyj spisok vodoroslej reki Amur i vodoemov ego pridatochnoj sistemy* [The annotated list of algae of the Amur River and waterbodies of its tributary system] // *Biogeohimicheskie i geokologicheskie issledovaniya nazemnyh i presnovodnyh jekosistem*. [Biogeochemical and geocological studies of terrestrial and freshwater ecosystems]. Issue 12. Vladivostok: Dal'nauka, 2002. P. 130–218.
12. *Medvedeva L.A., Nikulina T.V. Katalog presnovodnyh vodoroslej juga Dal'nego Vostoka Rossii* [Catalog of freshwater algae of the southern part of the Russian Far East]. Vladivostok: Dal'nauka, 2014. 271 p.
13. *Nikulina T.V. Vidovoj sostav al'goflory Nizhnego Amura v 2005–2014 gg. i ocenka kachestva vody po dannym biologicheskogo analiza* [The species composition of algoflora of the Lower Amur in 2005–2014 and water quality assessment according to the biological analysis] // *Chtenija pamjati Vladimira Jakovlevicha Levanidova*. [Readings in memory of Vladimir Yakovlevich Levanidov]. Issue 6. Vladivostok: Dal'nauka, 2014. P. 483–500.
14. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij* / Ed. V.A.Abakumov. [Handbook on methods for hydrobiological analysis of surface waters and sediments]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 239 p.
15. *Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae* // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Jena, 1986. Bd. 2/1. 876 S.
16. *Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1988. Teil 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Bd. 2/2. 596 S.
17. *Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Bd. 2/3. 1991. 576 S.
18. *Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye)* / Ed. I.V.Makarov [Diatoms of the USSR (fossil and modern)]. Vol. 2. Issue 2. St.Petersburg: Nauka, 1992. 125 p.
19. *Lange-Bertalot H., Genkal S. Diatoms from Siberia I. Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky-Shar Strait)* // *Iconogr. Diatomol: annotated diatom micrographs*. Ruggell, 1999. Vol. 6. 304 p.

20. *Popovskaya G.I., Genkal S.I., Likhoshvai E.V.* Diatomovye vodorosli planktona ozera Bajkal: atlas-opredelitel' [Diatom algae of the plankton of Lake Baikal: Atlas and Key]. Novosibirsk: Nauka, 2002. 168 p.
21. *Hekansson H.A* Compilation and evaluation of species in the genera *Stephanodiscus*, *Cyclotephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family *Stephanodiscaceae* // *Diatom Res.* 2002. Vol. 17 (1). P. 1–139.
22. *Genkal S.I., Vekhov N.V.* Diatomovye vodorosli vodoemov Russkoj Arktiki: arhipelag Novaja Zemlja i ostrov Vajgach [The diatoms of waterbodies of the Russian Arctic: Novaya Zemlya Archipelago and Vaigach Island.]. Moscow: Nauka, 2007. 64 p.
23. *Diatomovye vodorosli planktona reki Svisloch' i ee vodohranilishh* / Genkal S.I., Kulikovskij M.S., Mikheeva T.M., Kuznetsova I.V., Lukyanova E.V. [Planctonic diatoms of the Svisloch River and its reservoirs]. Moscow: Scientific World, 2013. 236 p.
24. *Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G.* The diatoms. Biology, morphology of genera. Cambridge, New York, Port Chester; Melbourne; Sydney, 1990. 747 p.
25. *Guiry M.D., Guiry G.M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2015. <http://www.algae-base.org>; searched on 06 December 2015.
26. *Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J.* A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands// *Neth. J. Aquat. Ecol.* 1994. Vol. 1. № 28. P. 117–133.
27. *Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V.* Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhajushhej sredy [Biodiversity of algal indicators in environmental assessment]. Tel-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
28. *Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H.* Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa / Ed. H.Lange-Bertalot. Ruggell, 2011. 908 p.
29. *Genkal S.I., Korneva L.G.* Novye nahodki diatomovyh vodoroslej (Centrophyceae) iz volzhskih vodohranilishh [New findings of diatom algae (Centrophyceae) from the Volga reservoirs] // *Al'gologija [Algology]*. 2001. Vol. 11. № 4. P. 457–461.
30. *The diatoms.* Applications for the Environmental and Earth Sciences / Eds. J.P. Smol, E.F. Stoermer. Cambridge: University Press, 2010. 667 pp.
31. *Genkal S.I., Shcherbak V.I., Maistrova N.V.* Morfologicheskaja izmenchivost' i taksonomija *Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle (Bacillariophyta) [Morphological variability and taxonomy of *Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle (Bacillariophyta)] // *Novosti sistematiki nizshih rastenij* [News of the systematics of lower plants]. St.Petersburg, Moscow: Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK [Partnership of sci. publications KMK]. 2007. Vol. 41. P. 26–32.
32. *Genkal S.I., Belyaeva P.G.* Diatomovye vodorosli (Centrophyceae) Kamskogo vodohranilishha (Rossija) [Diatoms (Centrophyceae) of the Kama Reservoir (Russia)] // *Al'gologija [Algology]*. 2011. Vol. 21. № 3. P. 312–320.
33. *Medvedeva L.A., Nikulina T.V., Genkal S.I.* Centric diatoms (Coscinodiscophyceae) of fresh and brackish water bodies of the southern part of the Russian Far East // *Oceanological and Hydrobiological Studies: Intern. J. of Oceanography and Hydrobiology*. 2009. Vol. XXXVIII. № 2. P. 139–164.
34. *Korneva L.G.* Invazii chuzherodnyh vidov planktonnyh vodoroslej v presnyh vodah Golarkтики (obzor) [Invasions of alien species of planktonic algae in freshwaters of the Holarctic (Overview)] // *Rossijskij zhurnal biologicheskikh invazij* [Russian J. of Biological Invasions]. 2014. № 1. P. 9–37.
35. *Makarova I.V.* Diatomovye vodorosli morej SSSR: rod *Thalassiosira* Cl. [Diatoms of the USSR seas: the genus *Thalassiosira* Cl.]. Leningrad: Nauka, 1988. 117 p.
36. *Tuji A., Williams D.M.* Type examination of Japanese diatoms described by Friedrich Meister (1913) from Lake Suwa // *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci. Ser. B.* 33 (2). 2007. P. 69–79.
37. *Allredge Alice L.* The potential role of particulate diatom exudates in forming nuisans mucilaginous scums // *Ann. Ist. Super. Sanitci.* 1999. Vol. 35. № 3. P. 397–400.
38. *Sutherland T.F., Amos C.L., Grant J.* The effect of buoyant biofilms on the erodibility of sublittoral sediment of a temperate microtidal estuary // *Limnol. and Oceanogr.* 1998. Vol. 43. № 1. P. 225–235.
39. *K izucheniju razvitija i morfologicheskikh osobennostej Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (Bacillariophyta) / Usoltseva M.V., Nikulina T.V., Yuryev D.N., Likhoshvai E.V. [To the study of the development and morphological features of *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (Bacillariophyta)] // *Al'gologija [Algology]*. 2006. Vol. 16. № 2. P. 145–155.

Статья поступила в редакцию 02.08.2016.

УДК 631.4

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПОДОТВАЛЬНЫМИ ВОДАМИ В РАЙОНЕ УГЛЕДОБЫЧИ

В.С. АРТАМОНОВА*, С.Б. БОРТНИКОВА**, А.В. ОПЛЕУХИН*

**Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск*

***Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск*

artamonova@issa.nsc.ru

В представленной работе впервые показано изменение химического состава прибрежных почв по ходу водотока. Доказана роль гидроминералообразования, пресноводных водорослей, мхов, рогоза, ивы в депонировании металлов и неметаллов, что способствует локальному выведению их из воды. Акцентируется внимание на избирательность поглощения химических элементов растениями. Установлено, что несмотря на полиметаллическое загрязнение почв, азотобактер сохраняет повсеместную встречаемость. Такая экологическая стратегия роста популяции азотобактерии в районе добычи антрацита обеспечивает сохранение её участия в пополнении почв биогенным азотом.

Ключевые слова: угольные отвалы, подотвальные воды, техногенное загрязнение, почва, растения, азотфиксирующие бактерии

V.S.ARTAMONOVA, S.B.BORTNIKOVA, A.V.OPLEUKHIN. THE TECHNOGENIC POLLUTION OF SOILS BY UNDERSPOIL WATERS IN THE AREA OF COAL MINING

Pollution of dark grey forest soils with underspoil waters in the area of hard coal extraction in territory of Western Siberia is studied. Man-made streams are formed under multi-year bulk and host rocks, are spread in streambeds, affect the environment. For the first time the change in the chemical composition of coastal soils along the watercourse is shown. The role of hydro-mineral formation, freshwater algae, mosses, cattails, willows in sorption of metals and non-metals is proved that promotes their local removal from water. At the source, algae act as powerful "aqua-filters", in the watercourse and the mouth geo- and phyto-barriers carry out active water treatment. Subalkali conditions promote the formation of mineral barriers. The attention is accented on the selectivity of absorption of chemical elements by plants. The algal biomass showed maximum content of Ni and Zn, in mosses – Sr. In willow leaves high content of Zn, Sr is revealed, but it is less than in the lower plants. Cattail roots accumulate significant amount of Fe, Cu, Mg, Ca, Zn, but especially Ni and Zn, leaves - mainly K, Mn, Ge, Br. High accumulation of heavy metals by plants limits their entry in soil, however level of soil pollution with Ni and Zn near the source remains the highest. It is established that, despite the polymetallic pollution of soils, azotobacter retains widespread occurrence. At the stream source the growth rate of a bacterium in soil is minimal. Slowdown of azotobacter growth is observed in the experiment with addition of technogenic water in control soil. In either case intensive production of brown exometalbolites by azotobacter is registered. With distance from the source the growth rate of a bacterium not only reaches control value, but even slightly exceeds it. This environmental strategy of azotobacter population growth in the area of anthracite extraction provides its participation in replenishment of soils by biogenic nitrogen. Adaptive-physiological variability of the azotobacter population at technogenic pollution of soils is caused by the realization of hereditary potentialities. The authors consider that natural population of a bacterium of dark grey forest soil is evolutionally adapted for the presence of high concentrations of metals and not-metals contained in litozeme of anthracite deposits. The information on the growth of azotobacter in coastal soil, as well as on the chemical composition of hydrobiota is extremely important for the assessment of the quality of fertile soils and meadow lands near the coal piles. The obtained material is of great value for solving strategic and tactical problems in complex environmental monitoring of watercourses and soils of natural-anthropogenic landscapes.

Keywords: coal piles, drainage streams, technogenic pollution, soil, plants, nitrogen-fixing bacteria

Введение

Добыча полезных ископаемых неизбежно влечёт за собой нарушение почвенно-растительного покрова и рельефа местности. Присалаирье, расположенное на границе с Салаиро-Кузнецкой горной областью и богатое природными ресурсами, в этом отношении не исключение. Многолетнее освоение месторождения антрацита на его территории (Горловское месторождение, Новосибирская область) обусловило формирование техногенных ландшафтов, в том числе из отвалов вскрышных и вмещающих пород каменноугольных разрезов. Отходы угледобычи складированы на поверхности плодородных почв, что привело к сокращению площади пахотных земель, появлению риска техногенного загрязнения природной среды смежных территорий в ходе водной и ветровой эрозии отвалов, миграции экотоксикантов с подотвальными водами.

Тяжёлые металлы (ТМ) регистрируются в углях разных месторождений [1, 2]. Металлы 1-го и 2-го классов опасности встречаются в антраците разной степени выветренности и в молодых почвах [3]. Однако информация о загрязнении тёмно-серых лесных почв металлами подотвальных ручьёв в районе угледобычи и его влияния на развитие азотфиксирующей бактерии *Azotobacter chroococcum* Вейеринка нет. Интерес к азотобактеру вызван тем, что он обеспечивает приток биогенного азота растениям и педобиоте, проявляет адаптацию к загрязнению ТМ, входит в состав показателей эколого-гигиенической оценки опасности отходов производства и потребления [4]. Сведения о роли природных гео- и фитобарьеров в выведении металлов из транзита с подотвальными водами, а значит, и снижение загрязнения почв, отсутствуют. Накопление ТМ водными растениями приводится для озёр рудных полей [5]. В зонах открытой разработки полиметаллических месторождений отмечаются факты негативного влияния техногенной воды на фито- и зоопланктонные ценозы [6]. Сведения о поведении азотобактера в техногенно загрязнённой среде обитания малочисленны.

Цель работы – установить влияние подотвальных вод на состояние азотобактера в тёмно-серой лесной почве по ходу техногенного ручья и определить роль гидробионтов и вторичного минералообразования в выведении металлов из транзита.

Материал и методы

Объект исследований – тёмно-серая лесная почва, расположенная на территории Горловского месторождения антрацита (Искитимский р-н Новосибирской области) и подверженная техногенному загрязнению водами подотвального ручья, который впадает в р. Бердь. Возраст отвала к моменту отбора проб (лето 2015 г.) составил 30 лет. На расстоянии 50 м от истока техногенного ручья наблюдается гидроминералообразование, которое к моменту биогеохимических наблюдений достигло размеров визуально выделяемой минеральной плат-

формы толщиной до 20 см, длиной до 10 м, общей площадью – около 30 м².

В качестве контроля выбрана незатронутая техногенезом зональная почва этого же типа. Она типична для повышенных элементов рельефа правобережной части Новосибирской области, сформирована на почвообразующих породах, представленных мелкозёмистыми отложениями, причем как карбонатными, так и бескарбонатными. Тёмно-серые лесные почвы встречаются под мелколиственными лесами колочного типа, занимают в Присалаирье до 30% площади [7].

Сбор фактического материала (почвы, водорослевые разрастания, мхи, корни и листья рогаза, опавшая листва ивы) осуществлялся по ходу техногенного водотока в трех точках: у истока техногенного ручья, около гидроминералообразования, около устья ручья – на участке перехода в болото. Реакция подотвальной воды по ходу водотока равна 6,0 – 6,4 pH.

Определение химического состава почв и растений проводили методом РФА-СИ для твердых проб на станции ВЭПП-3 Института ядерной физики СО РАН. Предварительно почвенные и растительные пробы высушивали при комнатной температуре, затем измельчали до размера менее 0,1 мм. Порция порошка 30 мг спрессовывалась в таблетки диаметром 10 мм при давлении 100 кг/см². Измерения проведены при энергии активации 30 keV, обработка эмиссионных спектров – с помощью программы AXIL. Стандартные образцы СГХМ-4, СДО-4и РУС-1 выбраны в качестве образцов сравнения [8]. Чувствительность определения элементов на базе СИ – 0,1 г/т. Содержание валовых и подвижных форм ТМ выявляли традиционными в почвоведении методами.

Встречаемость (обилие) азотобактера в почве выявляли методом обрастания почвенных комочков, который предполагает рост бактерии в условиях, наиболее приближенных естественным. Метод обеспечивает определение азотобактера при низком содержании живых клеток и цист. Предварительно почву просеивали через сито № 2, мелкозём увлажняли дистиллированной водой до «кашицы» и раскладывали мелкими порциями (по 50 штук в 3 чашки Петри, на заранее разлитую в них и затвердевшую безазотистую питательную среду Эшби), затем чашки с содержимым помещали в термостат при t=28°C [9]. Частоту обрастания почвенного мелкозёма бактерией регистрировали визуально через одни сутки [10]. Содержимое чашек фотографировали, изображение переносили в программу «Corel» и на экране монитора оконтуривали границы роста бактерии вокруг каждого комочка мелкозёма, а также границы самого комочка. С помощью заданных функций компьютерной программы определяли площади ореола роста и мелкозёмистого комочка. Полученные результаты обрабатывались с применением компьютерных программ математической статистики и корреляционного анализа (Statistica 6.0).

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что тёмно-серая лесная почва, прилегающая к техногенному ручью, на всем его протяжении заселена азотобактером. Встречаемость бактерии 100 %-ная. Рост бактерии ускоренный, о чём свидетельствует присутствие ореола роста азотобактерии вокруг комочков мелкоземистых частиц ($n=150$) уже через 24 ч. во всех точках отбора. Это присуще быстрорастущим штаммам. Достоверные значения суммарной площади бактериальной колонии (ореол + мелкозем) в контрольной почве составили $139,9 \text{ мм}^2$, в то время как в почве по ходу стока они оказались выше: $145,4 - 174,7 \text{ мм}^2$, достигая максимума в почве около устья (табл.1). Площадь самого ореола роста вокруг мел-

В почве, прилегающей к истоку, скорость размножения бактерии была ниже, чем в контроле, но выше, чем в эксперименте. В почвах, наиболее удаленных от истока (около вторичного минералообразования и особенно напротив устья), скорость размножения бактерии превысила исходный контрольный вариант.

Культурально-морфологическое разнообразие колоний азотобактера в исходной почве и почве, испытывающей влияние подотвальных вод, различалось. В контрольной почве колонии бактерии обнаружили типичный вид, во всех других случаях бактерии выделяли в окружающую среду экзопигмент бурого цвета, особенно около истока, регистрируемый уже через сутки. В почве около устья продуцирование пигмента снизилось. В этой связи

Таблица 1

Статистические показатели роста азотобактера в тёмно-серой лесной почве, сут., $n=150$

Почва	Площадь, мм^2	$M \pm \sigma$	$\mu, \%$	Доверительный интервал		НСР $p=0,05$
				-95,0%	+95,0%	
Контроль	Ореол	$89,6 \pm 12,0$	13,4	72,6	106,6	16,97
	Мелкозем	$50,3 \pm 7,5$	15,0	40,9	59,8	9,45
	Ореол+мелкозем	$139,9 \pm 17,5$	12,5	113,5	166,4	26,42
Контроль с добавлением техногенной воды	Ореол	$70,1 \pm 9,1$	13,0	65,0	75,2	5,1
	Мелкозем	$50,2 \pm 7,5$	14,9	47,4	52,9	2,74
	Ореол+мелкозем	$120,2 \pm 14,8$	12,3	112,5	127,9	7,72
У истока ручья	Ореол	$100,0 \pm 17,9$	17,9	74,3	125,8	25,77
	Мелкозем	$58,4 \pm 9,9$	16,9	43,1	73,8	15,35
	Ореол+мелкозем	$158,5 \pm 25,1$	15,8	117,5	199,4	40,97
У геобарьера	Ореол	$95,1 \pm 13,8$	14,5	85,4	104,8	9,69
	Мелкозем	$50,3 \pm 6,7$	13,3	43,6	57,1	6,76
	Ореол+мелкозем	$145,4 \pm 16,8$	11,5	129,0	161,8	16,42
У устья ручья	Ореол	$117,9 \pm 18,5$	15,7	111,1	124,7	6,8
	Мелкозем	$56,8 \pm 8,0$	14,0	52,5	61,1	4,27
	Ореол+мелкозем	$174,7 \pm 21,6$	12,4	163,6	185,7	11,04

козёма в вариантах почв, прилегающих к водотоку, колебалась в пределах $95,1 - 117,9 \text{ мм}^2$ на фоне площади мелкозёма $50,3 - 56,8 \text{ мм}^2$.

Существенное замедление роста бактерии проявилось в почве, искусственно загрязнённой техногенной водой, взятой из истока (10 мл воды на 20 мг почвенного мелкозёма). Площадь ореола роста вокруг мелкозёма в данном случае снизилась до 58%, в то время как по мере перемещения от истока к устью увеличивалась с 63 до 67 % по сравнению с контролем. Диапазон значений площади ореола роста азотобактера вокруг мелкозёма исходно контрольного и опытного вариантов составил $70,1 - 89,6 \text{ мм}^2$ соответственно.

Исходя из полученных средних данных площади бактериального ореола и площади почвенного комочка, была рассчитана скорость роста бактерии вокруг 1 мм^2 мелкозёма в сутки. Оказалось, что минимальная скорость бактерии наблюдалась в почве, в которую была добавлена вода из истока (рис.1).

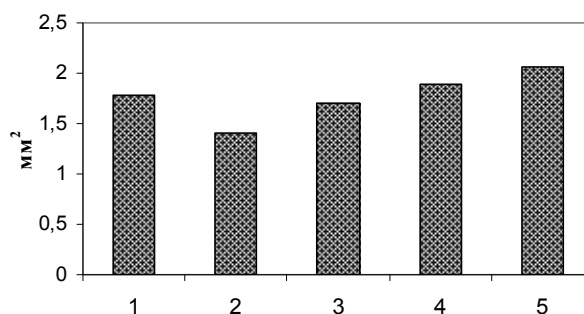


Рис. 1. Скорость роста азотобактера вокруг комочка мелкозёма (1 мм^2 /сут.) тёмно-серой лесной почвы по ходу ручья: 1 – контроль, 2 – контроль с добавлением техногенной воды, 3 – у истока ручья, 4 – у геобарьера, 5 – у устья ручья.

возникло предположение, что по мере снижения загрязнённости воды уменьшается и техногенная нагрузка на почвенную среду обитания азотобакте-

ра. Для подтверждения был проведен химический анализ почвы и гидробионтов.

Химический состав почв показал, что в почве у истока ручья диагностируется наибольшее валовое содержание металлов, в том числе тяжёлых. Максимальных значений достигают Ni, Zn, Cd, Co, Cu, Rb, Y. Такие элементы, как Ni, Zn, Sr, Zr, As, Mo, Ca (табл. 2) превышают кларковое содержание в земной коре [11], а в почве у истока содержание Ni и Zn (табл. 3) оказались также выше ОДК ТМ [12] и ПДК фитотоксичности грунтов [13]. В прибрежных почвах, расположенных по ходу водотока, их содержание почти в два раза снижается около участка гидроминералообразования. Одновременно наблюдается уменьшение пула Fe, Cr, Mo, Mn, Rb, K.

Таблица 2

Геохимический состав тёмно-серой лесной почвы по ходу техногенного ручья, мг/кг

Элементы	Исток	Геобарьер	Устье	Кларк земной коры [11]
K, %	1,45	1,18	1,32	2,50
Ca, %	7,89	9,43	6,76	2,96
Mn, %	0,099	0,030	0,204	0,1
Fe, %	2,32	1,79	2,64	4,65
V	45	47	44	90
Cr	54	53	64	83
Ni	140	75	57	58
Cu	25	19	22	47
Zn	450	140	65	83
Pb	11	7,3	12	16
Ga	11	9,4	11	19
Ge	1,6	0,78	1,4	1,4
Rb	69	54	61	150
Sr	720	1100	260	340
Y	26	20	22	29
Zr	230	240	180	170
As	5,8	7,1	11	1,7
Mo	1,4	1,1	1,5	1,1

Таблица 3

Допустимое и фитотоксичное содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах и грунтах, мг/кг

Элемент	ОДК ТМ с учетом фона в почве [12]	Фитотоксичность грунтов, ПДК [13]
Cr	Нет данных	100
Ni	80	100
Zn	220	300
Pb	130	100
Cu	132	100
Cd	2,0	Нет данных
As	10	20

Сравнение валового содержания и подвижных форм Ni, Zn, Cd (рис. 2) в почве по ходу водотока позволило выявить схожую тенденцию снижения количества данных металлов около геохимического барьера. Этому способствуют, по-видимому, карбонаты, которые позитивно влияют на хемосорбцию ТМ [14]. Количество как валовых, так и подвижных форм Ca в почве около геобарьера превысило их количество в контрольной почве в 7,8 раза (рис. 3), а около устья – в 2,4 и 2,0 раза соответственно. Учитывая, что эти двухвалентные ТМ обладают большой подвижностью вследствие особенности связываться с низкомолекулярными органическими соединениями [15], снижение их пула имеет большое значение для улучшения экологии почв, снижения их «стресс-индексов», в том числе для азотобактера.

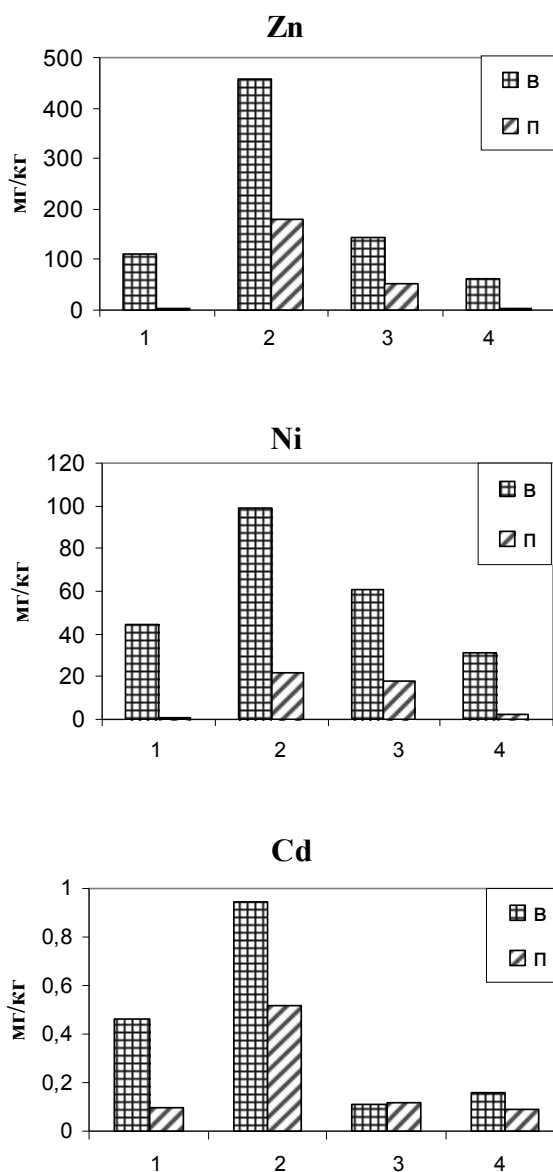


Рис. 2. Содержание металлов в почвах по ходу стока, мг/кг: 1 – контроль; 2 – у истока ручья; 3 – у геобарьера; 4 – у устья ручья; в – валовые формы; п – подвижные формы.

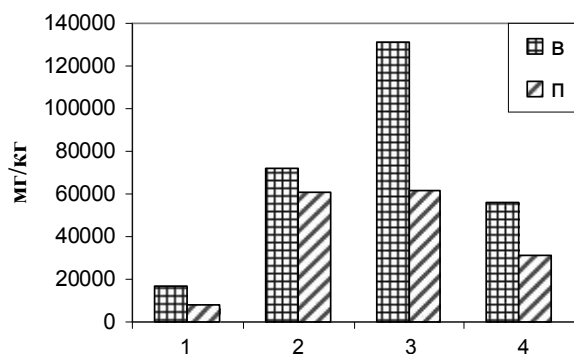


Рис. 3. Содержание кальция в почвах по ходу стока, мг/кг: 1 – контроль; 2 – у истока ручья; 3 – у геобарьера; 4 – у устья ручья; в – валовые формы; п – подвижные формы.

Наряду с позитивной ролью геобарьера в выведении металлов из водотока нами установлено участие растений в аккумуляции тех или иных химических элементов. В биомассе водорослей выявлено максимальное присутствие Ni и Zn, мхов – Sr (рис. 4). Опавшие листья ивы обнаружили высокое содержание Zn, Sr, но оно не превысило такое в водорослях и мхах. В корнях рогоза выявлены наибольшие количества Fe, Cu, Mo, Ca на фоне высокого содержания Zn, Ni, но уступающего такому в низших растениях. В листьях наблюдалось присутствие высоких количеств K, Mn, Ge, Br.

Избирательность поглощения химических элементов растениями, как и групповое концентрирование ими микроэлементов, чрезвычайно интересны, но изучены недостаточно. Так, в сухой биомассе водорослей у истока зарегистрировано максимальное содержание Ni – 1000 мг/кг и Zn – 1600

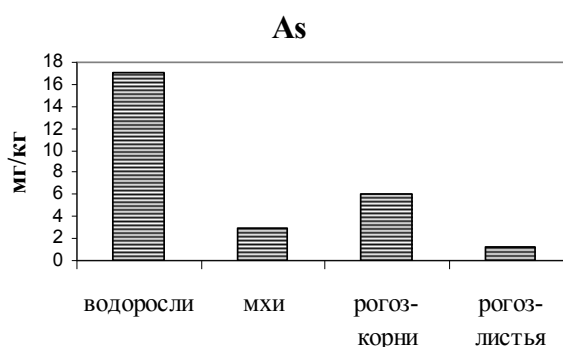
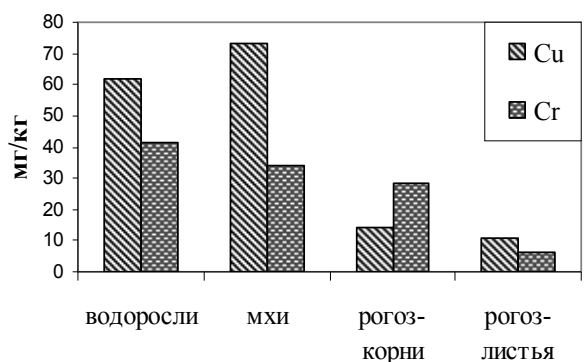
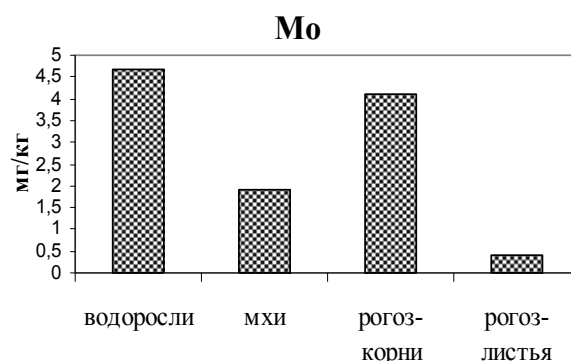
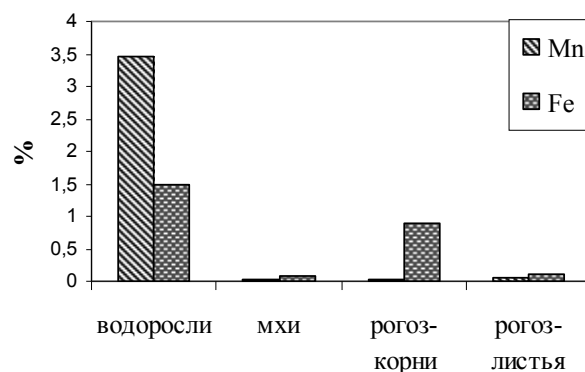
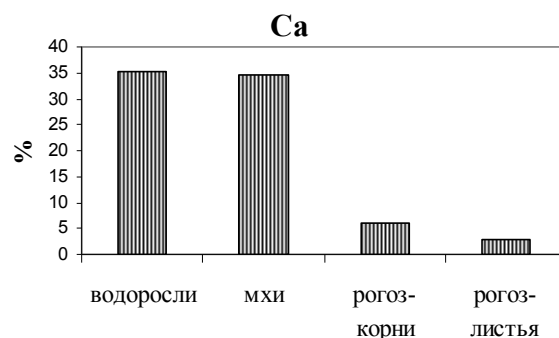
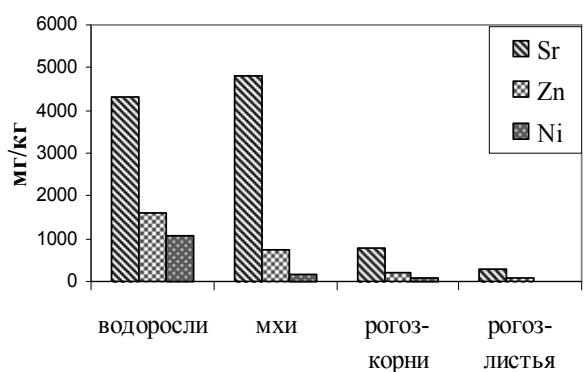


Рис. 4. Максимальная аккумуляция химических элементов растениями.

мг/кг (или 1,0 мг/г и 1,6 мг/г соответственно). В биомассе водорослей из водотока ниже по течению ручья, как и в прибрежных почвах, валовое содержание этих элементов ниже на порядок и более. Преимущественное накопление химических элементов водорослями у истока позволяет рассматривать их как аквафилтры, которые препятствуют миграции ТМ. Механизмы их аккумуляции биотой активно обсуждаются в литературе, но по-прежнему далеки от понимания [16]. Что касается рогоза, то накопленный им состав химических элементов из-за жесткой структуры тканей, их медленного разложения после вегетации, слабого развития гидродинамических процессов на малых глубинах локализован, в основном, в донных отложениях в пределах зарослей. Принимая во внимание то, что этот гидрофит формирует разветвленную корневую систему, а мощные ветвистые корневища, располагающиеся в поверхностных слоях ила, содержат сахар и крахмал, активизация брожения растительных остатков будет способствовать заилению и частичному снижению рН воды. Это может спровоцировать увеличение растворимости минеральных соединений и подвижности металлов. Ускорение процесса заболачивания, которое наблюдается на участке после вторичного минералообразования, сопровождается вовлечением поливалентных катионов, в частности Cr, Mn, Fe, в восстановительные процессы. Это может привести к ухудшению качества воды (ПДК питьевой воды по железу равна 0,3 мг/л), а также повышению в почве токсичной для растений закиси железа. Фитотоксичность может быть вызвана также присутствием ионов Cr^{6+} (ПДК $p/x=0,02$ мг/л), проявляющих канцерогенные и терагенные свойства [17], либо Cr^{3+} (ПДК $p/x=0,07$). В нашем случае в самоочищении воды от хрома в истоке участвуют водоросли – хром в них аккумулируется около истока (41,4 мг/кг сухой биомассы). Хотя в почве хром постоянно регистрируется вдоль всего водотока (до 64 мг/г). Медь аккумулируется в наибольших количествах опять же водорослями в истоке (до 62 мг/г биомассы) и мхах на геобарьере (73 мг/г биомассы). Интересно, что присутствующие на геобарьере мхи, аккумулируют также Sr в количестве 2300 – 9500 мг/кг (2,3 – 9,5 мг/г, соответственно), тем самым выступая биофильным барьером в миграции этого элемента. Листовой опад ивы аккумулирует Zn, Ca, Sr в количествах, превышающих таковые в почве, что также позволяет их рассматривать как фитобарьер.

Высокое содержание Sr в водных растениях и почве, расположенной вдоль техногенного водотока, поддерживается высоким содержанием кальция. В биосфере и почвах Sr тесно связан с минералами Ca вследствие близости их ионных радиусов, отчего легко захватывается арагонитом, ангидритом, кальцитом и другими минералами. Помимо того, стронций образует и собственные минералы, например целестин, которые встречаются в рассеянном состоянии в осадочных породах, подпочвах и почвах [18]. При выветривании пород он выносится в виде бикарбонатов и других соединений. Карбонаты Sr менее растворимы, чем соответ-

ствующие соли Ca. Но растворимость бикарбонатов Sr выше, чем растворимость бикарбоната Ca, отчего стронций должен выноситься водотоком интенсивнее, чем кальций. В то же время Sr может осаждаться в виде карбонатов при потере CO_2 из растворов, содержащих бикарбонат. В ходе миграции из водотока в почву стронций может захватываться глинистыми и органическими коллоидами и входить в состав кальциевых минералов. Азотобактер, чрезвычайно нуждающийся в Ca, а также продуцирующий слизистые экзометаболиты, способствует частичному биогенному закреплению этого элемента в почве. Благоприятные условия для развития биоты складываются, как известно, при уменьшении в почвах отношения Sr:Ca. Следовательно, в пойменных почвах, для которых вообще характерно накопление Sr, в условиях техногенеза необходимо особенно внимательно относиться к соотношению этих элементов.

Заключение

Таким образом, итоги проведенных исследований свидетельствуют о сохранности азотобактера в почвах, испытывающих влияние подотвальных вод. Ростовые показатели азотобактерии отражают ответные реакции на комплексное загрязнение экотоксикантами, выносимыми ручьем из-под насыпного угольного отвала. Важное значение в детоксикации тяжёлых металлов и неметаллов в самом ручье играют водоросли, мхи и высшие растения. В истоке мощными «аквафилтрами» выступают водоросли, в русле и устье очистку воды активно осуществляют гео- и фитобарьеры. Формированию минеральных барьеров способствует слабощелочная обстановка.

Гидробиота обнаруживает особую стратегию устойчивости к ТМ, которая проявляется в избирательности поглощения химических элементов. В биомассе водорослей выявлено максимальное присутствие Ni и Zn, мхах – Sr. В листьях ивы обнаружено высокое содержание Zn, Sr, но оно меньше, чем в низших растениях. Корни рогоза аккумулируют значительное количество Fe, Cu, Mo, Ca, но особенно Zn и Ni, листья – преимущественно K, Mn, Ge, Br. Гипераккумуляция ТМ растениями наряду с вторичным минералообразованием ограничивают приток химических элементов в прибрежную почву. Однако около истока уровень загрязнения почвы Ni и Zn выявляется наибольшим, хотя водоросли уже мобилизуют существенные количества ТМ. Несмотря на полиметаллическое загрязнение почв, азотобактер сохраняет повсеместную встречаемость. Скорость роста бактерии минимальна в почве у истока ручья. Замедление роста азотобактера наблюдается в эксперименте с добавлением техногенной воды в контрольную почву. В том и другом случае регистрируется интенсивное продуцирование азотобактером слизистых экзометаболитов бурого цвета, что следует рассматривать как проявление диссоциирования. По мере удалённости от истока пигментообразование исчезает, скорость роста бактерии не только достигает контрольного значения, но даже несколько превышает его. Такая

экологическая стратегия роста популяции азотобактерии в районе добычи антрацита обеспечивает сохранение её участия в пополнении почв биогенным азотом. Адаптивно-физиологическая изменчивость популяции азотобактерии при техногенном загрязнении почв обусловлена реализацией наследственных потенций. Авторы статьи считают, что природная популяция бактерии тёмно-серой лесной почвы эволюционно приспособлена к присутствию высоких концентраций металлов и неметаллов, содержащихся в литозёме месторождения антрацита. Информация о росте азотобактерии в прибрежной почве, как и о химическом составе гидробиоты чрезвычайно важна для оценки качества плодородных почв и кормовых угодий вблизи углеотвалов. Полученный материал представляет несомненную ценность для решения стратегических и тактических задач в комплексном экологическом мониторинге водотоков и почв природно-техногенных ландшафтов. Исследования устойчивости живых организмов к комбинированному загрязнению и особенно избирательного аккумуляирования ими химических элементов сохраняют свою актуальность и перспективность.

Работа была выполнена в рамках проектов НИР ИГА СО РАН VI.54.1.3 и ИНГТ СО РАН VIII.80.1.4 и при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-05-00293).

Литература

1. Алексеев В.А., Алексеев Л.П. Геохимические барьеры. М.: Логос, 2003. 144 с.
2. Мазикин В.П. Кузбасс рассчитывает на научную поддержку // Газета «Наука в Сибири». 2012. № 18. С. 3.
3. Артамонова В.С. Развитие *Azotobacter chroococcum* на угольных отвалах в Западной Сибири // Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления: Материалы межд. науч. конф. (13 – 18 июня 2016 г., Новосибирск)/ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН. Новосибирск, 2016. С.21–25.
4. СП 2.1.7.1386-03. Почва, очистка населенных мест. Отходы производства и потребления. Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления. М., 2003. 15 с.
5. Бортникова С.Б., Гаскова О.Л., Айрияц А.А. Техногенные озёра: формирование, развитие и влияние на окружающую среду. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. 120 с.
6. Корнеева Т.В. Геохимия взаимодействия рудничного дренажа с природными водоёмами как естественными гидрохимическими барьерами: автореф. дис. ...канд. геолого-минер. наук. Новосибирск, 2010. 16 с.
7. Хмельёв В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 349 с.
8. Арнаут Н.В. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ. Методические рекомендации. Новосибирск: Изд-во ИГТ СО РАН, 1990. 220 с.
9. Бабьева И.П., Агре Н.С. Практическое руководство по биологии почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. С. 106.
10. Сзги Й. Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983. 296 с.
11. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия, 1962. № 7. С. 555—571.
12. ГН 2.1.7.020-94. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжёлых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-техническими свойствами (валовое содержание, мг/кг). (Дополнение №1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91).
13. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации. М., 1996. С.17.
14. Минкина Т.М., Мотухова Г.В., Назаренко О.Г. Состав тяжёлых металлов в почвах. Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2009. 208 с.
15. Бреховских В.Ф., Казмирук В.Д., Вишневская Г.Н. Биота в процессах массопереноса в водных объектах. М.: Наука, 2008. 315 с.
16. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжёлым металлам. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
17. Федорова Е.А., Гудков А.А., Гейер Р.В., Плакина Н.Л. Обоснование выбора способа редуцирования ионов поливалентных металлов из водных сред // Фундаментальные исследования. 2011. № 8 (часть 2). С. 410–412.
18. Ковальский В.В., Андрианова Г.А. Микроэлементы в почвах СССР. М.: Изд-во «Наука», 1970. 180 с.

References

1. Alekseenko V.A., Alekseenko L.P. Geokhimiicheskie bareyery [Geochemical barriers]. Moscow: Logos, 2003. 144 p.
2. Mazikin V.P. Kuzbass rasschityvaet na nauchnyu podderzhku [Kuzbass hopes for scientific support]// "Nauka v Sibiri" newspaper. 2012. № 18. P. 3.
3. Artamonova V.S. Razvitiye *Azotobacter chroococcum* na ugolnykh otvalakh v Zapadnoy Sibiri//Prirodno-tekhnogennyye komplekсы: sovmennoye sostoyaniye i perspektivy vosstanovleniya [Development of *Azotobacter chroococcum* on coal heaps in Western Siberia // Natural-technogenic complexes: present state and perspectives] : Materials of Intern. Sci. conf. (June 13-18, 2016)/Inst. Of Soil Science and Agrochemistry, RAS Siberian Branch. Novosibirsk, 2016. P.21-25.
4. Sanitary rules venture 2.1.7. 1386-03. Soil, cleaning of populated areas. Wastes of production and consumption. The definition of

- the hazard class of toxic wastes of production and consumption. Moscow, 2003. 15 p.
5. *Bortnikova S.B., Gas'kova O.L., Ayriyants A.A.* Tekhnogennye ozera: formirovaniye, razvitiye i vliyaniye na okruzhayushchuyu sredu [Man-made lakes: formation, development and impact on the environment]. Novosibirsk: Siberian Branch, RAS, Publ., "Geo" branch, 2003. 120 p.
6. *Korneeva T.V.* Geokhimiya vzaimodeystviya rudnichnogo drenazha s prirodnymi vodoyemami kak yestestvennymi gidrokhimicheskimi bar'erami [Geochemistry of inreaction of mine drainage with natural waterbodies as natural hydrochemical barriers]: Abstract of diss. ... Cand. Sci. (Geol.&Mineral.). Novosibirsk, 2010. 16 p.
7. *Khmelev V.A., Tanasienko A.A.* Zemelenye resursy Novosibirskoy oblasti i puti ikh ratsionalenogo ispol'zovaniya [Land resources of the Novosibirsk region and ways of their rational use]. Novosibirsk: Siberian Branch, RAS, Publ., 2009. 349 p.
8. *Arnautov N.V.* Standartnye obrazzi himicheskogo sostava prirodnkh mineralnykh veshstv. The methodical recommendation [The standard samples of chemical composition of natural mineral substances. Guidelines]. Novosibirsk.: Nauka, PH IGG SB RAS, 1990. 220 p.
9. *Babyeva I.P., Agre N.S.* Prakticheskoe rukovodstvo po biologii pochv [A practical Handbook on the biology of soils]. Moscow, Moscow Univ. publ., 1971. 106 p.
10. *Segi J.* *Metodj pochvennoj mikrobiologii* [Methods of soil Microbiology]. Moscow, Kolos Publ., 1983. 296 p.
11. *Vinogradov A.P.* Sredniye soderzhaniya khimicheskikh elementov v glavnykh tipakh izverzhennykh gornykh porod zemnoy kory [Average contents of chemical elements in main types of igneous rocks of the earth's crust]. Geochemistry, 1962, № 7. P. 555-571.
12. *GN 2.1.7.020-94.* Oriyentirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) tyazhelykh metallov b mysheyaka v pochvakh s razlichnymi fiziko-khimicheskimi svoystvami (valovoye soderzhaniye, mg/kg). (Dopolneniye №1 k perechnyu PDK I ODK №6229-91) [Tentatively permissible concentrations of heavy metals and arsenic in soils with different physical-technical properties (total content, mg/kg). (Supplement No. 1 to the list of MAC and TAC No. 6229-91).
13. *Metodicheskiye ukazaniya po otsenke gorodskikh pochv pri razrabotke gradostroitelnoy i arkhitekturno-stroitelnoy dokumentatsii* [Guidelines for the evaluation of urban soils in the development of town-planning and architectural and construction documents]. Moscow. 1996. P. 17.
14. *Minkina T.M., Motukhzova G.V., Nazarenko O.G.* Sostav tyazhelykh metallov v pochvakh. Rostov-on-Don [The content of heavy metals in soils]: "Everest" Publ., 2009. 208 p.
15. *Brekhovskikh V.F., Kazmiruk V.D., Vishnevskaya G.N.* Biota v protsessakh massoperenosa v vodnykh ob'yektakh [Biota in the processes of mass transfer in water bodies]. Moscow: Nauka, 2008. 315 p.
16. *Titov A.F., Talanova V.V., Kaznina N.M., Laydinen G.F.* Ustoychivost rasteniy k tyazhelym Metallam [The resistance of plants to heavy metals]. Petrozavodsk: Karelia Sci. Centre, RAS, 2007. 172 p.
17. *Fedorova E.A., Gudkov A.A., Geyer R.V., Plakina N.L.* Obosnovaniye vybora sposoba reduitsirovaniya ionov polivalentnykh metallov iz vodnykh sred // Fundamentakhtnye issledovaniya [Substantiation of the choice of the method of reduction of ions of polyvalent metals from aqueous environments // Basic research]. 2011. № 8 (Part 2). P. 410-412.
18. *Kovalsky V.V., Andrianova G.A.* Mikroelementy v pochvakh SSSR [Microelements in soils of the USSR]. Moscow: Nauka, 1970. 180 p.

Статья поступила в редакцию 28.06.2016.

УДК: 582.594:581.16(470.13)

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. (ORCHIDACEAE) НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

И.А. КИРИЛЛОВА

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

Проведена оценка фенотипической изменчивости *Cypripedium calceolus* L. на территории Республики Коми, где вид находится на северной границе своего распространения. Установлено, что фенотипическая пластичность в большей степени связана с признаками вегетативных органов (высота растений, размеры листьев), которые обеспечивают адаптацию растений к различным условиям произрастания. Признаки цветка более стабильны. Выявлена зависимость признаков растений от экологических условий биотопа, погодных условий вегетационного периода и географического положения.

Ключевые слова: *Cypripedium calceolus* L., орхидные, фенотипическая изменчивость, граница ареала

I.A. KIRILLOVA. PHENOTYPIC VARIABILITY OF *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. (ORCHIDACEAE) ON ITS NORTHERN DISTRIBUTION BOUND

The phenotypic variability of *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) growing on the northern bound of its distribution in territory of the Komi Republic is described. It is revealed that miniaturization and oligomerization of plants of this species occurs on the northern bound of distribution, compared to specimens growing in the center of the area. The characters of vegetative sphere demonstrate high and medium variation, but flowers morphology is less variable. Weather conditions influence the habitus of plants which is expressed in the size of leaves and bracts and height of shoots. The weather has no effect on number of flowers and leaves. The correlation of characters is increased in unfavourable growing periods. In plants growing in different biotopes the variability of morphometric characteristics caused by ecological differences is observed. Thus plants from forest habitats were larger than specimens growing in swampy areas due to the lack of light in forest phytocenoses. Besides, geographical variation was revealed in studied populations: gradual reduction of plants habitus within latitudinal moving from south to north. The most flexible characters which respond to changing environmental conditions are the height of shoots and size of leaves.

Keywords: *Cypripedium calceolus* L., orchids, phenotypic variation, area bound

Введение

Анализ соответствия между организмом и средой – одна из важнейших проблем современной биологии. Это соответствие проявляется как способность популяций адекватно реагировать на действующие факторы. Поэтому исследование особенностей реализации фенотипического потенциала популяций в различных условиях является важной теоретической задачей на пути понимания механизмов устойчивости биологических систем [1].

Морфологические параметры растений варьируют по ареалу вида. Популяции видов на границе ареала находятся под действием стресса и существуют на пределе своих биологических возможностей, они обладают своеобразной экологической приуроченностью, внутренней организацией, структурой, морфологией и генетикой. Краевые популя-

ции часто фрагментарны и более уязвимы к изменениям внешней среды [2]. Многие авторы в крайних популяциях отмечают уменьшение размеров растений [3, 4], изменение размаха изменчивости и скоррелированности признаков [5–7].

В качестве объекта изучения был выбран *Cypripedium calceolus* L. (башмачок настоящий) (Orchidaceae) (см. фото). Этот вид орхидей имеет довольно широкий ареал, но является повсеместно редким (охраняется в России [8] и всех странах Европы [9]). В Республике Коми он находится на северной границе своего распространения. В регионе известно около 100 его местонахождений, вид встречается от самого юга республики до Приполярного Урала. *C. calceolus* неоднократно становился объектом различных исследований по всему ареалу [9–15 и др.]. Однако работ по крайним популяциям этого вида немного [16–19], и связаны они в ос-



Фото. Башмачок настоящий.

новном с состоянием популяций и репродуктивной биологией. Цель настоящей работы – изучение закономерностей варьирования морфологических параметров *C. calceolus* на территории Республики Коми.

Материал и методы

Исследования проводили в 2004–2014 гг. на территории Республики Коми. Обследовано 20 ценопопуляций (ЦП) вида (табл. 1) в разных частях региона: на Вычегодско-Мезенской равнине, Южном и Среднем Тимане, Северном и Приполярном Урале. При изучении морфометрических особенностей растений учитывались высота, число и размеры листьев и цветков. В каждой ЦП проанализировано по 30 побегов генеративного онтогенетического состояния. Данные обработаны вариационно-статистическими методами с использованием пакетов STATISTICA 6 и MICROSOFT EXCEL. Для изучаемых морфометрических признаков определяли среднее арифметическое значение (M), ошибку средней (m), коэффициент вариации (CV). Всего проанализировано 840 генеративных побегов. При изучении закономерностей внутривидовой изменчивости использовали методику С.А. Мамаева [20, 21]. Выделяли два типа изменчивости – индивидуальную, которая отражает вариабельность особей в пределах популяций, и межпопуляционную (эколого-географическую), отражающую дифференциацию популяций в пределах ареала вида. Для оценки пластичности использовали индекс фитоценотической пластичности (I_p) [22]. При сравнении арифметических средних применяли критерий Стьюдента (C_{st}), достоверность которого оценивали при доверительном интервале 95% [23]. Наряду с одномерной статистикой применяли многомерные ста-

Таблица 1

Характеристика изученных ценопопуляций *Cypripedium calceolus* в Республике Коми

Год изучения	Местонахождение	Местообитание, фитоценоз
2011, 2014	ВМР, пойма р. Сысола	Сосново-березовый хвощово-осоковый лес
2010, 2011	ВМР, пойма р. Сысола	Ельник разнотравный
2010, 2011	ВМР, пойма р. Важелью	Осоково-сфагновое болото
2014	ВМР, пойма р. Важелью	Хвощово-осоково-сфагновое болото
2014	ВМР, пойма р. Важелью	Ельник разнотравно-сфагновый
2009, 2010, 2011	ВМР, пойма р. Дырнос	Елово-березовый разнотравный лес
2014	ВМР, окр. дер. Занулье	Ельник разнотравно-чернично-зеленомошный
2011	ЮТ, левый берег р. Сойва	Еловое редколесье разнотравно-зеленомошное на склоне юго-западной экспозиции (выходы известняков)
2009, 2011	ЮТ, левый берег р. Омра	Сосновое редколесье разнотравно-осоково-зеленомошное на склоне южной экспозиции (выходы известняков)
2009	СТ, левый берег р. Мыла	Верхняя часть скалистого склона юго-восточной экспозиции, сосняк лишайниковый
2004	СУ, левый берег р. Печора	Ельник разнотравно-сфагновый
2007	СУ, левый берег р. Илыч	Каменистый облесенный склон у края осиново-березового (с елью и пихтой) высокотравного леса
2007	СУ, левый берег р. Илыч	Скалистая осыпь, облесенная березой и елью, разнотравно-зеленомошная
2008	СУ, правый берег р. Ыджид-Сотчемьель	Облесенный склон южной экспозиции, скальные растительные группировки с преобладанием <i>Rubus saxatilis</i> и <i>Antennaria dioica</i>
2010, 2011	ПУ, правый берег р. Кожим	Облесенный лишайниковый склон, кустарничково-моховые сообщества
2010, 2011	ПУ, левый берег р. Кожим	Днище отстойника, бывший полигон золотодобычи
2011	ПУ, левый берег р. Кожим	Скалы, кустарничково-лишайниковые сообщества
2010, 2011	ПУ, правый берег р. Кожим	Плато на вершине скал, разнотравный ивняк
2010, 2011	ПУ, правый берег р. Кожим	Плато на вершине скал, пихтово-еловый травяной лес
2011	ПУ, правый берег р. Кожим	Край елово-лишайникового кустарничково-зеленомошного леса

Примечание: ВМР – Вычегодско-Мезенская равнина; ЮТ – Южный Тиман; СТ – Средний Тиман; СУ – Северный Урал; ПУ – Приполярный Урал.

тистические методы – дискриминантный и кластерный анализ. Кластеризацию осуществляли на основании полученных в дискриминантном анализе квадратов расстояния Махаланобиса. Для выявления связей между морфологическими признаками вегетативных и репродуктивных органов использовали корреляционный анализ. Рассчитывали индекс морфологической интеграции особей – I [24], как отношение числа статистически существенных связей в корреляционной матрице к их общему числу.

Результаты и обсуждение

Индивидуальная изменчивость. Под индивидуальной изменчивостью понимается изменчивость особей в пределах одной популяции [20]. *C. calceolus* рассмотрен нами в рамках региональной популяции. В Республике Коми высота генеративных побегов этого вида составляет в среднем 26 (8–53) см. На один побег приходится (2) 3,1 (5) листьев, (4) 9–12 (21) см длиной и (2) 5–7 (15) см шириной. Цветки одиночные, реже в числе двух. Прицветники (брактей) 7 (2–14) см длиной и 3 (1–7) см шириной. Верхний листочек околоцветника 5 (2–8) см длиной и 2 (1,2–3,3) см шириной. Синсепалум около 5 (2,5–7) см длиной и 2 (0,6–2,6) см шириной. Боковые листочки околоцветника 6 (3,2–8,5) см длиной и 0,6 (0,3–0,9) см шириной. Губа 3,4 (1,5–5,5) см длиной, 2,4 (1,2–4) см шириной и 1,9 (1,0–3,5) см высотой. У двцветковых особей нижний цветок несколько крупнее верхнего, у него достоверно крупнее верхний листочек околоцветника, а также длины боковых листочков околоцветника, размеры губы не меняются. Плод – коробочка, (1,2) 2–3 (4,5) см длиной и 0,5–1 см шириной.

Размеры растений *C. calceolus* в регионе в целом не выходят за пределы нормы реакции для этого вида, но по сравнению с данными из других частей ареала [25, 12, 14, 3] сдвинуты к нижней границе, т.е. на северном пределе распространения вида происходит уменьшение размеров растений и количества метамеров, что свойственно и другим травянистым растениям в экстремальных условиях существования [4].

Признаки *C. calceolus* варьируют на высоком и среднем уровнях, а ширина прицветника – на очень высоком. Наиболее изменчивы ширина прицветника ($CV=41,1\%$), высота побега (35,3%) и ширина нижнего листа (35,7%). Данные признаки можно отнести к эколого-биологическим индикаторам [7], которые отражают реакцию организма на условия среды. Наименее вариабельны число листьев и размеры частей цветка (кроме ширины бокового листочка околоцветника). Эти признаки можно отнести к таксоноспецифичным. В целом признаки генеративной сферы менее изменчивы, чем признаки вегетативной. На самом низком уровне варьируют длина и высота губы ($CV=14,5\%$ и $14,9\%$ соответственно).

Рассмотрена также индивидуальная изменчивость всех изученных ЦП вида. Полученные результаты приведены в табл. 2. Признаки могут варьировать от очень низкого до очень высокого уровня, причем колебания коэффициентов вариации в разных ЦП у одинаковых признаков могут быть значительными. Наиболее вариабельным признаком является ширина прицветника, коэффициент вариации этого признака составляет в разных ЦП от 20,3 до 48,6%. Такие признаки, как высо-

Таблица 2

Индивидуальная изменчивость морфометрических признаков *Cypripedium calceolus*

Признак	Средние значения в ЦП (min-max)	Коэффициент вариации в ЦП (min-max)	I_p	Средний коэффициент вариации
ВП, см	13,4-40,5	10,3-33,2	0,67	17,5
ЧЛ, шт.	2,6-4,0	8,7-24,8	0,35	15,0
Д1Л, см	5,9-14,9	7,3-37,9	0,60	18,8
Ш1Л, см	3,3-9,9	6,6-36,0	0,67	20,6
Д2Л, см	7,5-17,3	6,1-23,1	0,57	11,5
Ш2Л, см	4,0-10,8	11,2-27,1	0,63	17,1
ДПр, см	4,3-9,7	13,0-38,0	0,56	21,0
ШПр, см	1,9-4,8	20,3-48,6	0,60	33,2
ДГ, см	2,4-3,9	7,0-17,6	0,38	9,7
ШГ, см	1,6-2,9	7,0-21,2	0,45	11,1
ВГ, см	1,6-2,2	8,1-15,9	0,27	10,8
ДВЛ, см	3,6-6,3	6,9-17,6	0,43	11,3
ШВЛ, см	1,4-2,6	4,0-18,1	0,46	11,4
ДБЛ, см	4,0-7,0	8,7-15,6	0,43	11,6
ШБЛ, см	0,5-0,7	3,0-27,3	0,29	17,8
ДНЛ, см	3,6-5,9	8,5-21,2	0,39	12,7
ШНЛ, см	1,1-2,1	8,2-19,1	0,47	13,5
ЧЦ, шт.	1,0-1,5	18,2-35,5	0,33	31,4

Примечание: здесь и далее в табл. 4, 5: ВП – высота побега, ЧЛ – число листьев, Д1Л – длина первого (нижнего) листа, Ш1Л – ширина первого (нижнего) листа, Д2Л – длина второго листа, Ш2Л – ширина второго листа, ДПр – длина прицветника, ШПр – ширина прицветника, ДГ – длина губы, ШГ – ширина губы, ВГ – высота губы, ДВЛ – длина верхнего листочка околоцветника, ШВЛ – ширина верхнего листочка околоцветника, ДБЛ – длина бокового листочка околоцветника, ШБЛ – ширина бокового листочка околоцветника, ДНЛ – длина нижнего листочка околоцветника, ШНЛ – ширина нижнего листочка околоцветника, ЧЦ – число цветков.

та побега, число листьев и ширина второго листа демонстрируют в основном средний уровень изменчивости, длина прицветника – высокий. Размеры нижнего листа в половине ЦП показали средний уровень изменчивости, в остальных – высокий. Длина второго листа варьирует в ЦП на среднем и низком уровнях. Признаки цветка более стабильны, чем признаки вегетативной сферы. Самый мало изменчивый признак – длина губы, демонстрирует в основном низкий уровень изменчивости. Размеры листочков околоцветника варьируют на среднем, реже – низком уровнях. При этом их ширина – более вариабельный признак, чем длина. Самый вариабельный признак генеративной сферы – ширина бокового листочка околоцветника, в половине ЦП он варьирует на высоком уровне, в остальных – на среднем. Подобные закономерности изменчивости признаков генеративных побегов *S. calceolus* выявлены и на Южном Урале [26].

Наиболее пластичными параметрами, максимально реагирующими на изменения среды обитания, оказались высота побега, размеры нижнего листа, ширина второго листа и прицветника ($I_p = 0,60-0,67$) (табл. 2). Остальные параметры менее пластичны. Стабильными параметрами с минимальным уровнем пластичности являются высота губы, ширина бокового листочка околоцветника, число цветков и листьев.

Влияние погодных условий на размер растений было прослежено на примере 9 ЦП *S. calceolus*. На Приполярном Урале 4 ЦП данного вида изучали в 2010 и 2011 гг. Вегетационные периоды этих лет были довольно прохладными, а 2011 г. еще и сухими (сумма осадков была ниже среднеемноголетнего значения почти в два раза) (табл. 3). Признаки в ЦП оставались стабильными, за исключением размеров второго листа, длина которого несколько увеличилась в трех из обследованных ЦП в 2011 г. Выросла также скоррелированность признаков в ЦП.

На Южном Тимане ЦП *S. calceolus* обследована в 2009 и 2011 гг. Первый год изучения был прохладный и сухой, второй – теплый и достаточно влажный. В 2009 г. была достоверно больше высота побега, длина листьев и прицветников, а также

ниже скоррелированность признаков ($I = 41,7\%$, вместо $69,4\%$ – в 2011 г.).

На Вычегодско-Мезенской равнине исследования влияния погодных условий на габитус растений проводили в 2009–2014 гг. Вегетационный период 2009 г. был прохладным и влажным, 2010 г. – умеренно теплым и относительно сухим, вегетационный период 2011 г. отличался жаркой и сухой погодой (сумма активных температур $>10^\circ \text{C}$) оказалась выше среднеемноголетнего значения за последние пять лет), 2014 г. был умеренно теплым и влажным. Растения, изученные на болоте, в 2010 и 2011 гг. практически не отличались, лишь выросла скоррелированность признаков в 2011 г. с $30,5$ до $44,4\%$. В двух лесных ЦП (ЦП 2 и 6) в 2011 г., по сравнению с предыдущим, уменьшилась высота побегов, размеры листьев, прицветников и цветка и увеличилась скоррелированность признаков. В ЦП6 в 2009 г. была достоверно меньше длина нижнего листа, ширина прицветника, высота губы и длина нижнего листочка околоцветника, а также скоррелированность признаков, чем в 2010 г. ЦП 1 обследована в 2011 и 2014 гг., в первый год изучения растения были достоверно мельче.

Больше всего погодные условия влияют на размеры листьев и прицветников. На ряд признаков (число листьев, цветков) условия вегетационного периода воздействия не оказывают. С теплообеспеченностью коррелируют в основном признаки вегетативной сферы, в более холодные вегетационные периоды размеры листьев, а в некоторых ЦП и высота побегов увеличиваются. В более суровых условиях (на Приполярном Урале) растения меньше зависят от погодных условий, в них повышается выровненность признаков. Обнаружена связь количества осадков со скоррелированностью признаков, в вегетационные периоды с более низким количеством осадков скоррелированность признаков выше. Н.С. Ростовской [6, 7] на примере многих травянистых растений было установлено, что неблагоприятные условия среды вызывают значительное повышение силы связей между признаками. Это явление указывает на хорошую приспособляемость растений к неблагоприятным условиям (недостатку влаги).

Таблица 3

Метеоусловия вегетационных периодов 2009–2014 гг. в разных частях Республики Коми

Параметр	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2014 г.
Вычегодско-Мезенская равнина				
Сумма активных температур $>10^\circ \text{C}$	1260,5	1388,8	1414,4	1284,5
Сумма осадков за период с температурой $>10^\circ \text{C}$	239,2	146,1	122,1	247,4
Гидротермический коэффициент Селянинова	1,9	1,1	0,9	1,9
Южный Тиман				
Сумма активных температур $>10^\circ \text{C}$	1064,4	1211,6	1137,3	1121,0
Сумма осадков за период с температурой $>10^\circ \text{C}$	138,2	127,6	155,2	201,2
Гидротермический коэффициент Селянинова	1,3	1,1	1,4	1,8
Приполярный Урал				
Сумма активных температур $>10^\circ \text{C}$	785,3	665,6	647,7	782,0
Сумма осадков за период с температурой $>10^\circ \text{C}$	99,2	128,0	71,5	186,5
Гидротермический коэффициент Селянинова	1,3	1,9	1,1	2,4

Экологическая изменчивость. С целью изучения экологической изменчивости рассматривали ЦП *S. calceolus*, произрастающие в разных экологических условиях в пределах одного орографического выдела. В южной части региона, на Вычегодско-Мезенской равнине, вид встречается на притеррасных болотах в долинах рек, облесенных окраинах болот, приручейных или заболоченных лесах. Кластерный анализ, проведенный для 7 ЦП с Вычегодско-Мезенской равнины с использованием всех признаков вегетативной и генеративной сферы, показал деление на две группы – болотную (ЦП 3, 4) и лесную (ЦП 1, 2, 5, 6), отдельно вышла ЦП с самого юга Вычегодско-Мезенской равнины (ЦП 7) (рис. 1). Лесная группа разбилась еще на две – еловых лесов (ЦП 1) и сосняков (ЦП 2, 5, 6). Дискриминантный анализ показал, что в разделение групп наибольший вклад внесли такие признаки, как ширина листьев, длина верхнего листочка околоцветника (по первой дискриминантной оси), высота побегов и число листьев (по второй).

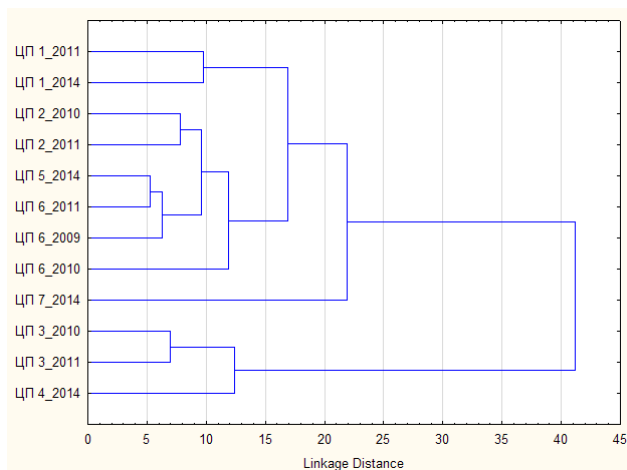


Рис. 1. Распределение ценопопуляций *Cypripedium calceolus* с Вычегодско-Мезенской равнины при проведении кластерного анализа (нумерация ЦП, та же, что и в табл. 1).

Наблюдается сильное различие по многим морфометрическим признакам растений болотных и лесных местообитаний (табл. 4). При этом происходит достоверное уменьшение практически всех признаков вегетативных органов и цветка у растений болотных ассоциаций, число цветков не меняется, а число листьев больше у болотных растений. Растения, произрастающие в сосняках и ельниках, также отличаются между собой. Генеративные особи *S. calceolus*, произрастающие в еловых лесах, достоверно выше, с более широкими листьями и прицветниками, с более короткими, но широкими листочками околоцветника.

Все эти изменения связаны главным образом с разными условиями освещения. Уменьшение количества света ведет к сокращению числа листьев, но увеличению их размеров. То есть, адаптивным ответом на слабое освещение является увеличение площади листьев для максимального увеличе-

ния поверхности улавливания света. В разных условиях произрастания морфологические признаки варьируют сходным образом, меняется лишь размах варьирования, на болоте признаки более изменчивы, чем в лесу (табл. 4).

Географическая изменчивость отражает пространственно закрепленное влияние большого ряда экологических факторов: климат, макрорельеф и т.д. Характерной ее чертой является та или иная степень пространственной обособленности, что обеспечивает и генетическую изоляцию [20]. В рамках изучения географической изменчивости признаков по региону. С юга на север при ухудшении условий для произрастания растений происходит постепенное снижение габитуса (например, высота побегов изменяется от 40,5 до 16 см) и числа листьев (табл. 5). Также происходит уменьшение размеров цветка. На Приполярном Урале длина листочков околоцветника в 1,7 раза меньше, чем на юге региона. Число цветков значи-

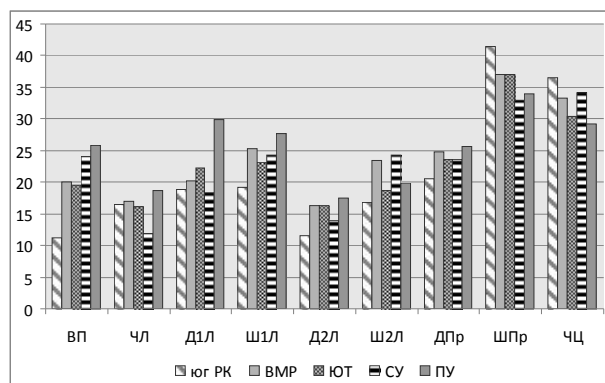


Рис. 2. Изменчивость морфометрических признаков *Cypripedium calceolus*, растущих в разных частях Республики Коми (юг РК – юг Республики Коми; ВМР – Вычегодско-Мезенская равнина; ЮТ – Южный Тиман; СУ – Северный Урал; ПУ – Приполярный Урал) (по оси абсцисс – признаки (обозначения даны в табл. 2); по оси ординат – коэффициент вариации, %).

мо не отличается, в любой части региона в ЦП вида отмечен примерно одинаковый процент растений с двумя цветками.

Признаки варьируют в разных частях региона сходным образом. При продвижении на север при уменьшении размеров растений происходит увеличение варибельности большинства признаков (рис. 2). Возможно, это помогает отдельным особям в стрессовых условиях оптимально использовать ресурсы среды.

Сравнивались также популяции, растущие в сходных условиях (выходы известняков) из разных частей региона (рис. 3). Кластерный анализ, проведенный для 11 ЦП, показал деление на два кластера, в первый вошли ЦП с Тимана и Северного Урала (ЦП 8-10, 12-14), во второй – с Приполярного Урала (ЦП 15-18, 20). Первый кластер при этом разделился на два – в первый вошли ЦП с Южного и Среднего Тимана (ЦП 8-10), во второй – с Север-

Таблица 4

Сравнение морфометрических признаков у групп ценопопуляций *Cypripedium calceolus*, растущих в различных экологических условиях

Признак	Болото	Лес	C _{st}	Сосняки	Ельники	C _{st}
	M±m (min-max) CV	M±m (min-max) CV		M±m (min-max)	M±m (min-max)	
ВП, см	26,2±0,47 (18,0-36,4) 17,0	35,3±0,36 (22,0-53,0) 15,3	15,4*	34,1±0,54 (16,5-26,5)	35,8±0,44 (22,0-53,0)	2,4*
ЧЛ, шт.	3,5±0,07 (2-5) 19,1	3,3±0,03 (2-5) 15,9	2,3*	3,3±0,06 (3-4)	3,3±0,04 (2-5)	0,1
Д1Л, см	9,4±0,17 (5,5-12,0) 16,9	11,8±0,14 (6,5-16,5) 17,8	11,2*	11,7±0,28 (7,0-15,8)	11,9±0,16 (6,5-16,5)	0,6
Ш1Л, см	5,3±0,13 (2,9-8,5) 24,1	7,3±0,10 (2,8-12,0) 21,0	11,9*	6,5±0,18 (2,8-9,2)	7,5±0,11 (4,4-12,0)	4,8*
Д2Л, см	10,8±0,12 (8,2-14,2) 10,8	14,4±0,10 (11,0-18,0) 10,3	22,5*	14,7±0,17 (11,4-17,5)	14,3±0,12 (11,0-18,0)	1,9
Ш2Л, см	5,6±0,13 (3,2-10,0) 23,0	7,9±0,09 (4,8-12,5) 17,1	14,6*	7,3±0,13 (4,8-9,5)	8,2±0,11 (5,2-12,5)	5,4*
ДПр, см	6,3±0,15 (2,4-10,5) 24,5	8,8±0,12 (4,0-14,0) 20,6	13,3*	8,8±0,23 (5,5-13,5)	8,8±0,13 (4,0-14,0)	0,1
ШПр, см	2,5±0,09 (0,8-4,7) 37,1	3,5±0,06 (0,8-7,3) 34,7	8,6*	3,0±0,13 (0,8-5,7)	3,7±0,09 (0,8-7,3)	4,3*
ДГ, см	3,2±0,03 (1,5-4,5) 11,0	3,6±0,03 (2,7-7,0) 11,3	9,1*	3,6±0,04 (2,8-4,2)	3,6±0,03 (2,7-7,0)	1,4
ШГ, см	2,3±0,04 (1,6-4,0) 16,0	2,6±0,02 (1,8-3,4) 11,7	7,6*	2,6±0,03 (1,9-3,2)	2,7±0,02 (1,8-3,4)	1,5
ВГ, см	1,8±0,03 (1,3-3,2) 16,7	2,0±0,02 (1,4-3,5) 14,0	4,8*	2,0±0,03 (1,5-2,5)	1,9±0,02 (1,4-3,5)	2,9*
ДВЛ, см	4,9±0,05 (3,5-6,4) 11,1	5,7±0,06 (2,8-8,0) 13,6	11,2*	6,1±0,10 (4,5-8,0)	5,6±0,05 (2,0-5,7)	4,1*
ШВЛ, см	2,2±0,03 (1,4-3,0) 14,7	2,2±0,02 (1,4-3,3) 14,6	1,7	2,1±0,03 (1,4-2,6)	2,3±0,02 (1,4-3,3)	4,0*
ДБЛ, см	5,3±0,07 (3,6-7,5) 12,7	6,3±0,05 (4,0-8,5) 13,1	12,2*	6,7±0,11 (4,5-8,5)	6,2±0,06 (4,0-8,2)	3,9*
ШБЛ, см	0,6±0,01 (0,4-0,8) 20,8	0,6±0,01 (0,4-0,9) 20,3	0,4	0,5±0,01 (0,4-0,8)	0,6±0,01 (0,4-0,9)	4,1*
ДНЛ, см	4,6±0,05 (3,4-5,8) 11,4	5,4±0,05 (3,3-7,4) 13,4	11,2*	5,7±0,09 (4,0-7,4)	5,3±0,05 (3,3-7,4)	4,0*
ШНЛ, см	1,7±0,03 (0,8-2,6) 17,7	1,8±0,02 (1,2-2,5) 15,3	3,0*	1,7±0,03 (1,2-2,2)	1,9±0,02 (1,2-2,5)	4,9*
ЦЦ, шт.	1,2±0,04 (1-2) 34,7	1,2±0,02 (1-2) 32,6	1,2	1,2±0,06 (1-2)	1,2±0,03 (1-2)	1,5

Таблица 5

Морфометрические параметры генеративных особей *Cypripedium calceolus* в разных частях Республики Коми

Признак	Юг Республики Коми ¹	Вычегодско-Мезенская равнина ²	C _{st}	Южный Тиман ³	C _{st}	Северный Урал ⁴	C _{st}	Приполярный Урал ⁵	C _{st}
ВП, см	40,5±0,86 (32,0-51,5)	33,0±0,36 (18,0-53,0)	8,0*	24,8±0,52 (15,0-40,0)	13,0*	23,8±0,62 (12,0-44,0)	1,2	16,0±0,26 (8,0-29,2)	11,6*
ЧЛ, шт.	3,8±0,12 (2-5)	3,4±0,03 (2-5)	3,6*	3,1±0,05 (2-4)	4,2*	3,0±0,04 (2-4)	1,0	2,8±0,03 (2-4)	3,5*
Д1Л, см	14,9±0,53 (9,8-20,7)	11,2±0,12 (5,5-16,5)	6,8*	8,8±0,21 (4,4-14,0)	10,1*	9,9±0,20 (6,6-14,6)	4,1*	6,9±0,12 (3,0-13,5)	13,0*
Ш1Л, см	9,9±0,36 (6,0-13,3)	6,7±0,09 (2,8-12,0)	8,5*	4,6±0,11 (2,2-7,5)	14,2*	5,2±0,14 (2,8-8,6)	3,1*	4,1±0,07 (1,7-6,8)	7,0*
Д2Л, см	17,3±0,37 (14,0-21,5)	13,5±0,12 (8,3-18,5)	9,5*	11,1±0,20 (7,5-16,4)	10,7*	12,1±0,18 (9,2-16,6)	3,7*	8,7±0,09 (5,0-14,7)	16,3*
Ш2Л, см	10,8±0,34 (8,2-15,0)	7,3±0,09 (3,2-12,5)	9,9*	5,5±0,11 (3,8-8,0)	12,2*	6,2±0,16 (3,2-10,0)	3,3*	4,6±0,06 (2,2-6,6)	9,2*
ДПр, см	9,7±0,35 (5,3-13,0)	8,1±0,11 (3,0-14,0)	4,1*	6,3±0,15 (3,5-10,4)	10,1*	7,5±0,18 (4,0-12,0)	5,1*	5,1±0,08 (2,0-9,5)	11,3*
ШПр, см	4,8±0,47 (1,4-7,7)	3,3±0,06 (0,8-7,3)	3,3*	2,6±0,10 (0,5-6,2)	5,2*	3,5±0,13 (1,7-6,8)	5,5*	2,2±0,05 (0,5-4,6)	9,7*
ДГ, см	3,8±0,07 (3,3-4,4)	3,5±0,02 (1,5-4,6)	4,4*	3,0±0,05 (2,0-3,7)	8,8*	-	-	2,5±0,06 (1,6-3,3)	6,0*
ШГ, см	2,5±0,05 (2,2-2,8)	2,5±0,02 (1,6-4,0)	0,3	1,9±0,04 (1,3-2,4)	13,2*	-	-	1,6±0,03 (1,2-1,8)	6,3*
ВГ, см	2,0±0,05 (1,8-2,5)	1,9±0,01 (1,3-3,5)	1,7	1,8±0,03 (1,4-2,2)	2,6*	-	-	1,5±0,04 (1,0-2,0)	6,2*
ДВЛ, см	6,2±0,15 (5,5-7,5)	5,5±0,04 (2,0-8,0)	4,6*	4,6±0,09 (3,3-5,6)	8,9*	-	-	3,6±0,09 (3,0-4,6)	7,8*
ШВЛ, см	2,3±0,06 (1,8-2,8)	2,2±0,02 (1,4-3,3)	1,8	1,7±0,03 (1,2-2,2)	12,7*	-	-	1,4±0,02 (1,2-1,7)	6,9*
ДБЛ, см	6,8±0,19 (5,6-8,3)	6,0±0,05 (3,6-8,5)	3,9*	5,2±0,10 (3,6-7,0)	6,9*	-	-	4,0±0,12 (3,2-5,5)	7,5*
ШБЛ, см	0,7±0,03 (0,5-0,9)	0,6±0,01 (0,4-0,9)	3,4*	0,5±0,01 (0,3-0,8)	8,2*	-	-	0,5±0,03 (0,3-0,7)	1,3
ДНЛ, см	5,8±0,02 (4,8-7,3)	5,2±0,04 (3,2-7,4)	3,5*	4,4±0,10 (3,5-5,5)	7,4*	-	-	3,6±0,10 (2,5-4,6)	5,1*
ШНЛ, см	2,0±0,06 (1,4-2,3)	1,8±0,02 (0,8-2,6)	2,9*	1,4±0,04 (0,6-1,9)	11,1*	-	-	1,3±0,03 (1,2-1,6)	0,6
ЦЦ, шт.	1,3±0,06 (1-2)	1,2±0,02 (1-2)	0,7	1,1±0,04 (1-2)	1,3	1,2±0,04 (1-2)	1,3	1,1±0,02 (1-2)	1,9

Примечание: ¹ – выборка 30 растений; ² – выборка 360 растений; ³ – выборка 90 растений; ⁴ – выборка 100 растений; ⁵ – выборка 255 растений. В таблице приведены среднее значение, стандартная ошибка, минимальное и максимальное значения признаков и критерий Стьюдента для попарных сравнений признаков (C_{st}); звездочкой отмечены значения критерия Стьюдента, достоверные при 95%-ном доверительном интервале.

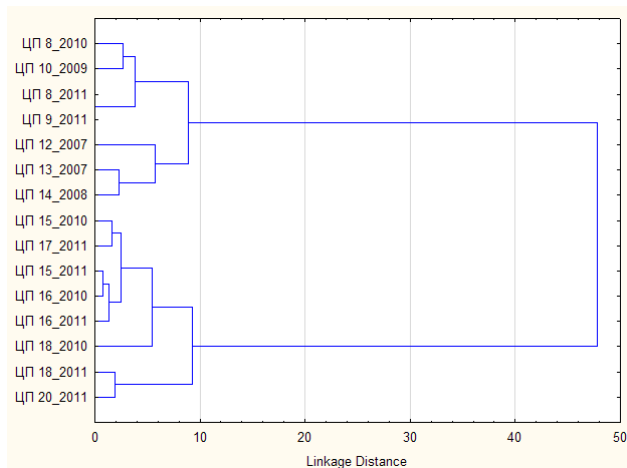


Рис. 3. Распределение скальных ценопопуляций *Cypripedium calceolus* при проведении кластерного анализа (нумерация ЦП, та же, что и в табл. 1).

ного Урала (ЦП 12-14). В разделение ЦП наибольший вклад по первой дискриминантной оси внесли такие признаки, как размер нижнего листа и длина прицветника, по второй – длина второго листа и высота побегов.

Межпопуляционная изменчивость не ограничивается клинальной изменчивостью. Результаты ее оценки представлены на рис. 4, где приводятся коэффициенты вариации признаков при межпопуляционной и индивидуальной изменчивости. Отмечен большой размах межпопуляционной изменчивости, что связано с довольно широким распространением вида в регионе и произрастанием в различных биотопах. Признаки вегетативной сферы варьируют в основном на высоком уровне (кроме числа листьев), показатели частей цветка – на среднем (ширина губы, размеры листочков околоцветника) и низком (длина и высота губы, ширина бокового листочка околоцветника), число цветков – на низком уровнях.

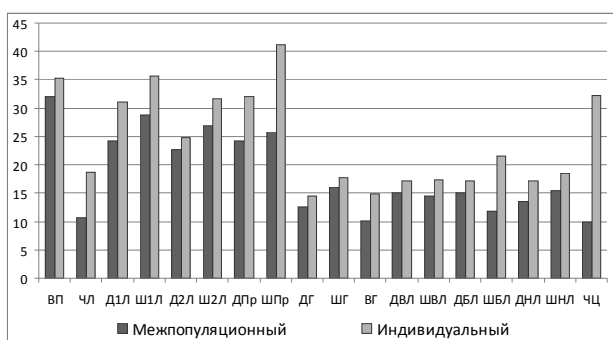


Рис. 4. Варьирование морфометрических признаков *Cypripedium calceolus* на межпопуляционном и индивидуальных уровнях (по оси абсцисс – признаки (обозначения даны в табл. 2); по оси ординат – коэффициент вариации, %).

Уровень межпопуляционной изменчивости в целом ниже уровня индивидуальной изменчивости (рис. 4), однако для некоторых признаков схож. Так, примерно на том же уровне изменчивости остаются

длина второго листа, длина и ширина губы. Для остальных признаков уровень межпопуляционной изменчивости понижается по сравнению с уровнем индивидуальной изменчивости.

Заключение

Изучение фенотипической изменчивости *Cypripedium calceolus* L. на территории Республики Коми показало, что на северной границе ареала происходит миниатюризация и олигомеризация растений этого вида по сравнению с особями, произрастающими в центре ареала. Признаки вегетативной сферы варьируют на высоком и среднем уровнях, признаки цветка менее изменчивы. Погодные условия оказывают влияние на габитус растений. Больше всего их влиянию подвержены размеры листьев, прицветников и высота побегов. На число цветков и листьев они не оказывают влияния. В неблагоприятные вегетационные периоды увеличивается скоррелированность признаков. У растений, произрастающих в разных биотопах, наблюдается изменчивость морфометрических признаков, обусловленная различиями в экологических условиях. Так, растения из лесных местообитаний оказались крупнее особей, растущих на болотах, что связано, прежде всего, с недостатком света в лесных фитоценозах. Выявлена географическая изменчивость: с юга на север региона происходит постепенное уменьшение габитуса растений. Самыми пластичными признаками, которые реагируют на изменение условий среды, оказались высота побегов и размеры листьев.

Работа выполнена частично при поддержке проекта № 15-12-4-1 «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми». Программа Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

Литература

1. Васильев А.Г., Фалеев В.И., Галактионов Ю.К. и др. Реализация морфологического разнообразия в природных популяциях млекопитающих. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. 232 с.
2. Kawecki T.J. Adaptation to marginal habitats // Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 2008. Vol. 39. P. 321–342.
3. Блинова И.В. Особенности географической изменчивости ряда наземных европейских орхидных // Экология. 2012. Т. 34. № 2. С. 106–111.
4. Мазуренко М.Т. Биоморфологические адаптации растений к условиям Крайнего Севера. М.: Наука, 1986. 209 с.
5. Годин В.Н. Структура и изменчивость системы связей морфологических признаков цветка *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) в различных условиях горного Алтая // Си-

- бирский экологический журнал. 2004. № 6. С. 885–892.
6. *Ростова Н.С.* Корреляционный анализ в популяционных исследованиях // Экология популяций. М., 1991. С. 69–86.
7. *Ростова Н.С.* Корреляции: структура и изменчивость. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002. 308 с.
8. *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.
9. *Kull T.* *Cypripedium calceolus* L. // Biological flora of the British Isles. J. Ecol. 1999. Vol. 87. P. 913–924.
10. *Фардеева М.Б.* Онтогенез башмачка настоящего, или Венераина башмачка (*Cypripedium calceolus* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Т. III. Йошкар-Ола, 2002. С. 134–138.
11. *Brzosko E.* Dynamics of island populations of *Cypripedium calceolus* in the Biebrza river valley (northeast Poland) // Bot. J. Linn. Soc., 2002. Vol. 139. P. 67–77.
12. *Состояние ценопопуляций* некоторых видов сем. *Orchidaceae* на Южном Урале. Сообщение 2. Корневищные виды / М.М.Ишмуратова, И.В.Суюндуков, А.Р.Ишбирдин, Т.В.Жирнова, М.И. Набиуллин // Растительные ресурсы. 2003. Т. 39. Вып. 2. С. 18–37.
13. *Михальчук Н.В.* К вопросу о выделении онтогенетических групп в ценопопуляциях *Cypripedium calceolus* L. // Биологический вестник. 2003. Т. 7. № 12. С. 46–48.
14. *Vakhrameeva M.G., Tatarenko I.V., Varlygina T.I. et al.* Orchids of Russia and adjacent countries (within the borders of the former USSR). Germany, 2008. 690
15. *Antonelli A., Dahlberg C.J., Carlgren K.H.I., Appelqvist T.* Pollination of the Lady's slipper orchid (*Cypripedium calceolus*) in Scandinavia – taxonomic and conservational aspects // Nordic Journal of Botany, 2009. 27. P. 266–273.
16. *Пучнина Л.В.* Состояние ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. (*Orchidaceae*) в карстовых ландшафтах Севера европейской России // Ботан. журн., 1999. Т. 84, № 9. С. 75–81.
17. *Blinova I.V.* A northernmost population of *Cypripedium calceolus* L. (*Orchidaceae*): demography, flowering, pollination // Selbyana, 2002. Vol. 23. № 1. P. 113–120.
18. *Башмачок настоящий* / В.А.Мартыненко, И.И.Полетаева, Б.Ю.Тетерюк, Л.В.Тетерюк // Биология и экология редких растений Республики Коми. Екатеринбург, 2003. С. 28–42.
19. *Кириллова И.А., Тетерюк Л.В., Пестов С.В., Кириллов Д.В.* Репродуктивная биология *Cypripedium calceolus* L. (*Orchidaceae*) на европейском Северо-Востоке России // Ботанический журнал. 2012. Т. 97. № 12. С. 1516–1532.
20. *Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М., 1972. 284 с.
21. *Мамаев С.А.* Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск, 1975. С. 3–14.
22. *Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А.* Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы, 2013. 439 с.
23. *Зайцев Г.Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., 1984. 424 с.
24. *Злобин Ю.А.* Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. Казань, 1989. 146 с.
25. *Delforge P.* Orchids of Britain and Europe. London, 1995. 480 p.
26. *Суюндуков И.В.* Стратегии жизни некоторых видов сем. *Orchidaceae* (Juss.) и вопросы охраны орхидей на Южном Урале: Автореф. дис... доктора биол. наук. Уфа, 2014. 43 с.

References

1. *Vasilyev A.G., Faleev V.I., Galaktionov Yu.K. et al.* Realizaciya morfologicheskogo raznoobraziya v prirodnyh populjacijah mlekopitayushih. [Implementation of morphological diversity in natural populations of mammals]. Novosibirsk: Siberian Branch, RAS, Publ., 2004. 232 p.
2. *Kawecki T.J.* Adaptation to marginal habitats // Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 2008. Vol. 39. P. 321–342.
3. *Blinova I.V.* Osobennosti geograficheskoy izmenchivosti ryada nazemnyh evropejskih orchidnyh [Features of geographic variation of some terrestrial European orchids] // Ecology. 2012. Vol. 34. № 2. P. 106–111.
4. *Mazurenko M.T.* Biomorfologicheskie adaptacii rastenij k usloviyam Krajnego Severa. [Biomorphological adaptation of plants to conditions of the Far North]. Moscow: Nauka, 1986. 209 p.
5. *Godin V.N.* Struktura i izmenchivost' sistemy svyazej morfologicheskikh priznakov cvetka *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) v razlichnyh usloviyah gornogo Altaya [Structure and variability of correlation between morphological characters of *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) flowers under various conditions of the Altai mountain] // Siberian Ecological J., 2004. № 6. P. 885–892.
6. *Rostova N.S.* Korrelyacionnyj analiz v populjacionnyh issledovaniyah [Correlation analysis in population studies] // Populations ecology. Moscow, 1991. P. 69–86.
7. *Rostova N.S.* Korrelyacii: struktura i izmenchivost'. [Correlations: structure and variability]. St.Petersburg.: St.Petersburg Univ.Publ., 2002. 308 p.
8. *Abramova T.I., Averkova G.P., Averyanov L.V. et al.* Krasnaya kniga Rossiyskoy Federacii (ras-

- teniya i griby). [Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Moscow: Tovarichestvo nauchnykh izdaniy KMK [Partnership of Sci. Publ. KMK], 2008. 855 p.
9. Kull T. *Cypripedium calceolus* L. // Biological flora of the British Isles. J. Ecol. 1999. Vol. 87. P. 913-924.
10. Fardeeva M.B. Ontogenez bashmachka nastoyashego, ili Venerina bashmachka (*Cypripedium calceolus* L.) [The ontogeny of the lady's slipper (*Cypripedium calceolus* L.)] // Ontogeneticheskiy atlas lekarstvennykh rastenij [Ontogenic atlas of medicinal plants]. Vol. III. Ioshkar-Ola, 2002. P. 134-138.
11. Brzosko E. Dynamics of island populations of *Cypripedium calceolus* in the Biebrza river valley (northeast Poland) // Bot. J. Linn. Soc., 2002. Vol. 139. P. 67-77.
12. Ishmuratova M.M., Suyundukov I.V., Ishbiridin A.R., Zhirnova T.V., Nabiullin M.I. Sostoyanie cenopopulyacij nekotorykh vidov sem. Orchidaceae na Juzhnom Urale. Soobshhenie 2. Kornevishnye vidy [A state of coenopopulations of some species of the family Orchidaceae in the South Urals. Report 2. Rhizome species] // Rastitel'nye resursy [Plant resources]. 2003. Vol. 39. № 2. P. 18-37.
13. Mikhalechuk N.V. K voprosu o vydelenii ontogeneticheskikh grup v cenopopulyacijah *Cypripedium calceolus* L. [Of the question of distinguishing the ontogenetic groups in the coenopopulations of *Cypripedium calceolus* L.] // Biological Bull. 2003. Vol. 7. № 12. P. 46-48.
14. Vakhrameeva M.G., Tatarenko I.V., Varlygina T.I. et al. Orchids of Russia and adjacent countries (within the borders of the former USSR). Germany, 2008. 690 p.
15. Antonelli A., Dahlberg C.J., Carlgren K.H.I., Appelqvist T. Pollination of the Lady's slipper orchid (*Cypripedium calceolus*) in Scandinavia – taxonomic and conservational aspects // Nordic J. of Botany, 2009. 27. P. 266-273.
16. Puchnina L.V. Sostoyanie cenopopulyacij *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) v karshtovykh landshaftah Severa evropejskoj Rossii [Condition of *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) coenopopulations in karst landscapes of the North of European Russia] // Botanical J., 1999. Vol. 84, № 9. P. 75-81.
17. Blinova I.V. A northernmost population of *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae): demography, flowering, pollination // Selbyana, 2002. Vol. 23, № 1. P. 113-120.
18. Bashmachok nastoyashhij [*Cypripedium calceolus*] // V.A. Martynenko, I.I. Poletaeva, B. Yu. Teteryuk, L.V. Teteryuk. Biologiya i jekologiya redkih rastenij Respubliki Komi [Biology and ecology of rare plants of the Komi Republic]. Ekaterinburg, 2003. P. 28-42.
19. Kirillova I.A., Teteryuk L.V., Pestov S.V., Kirillov D.V. Reproaktivnaya biologiya *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) na evropejskom Severo-Vostoke Rossii [Reproduction biology of *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) in the European North-East of Russia] // Botanical J. 2012. Vol. 97. № 12. P. 1516-1532.
20. Mamaev S.A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnykh rastenij. [Forms of intraspecific variation of woody plants]. Moscow, 1972. 284 p.
21. Mamaev S.A. Osnovnye principy metodiki issledovaniya vnutrividovoj izmenchivosti rastenij [Basic principles of research methodology of intraspecific variability of plants] // Individual'naya i ekologo-geograficheskaya izmenchivost' rastenij [Individual and ecological-geographical variability of plants]. Sverdlovsk, 1975. P. 3-14.
22. Zlobin Yu.A., Sklyar V.G., Klimenko A.A. Populjacija redkih vidov rastenij: teoreticheskie osnovy i metodika izucheniya. [The populations of rare species of plants: the theoretical foundations and methodology of the study]. Sumy, 2013. 439 p.
23. Zaitsev G.N. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike. [Mathematical Statistics in Experimental Botany]. Moscow, 1984. 424 p.
24. Zlobin Yu.A. Principy i metody izucheniya cenoticheskikh populjacij rastenij. [Principles and methods for the study of plant coenopopulations]. Kazan, 1989. 146 p.
25. Delforge P. Orchids of Britain and Europe. London, 1995. 480 p.
26. Suyundukov I.V. Strategii zhizni nekotorykh vidov sem. Orchidaceae (Juss.) i voprosy ohrany orhidej na Juzhnom Urale [Life strategy of some species of the family Orchidaceae (Juss.) and problems of protection of orchids in the South Urals]. Abstract of diss. ... Dr. Sci. (Biology). Ufa, 2014. 43 p.

Статья поступила в редакцию 16.03.2016.

УДК 575.155:575.113:599.323.4:539.166

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТКАХ МЫШЕЙ, ПОДВЕРГНУТЫХ ХРОНИЧЕСКОМУ γ -ОБЛУЧЕНИЮ В МАЛЫХ ДОЗАХ, И У ИХ ПОТОМКОВ

О.В. РАСКОША, Л.А. БАШЛЫКОВА

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

В экспериментах, проведенных на половозрелых мышах линии Af, установлены особенности влияния хронического γ -облучения в дозах 10, 20 и 30 сГр на степень поврежденности генома клеток костного мозга и щитовидной железы. Через четыре месяца после воздействия ионизирующего излучения выявлено изменение доли двунитевых разрывов ДНК в соматических клетках животных при частоте встречаемости клеток с микроядрами в обоих органах в пределах нормы. Более выраженные цитогенетические эффекты обнаружены в костном мозге по сравнению со щитовидной железой, в котором отмечена нелинейная зависимость проявления нестабильности генома от дозы облучения. Результаты, полученные на потомках (F₁), подтверждают данные о наследуемости эффектов радиационно-индуцированной нестабильности генома.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, малые дозы, щитовидная железа, костный мозг, нестабильность генома

O.V.RASKOSHA, L.A.BASHLYKOVA. GENETIC EFFECTS IN SOMATIC CELLS OF MICE EXPOSED TO CHRONIC LOW DOSE γ -IRRADIATION, AND THEIR PROGENY

In order to reveal specific features of biological impact of low dose ionizing radiation, we studied genetic effects in bone marrow and thyroid gland cells in animals after exposure to low dose radiation, and also traced the possibility of the inheritance of radiation-induced changes in the progeny of animals of the first generation (F₁). To assess genetic disorders in both organs, we used micronuclear test and DNA-comet approach (neutral version), we also determined mitotic index and the proportion of cells eliminated by apoptosis in the bone marrow. The study was performed using 160 adult mice of the Af line from the experimental animal nursery of the Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS. The animals were exposed to γ -irradiation during 29, 53 and 84 days using the dose of 150 μ Gy/h. The total absorbed dose was 10, 20 and 30 Gy consequently. The material for analyses was taken from F₁ progeny, obtained from irradiated and control animals of 2-3 month age. As a result of molecular and cytogenetic analyses, the features of the effect of chronic γ -irradiation at used doses on the damage level of the genome of cells with different proliferative activity were revealed. Four months after the exposure to ionizing radiation changes were found in proportion of double-strand DNA breaks in somatic cells of animals at frequency of occurrence of cells with micronuclei in both organs being within normal. More pronounced cytogenetic effects were found in bone marrow in comparison with the thyroid gland, where there is marked non-linear dependence of manifestation of genomic instability from the exposure dose. The results obtained from the progeny (F₁) confirm the data on the heritability of the effects of radiation-induced genomic instability.

Keywords: ionizing radiation, low-dose, thyroid gland

Актуальность проблемы

Изучение нестабильности генома соматических клеток организма после действия ионизирующего излучения (ИИ) в дозах, реально встречающихся в природных условиях, а также исследование возможности наследования радиационно-индуцированных изменений представляется актуаль-

ной проблемой современной радиобиологии. Полагают, что радиационно-индуцированная нестабильность генома является следствием неточной репарации повреждений структуры генома, так как облучение может менять его доступность для системы регуляции экспрессии генов [1]. Особенность этого эффекта проявляется в эпигенетическом характере наследования, т.е. в наследовании изме-

ненного состояния генной экспрессии [2]. К настоящему времени накоплены данные, свидетельствующие о повышении нестабильности генома, в том числе и в соматических клетках, у потомства родителей, облученных в разных дозах [2–4]. Однако обнаруженная в области малых доз радиации нелинейность на кривых доза–эффект не позволяет получить законченного представления о закономерностях реакции биологических систем на воздействие факторов низкой интенсивности.

Для выявления особенностей биологического действия ИИ в малых дозах важным является изучение генетических эффектов в соматических клетках органов и тканей, в том числе обладающих разной пролиферативной активностью, таких как костный мозг и щитовидная железа. Костный мозг общепризнанно относится к наиболее радиочувствительным органам с быстрым темпом пролиферации, что позволяет даже при сравнительно небольшом облучении организма обнаруживать генетические нарушения в его клетках. Для определения эффектов после длительного воздействия ИИ перспективным представляется исследование ответной реакции щитовидной железы, состоящей преимущественно из медленно обновляющихся клеточных популяций, что, по данным [5], способствует накоплению структурных изменений ДНК после действия различных факторов.

Цель работы – изучить молекулярные и клеточные эффекты в костном мозге и щитовидной железе мышей линии Af, подвергнутых хроническому γ -облучению в диапазоне малых доз (10, 20 и 30 сГр), и проследить возможность наследования радиационно-индуцированных изменений в потомстве животных первого поколения (F_1).

Материал и методы

Эксперименты проводили на половозрелых мышах линии Af ($n=96$), полученных из питомника экспериментальных животных Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Животные находились под воздействием ИИ в течение 29, 56 и 84 сут при мощности экспозиционной дозы 150 мкГр/ч (с кратковременными перерывами на кормление, смену поилок и уборку помещения), суммарные поглощенные дозы составили 10, 20 и 30 сГр, соответственно (опытные группы). Источником γ -излучения служили две ампулы, содержащие $0,474 \cdot 10^6$ и $0,451 \cdot 10^6$ кБк ^{226}Ra , расположенные на расстоянии 2,5 м. Суммарную поглощенную дозу облучения определяли по показаниям термолюминесцентных дозиметров (ДТУ-01) с детекторами ДТГ-4 (LiF) на дозиметрической термолюминесцентной установке ДВГ-02ТМ (НПП "Доза", Россия). Для получения потомства (F_1) во всех опытных группах (10, 20 и 30 сГр) сразу после облучения самцов спаривали с самками, семьи формировали из расчета один самец на одну/две самки, при этом учитывали их родословную, подбирая неродственных животных. Самцов через четыре месяца после облучения подвергали декапитации с последующим взятием материала для молекулярных и цитогенетических исследований клеток костного мозга и щитовидной железы. Одновременно с соответ-

ствующими опытными группами в идентичные условия были посажены на размножение мыши контрольных групп. У потомков F_1 (самцы, $n=64$), полученных от опытных и контрольных животных, материал для анализов брали у двух-трехмесячных особей (в каждой группе было пять–восемь зверьков).

Для цитогенетических исследований клеток костного мозга и щитовидной железы применяли микроядерный тест, который является информативным и быстрым способом индикации генотоксичности факторов внешней среды, в том числе и радиационной природы [6]. Для приготовления суспензии клеток костного мозга из бедренной кости с помощью фосфатно-солевого буфера (рН 7.4) вымывали костномозговую жидкость. Суспензию клеток щитовидной железы получали путем ферментативной диссоциации в 0,25%-ном растворе коллагеназы (Collagenase type IA, Sigma, USA). В зависимости от размеров ткани время инкубации составляло 40–60 мин. В суспензии клеток обоих органов добавляли гипотонический раствор (0,56% KCl, 20 мин, 37°C) и фиксировали охлажденной смесью метанола и ледяной уксусной кислоты (3:1), после чего клетки раскапывали на предметные стекла. Для окраски генетического материала использовали акридиновый оранжевый («Sigma»; 2 мкг/мл в фосфатно-солевом буфере). С помощью флуоресцентного микроскопа «Axioscop A1» ("Carl Zeiss", Jena) подсчитывали число клеток с микроядрами (МЯ) в обоих органах (1 тыс. клеток на препарат). В костном мозге на этих же препаратах анализировали митотический индекс (МИ) и долю клеток, элиминирующих по пути апоптоза [7]. Для подсчета разных типов клеток использовали лабораторный счетчик «СЛФ-ЭЦ-11-01М» (НПФ "Медтех", Россия).

Двунитевые разрывы ДНК (ДР ДНК) определяли по методу «ДНК-комет» в нейтральной версии рН, который основан на электрофорезе иммобилизованных в агарозе отдельных клеток [8]. Электрофорез осуществляли в трис-боратном буфере (рН 8.2, 4°C) при напряжении 1 В/см в течение 20 мин, с последующей фиксацией слайдов в 70° этаноле в течение 10 мин. «ДНК-кометы» визуализировали под микроскопом «Axioscop A1» с помощью видеосистемы на основе цифровой камеры «AxioCam» с программой «AxioVision SE64, Release 4.8.2» ("Carl Zeiss", Германия) при флуоресцентном режиме, длина волны возбуждающего света – 450–490 нм, запирающий фильтр 510 нм. Для анализа фотоизображений «ДНК-комет» применяли программу «Comet Score Pro» ("TriTek Corp.", США), на слайде обрабатывали не менее 50–100 «комет» на каждое животное. Рассчитывали среднее значение %TDNA, отражающее процент ДНК в «хвосте кометы» [8], вычисляли средние значения частоты клеток с неповрежденной и/или низко фрагментированной ДНК (практически не имеющие «хвоста кометы») или с небольшим «хвостом», диапазон 0–10%TDNA) и с высоко фрагментированной ДНК (имеющие более 40% ДНК в «хвосте кометы»). Достоверность различий между сравниваемыми группами оценивали по t -критерию Стьюдента и U -критерию Манна-Уитни.

Результаты и обсуждение

Результаты цитогенетического исследования **костного мозга** показали, что через четыре месяца после хронического γ -облучения мышей в диапазоне доз 10-30 сГр частота клеток с МЯ была в пределах значений, характерных для необлученных животных (рис. 1). В ответ на радиационное воздействие в этом органе происходило статистически значимое понижение относительно нормы элиминации клеток по пути апоптоза (во всех опытных группах) и уровня МИ (после доз 10 и 20 сГр). Известно, что замедление клеточного цикла (снижение МИ) может быть обусловлено остановкой клеточного цикла в точках контроля целостности ДНК, необходимой для увеличения продолжительности и эффективности репарации повреждений ДНК [9]. Сравнение ранжированных данных (см. таблицу) по процентному содержанию ДНК в «хвосте кометы» показало, что у мышей, подвергнутых радиационному воздействию в дозе 30 сГр, среднее значение %TDNA было статистически значимо ниже нормы. По нашему мнению, на это повлияло увеличение в два раза ($p < 0,001$) числа неповрежденных и/или малоповрежденных клеток, что может свидетельствовать об активации систем репарации ДНК в ответ на действие ионизирующей радиации в этой дозе. Средние значения %TDNA у мышей, облученных в

дозах 10 и 20 сГр, были в пределах нормы, однако ранжирование клеток по классам в зависимости от степени фрагментации ДНК в «хвосте кометы» позволило выявить различия с контролем и в этих опытных группах, причем направленность изменений зависела от дозы воздействия. Так, в костном мозге животных, облученных в дозе 10 сГр, по сравнению с контролем было снижено в 1,7 раза количество клеток с неповрежденной и/или низко фрагментированной ДНК ($< 10\%$ ДНК в «хвосте кометы»; $p < 0,001$), а после воздействия ИИ в дозе 20 сГр изменялась частота встречаемости клеток с высоко фрагментированной ДНК, когда более 40% ДНК находилось в «хвосте кометы» (понижение в 1,8 раза; $p < 0,01$).

У потомков (F_1) облученных мышей по сравнению с потомками животных контрольной группы в клетках костного мозга выявлено статистически значимое повышение индукции клеток с МЯ, и наиболее ярко это проявлялось после доз 10 и 20 сГр (рис. 1). Данные литературы [4] и полученные нами результаты свидетельствуют о том, что увеличение частоты встречаемости МЯ в костном мозге является следствием повышенного уровня нестабильности генома соматических клеток потомков, облученных родителей. Кроме того, в костном мозге потомков, рожденных от облученных родителей, уменьшалась в 1,5–2,8 раза относительно нормы доля клеток с мало поврежденной ДНК (во всех

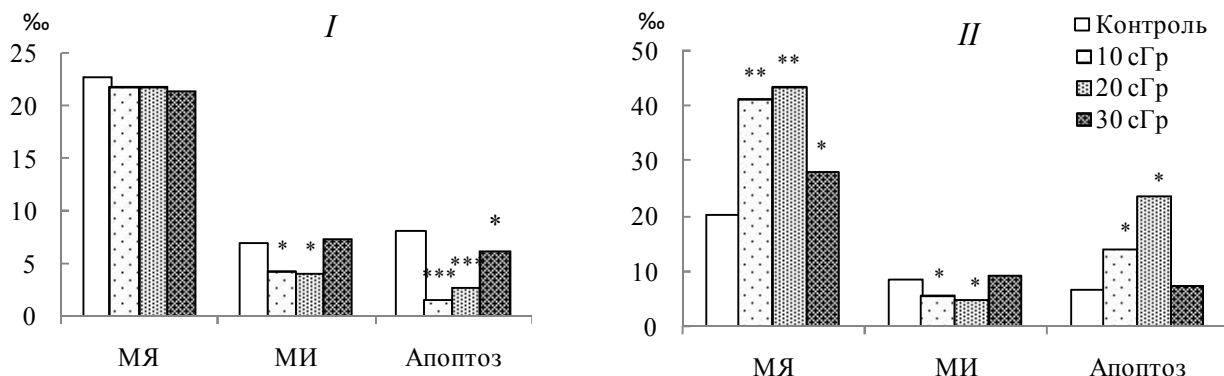


Рис. 1. Цитогенетические эффекты в клетках костного мозга мышей линии Af, подвергнутых хроническому γ -облучению в малых дозах (I), и у их необлученных потомков F_1 (II).

Примечание. МЯ – микроядра, МИ – митотический индекс. Здесь и в таблице различия с контролем статистически значимы при * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ и *** $p < 0,001$.

Результаты метода ДНК-комет, проведенного на соматических клетках мышей линии Af, подвергнутых хроническому γ -облучению в малых дозах, и у их необлученных потомков (F_1)

Группы животных	Варианты эксперимента	Костный мозг			Щитовидная железа		
		%TDNA	0-10% TDNA	41-100% TDNA	%TDNA	0-10% TDNA	41-100% TDNA
Облученные животные	Контроль	23,3 $\pm$ 0,3	13,1 $\pm$ 0,8	5,7 $\pm$ 0,6	31,7 $\pm$ 0,96	18,6 $\pm$ 1,1	33,3 $\pm$ 1,3
	10 сГр	24,6 $\pm$ 0,4	7,6 $\pm$ 1,1***	4,0 $\pm$ 0,8	31,9 $\pm$ 0,97	19,3 $\pm$ 1,9	34,7 $\pm$ 2,3
	20 сГр	23,2 $\pm$ 0,4	13,7 $\pm$ 1,4	3,1 $\pm$ 0,7**	27,7 $\pm$ 0,8*	19,7 $\pm$ 1,8	17,4 $\pm$ 1,7***
	30 сГр	19,6 $\pm$ 0,5***	27,9 $\pm$ 1,8***	6,3 $\pm$ 1,0	30,4 $\pm$ 1,0	16,79 $\pm$ 1,96	21,3 $\pm$ 2,15***
Потомки облученных животных (F_1)	Контроль	15,6 $\pm$ 0,6	40,2 $\pm$ 2,6	5,3 $\pm$ 1,2	15,8 $\pm$ 0,8	42,6 $\pm$ 2,9	5,2 $\pm$ 1,3
	10 сГр	19,3 $\pm$ 0,4***	23,8 $\pm$ 1,3***	3,4 $\pm$ 0,6	15,8 $\pm$ 0,7	50,7 $\pm$ 1,98*	5,35 $\pm$ 0,9
	20 сГр	24,7 $\pm$ 0,8***	26,6 $\pm$ 1,3***	12,2 $\pm$ 1,0***	18,2 $\pm$ 0,8*	42,6 $\pm$ 2,2	7,6 $\pm$ 1,2
	30 сГр	25,6 $\pm$ 0,5***	14,2 $\pm$ 1,2***	12,9 $\pm$ 1,2***	15,78 $\pm$ 0,7	46,6 $\pm$ 2,1	4,8 $\pm$ 0,9

Примечание: %TDNA – среднее значение ДНК в «хвосте кометы»; 0-10% TDNA – диапазон встречаемости клеток с низко фрагментированной ДНК, 41-100% TDNA – диапазон встречаемости клеток с высоко фрагментированной ДНК.

опытных группах) и увеличивалось в 2,4 раза количество клеток с фрагментацией ДНК более 40% (родители были облучены в дозах 20 и 30 сГр) (см. таблицу). В результате средние значения содержания ДНК в «хвосте комет» в костном мозге потомков всех опытных групп были статистически значимо выше контроля ($p < 0,001$). По данным литературы [4, 10], повреждения ДНК, с одной стороны, являются субстратом для репаративных ферментов в клетке, а с другой – запускают программу клеточной гибели – апоптоз. В условиях проведенного эксперимента воздействие ИИ на мышей в дозах 10 и 20 сГр вызывало в костном мозге у их потомков статистически значимое повышение частоты встречаемости апоптозных клеток и уменьшение доли МИ, чего не наблюдали у животных в случае, если их родителей подвергали радиационному воздействию в большей дозе (30 сГр). Изменение пролиферативной активности и элиминации клеток под воздействием малых доз ИИ может свидетельствовать о перестройке работы системы защиты клеток, которая к тому же передается следующему поколению животных. Полагая, что изменения МИ и количества апоптозных клеток в костном мозге потомков животных, облученных в дозах 10 и 20 сГр, являются ответной реакцией на повышенный уровень повреждений ДНК и свидетельствуют об изменении программы поддержания стабильности генома не только через активацию процессов репарации ДНК, но и апоптоза.

Данные микроядерного теста, проведенного на **щитовидной железе** мышей, показали, что после хронического воздействия ИИ в разных дозах число клеток с МЯ в исследуемой ткани, как и в костном мозге, сохранялось в пределах значений, соответствующих контролю (рис. 2). Применение метода «ДНК-комет» позволило выявить изменения на молекулярном уровне в геноме тироцитов животных, облученных в дозах 20 и 30 сГр: после радиационного воздействия в этих дозах число клеток с высоким содержанием разрывов нитей ДНК (диапазон 41–100%TDNA) было ниже нормы в 2 и 1,6 раза, соответственно (см. таблицу). Это повлияло на средние значения содержания ДНК в «хвосте кометы» (20 сГр; $p \leq 0,01$). О понижении доли тироцитов с ДР ДНК после облучения животных в дозе 30 сГр свидетельствуют результаты, описанные нами ранее в работе [11], где использовали интегральный показатель «Olive tail moment», учитывающий и длину

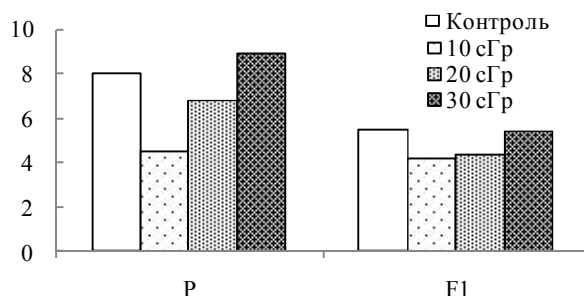


Рис. 2. Частота клеток с МЯ в щитовидной железе мышей линии Af, подвергнутых хроническому γ -облучению в малых дозах, и у их необлученных потомков F₁.

«хвоста кометы», и плотность содержания ДНК в «хвосте». Наряду с этим выявлено, что после воздействия ИИ в максимальной дозе была значительно повышена частота встречаемости клеток на стадии позднего апоптоза, когда более 90% ДНК выходило за пределы «головы кометы» [7]. Малые дозы облучения (20 и 30 сГр) могли явиться адаптирующим фактором и вызвать усиление репарации разрывов нитей ДНК в клетках щитовидной железы, которое в конечном итоге привело по сравнению с нормой к понижению числа поврежденных клеток и усилению апоптоза (30 сГр). Следует отметить, что в условиях проведенного эксперимента в щитовидной железе мышей, подвергнутых воздействию ИИ в дозах 10-30 сГр, число клеток, в которых ДНК находилось вблизи «головы кометы», было в пределах значений, характерных для необлученных животных.

При сравнительном цитогенетическом анализе клеток щитовидной железы потомков мышей, полученных от контрольных и облученных (разными дозами) родителей, не обнаружено статистически значимых отличий по частоте встречаемости клеток с МЯ. Тем не менее, при изучении фрагментации ДНК в тироцитах потомков выявлены некоторые особенности, проявляющиеся в зависимости от используемой при экспонировании их родителей дозы. В связи с этим заслуживают внимания данные о повышении доли неповрежденных клеток (диапазон 0-10%TDNA; $p \leq 0,05$) в щитовидной железе потомков мышей, облученных в дозе 10 сГр, а с увеличением дозы облучения животных до 20 сГр, наоборот, у их потомков происходило удлинение «хвоста кометы». Это может свидетельствовать о повышении ДР ДНК в тироцитах мышей данной опытной группы.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод об эффективности хронического воздействия ИИ в малых дозах (10-30 сГр) на костный мозг и щитовидную железу – органы, обладающие разной пролиферативной активностью. Применение цитогенетического и молекулярного методов показало, что через четыре месяца после хронического воздействия ИИ в малых дозах отмечено изменение доли ДР ДНК в клетках костного мозга и щитовидной железы, при этом частота встречаемости клеток с МЯ после облучения мышей в обоих органах сохранялась в пределах нормы. В ответ на малые дозы ИИ более выраженные эффекты на клеточном и молекулярном уровнях установлены в костном мозге по сравнению со щитовидной железой. Важным является выявленная в костном мозге нелинейная зависимость проявления нестабильности генома от дозы облучения, когда большая эффективность наблюдалась после низких доз радиационного воздействия (10 и 20 сГр по сравнению с 30 сГр). Результаты, полученные на потомках F₁, подтверждают данные о наследуемости эффектов радиационно-индуцированной нестабильности генома. Обнаруженные в потомстве нарушения проявлялись как и у их родителей, преимущественно в клетках костного мозга с наследованием нелинейного характера зависимости доза–эффект.

Работа поддержана из средств темы НИР «Сохранение коллекций экспериментальных животных для фундаментальных исследований».

Литература

1. Заварыкина Т.М. Структурные изменения ДНК при действии низкоинтенсивной ионизирующей радиации в малых дозах: Автореф. дис. канд. мед. наук. М., 2008. 26 с.
2. Дуброва Ю.Е. Нестабильность генома среди потомков, облученных родителей. Факты и интерпретация // Генетика. 2006. Т. 42. №10. С. 1335–1347.
3. Воробцова И.Е. Трансгенерационная передача радиационно-индуцированной нестабильности генома // Радиационная биология. Радиоэкология. 2006. Т.46. №4. С. 441–446.
4. Кузнецова Е.А., Заичкина С.И., Сирота Н.П. и др. Индукция редко- и плотноионизирующими излучениями повреждений ДНК в лейкоцитах крови и цитогенетических повреждений в полихроматофильных эритроцитах костного мозга мышей и их потомков // Радиационная биология. Радиоэкология. 2014. Т. 54. № 4. С. 341–349.
5. Гансбургский М.А. Анализ клеток с микроядрами в оценке пролиферации эпителия щитовидной железы: Автореф. дис. канд. мед. наук. М., 2005. 21 с.
6. Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях / Под ред. Ю.А. Рахманина, Л.П. Сычевой. М.: Гениус, 2007. 312 с.
7. Тронов В.А. Репарация ДНК и апоптоз // Цитология. 1999. Т. 41. № 5. С. 405–410.
8. Olive P.L., Banath J.P. Detection of DNA double-strand breaks through the cell cycle after exposure to X-rays, bleomycin, etoposide and ¹²⁵I-Urd // Int. J. Radiat. Biol. 1993. Vol. 64. № 4. P. 349–358.
9. Жижина Г.П. Влияние малых доз низкоинтенсивной ионизирующей радиации на структуру и функции ДНК // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51. № 2. С. 218–228.
10. Oliver F.J., Menissier-de Murcia J., and de Murcia G. Poly(ADP-Ribose) Polymerase in the Cellular Response to DNA Damage, Apoptosis and Disease // Am. J. Hum. Genet. 1999. №64. P. 1282–1288.
11. Раскоша О.В. Оценка стабильности генома в клетках щитовидной железы мышей после хронического воздействия ионизирующего излучения в малой дозе, и у их потомков // Успехи современного естествознания. 2016. № 4. С. 48–52.

References

1. Zavarykina T.M. Strukturnye izmeneniya DNK pri deistvii nizkointensivnoi ioniziruyushchei radiatsii v malykh dozakh [Structural changes of DNA at low dose low-intensity radiation in low doses]: Abstract of diss. ... Cand. Sci. (Medicine). Moscow. 2008. 26 p.
2. Dubrova Yu.E. Nestabil'nost' genoma sredi potomkov, obluchennykh oditelei. Fakty i in te-

rpretatsiya [Genome instability among the progeny of irradiated parents. Facts and interpretation] // Genetics. 2006. Vol. 42. №10. P. 1335–1347.

3. Vorobtsova I.E. Transgeneratsionnaya peredacha radiatsionno-indutsirovannoi nestabil'nosti genoma // Radiatsionnaya biologiya [Transgenerational transmission of radiation induced genomic instability // Radiation biology]. Radioecology. 2006. Vol.46. № 4. P. 441–446.
4. Kuznetsova E.A., Zaichkina S.I., Sirota N.P. et al. Induktsiya redko- i plotnoioniziruyushchimi izlucheniymi povrezhdenii DNK v leukotsitakh krovi i tsitogeneticheskikh povrezhdenii v polikhromatofil'nykh eritrotsitakh kostnogo mozga myshei i ikh potomkov // Radiatsionnaya biologiya [Induction by rare- and dense-ionizing radiation of DNA damage in blood leucocytes and cytogenetic damage in polychromatophilic erythrocytes of bone marrow of mice and their progeny // Radiation biology]. Radioecology. 2014. Vol. 54. № 4. P. 341–349.
5. Gansburgsky M.A. Analiz kletok s mikroyadrami v otsenke proliferatsii epiteliya shchitovidnoi zhelezy [Analysis of cells with micronuclei in the assessment of the proliferation of the epithelium of the thyroid gland]: Abstract of diss. ... Cand. Sci. (Medicine). Moscow. 2005. 21 p.
6. Poliorgannyy mikroyadersnyy test v ekologo-gigienicheskikh issledovaniyakh [Polyorgan micronuclear test in ecological-hygienic studies]. Eds. Yu.A. Rakhmanin, L.P. Sycheva. Moscow: Genius. 2007. 312 p.
7. Tronov V.A. Reparatsiya DNK i apoptoz [DNA repair and apoptosis] // Cytology. 1999. Vol. 41. № 5. P. 405–410.
8. Olive P.L., Banath J.P. Detection of DNA double-strand breaks through the cell cycle after exposure to X-rays, bleomycin, etoposide and ¹²⁵I-Urd // Int. J. Radiat. Biol. 1993. Vol. 64. № 4. P. 349–358.
9. Zhizhina G.P. Vliyanie malykh doz nizkointensivnoi ioniziruyushchei radiatsii na strukturu i funktsii DNK // Radiats. biologiya. Radioekologiya [The effects of low dose low intensity ionizing radiation on the structure and function of DNA // Radiation biology. Radioecology]. 2011. Vol. 51. № 2. P. 218–228.
10. Oliver F.J., Menissier-de Murcia J., and de Murcia G. Poly(ADP-Ribose) Polymerase in the Cellular Response to DNA Damage, Apoptosis and Disease // Am. J. Hum. Genet. 1999. № 64. P. 1282–1288.
11. Raskosha O.V. Otsenka stabil'nosti genoma v kletkakh shchitovidnoi zhelezy myshei posle khronicheskogo vozdeistviya ioniziruyushchego izlucheniya v maloi doze, i u ikh potomkov // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Estimation of genome stability in thyroid cells of mice after chronic exposure to low dose ionizing radiation and their progeny // Success of modern science]. 2016. №4. P. 48–52.

Статья поступила в редакцию 16.06.2016.

УДК 615.45 : 612.111 : 615.281.9

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭРИТРОЦИТОВ СОБАКИ ПРИ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОМ НАСЫЩЕНИИ ЦЕФАЛОСПОРИНОВЫМИ АНТИБИОТИКАМИ

А.Г. ИВОНИН***, Е.В. ПИМЕНОВ***, В.А. ОБОРИН***, А.В. ЧЕРНЫДЬЕВ***

**Отдел сравнительной кардиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

***Вятская государственная сельскохозяйственная академия, г. Киров*

****Вятский государственный университет, г. Киров*

alexivonin@mail.ru

Изучено морфофункциональное состояние эритроцитов собаки, подвергнутых экстракорпоральному насыщению цефтриаксоном и цефотаксимом. Показано, что обработка эритроцитарной массы препаратами в концентрации 20 мг/мл сопровождается эхиноцитарной трансформацией клеток, снижением агрегационной способности, деформируемости и механической резистентности эритроцитов. На основании полученных результатов сделаны предположения о возможных механизмах включения цефалоспоринов в эритроциты *in vitro* и высвобождения препаратов из клеток в условиях организма.

Ключевые слова: эритроциты собаки, экстракорпоральная обработка, цефалоспорины, диметилсульфоксид, морфология, агрегация, деформируемость, механическая резистентность

A.G. IVONIN, E.V. PIMENOV, V.A. OBORIN, A.V. CHERNYADYEV. MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF DOG ERYTHROCYTES AT EXTRACORPORAL SATURATION WITH CEPHALOSPORIN ANTIBIOTICS

Morphofunctional state of dog erythrocytes at extracorporeal saturation with cefotaxime and ceftriaxone is studied. It is shown that treatment of erythrocyte mass by drugs at concentration of 20 mg/ml is accompanied by discocyte-echinocyte transformation of cells, decrease of aggregation, deformability and mechanical resistance of erythrocytes. The use of dimethylsulfoxide as a stimulator of the binding of antibiotics with erythrocytes resulted in the increase of type III echinocytes among the transformed cells, promoted the decrease of elasticity and mechanical stability of erythrocytes. Assumptions about the possible mechanisms of the binding of cephalosporins with erythrocytes *in vitro* and the release of drugs from cells in the body are made.

Keywords: dog erythrocytes, extracorporeal saturation, cephalosporins, dimethylsulfoxide, morphology, aggregation, deformability, mechanical resistance

Введение

Приоритетной задачей современной фармакологии и медицины является разработка систем транспорта лекарственных средств в организме. Применение переносчиков лекарств дает возможность модифицировать фармакокинетические и фармакодинамические параметры препаратов, снижает вероятность развития побочных реакций [1]. Среди потенциальных носителей лекарственных веществ особое место занимают форменные элементы крови, в частности эритроциты, в которые при определенных условиях может быть введена достаточно высокая доза препаратов без заметного ущерба для жизни клетки [2]. К достоинствам эритроцитов как транспортной формы лекарств относятся идеальная биосовместимость (при использовании аутологических клеток), отсутствие токсических продуктов деградации, длительность

обращения в кровотоке, доступность в препаративном количестве [3]. При внутривенном введении препаратов в составе эритроцитарных «контейнеров» могут быть достигнуты как увеличение времени циркуляции лекарства [4], так и его преимущественная доставка в органы, богатые макрофагами [5].

Большой интерес вызывает возможность использования эритроцитов в качестве носителей антибиотических препаратов. Применение антибиотиков, заключенных в клетки-переносчики, позволит минимизировать нежелательные явления, присущие данным лекарственным средствам при традиционных способах введения (токсическое действие высоких доз, аллергияция организма, угнетение иммунитета) [6]. Известны примеры успешного экспериментального получения и клинического использования эритроцитарных носителей антибиотиков различных классов [7, 8]. Од-

нако недостаточно изученными остаются вопросы влияния экстракорпорального («вне тела») насыщения эритроцитов препаратами на морфологические и функциональные свойства клеток. Результаты исследований в этом направлении могут способствовать уточнению механизмов взаимодействия антибиотиков с эритроцитами в условиях обработки клеток *in vitro*, позволят прогнозировать поведение эритроцитов-переносчиков в организме [9].

Ранее нами была разработана методика включения в эритроциты млекопитающих (собаки, кошки) антибиотических препаратов группы цефалоспоринов [10]. Цель настоящей работы заключалась в оценке параметров морфофункционального состояния эритроцитов собаки, подвергнутых экстракорпоральному насыщению цефалоспорином.

Материал и методы

Объектом исследования являлись эритроциты стабилизированной гепарином (5.0 ЕД/мл) периферической венозной крови клинически здоровых беспородных собак ($n=12$) массой 12–18 кг. Эритроциты отделяли от плазмы и других форменных элементов крови путем центрифугирования в течение 10 мин (1000 г, 4°C) и дважды отмывали фосфатно-солевым буфером, содержащим 137 мМ NaCl, 2 мМ KCl, 8.1 мМ Na_2HPO_4 , 1.9 мМ NaH_2PO_4 , pH 7.4.

Включение в клетки подвергали цефалоспорины III поколения: цефтриаксон (ЦТР) и цефотаксим (ЦФТ). Насыщение эритроцитов антибиотиками осуществляли путем совместной инкубации клеток с препаратами при 37°C в буферном растворе [10]. Продолжительность инкубации составляла 20 мин, гематокрит суспензии – 80%, концентрация препаратов – 20 мг/мл. В качестве «корректора» связывания цефалоспоринов с клетками применяли апротонный растворитель диметилсульфоксид (ДМСО) в концентрации 1,0 мг/мл среды [11]. По окончании инкубации пробы центрифугировали (1000 г, 10 мин, 4°C), отбирали супернатант, эритроциты однократно отмывали фосфатным буфером (pH 7.4). Далее часть клеток лизировали в охлажденной до 0°C дистиллированной воде. В лизатах определяли концентрацию антибиотиков методом диффузии в агар [12].

У оставшихся негемолизированных эритроцитов исследовали морфологические и функциональные свойства. Контролем служили отмытые эритроциты, инкубируемые в фосфатном буфере без антибиотиков и ДМСО. Для оценки поверхностной архитектоники клеток использовали метод сканирующей электронной микроскопии. При подготовке микропрепаратов эритроциты фиксировали в приготовленном на фосфатном буфере в 2,5%-ном растворе глутарового альдегида, в течение 1 ч. при комнатной температуре, дважды промывали буфером и дважды – дистиллированной водой (1000 г, 5 мин, 4°C). Затем взвесь клеток наносили тонким слоем на покровное стекло, высушивали на воздухе и напыляли слоем платины толщиной 6–7 нм. Пре-

параты просматривали с помощью микроскопа JSM-6510 LV («Jeol», Япония) при ускоряющем напряжении 15 кВ и увеличении $\times 2000$ –3000. Количественное распределение морфологических форм эритроцитов в препаратах оценивали, пользуясь классификацией [13]. Спонтанную агрегацию эритроцитов в аутологичной плазме исследовали методом оптической микроскопии в камере Горяева, определяя процент свободных (неагрегированных) клеток в суспензии и средний размер агрегатов [14]. Просмотр эритроцитов осуществляли на световом микроскопе Микрон 400-М («Ломо», Россия) при увеличении $\times 400$. Деформируемость (жесткость) эритроцитов оценивали по степени пакуемости клеток при центрифугировании в капилляре Панченко-ва [15], сравнивая сжимаемость исследуемых клеток и 100% жестких эритроцитов, получаемых в результате обработки 2,5%-ным раствором глутаральдегида. Определение механической резистентности эритроцитов проводили согласно методу [16], выявляя степень лизиса клеток после механического воздействия путем ротации (2000 г, 30 мин, 4°C). Концентрацию свободного гемоглобина в среде при оценке уровня гемолиза регистрировали на спектрофотометре Specol 1300 («Analytic Jena AG», Германия) при λ 415 нм.

Цифровые значения представлены в виде среднего значения $\pm$ среднеквадратичное отклонение. Статистическую значимость различий между сравниваемыми группами устанавливали с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни.

Результаты и обсуждение

Эффективность «загрузки» эритроцитов цефалоспорином зависела от наличия в среде инкубации ДМСО. В немодифицированной среде (при отсутствии апротонного растворителя) показатель связывания ЦТР и ЦФТ с эритроцитами составил $40.87 \pm 5.16\%$ и $36.75 \pm 3.93\%$ соответственно. Внесение в пробы ДМСО приводило к статистически значимому ($p < 0.01$) повышению уровня включения препаратов в клетки – до $65.51 \pm 5.38\%$ для ЦТР и до $62.84 \pm 6.47\%$ для ЦФТ. Ввиду наличия у молекул цефалоспориновых антибиотиков нескольких ионных групп [17] наиболее вероятным механизмом их связывания с эритроцитами является фиксация на клеточной мембране. Кроме того, возможно проникновение цефалоспоринов, диссоциирующих на ионы, внутрь эритроцитов через белковые каналы мембраны. Известно, что молекулы ДМСО обладают амфифильностью, что позволяет им погружаться в липидную фазу биомембран, изменять ее стабильность и проницаемость для других соединений [18]. Повышение уровня насыщения эритроцитов антибиотиками в присутствии ДМСО, по-видимому, связано именно с этим явлением. Отсутствие достоверных различий между показателями включения ЦТР и ЦФТ в эритроциты в одних и тех же условиях свидетельствовало о схожести механизмов аккумуляции препаратов клетками.

Электронно-микроскопические исследования показали, что инкубация эритроцитов с антибиотиками сопровождалась выраженными изменениями

морфологии и поверхностной структуры клеток (табл. 1). При обработке эритроцитов ЦТР и ЦФТ в пробах по сравнению с контролем значительно сокращалась доля дискоцитов (клеток в форме двояковогнутого диска, нормоцитов) ($p<0,01$), снижалось количество плоских клеток, сфероцитов (клеток сферической формы) и стоматоцитов (чашеобразных клеток) ($p<0,05$). В то же время увеличивалось содержание эхиноцитов I порядка (дисков с одним или несколькими выростами), II порядка (дисков с грубыми конусовидными выростами по всей поверхности) и III порядка (сферических клеток с тон-

кими отростками в виде шипов) ($p<0,01$). При инкубации эритроцитов с цефалоспоридами в присутствии ДМСО по сравнению с обработкой только антибиотиками в клеточной суспензии снижалось содержание эхиноцитов I и II порядков ($p<0,01$), но увеличивалось количество эхиноцитов III порядка ($p<0,01$). Электронные микрофотографии различных морфологических форм эритроцитов в контроле и после инкубации с цефалоспоридами на примере ЦТР приведены на рисунке.

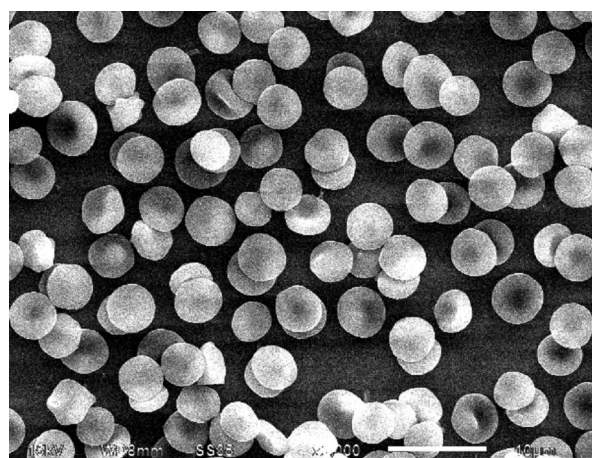
Изменения поверхностной архитектоники эритроцитов после инкубации с цефалоспоридами мог-

Таблица 1

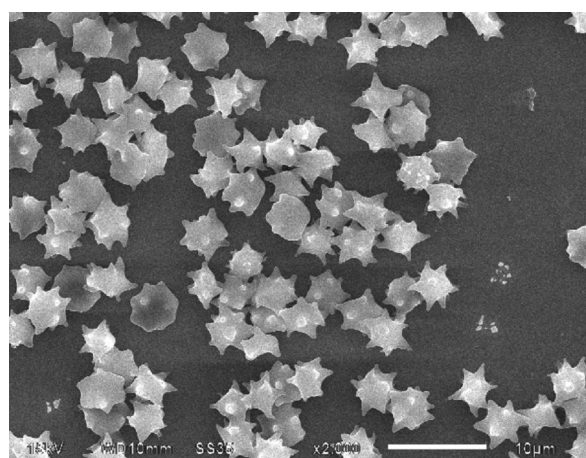
**Морфологический состав эритроцитов собаки
после экстракорпоральной обработки цефалоспоридами, %**

Формы эритроцитов	Вариант эксперимента				
	Контроль (эритроциты + буфер)	Эритроциты + ЦТР	Эритроциты + ЦТР + ДМСО	Эритроциты + ЦФТ	Эритроциты + ЦФТ + ДМСО
Дискоциты	81.94±3.20	0.38±0.20**	0.3±0.14**	0.32±0.19**	0.27±0.16**
Плоские	6.34±1.02	4.31±1.19*	3.82±0.77**	5.14±0.46*	4.54±1.16*
Эхиноциты					
I порядка	4.59±0.89	14.55±2.35**	7.86±1.82** ^{oo}	17.61±2.67**	6.52±0.96** ^{oo}
II порядка	3.65±1.09	74.42±4.86**	40.77±7.20** ^{oo}	68.40±6.03**	36.41±4.41** ^{oo}
III порядка	0.85±0.45	5.23±1.91**	46.12±6.62** ^{oo}	7.76±4.87**	51.42±5.19** ^{oo}
Сфероциты	1.43±0.38	0.71±0.25*	0.89±0.36*	0.45±0.32*	0.63±0.22**
Стоматоциты	1.20±0.81	0.40±0.16*	0.24±0.12**	0.37±0.22*	0.21±0.14**

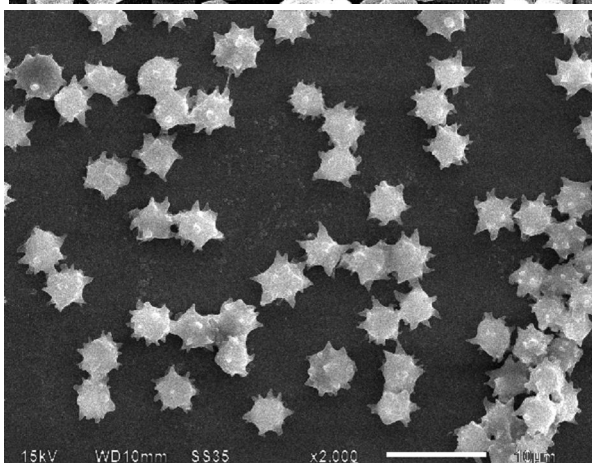
Примечание: * $p<0,05$, ** $p<0,01$ – различия статистически значимы по сравнению с контролем; ^{oo} $p<0,01$ – по сравнению с образцами, содержащими антибиотик без ДМСО.



А



Б



В

Рис. Электронные микрофотографии эритроцитов собаки: А – контроль (эритроциты + буфер); Б – после инкубации с ЦТР; В – после инкубации с ЦТР и ДМСО. Увеличение $\times 2000$.

ли быть обусловлены характером взаимодействия антибиотиков с мембранными структурами. Согласно гипотезе сопряженного бислоя [19], к появлению кренированных (с наружными выростами) морфологических форм эритроцитов приводит встраивание экзогенных соединений во внешний монослой клеточной мембраны. Таким образом, наблюдаемая эхиноцитарная трансформация эритроцитов, возможно, объяснялась накоплением молекул цефалоспоринов преимущественно в наружном слое мембраны и его непропорциональным расширением. Форма эритроцитов при обработке препаратами в отсутствие ДМСО, по-видимому, была также обусловлена высоким значением осмолярности среды, содержащей слабо проникающие в клетки соединения (цефалоспорины). Причиной увеличения содержания в образцах с ДМСО эхиноцитов III порядка могло являться повышение проницаемости эритроцитарной мембраны для антибиотиков, индуцированное апротонным растворителем. В этом случае поступление препаратов внутрь эритроцитов приводило к увеличению объема внутриклеточной жидкости и вызывало разбухание клеток.

Эритроциты, утратившие форму двояковогнутого диска, необходимую для эффективного осуществления газотранспортной функции, в организме подвергаются захвату и разрушению клетками ретикулоэндотелиальной системы, главным образом печени и селезенки [5]. Поэтому логично допустить, что модифицированные в ходе экстракорпоральной обработки цефалоспоринами эритроциты в процессе циркуляции будут утилизироваться в вышеуказанных органах с созданием высоких локальных концентраций транспортируемых препаратов.

В табл. 2 представлены результаты оценки функциональных свойств эритроцитов, подвергнутых насыщению антибиотиками. Способность клеток к агрегатообразованию в аутологичной плазме на фоне инкубации с ЦТР и ЦФТ уменьшалась, о чем свидетельствовало повышение ($p < 0,01$) содержания в суспензии неагрегированных эритроцитов и снижение ($p < 0,01$) среднего размера агрегатов в сравнении с контролем. Клетки, «нагруженные» цефалоспоринами и морфологически представленные преимущественно эхиноцитами, формировали агрегаты без определенной структуры, в

то время как клетки из контрольных образцов (дискоциты) образовывали линейные агрегаты в виде «монетных столбиков». Обработка эритроцитарной массы цефалоспоринами в присутствии ДМСО не вызывала существенных изменений степени агрегации и формы клеточных скоплений в сравнении с насыщением препаратами в среде, не содержащей апротонный растворитель. Вероятной причиной снижения агрегационной способности эритроцитов при инкубации *in vitro* с антибиотиками являлась утрата исходной дискоидной формы, увеличивающей площадь контакта между клетками и способствующей их ассоциации [20].

Общеизвестно, что повышение агрегации эритроцитов ухудшает кровоток в микрососудах и оксигенацию тканей, способствует развитию тромбозов и ишемии [21, 22]. Результаты определения агрегационной способности эритроцитов после обработки цефалоспоринами позволили предположить, что реинфузия «нагруженных» антибиотиками клеток не будет оказывать отрицательного влияния на микроциркуляторные процессы в организме.

Коэффициент деформабельности эритроцитов после обработки ЦТР и ЦФТ превышал ($p < 0,05$) аналогичный показатель в контроле, что указывало на увеличение ригидности (жесткости) клеток при насыщении препаратами. Инкубация суспензии эритроцитов с цефалоспоринами и ДМСО сопровождалась повышением ($p < 0,05$) коэффициента деформабельности клеток по сравнению с обработкой только антибиотиками и, следовательно, приводила к дальнейшему снижению способности эритроцитов к деформации. Увеличение жесткости эритроцитов после обработки антибиотиками объясняли изменениями вязкоэластических свойств клеточной мембраны, сопутствующими связыванию препаратов из инкубационной среды и сопряженными с морфологической трансформацией клеток. Более выраженное снижение деформируемости эритроцитов на фоне обработки ЦТР и ЦФТ совместно с ДМСО могло быть обусловлено усилением напряжения мембраны вследствие увеличения объема клеток и их сферуляции.

При оценке механической стойкости эритроцитов, инкубируемых с цефалоспоринами, было установлено повышение ($p < 0,01$) процента лизиса

Таблица 2

**Характеристики функционального состояния эритроцитов собаки
после экстракорпоральной обработки цефалоспоринами**

Показатель	Вариант эксперимента				
	Контроль (эритроциты + буфер)	Эритроциты + ЦТР	Эритроциты + ЦТР + ДМСО	Эритроциты + ЦФТ	Эритроциты + ЦФТ + ДМСО
Неагрегированные эритроциты, %	44,7±5,68	80,7±4,88**	83,4±6,38**	79,5±5,10**	84,9±7,69**
Число эритроцитов / агрегат	6.69±1.53	4.03±0.81**	3.81±0.74**	4.23±0.90**	3.94±1.19**
Коэффициент деформабельности, усл. ед.	0.54±0.06	0.62±0.08*	0.71±0.06*** °	0.61±0.05*	0.68±0.07*** °
Лизированные клетки в среде после механического воздействия, %	3.05±0.47	5.93±0.57**	6.95±0,84*** °	6.29±0.51**	7.13±1.06*** °

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ – различия статистически значимы по сравнению с контролем; ° $p < 0,05$ – по сравнению с образцами, содержащими антибиотик без ДМСО.

клеток после внешнего воздействия по сравнению с контрольными эритроцитами. Добавление в инкубационную среду к антибиотикам ДМСО вызывало еще более значительное снижение механической резистентности эритроцитов, о чем свидетельствовало возрастание ($p < 0,05$) процента гемолиза после действия внешнего фактора по сравнению с эритроцитами, инкубируемыми с одними цефалоспоридами. Отрицательную динамику показателя устойчивости эритроцитов к механическим нагрузкам после обработки антибиотиками связывали с нарушением геометрии и эластичности клеток.

Деформируемость и механическая резистентность эритроцитов являются важными показателями, определяющими движение крови в капиллярах. Благодаря способности к деформации под действием внешних сил эритроциты могут проникать в кровеносные сосуды меньшего, чем они сами, диаметра и, таким образом, обеспечивать диффузию газов на высоком уровне [23]. На наш взгляд, повышение жесткости «нагруженных» цефалоспоридами эритроцитов, сопровождаемое уменьшением механической стойкости, может способствовать разрушению клеток при прохождении через узкие капилляры и высвобождению препаратов в зонах микроциркуляции. Таким образом, при введении эритроцитарных носителей антибиотиков в кровоток, по-видимому, будет иметь место как внутриклеточный (в макрофагах печени и селезенки), так и внутрисосудистый (в капиллярной сети) их гемолиз.

Заключение

Обработка эритроцитов собаки цефтриаксом и цефотаксимом *in vitro* приводит к схожим неспецифическим изменениям морфофункционального состояния эритроцитарной мембраны, выражающимся в кренации клеток, снижении их агрегационной способности, деформируемости и механической устойчивости. Внесение в среду инкубации диметилсульфоксида с целью стимуляции включения препаратов в эритроциты приводит к повышению степени эритроцитарной трансформации клеток, способствует уменьшению эластических свойств и механической резистентности эритроцитов. Полученные данные расширяют представления о характере взаимодействия цефалоспоринов с эритроцитами в условиях экстракорпоральной обработки клеток, позволяют прогнозировать фармакокинетику препаратов при введении в кровоток в ассоциации с эритроцитами.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 15-04-06312.

Литература

1. Allen T.M., Cullis P.R. Drug delivery systems: entering the mainstream // *Science*. 2004. Vol. 303. № 5665. P. 1818–1822.
2. Jaitely V., Kanaujia P., Venkatesan N. et al. Resealed erythrocytes: drug carrier potentials and biomedical applications // *Indian Drugs*. 1996. Vol. 33. № 12. P. 589–594.
3. Rossi L., Serafini S., Pierige F. et al. Erythrocyte-based drug delivery // *Expert Opin. Drug Deliv.* 2005. Vol. 2. № 2. P. 311–322.
4. Lewis D.A., Alpar H.O. Therapeutic possibilities of drugs encapsulated in erythrocytes // *Int. J. Pharm.* 1984. Vol. 22. № 7. P. 137–146.
5. Alvarez F.J., Jordan J.A., Calleja P. et al. Cross-linking treatment of loaded erythrocytes increases delivery of encapsulated substance to macrophages // *Biotechnol. Appl. Biochem.* 1998. Vol. 27. № 2. P. 139–143.
6. Генинг Т.П., Колкер И.И., Жумадилов Ж.Ш. Использование форменных элементов крови для направленной доставки химиотерапевтических и диагностических препаратов в очаг поражения // *Антибиотики и химиотерапия*. 1988. Т. 33. № 11. С. 867–871.
7. Лазарев А.И., Сиплиев Г.В., Кукурека А.В., Сипливая Л.Е. Экспериментальное обоснование использования клеточных носителей для направленного транспорта антибиотиков и фторхинолонов при необструктивном пиелонефрите // *Российский медико-биологический вестник*. 2009. №1. С. 58–62.
8. Millan C.G., Castaneda A.Z., Lopez F.G., Marinero M.L. Pharmacokinetics and biodistribution of amikacin encapsulated in carrier erythrocytes // *J. Antimicrob. Chemother.* 2008. Vol. 61. № 2. P. 375–381.
9. Gothoskar A.V. Resealed erythrocytes: a review // *J. Pharm. Technol.* 2004. № 3. P. 140–158.
10. Ивонин А.Г., Пименов Е.В., Копылов С.Н., Оборин В.А. Оценка возможности включения цефалоспориновых антибиотиков в эритроциты мелких домашних животных // *Вестник ветеринарии*. 2015. № 73 (2). С. 64–68.
11. Фармакоэкономический анализ применения клеточно-ассоциированной антибактериальной терапии при внебольничной пневмонии различной степени тяжести / Н.А.Пятаев, В.В. Кузин, Г.А. Бояринов, О.В. Журова, О.В. Минаева // *Вестник интенсивной терапии*. 2006. № 5. С. 14–17.
12. Антибиотики, сульфаниламиды и нитрофураны в ветеринарии / В.Ф.Ковалев, И.Б.Волков, Б.В.Виолин, Р.А.Ортман, В.С.Хоменко, Н.Р.Хоменко. М.: Агропромиздат, 1988. 223 с.
13. Козинец Г.И., Симоварт Ю.А. Поверхностная архитектура клеток периферической крови в норме и при заболеваниях системы крови. Таллин: Валгус, 1984. 116 с.
14. Методические подходы к исследованию реологических свойств крови при различных состояниях / И.Н.Медведев, С.Ю.Завалишина, Е.Г.Краснова, О.В.Гамолина, И.А.Скорятина, Т.С. Фадеева // *Российский кардиологический журнал*. 2009. № 5. С. 42–45.
15. Мусеева О.М., Мусеев С.И., Гуревич В.С. Способ определения деформативности эритроцитов // *Лабораторное дело*. 1990. № 10. С. 55–57.
16. Ганиткевич Я.В., Черненко Л.И. Методика определения механической резистентности

- эритроцитов // Лабораторное дело. 1978. №2. С. 116–117.
17. Чув П.Н., Кресюн В.И., Каташинский О.Ю. Клиническая фармакология цефалоспоринов. Одесса: Черноморье, 1997. 136 с.
18. Yu Z.W., Quinn P.J. The modulation of membrane structure and stability by dimethyl sulphoxide (review) // Mol. Membr. Biol. 1998. Vol. 15. № 2. P. 59–68.
19. Sheets M.P., Singer S.J. Biological membranes as bilayer couples. A molecular mechanism of drug-erythrocyte interactions // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1974. Vol. 71. № 11. P. 4457–4461.
20. Berling C., Lacombe C., Lelievre J., Allary M., Saint-Blancard J. The RBC morphological dependence of the RBC disaggregability // Biorheology. 1988. Vol. 25. № 5. P. 791–798.
21. Reinhart W. Hemorheology: blood flow hematology // Schweiz. Med. Wochenschr. 1995. Vol. 125. № 9. P. 387–395.
22. Baskurt O.K., Meiselman H.J. Blood rheology and hemodynamics // Semin. Thromb. Hemost. 2003. Vol. 29. № 5. P. 435–450.
23. Левин Г.Я., Соснина Л.Н. Исследование реологических свойств эритроцитов, модифицированных для направленного транспорта лекарственных веществ // Фундаментальные исследования. 2013. № 2. С. 105–109.
- for the directed transport of antibiotics and fluoroquinolones for nonobstructive pyelonephritis // Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik im. akad. I.P. Pavlova [I.P. Pavlov Russian Med.-Biol. Bull.]. 2009. №1. P. 58–62.
8. Millan C.G., Castaneda A.Z., Lopez F.G., Mariano M.L. Pharmacokinetics and biodistribution of amikacin encapsulated in carrier erythrocytes // J. Antimicrob. Chemother. 2008. Vol. 61. № 2. P. 375–381.
9. Gothoskar A.V. Resealed erythrocytes: a review // J. Pharm. Technol. 2004. № 3. P. 140–158.
10. Ivonin A.G., Pimenov E.V., Kopylov S.N., Oborin V.A. Ocenka vozmozhnosti vklyucheniya cefalosporinovykh antibiotikov v ehritrocity melkih domashnih zhivotnykh [Evaluation of incorporation of cephalosporin antibiotics into erythrocytes of domestic animals] // Vestnik veterinarii [Herald of veter. Medic.]. 2015. № 73 (2). P. 64–68.
11. Pyataev N.A., Kuzin V.V., Boyarinov G.A., Zhurova O.V., Minaeva O.V. Farmakoeconomicheskij analiz primeneniya kletочно-associrovannoj antibakterial'noj terapii pri vnebol'ничной пневмонии различной степени тяжести [Pharmacoeconomic analysis of application of cell-associated antibiotic therapy in community-acquired pneumonia of varying severity] // Vestnik intensivnoj terapii [Intensive Care Herald]. 2006. № 5. P. 14–17.
12. Kovalev V.F., Volkov I.B., Violin B.V., Ortman R.A., Homenko V.S., Homenko N.R. Antibiotiki, sul'fanilamidy i nitrofurany v veterinarii [Antibiotics, sulfonamides and nitrofurans in veterinary medicine]. Moscow: Agropromizdat, 1988. 223 p.
13. Kozinets G.I., Simovart Yu.A. Poverhnostnaya arhitektonika kletok perifericheskoy krovi v norme i pri zabolevaniyah sistemy krovi [Surface architectonics of peripheral blood cells in norm and at blood system diseases]. Tallin: Valgus, 1984. 116 p.
14. Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Krasnova E.G., Gamolina O.V., Skoryatina I.A., Fadeeva T.S. Metodicheskie podhody k issledovaniyu reologicheskikh svoystv krovi pri razlichnykh sostoyaniyah [Methodological approaches to the study of rheological properties of blood at various states] // Rossijskij kardiologicheskij zhurnal [Russian J. of Cardiology]. 2009. №5. P. 42–45.
15. Moiseeva O.M., Moiseev S.I., Gurevich V.S. Sposob opredeleniya deformabel'nosti ehritrocytov [Method for determination of erythrocytes deformability] // Laboratornoe delo [Laboratory practice]. 1990. № 10. P. 55–57.
16. Ganitkevich Ya.V., Chernenko L.I. Metodika opredeleniya mekhanicheskoy rezistentnosti ehritrocytov [Methods of determining the mechanical resistance of erythrocytes] // Laboratornoe delo [Laboratory practice]. 1978. № 2. P. 116–117.
17. Chuev P.N., Kresyun V.I., Katashinsky O.Yu. Klinicheskaya farmakologiya cefalosporinov

References

1. Allen T.M., Cullis P.R. Drug delivery systems: entering the mainstream // Science. 2004. Vol. 303. № 5665. P. 1818–1822.
2. Jaitely V., Kanaujia P., Venkatesan N. et al. Resealed erythrocytes: drug carrier potentials and biomedical applications // Indian Drugs. 1996. Vol. 33. № 12. P. 589–594.
3. Rossi L., Serafini S., Pierige F. et al. Erythrocyte-based drug delivery // Expert Opin. Drug Deliv. 2005. Vol. 2. № 2. P. 311–322.
4. Lewis D.A., Alpar H.O. Therapeutic possibilities of drugs encapsulated in erythrocytes // Int. J. Pharm. 1984. Vol. 22. № 7. P. 137–146.
5. Alvarez F.J., Jordan J.A., Calleja P. et al. Cross-linking treatment of loaded erythrocytes increases delivery of encapsulated substance to macrophages // Biotechnol. Appl. Biochem. 1998. Vol. 27. № 2. P. 139–143.
6. Gening T.P., Kolker I.I., Zhumadilov Zh.Sh. Ispol'zovanie formennykh ehlementov krovi dlya napravlennoj dostavki himioterapevticheskikh i diagnosticheskikh preparatov v ochag porazheniya [The use of blood cells for targeted delivery of chemotherapeutic and diagnostic agents in the lesion] // Antibiotiki i khimioterapiya [Antibiotics and chemotherapy]. 1988. Vol. 33. № 11. P. 867–871.
7. Lazarev A.I., Siplivy G.V., Kukureka A.V., Sipivaya L.E. Eksperimental'noe obosnovanie ispol'zovaniya kletочnykh nositelej dlya napravlenного транспорта антибиотиков и фторхинолонов при необструктивном пиелонефрите [Experimental validation of using cell-based carriers

- [Clinical pharmacology of cephalosporins]. Odessa: Chernomorye, 1997. 136 p.
18. Yu Z.W., Quinn P.J. The modulation of membrane structure and stability by dimethyl sulphoxide (review) // *Mol. Membr. Biol.* 1998. Vol. 15. № 2. P. 59-68.
 19. Sheets M.P., Singer S.J. Biological membranes as bilayer couples. A molecular mechanism of drug-erythrocyte interactions // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1974. Vol. 71. № 11. P. 4457-4461.
 20. Berling C., Lacombe C., Lelievre J., Allary M., Saint-Blancard J. The RBC morphological dependence of the RBC disaggregability // *Biorheology.* 1988. Vol. 25. № 5. P.791-798.
 21. Reinhart W. Hemorheology: blood flow hematology // *Schweiz. Med. Wochenschr.* 1995. Vol. 125. № 9. P. 387-395.
 22. Baskurt O.K., Meiselman H.J. Blood rheology and hemodynamics // *Semin. Thromb. Hemost.* 2003. Vol. 29. № 5. P. 435-450.
 23. Levin G.Ya., Sosnina L.N. Issledovanie reologicheskikh svojstv ehritocitov, modificirovannyh dlya napravlennogo transporta lekarstvennyh veshchestv [Investigation of rheological properties of erythrocytes, modified for the directed transport of pharmaceutical substances] // *Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research].* 2013. № 2. P. 105-109.

Статья поступила в редакцию 26.07.2016.

УДК 612.176.2

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРЕДСЕРДИЙ У КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ВЫЗВАННОЙ ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

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

Отдел сравнительной кардиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
smirnova.sl@mail.ru

Легочная гипертензия приводит к развитию гипертрофии правых отделов сердца, увеличению абсолютного веса и относительной массы сердца у крыс после введения монокроталина. Методом синхронной многоканальной электрокардиотопографии у крыс с монокроталин-индуцированной (МКТ) легочной гипертензией выявлено увеличение длительности деполяризации предсердий, изменение расположения областей положительных и отрицательных кардиоэлектрических потенциалов на поверхности тела до начала и в период P-волны на ЭКГ, свидетельствующие об изменении последовательности деполяризации предсердий.

Ключевые слова: легочная гипертензия, электрическое поле сердца, гипертрофия, деполяризация, предсердия, крысы

S.L. SMIRNOVA, O.V. SUSLONOVA, I.M. ROSHCHEVSKAYA. SPATIAL-TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE ELECTRIC FIELD OF ATRIA IN RATS WITH EXPERIMENTALLY INDUCED PULMONARY HYPERTENSION

Pulmonary hypertension connected with an increase of arterial pressure contributes to the development of hypertrophy of the right heart. An increase of the absolute weight and relative mass of the heart is revealed in rats with monocrotaline (MCT)-induced pulmonary hypertension. An increase of duration of atrial depolarization, being steady during ascending and descending phases of the P-wave, and earlier formation of the cardiac electric field typical for the initial atrial activity have been shown in rats with MCT-induced pulmonary hypertension by using a method of multichannel synchronous electrocardiotopography. After injection of the preparation changes in the location of areas of positive and negative cardioelectric potentials on the body surface have been revealed during all the periods of atrial depolarization: before the beginning of the P-wave and during ascending and descending phases of the P-wave on the ECG that testifies to the changes in the sequence of atrial depolarization.

Keywords: pulmonary hypertension, cardiac electric field, hypertrophy, depolarization of atrium, rats

Введение

Легочная гипертензия сопровождается увеличением капиллярного легочного сосудистого сопротивления, что приводит к устойчивому высокому легочному артериальному давлению, развитию правожелудочковой сердечной недостаточности и преждевременной смерти [1–2] и является опасным для жизни состоянием [3]. Вторичная легочная гипертензия возникает как осложнение различных болезней органов кровообращения и дыхания [4]. При развитии легочной гипертензии возникает дисфункция или повреждение эндотелия легочных сосудов, приводящая к вазоконстрикции [5]. На ранних стадиях развития легочной гипертензии выявление признаков увеличения правых отделов

сердца и оценка их состояния в динамике является трудной диагностической задачей [6]. Моделирование легочной гипертензии на экспериментальных животных позволяет исследовать динамику развития заболевания. Монокроталиновая экспериментальная модель легочной гипертензии на животных хорошо воспроизводит признаки и симптомы, свойственные легочной гипертензии у человека [7].

Несмотря на то, что электрокардиография является одним из основных методов диагностики сердечной патологии, показана низкая чувствительность и специфичность ЭКГ при диагностике легочной гипертензии у человека [8]. Легочная гипертензия приводит к повышению давления в правом предсердии, являющимся предиктором неблагоприятного клинического исхода при легочной ар-

териальной гипертензии [9]. Методом поверхностного картирования показано изменение амплитудно-временных параметров кардиоэлектрического поля на поверхности тела у крыс с экспериментально вызванной легочной гипертензией в период деполяризации желудочков [10]. Вопрос об изменении электрической активности предсердий при легочной гипертензии остается не выясненным.

Цель работы – исследовать электрическое поле сердца на поверхности тела крыс с МКТ легочной гипертензией в период деполяризации предсердий.

Материал и методы

Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела в период деполяризации предсердий у крыс линии Вистар ($n=18$) возрастом четыре месяца исследовано до и через четыре недели после создания монокроталиновой модели легочной гипертензии. Легочную гипертензию создавали однократной подкожной инъекцией монокроталина в дозе 60 мг/кг (Sigma Aldrich, США). Во время эксперимента животные находились под наркозом (золетил 0,5 мл, уретан 1,5 г/кг). Сердца взвешивали на аналитических весах AG204DR (Mettler Toledo GmbH, Швейцария).

Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела крыс регистрировали в положении животных лежа на спине. Синхронную регистрацию кардиоэлектрических потенциалов осуществляли от 64 подкожных игольчатых электродов, равномерно распределенных по поверхности грудной клетки (по четыре ряда на вентральной и дорсальной сторонах тела) при помощи электрокардиопографической системы. Синхронно с униполярными кардиоэлектрическими потенциалами на поверхности тела регистрировали ЭКГ в биполярных отведениях от конечностей. В качестве реперного использовали ЭКГ во втором отведении, отсчет времени производили относительно пика зубца R_{II} в мс (момент времени до R_{II} -пика указывается со знаком минус).

Динамику кардиоэлектрического поля на поверхности тела крыс анализировали по моментным эквипотенциальным картам, отражающим пространственно-временные и амплитудные характеристики кардиоэлектрических потенциалов с использованием оригинального программного обеспечения [11].

Данные представлены в виде среднее $\pm$ стандартное отклонение. Достоверность оценивали с помощью W -критерия Уилкоксона для двух зависимых выборок ($p<0,05$).

Результаты исследования

У крыс линии Вистар при создании монокроталиновой модели легочной гипертензии (через четыре недели после введения монокроталина) происходило достоверное уменьшение ЧСС; на ЭКГ во II отведении от конечностей увеличение общей длительности периода восходящей и нисходящей фаз P_{II} волны; более раннее (относительно пика R_{II} -зубца) начало, вершина и окончание P_{II} волны (см. таблицу).

Временные характеристики кардиоэлектрического поля на поверхности тела (мс) и P_{II} -волны (мс), ЧСС (уд/мин) у крыс до и при монокроталин-индуцированной легочной гипертензии

Показатели	Исходное состояние	Монокроталин-индуцированная легочная гипертензия	* $p<$
Начало инверсии областей кардиоэлектрического поля	- 57 $\pm$ 5	- 64 $\pm$ 8	0,001
Начало P_{II} -волны	-54 $\pm$ 5	- 60 $\pm$ 7	0,001
Вершина P_{II} -волны	-48 $\pm$ 4	- 52 $\pm$ 7	0,001
Конец P_{II} -волны	-41 $\pm$ 5	- 44 $\pm$ 6	0,007
Длительность восходящей фазы P_{II} -волны	6 $\pm$ 2	7 $\pm$ 2	0,03
Длительность нисходящей фазы P_{II} -волны	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	0,04
Длительность P_{II} -волны	13 $\pm$ 3	16 $\pm$ 3	0,01
ЧСС	445 $\pm$ 41	393 $\pm$ 44	0,0003
Среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение			
* W -критерий Уилкоксона ($n=18$)			

Через четыре недели после введения препарата у крыс наблюдали достоверное ($p<0,05$) увеличение относительно исходного состояния: массы тела (от 229 $\pm$ 30 г. до 246 $\pm$ 31 г.), абсолютного веса сердца (от 833.33 $\pm$ 98.32 мг до 898.33 $\pm$ 97.81 мг), относительной массы сердца (от 3.96 $\pm$ 0.03 мг/г до 4.32 $\pm$ 0.04 мг/г).

Исходное состояние. До возникновения на ЭКГ во II отведении от конечностей P_{II} -волны (за 57 $\pm$ 5 мс до R_{II} -пика) на поверхности тела крыс формируется кардиоэлектрическое поле с краниальной областью положительных кардиоэлектрических потенциалов, каудальной – отрицательных (рисунок, А), которые начинают смещаться: область положительных потенциалов – каудально, отрицательных – краниально. Изменение взаимного расположения положительных и отрицательных зон кардиоэлектрических потенциалов завершается к началу P_{II} волны (за 54 $\pm$ 5 мс до R_{II} -пика). В период восходящей и нисходящих фаз P_{II} волны расположение зон кардиоэлектрических потенциалов не меняется: область положительных потенциалов кардиоэлектрического поля расположена каудально, отрицательных – краниально.

Монокроталиновая легочная гипертензия. До возникновения на ЭКГ P_{II} волны (до вершины P волны, за 64 $\pm$ 8 мс относительно R_{II} -пика) на поверхности тела крыс область положительных кардиопотенциалов расположена кранио-каудально в средней части вентральной поверхности, область отрицательных потенциалов занимает право- и леволатеральную поверхность вентральной стороны и дорсальную поверхность грудной клетки крыс (рисунок, Б).

До начала восходящей фазы P_{II} волны на кардиоэлектрическом поле происходит смещение зон положительных и отрицательных кардиопотенциалов. Области смещаются на вентральную и дорсальную поверхности тела: положительных кар-

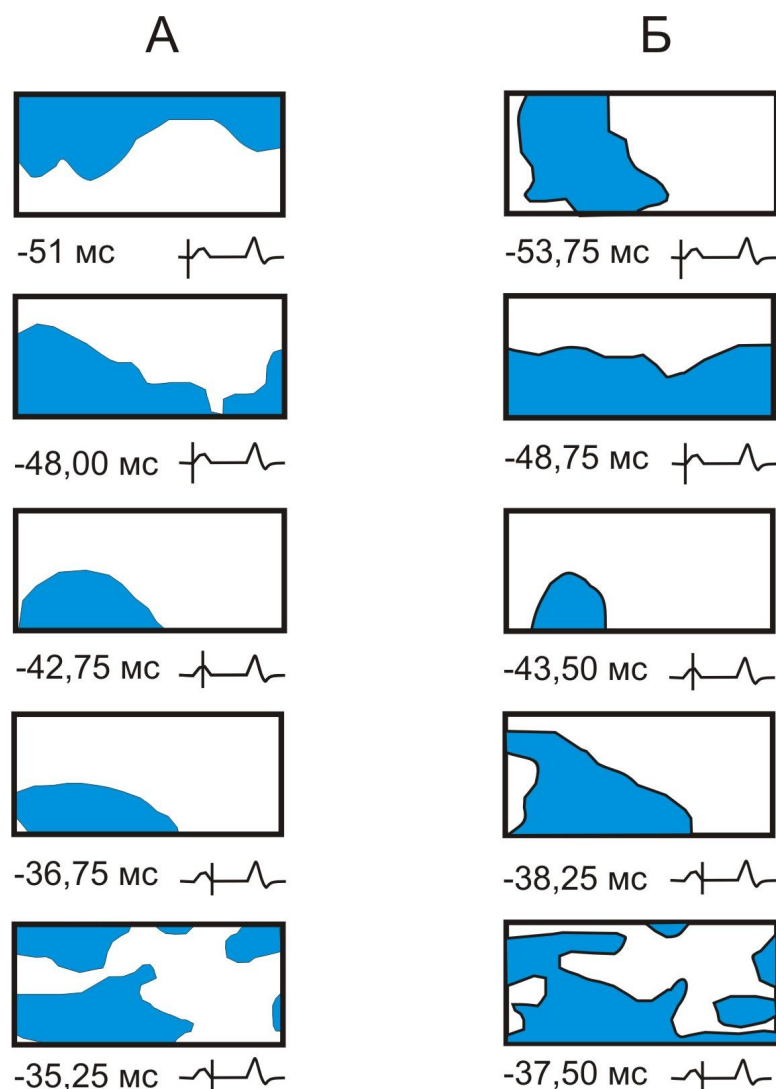


Рисунок. Эквипотенциальные моментные карты на поверхности тела крысы в исходном состоянии (А) и спустя четыре недели после введения монокроталина (Б) (крыса 138) в период деполяризации предсердий. (Закрашена область положительных кардиопотенциалов. Под каждой картой указано время в мс относительно пика *R*; приведена ЭКГ во втором отведении с маркером времени).

диопотенциалов каудально, отрицательных – краниально. Изменение взаимного расположения положительных и отрицательных зон кардиоэлектрических потенциалов и формирование кардиоэлектрического поля, характерного для деполяризации основной массы предсердий, завершается за 60 ± 7 мс до вершины R_{II} волны (к началу P_{II} волны ЭКГ во II отведении от конечностей). В период восходящей и нисходящих фаз P_{II} волны расположение зон кардиоэлектрических потенциалов не меняется: область положительных потенциалов расположена каудально, отрицательных – краниально.

Обсуждение результатов

Легочная гипертензия приводит к развитию правожелудочковой сердечной недостаточности [5]. С увеличением правых отделов сердца при легочной гипертензии у человека происходит изменение всех параметров векторкардиограммы [6]. Повышение давления в правом предсердии, расширение

полости предсердия являются независимым предиктором неблагоприятных исходов у больных с легочной гипертензией [12, 13].

При введении МКТ концентрацией 50 мг/кг месячным крысам наблюдается увеличение массы правого и уменьшение левого желудочков сердца, приводящее к кардиомиопатии и дилатации желудочков [14]. Через четыре недели после введения МКТ у крыс происходило достоверное увеличение абсолютного веса и относительной массы сердца, связанное с развитием гипертрофии миокарда.

При анализе электрического поля сердца у этих же животных на четвертой неделе после введения МКТ выявляется гипертрофия правого желудочка без признаков сердечной недостаточности [10]. У крыс с МКТ-индуцированной легочной гипертензией ЧСС достоверно снижается по сравнению с исходным состоянием. После введения МКТ у крыс наблюдается повышение симпатической активности сердца [15], что приводит к снижению ЧСС [16, 17].

Выявлено достоверное увеличение длительности *P*-волны у крыс с МКТ-индуцированной легочной гипертензией. Длительность *P*-волны увеличивалась равномерно за счет восходящей и нисходящей фаз. МКТ-индуцированная легочная гипертензия у крыс вызывает гипертрофию правого предсердия [18], что приводит к увеличению длительности *P*-волны.

Деполаризация области синусно-предсердного узла приводит к формированию кардиоэлектрического поля поверхности тела до начала *P*-волны на ЭКГ в отведениях от конечностей [19, 20]. У крыс с МКТ-индуцированной гипертензией по сравнению с исходным состоянием выявлены изменения расположения областей положительных и отрицательных кардиоэлектрических потенциалов на поверхности тела до начала *P*-волны на ЭКГ. На кардиоэлектрическое поле (КЭП) у крыс с МКТ гипертензией в отличие от исходного состояния зона положительных кардиопотенциалов занимает всю вентральную область грудной клетки. По расположению областей положительных и отрицательных кардиоэлектрических потенциалов на КЭП на поверхности тела в начальный период деполяризации предсердий можно судить о расположении очага начальной активности и основному направлению распространения волны возбуждения [19].

Исследование распространения волны возбуждения по эпикарду предсердий у крыс линии НИСАГ со стрессиндуцированной артериальной гипертензией выявило неоднородность деполяризации области впадения легочных вен в левое предсердие в отличие от нормотензивных животных [21].

Зоны ранней активации, формирующиеся в области впадения легочных вен в левое предсердие у крыс линии НИСАГ с артериальной гипертензией [22] отражается на поверхности тела лево-латеральным на дорсальной и вентральной поверхности расположения зоны положительных кардиопотенциалов и право-латеральным – отрицательных [20].

По сравнению с исходным состоянием после введения МКТ наблюдаются изменения в расположении областей положительных и отрицательных кардиоэлектрических потенциалов на поверхности тела в период восходящей и нисходящей фаз *P*-волны на ЭКГ, что свидетельствует о наличии дополнительных очагов возбуждения в области впадения легочных вен в левое предсердие.

Таким образом, у крыс с МКТ-индуцированной легочной гипертензией наблюдается увеличение относительной массы сердца, свидетельствующее о развитии гипертрофии миокарда, выявлено также возрастание длительности деполяризации предсердий, раннее формирование КЭП, характерное для начальной предсердной активности, снижение ЧСС. Через четыре недели после введения МКТ происходят изменения в расположении областей положительных и отрицательных кардиоэлектрических потенциалов КЭП на поверхности тела до начала, в период восходящей и нисходящей фаз *P*-волны на ЭКГ, свидетельствующие об изменении деполяризации области начальной пред-

сердной активности и основного направления распространения волны возбуждения.

Легочная гипертензия, связанная с гипертрофией правых отделов сердца, приводит к изменению параметров начальной предсердной активности: временных – к увеличению длительности деполяризации предсердий, и пространственных, свидетельствующих об изменении последовательности деполяризации предсердий.

Литература

1. *Blanpain C. E. Parma J. Le P., Knoop C. et al.* Serotonin 5-HT_{2B} receptor loss of function mutation in a patient with fenfluramine-associated primary pulmonary hypertension // *Cardiovascul. Res.* 2003. Vol.60. P. 518–528.
2. *Morimatsu Y., Sakashita N., Komohara Y. et al.* Development and characterization of an animal model of severe pulmonary arterial hypertension // *J. Vasc. Res.* 2012. Vol.49. № 1. P. 33–42.
3. *Fuso L., Baldi F., Di Perna A.* Therapeutic strategies in pulmonary hypertension // *Treatment of pulmonary hypertension.* 2011. Vol.2. № 21. P. 1–15.
4. *Teo Y. W., Greenhalgh D.L.* Update on anaesthetic approach to pulmonary hypertension // *Eur. J. Anaesthesiol.* 2010. Vol.27. № 4. P. 317–323.
5. *Клинические рекомендации по диагностике и лечению легочной гипертензии* / И.Е.Чазова, Т.В.Мартынюк, С.Н.Авдеев, А.В.Волков, С.Н.Наконечников // *Евразийский кардиологический журнал.* 2014. № 4. С. 5–9.
6. *Корригированная ортогональная векторкардиография в диагностике легочной гипертензии* / Е.С.Юрасова, Т.А.Саханова, И.Е.Чазова, Н.А.Царева, С.Н.Авдеев, О.Ю.Атьков // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2005. Т.4. № 6 (ч.1). С. 38–44.
7. *Kolettis T.* Characterisation of a rat model of pulmonary arterial hypertension // *Hellenic J. Cardiol.* 2007. Vol.48. № 4. P. 206–210.
8. *Ahearn G.S.* Electrocardiography to define clinical status in primary pulmonary hypertension and pulmonary arterial hypertension secondary to collagen vascular disease // *Chest.* 2002. Vol.122. № 2. P. 524–527.
9. *Alto D., Scognamiglio G., Dimopoulos K. et al.* Right heart and pulmonary vessels structure and function // *Echocardiography.* 2015. №1. P. 3–10.
10. *Суслوнова О.В., Смирнова С.Л., Рощевская И.М.* Кардиоэлектрическое поле на поверхности тела крыс с экспериментальной легочной гипертензией в период деполяризации желудочков // *Бюл. эксперим. биол. и мед.* 2016. Т.162. № 7. С. 11–14.
11. *Система «КАРДИОИНФОРМ» для визуализации и анализа электрического поля сердца* / М.П.Рощевский, Н.В.Артеева, Н.Л.Колмеев, Н.А.Антонова, М.Ю.Камбалов, Д.Н.Шмаков, И.М.Рощевская // *Мед. акад. журн.* 2005. Т.5. № 3. С. 74–79.

12. [Raymond R.J., Hinderliter A.L., Willis P.W. et al.](#) Echocardiographic predictors of adverse outcomes in primary pulmonary hypertension // [J. Am. Coll. Cardiol.](#) 2002. Vol.39. № 7. P. 1214–1219.
13. [Grapsa J., Pereira Nunes M.C., Tan T.C. et al.](#) Echocardiographic and Hemodynamic Predictors of Survival in Precapillary Pulmonary Hypertension: Seven-Year Follow-Up // [Circ. Cardiovasc. Imaging.](#) 2015. Vol.8. № 6. P. 45–54.
14. [Lookin O., Balakin A., Kuznetsov D., Protsenko Y.](#) The length-dependent activation of contraction is equally impaired in impuberal male and female rats in monocrotaline-induced right ventricular failure // [Clinical. and Experimental. Pharmacology and Physiology.](#) 2015 Vol.42. P. 1198–1206.
15. [Leineweber K., Brandt K., Wludyka B. et al.](#) Ventricular hypertrophy plus neurohumoral activation is necessary to alter the cardiac beta-adrenoceptor system in experimental heart failure // [Circ. Res.](#) 2002. Vol.91. №11. P. 1056–1062.
16. [Koyama T., Ono K., Watanabe H. et al.](#) Molecular and Electrical Remodeling of L- and T-Type Ca²⁺ Channels in Rat Right Atrium With Monocrotaline-Induced Pulmonary Hypertension // [Circ. J.](#) 2009. Vol.73. № 2. P. 256–263.
17. [Benoist D., Stones R., Drinkhill M.J. et al.](#) Cardiac arrhythmia mechanisms in rats with heart failure induced by pulmonary hypertension // [Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.](#) 2012. Vol.302. № 11. P. 2381–2395.
18. [Cuttica M.J., Shah S.J., Rosenberg S.R. et al.](#) Right heart structural changes are independently associated with exercise capacity in non-severe COPD // [PLoS One.](#) 2011. Vol.6. № 12. P. 1–8.
19. [Рощевский М.П., Чудородова С.Л., Рощевская И.М.](#) Отображение на поверхность тела деполяризации предсердий // [ДАН.](#) 2007. Т.412. № 5. 704–706.
20. [Smirnova S., Ivanova L., Markel A., Roshchevskaya I., Roshchevsky M.](#) Comparison of propagation of atrial excitation with the cardiopotential distribution on the body surface of hypertensive rats // [Anad. Kard. Derg.](#) 2012. Vol.12. № 3. P. 195–199.
21. [Последовательность деполяризации области устьев легочных вен у крыс со стрессиндуцированной артериальной гипертензией / М.П.Рощевский, Л.Н.Иванова, С.Л.Смирнова, А.Л.Маркель, И.М.Рощевская // ДАН. 2010. Т.431. № 1. С. 136–138.](#)
22. [Смирнова С.Л., Рощевский М.П., Рощевская И.М.](#) Деполяризация эпикарда предсердий в области устьев легочных вен у гипертензивных крыс линии НИСАГ // [Бюл. эксперим. биол. и мед.](#) 2014. Т.157. № 3. С. 305–308.
23. [mutation in a patient with fenf luramine-associated primary pulmonary hypertension // Cardiovascul. Res.](#) 2003. Vol.60. P. 518–528.
24. [Morimatsu Y., Sakashita N., Komohara Y. et al.](#) Development and characterization of an animal model of severe pulmonary arterial hypertension // [J. Vasc. Res.](#) 2012. Vol.49. № 1. P. 33–42.
25. [Fuso L., Baldi F., Di Perna A.](#) Therapeutic strategies in pulmonary hypertension // [Treatment of pulmonary hypertension.](#) 2011. Vol.2. № 21. P. 1–15.
26. [Teo Y. W., Greenhalgh D.L.](#) Update on anaesthetic approach to pulmonary hypertension // [Eur. J. Anaesthesiol.](#) 2010. Vol.27 № 4. P. 317–323.
27. [Chazova I.E., Martynyuk T.V., Avdeev S.N., Volkov A.V., Nakonechnikov S.N.](#) Klinicheskie rekomendacii po diagnostike i lecheniju legochnoj gipertenzii // [Evrazijskij kardiologicheskij zhurnal \[Clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension // Eurasian J. of Cardiology\].](#) 2014. № 4. P. 5–9.
28. [Yurasova E.S., Sakhanova T.A., Chazova I.E., Tsareva N.A., Avdeev S.N., At'kov O.Yu.](#) Korigirovannaja ortogonal'naja vektorkardiografija v diagnostike legochnoj gipertenzii // [Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika \[Corrected orthogonal vectorcardiography in the diagnosis of pulmonary hypertension // Cardiovascular therapy and prevention\].](#) 2005. Vol.4. № 6 (Pt.1). P. 38–44.
29. [Kolettis T.](#) Characterisation of a rat model of pulmonary arterial hypertension // [Hellenic J. Cardiol.](#) 2007. Vol.48. № 4. P. 206–210.
30. [Ahearn G.S.](#) Electrocardiography to define clinical status in primary pulmonary hypertension and pulmonary arterial hypertension secondary to collagen vascular disease // [Chest.](#) 2002. Vol.122. № 2. P. 524–527.
31. [Alto D., Scognamiglio G., Dimopoulos K. et al.](#) Right heart and pulmonary vessels structure and function // [Echocardiography.](#) 2015. № 1. P. 3–10.
32. [Suslonova O.V., Smirnova S.L., Roshchevskaya I.M.](#) Kardiojelektricheskoe pole na poverhnosti tela krysa s jeksperimental'noj legochnoj gipertenziej v period depolarizacii zheludochkov // [Bull. experim. biol. and med \[Cardioelectric field on the body surface of rats with experimental pulmonary hypertension in the period of depolarization of ventricles // Bull. of Exper. Biol. and Med.\].](#) 2016. Vol.162. № 7. P. 11–14.
33. [Roshchevsky M.P., Arteeva N.V., Kolomeets N.L., Antonova N.A., Kambalov M.Yu., Shmakov D.N., Roshchevskaya I.M.](#) Sistema «KARDIOINFORM» dlja vizualizacii i analiza jelektricheskogo polja serdca [“CARDIOINFORM” system for visualization and analysis of cardiac electric field] // [Med. Acad. J.](#) 2005. Vol.5. № 3. P. 74–79.
34. [Raymond R.J., Hinderliter A.L., Willis P.W. et al.](#) Echocardiographic predictors of adverse

References

- outcomes in primary pulmonary hypertension // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002. Vol.39. № 7. P. 1214–1219.
13. Grapsa J., Pereira Nunes M.C., Tan T.C. et al. Echocardiographic and Hemodynamic Predictors of Survival in Precapillary Pulmonary Hypertension: Seven-Year Follow-Up // *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2015. Vol.8. № 6. P. 45–54.
14. Lookin O., Balakin A., Kuznetsov D., Protsenko Y. The length-dependent activation of contraction is equally impaired in impuberal male and female rats in monocrotaline-induced right ventricular failure // *Clinical. and Experimental. Pharmacology and Physiology.* 2015 Vol.42. P. 1198–1206.
15. Leineweber K., Brandt K., Wludyka B. et al. Ventricular hypertrophy plus neurohumoral activation is necessary to alter the cardiac beta-adrenoceptor system in experimental heart failure // *Circ. Res.* 2002. Vol.91. № 11. P. 1056–1062.
16. Koyama T., Ono K., Watanabe H. et al. Molecular and Electrical Remodeling of L- and T-Type Ca²⁺ Channels in Rat Right Atrium With Monocrotaline-Induced Pulmonary Hypertension // *Circ. J.* 2009. Vol.73. № 2. P. 256–263.
17. Benoist D., Stones R., Drinkhill M.J. et al. Cardiac arrhythmia mechanisms in rats with heart failure induced by pulmonary hypertension // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2012. Vol.302. № 11. P. 2381–2395.
18. Cuttica M.J., Shah S.J., Rosenberg S.R. et al.. Right heart structural changes are independently associated with exercise capacity in non-severe COPD // *PLoS One.* 2011. Vol.6. № 12. P. 1–8.
19. Roshchevsky M.P., Chudorodova S.L., Roshchevskaya I.M. Otbrazhenie na poverhnost' tela depoljarizacii predserdij [Mapping of depolarization of atria on the body surface]// *DAN.* 2007. Vol.412. № 5. P. 704–706.
20. Smirnova S., Ivanova L., Markel A., Roshchevskaya I., Roshchevsky M. Comparison of propagation of atrial excitation with the cardiopotential distribution on the body surface of hypertensive rats // *Anad. Kard. Derg.* 2012. Vol.12. № 3. P. 195–199.
21. Roshchevsky M.P., Ivanova L.N., Smirnova S.L., Markel' A.L., Roshchevskaya I.M. Posledovatel'nost' depoljarizacii oblasti ust'ev legochnykh ven u krys so stressinducirovannoj arterial'noj gipertenziej [The sequence of depolarization area of the pulmonary veins orifices in rats with stress-induced arterial hypertension]// *DAN.* 2010. Vol.431. № 1. P. 136–138.
22. Smirnova S.L., Roshchevsky M.P., Roshchevskaya I.M. Depoljarizacija jepikarda predserdij v oblasti ust'ev legochnykh ven u gipertenzivnykh krys linii NISAG [Depolarization of atrial epicardium in the area of pulmonary veins orifices in hypertensive rats of NISAG line]// *Bull. Experim. Biol. and Med.* 2014. Vol.157. № 3. P. 305–308.

Статья поступила в редакцию 27.07.2016.

УДК 612.172.

БЕТА₃- АДРЕНОРЕЦЕПТОРЫ МИОКАРДА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В.И. ЦИРКИН***, А.Д. НОЗДРАЧЕВ***, Ю.В. КОРОТАЕВА**

**Казанский государственный медицинский университет, г. Казань*

***Вятский государственный университет, г. Киров*

****Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург*

tsirkin@list.ru

Представлены данные литературы, свидетельствующие о важной роли бета₃-адренорецепторов (АР) желудочков и предсердий. Их активация изменяет сократимость (у желудочков – снижает, у предсердия – повышает), снижает степень автоматии, но при хронической активации препятствует развитию патологической гипертрофии и сердечной недостаточности. В основе этих эффектов лежат активация NO-синтазного пути, т.е. рост активности NO-синтазы и продукции NO, активация гуанилатциклазы, рост содержания цГМФ, активация протеинкиназы G, что повышает фосфорилирование клеточных эффекторов.

Ключевые слова: миокард, бета₃-адренорецепторы, инотропный эффект, хронотропный эффект, гипертрофия миокарда, сердечная недостаточность

V.I. TSIRKIN, A.D. NOZDRACHEV, YU.V. KOROTAEVA. BETA₃-ADRENORECEPTORS OF THE MYOCARDIUM (REVIEW)

The paper provides information about the presence of beta₃-adrenoceptors (ARs) in the myocardium of humans and animals. Their activation causes negative inotropic, chronotropic and lusitropic effects, and counteracts the development of myocardial hypertrophy. Underlying all of these effects is the activation of NO-synthase way. Beta₃-AR activation prevents the development of heart failure (by reducing the damaging effect of high concentrations of catecholamines), but can also cause the development of acute heart failure, which is especially likely in patients of cardiological profile with the constant reception of beta₁-AR and beta₂-AR blockers. The question of the possibility relief of such state with the use of mildronate and other exogenous sensitizers of beta₁-AR and beta₂-AR is discussed.

Keywords: myocardium, beta₃-adrenoreceptors, inotropic effect, chronotropic effect, hypertrophy, heart failure

Введение

Впервые нетипичные бета-адренорецепторы (АР), т.е. ни бета₁-АР, ни бета₂-АР были выявлены в бурых жировых клетках (адипоцитах) крыс в 1984 г. при использовании таких агонистов, как препараты BRL 26830A, BRL 33725A и BRL 35135A [1]. Авторы показали, что при активации этих нетипичных АР повышается интенсивность липолиза. Эти наблюдения были неоднократно подтверждены, а нетипичные бета-АР адипоцитов крыс и мышей назвали бета₃-АР [2–4]. Для их изучения использовали селективный агонист препарат BRL37344 и упомянутые выше селективные антагонисты [2–4]. В опытах с адипоцитами грызунов было показано, что бета₃-АР блокируется пропранололом [2,4], хотя по данным [5], пропранолол, блокируя бета₁-АР и бета₂-АР, не блокирует бета₃-АР. Полагают [6], что в бурых адипоцитах бета₃-АР ассоциированы с Gi-белком, и, в конечном итоге, взаимодействие катехоламинов с бета₃-АР адипоцитов приводит к активации

митоген-активируемой протеинкиназы (ERK1/2), которая причастна к регуляции пролиферации, дифференцировки клеток и апоптоза. Бета₃-АР были клонированы в 1980-х гг. [7, 8].

Забегая вперед отметим, что при исследовании бета₃-АР миокарда человека и животных в настоящее время также используются селективный агонист препарат BRL37344 [9,10–17], селективные антагонисты бета₃-АР, в том числе препарат SR59230 [15], препарат L-748,337 [12], а также неселективный блокатор бета₁-, бета₂- и бета₃-АР бупранолол [12,18] и неселективный блокатор бета₁- и бета₂-АР надолол [11, 12, 15, 18].

Показано [7,9–24], что миокард содержит бета₃-АР. Это было установлено в отношении сердца лягушки [15], левого желудочка мыши [16], папиллярных мышц крысы [14], миокарда желудочков крысы [10], кардиомиоцитов крысы [11], а также миокарда желудочков морской свинки [10], хорька [10], собаки [10, 17] и человека [9, 12, 13, 18, 19, 22, 24], в том числе желудочков сердца [18, 22, 24] и

предсердий человека [12]. Установлено, что активация β_3 -АР вызывает инотропный, хронотропный, лизитропный и другие эффекты, имеющие важное клиническое значение. Рассмотрим данные литературы об этих эффектах более подробно.

Инотропные эффекты. Согласно данным литературы [7, 9,10,12–16,18,19,21–25], активация β_3 -АР кардиомиоцитов желудочков сердца (но не предсердий) вызывает отрицательный инотропный эффект. Для активации β_3 -АР авторами были использованы селективный агонист β_3 -АР препарат BRL37344 [9,10,13–17] и реже – препараты SR58611 (амибегрон, или amibegron) [10, 12], CL316 243 [10], а также частичный агонист β_3 -АР препарат CGP 12177 [10,12]. Эффект агонистов блокировался селективным антагонистом β_3 -АР препаратом SR59230 [15], а также неселективным антагонистом β_1 -АР, β_2 -АР и β_3 -АР бупранололом [18]. Так, опыты с биоптатами сердца человека [9] показали, что селективный агонист β_3 -АР препарат BRL 37344 вызывает отрицательный инотропный эффект. Позже эти же авторы [10] выявили, что степень проявления отрицательного инотропного эффекта активации β_3 -АР варьирует в зависимости от видовой принадлежности сердца. Это было уточнено в опытах с полосками миокарда желудочков лягушки [15], крысы [14,18,24], мыши [16,25] и человека [13] с использованием селективных агонистов β_3 -АР препаратов BRL37344, SR58611 и CL 316 243, и частичного агониста препарата CGP12177. Так, в опытах на сердце мыши [25] показано, что активация β_3 -АР снижает силу сокращения, и этот эффект блокируется ингибиторами NO-синтазы. Действительно, у мышей, нокаутных по гену β_3 -АР, активация β_1 -АР и β_2 -АР изопротеренолом вызывала положительный инотропный эффект, который был выше, чем у диких мышей, т.е. при наличии β_3 -АР. При ингибировании NO-синтазы у мышей дикого типа эффект изопротеренола возрастал, а у нокаутных мышей, т.е. в отсутствии β_3 -АР, он не менялся. На биоптатах миокарда человека [13] показано, что агонист β_3 -АР препарат BRL37344 вызывает отрицательный инотропный эффект. Установлено [14], что на папиллярных мышцах желудочка крысы селективный агонист β_3 -АР препарат BRL 37344 вызывает отрицательный инотропный эффект. С помощью метода Вестерн-блоттинг-анализа на сердце лягушки выявлено наличие β_3 -АР [15]. При этом активация β_3 -АР их селективным агонистом препаратом BRL 37344 вызывала отрицательный инотропный эффект, который не блокировался антагонистом β_1 -АР и β_2 -АР надололом, а также неселективным антагонистом альфа-АР фентоламином, но блокировался специфическим антагонистом β_3 -АР препаратом SR 59230. Показано [16], что активация β_3 -АР миокарда левого желудочка мыши высокими концентрациями катехоламинов, а также селективным агонистом β_3 -АР препаратом BRL 37344 вызывает отрицательный инотропный эффект. В обзорных работах ряда авторов [7,19,21–23] также отмечается, что в

миокарде с участием β_3 -АР реализуется отрицательный инотропный эффект.

Выявлено [18,24], что в крови человека имеются антитела к β_3 -АР, которые при взаимодействии с этими рецепторами выступают в роли их агониста, вызывая отрицательный инотропный эффект. При сердечной недостаточности уровень этих антител к β_3 -АР повышен, что может быть одной из причин развития сердечной недостаточности [18, 24]. Так, авторы [18] отмечают, что при сердечной недостаточности у человека вырабатываются аутоантитела к β_3 -АР миокарда, которые выступают в роли агонистов этих рецепторов. Исследователи в опытах с культурой неонатальных кардиомиоцитов крысы показали, что при воздействии аутоантител возникает отрицательный инотропный эффект, который не блокируется неселективным β_1 - и β_2 -антагонистом надололом, однако блокируется неселективным антагонистом β_3 -АР бупранололом, а также β_3 -АР специфическим антигеном, который связывает антитела к β_3 -АР и тем самым препятствует их действию на β_3 -АР. В опытах на крысах в условиях *in vivo* показано [24], что при активации β_3 -АР их антителами, которые выступают в качестве агонистов β_3 -АР, возникает отрицательный инотропный эффект.

В отличие от кардиомиоцитов желудочков, кардиомиоциты предсердий в ответ на активацию β_3 -АР повышают силу сокращений, т.е. активация этих рецепторов сопровождается положительным инотропным эффектом [12]. Действительно, в опытах с биоптатами предсердий человека установлено, что активация β_3 -АР селективными агонистами β_3 -АР препаратами BRL 37344 и SR58611, а также частичным агонистом β_3 -АР препаратом CGP12177 сопровождается положительным инотропным эффектом. Однако этот эффект был намного ниже (составлял всего 10%), чем положительный инотропный эффект от активации β_1 -АР и β_2 -АР изопренилином [12]. Авторы выявили, что эффект агонистов β_3 -АР блокировался антагонистом этих рецепторов препаратом L-748,337, а также неселективным антагонистом β_1 -, β_2 - и β_3 -АР бупранололом, но не блокировался антагонистом β_1 - и β_2 -АР надололом.

Хронотропный эффект активации β_3 -АР. Данные литературы, касающиеся характера изменения частоты сердечных сокращений при активации β_3 -АР, малочисленны, но все они указывают на то, что в этом случае развивается отрицательный хронотропный эффект [11,18,24]. Так, в опытах с кардиомиоцитами предсердий крысы установлено [11], что специфический агонист β_3 -АР препарат BRL 37344 снижает частоту спонтанных сокращений, в то время как неспецифический агонист β_1 - и β_2 -АР изопротеренол повышает ее, а его положительный хронотропный эффект блокируется антагонистом β_1 - и β_2 -АР надололом. Ряд авторов [18], как уже отмечалось выше, использовали в качестве агониста β_3 -АР аутоантитела к этим рецепторам. В опытах с культурой неонатальных кардиомиоцитов крыс они показали,

что введение аутоантител вызывает отрицательный хронотропный эффект, который не блокировался неселективным антагонистом бета₁- и бета₂-АР надололом, но блокировался неселективным антагонистом бета₁-, бета₂- и бета₃-АР бупранололом, а также бета₃-АР специфическим антигеном. В опытах на крысах в условиях *in vivo* показано [24], что при активации бета₃-АР их антителами, которые выступают в качестве агонистов бета₃-АР, возникает отрицательный хронотропный эффект.

Лузитропный эффект активации бета₃-АР. Выявлено [26], что активация бета₃-АР тормозит процесс расслабления кардиомиоцитов, что объясняется снижением активности работы Са-насоса саркоплазматического ретикулума (SERCA) вследствие торможения процесса фосфорилирования фосфоламбана.

Активация бета₃-АР как механизм, препятствующий гипертрофии миокарда. При исследовании левого желудочка мыши подтверждены [16] известные наблюдения о том, что при искусственном создании поперечного сужения аорты происходит расширение левого желудочка (дилатация) и его гипертрофия. Как следствие – развиваются систолическая дисфункция и сердечная недостаточность. Оказалось, что введение агониста бета₃-АР препарата BRL37344 в течение трех недель уменьшает проявление всех указанных симптомов. Тем самым авторы доказали, что при активации бета₃-АР наблюдается кардиопротекторный эффект. Это указывает на то, что активация бета₃-АР тормозит развитие патологической гипертрофии. Отметим, что подобный эффект возникает при активации альфа₂-АР [27–29], в то время как при активации альфа₁-АР [30–35] и бета₁-АР [36] гипертрофия миокарда усиливается.

Активация бета₃-АР как механизм, препятствующий развитию сердечной недостаточности миокарда. Ряд авторов считает [17, 19, 23, 24], что активация бета₃-АР препятствует развитию сердечной недостаточности. Такой эффект объясняется тем, что в этом случае уменьшается повреждающее действие высоких концентраций катехоламинов [19, 23] и уменьшается вероятность ремоделирования сердца, в частности, расширения полостей желудочков сердца [24]. Так, некоторые авторы [19] полагают, что при отсутствии патологии сердца, либо при сердечной недостаточности активация бета₃-АР может иметь защитный эффект против чрезмерной стимуляции миокарда под влиянием катехоламинов, что может возникать во время стресса. Высказывается предположение [23], что активация бета₃-АР целесообразна при тяжелой сердечной недостаточности, так как она препятствует чрезмерному действию катехоламинов, которые в высоких концентрациях могут вызывать повреждение кардиомиоцитов. В опытах на крысах, у которых моделировали сердечную недостаточность путем перевязки брюшной аорты, показано [24], что активация бета₃-АР с участием антител против бета₃-АР, которые содержатся в сыворотке пациентов с сердечной недостаточностью, препятствует развитию патологических процессов в серд-

це, в частности, расширению полостей желудочков сердца при сердечной недостаточности. Таким образом, авторы расценивают появление антител к бета₃-АР как компенсаторный механизм. По данным [17], у собак при моделировании сердечной недостаточности путем создания недостаточности митрального клапана хроническая блокада бета₁-АР метопрололом, который в клинике зарекомендовал себя как эффективный препарат, предотвращающий развитие сердечной недостаточности, повышал экспрессию бета₃-АР и улучшал сопряженность этих рецепторов с NO-синтазной системой и тем самым повышал выживаемость животных. Таким образом, эти авторы подтвердили наличие у бета₃-АР протекторной функции.

Роль активации бета₃-АР в формировании сердечной недостаточности. Однако ряд авторов полагает, что бета₃-АР вследствие их способности проявлять отрицательный инотропный эффект, причастны к развитию острой сердечной недостаточности [13, 18, 19, 24]. Так, рассматривают [19] бета₃-АР в качестве прямого участника развития сердечной недостаточности, так как их активации катехоламинами или другими агонистами вызывают отрицательный инотропный и хронотропный эффекты. Поэтому авторы полагают, что фармакологическая блокада бета₃-АР может быть одним из способов лечения сердечной недостаточности. Установлено [18], как отмечалось выше, что при сердечной недостаточности вырабатываются аутоантитела против бета₃-АР. В опытах с культурой неонатальных кардиомиоцитов крыс эти авторы выявили, что аутоантитела против бета₃-АР выполняют функцию агониста бета₃-АР и поэтому при взаимодействии с бета₃-АР вызывают отрицательный инотропный и хронотропный эффекты. По мнению авторов, такое действие антител может быть частью патофизиологических механизмов сердечной недостаточности. Однако при этом они не учитывают возможную протекторную функцию, которую выполняют эти рецепторы. Авторы подтвердили [24] данные исследователей [18]. В частности, они показали, что у пациентов с сердечной недостаточностью в сыворотке крови, действительно, повышается содержание аутоантител против бета₃-АР, а также против бета₁-АР и бета₂-АР. Все три вида аутоантител, в том числе аутоантитела против бета₃-АР, проявляют свойства агонистов соответствующих рецепторов. В опытах на крысах, у которых моделировали сердечную недостаточность путем перевязки брюшной аорты, авторами доказано, что введение крысам содержащихся в сыворотке крови антител против бета₃-АР приводит (за счет снижения Са-потока по Са-каналам L-типа) к уменьшению силы и частоты сердечных сокращений, и это способствует проявлению сердечной недостаточности. В то же время антитела препятствуют расширению полостей желудочков сердца при сердечной недостаточности и тем самым способствуют сохранению насосной функции сердца. Таким образом, эти авторы [24] впервые показали, что продукция аутоантител против бета₃-АР имеет, с одной стороны, приспособительный характер, а с

другой – усиливает проявление сердечной недостаточности. В опытах с миокардом человека *in vivo* [13] установлено, что при сердечной недостаточности возрастает экспрессия β_3 -АР, причем, преимущественно этот рост наблюдается в эндотелиальных клетках, т.е. в клетках, продуцирующих NO, и в меньшей степени – в кардиомиоцитах. Повышение экспрессии β_3 -АР расценивается как фактор, способствующий формированию сердечной недостаточности, так как активация β_3 -АР при сердечной недостаточности, как и в здоровом сердце, вызывает отрицательный инотропный эффект. В то же время исследователями выявлено, что при сердечной недостаточности активация β_3 -АР не повышает активность эндотелиальной NO-синтазы, а ингибирует ее, т.е. способствует снижению отрицательного инотропного эффекта, возникающего при активации β_3 -АР. Таким образом, как и в работах цитируемых выше авторов, отмечается, что характер изменения функции β_3 -АР при сердечной недостаточности, с одной стороны, способствует ее развитию, а с другой – препятствует. Все это указывает на необходимость дальнейшего изучения роли β_3 -АР в деятельности сердца в условиях нормы и патологии.

Механизмы, лежащие в основе отрицательного инотропного эффекта активации β_3 -АР. Известно, что β_3 -АР относятся к семейству рецепторов, ассоциированных с G-белком [6,11,12,15]. Полагают, что в кардиомиоцитах лягушки β_3 -АР ассоциированы с Gi-белком [11, 15], в том числе с Gi/o-белком [15], а в кардиомиоцитах предсердий человека – с Gs-белком [12]. Считается, что в основе отрицательного инотропного эффекта β_3 -АР лежит активация NO-синтазного пути [9, 15, 17, 19, 21, 25], в том числе активация эндотелиальной NO-синтазы, или eNOS [9, 15, 19, 21], нейрональной NOS, или nNOS [17,21], а также, вероятно, индуцируемой, или индуцибельной (цитокинами) NOS, или iNOS [21]. Как известно, синтезированный в клетках под влиянием NO-синтаз NO активирует гуанилатциклазу, в результате чего в клетке повышается содержание цГМФ; это активирует протеинкиназу G, которая фосфорилирует внутриклеточные структуры [15,37,38]. Это, в конечном итоге, снижает поступление ионов Ca в клетку из внескелеточного пространства и из саркоплазматического ретикулула [15], в результате чего снижается уровень ионов Ca^{2+} в цитозоле кардиомиоцитов и тем самым уменьшается сократимость миокарда [15,37,38]. В литературе, действительно, имеются данные, указывающие на способность NO снижать силу сокращения кардиомиоцитов [38–41], хотя встречаются и сведения противоположного характера [42, 43]. Рассмотрим более детально данные литературы, подтверждающие представление о роли NO-синтазы и NO в эффектах активации β_3 -АР.

Так, в опытах на биоптатах сердца человека [9] доказано, что в основе отрицательного инотропного эффекта β_3 -АР лежит активация NO-синтазного пути. В частности, авторы установили, что при действии селективного агониста β_3 -АР пре-

парата BRL37344 или при действии норадреналина на фоне блокады альфа-АР, бета₁-АР и бета₂-АР возникает отрицательный инотропный эффект. В обоих случаях этот эффект блокировался блокатором гуанилатциклазы метиленовым синим, а также классическими ингибиторами NO-синтазы (NOS), а именно L-N-монометил – аргинином (L-N-monomethyl-arginine, L-NAME) и L-нитроаргинин-метиловым эфиром (L-nitroarginine-methyl ester). Кроме того, авторы показали, что отрицательный инотропный эффект активации β_3 -АР сопровождается ростом продукции NO и повышением внутриклеточной концентрации цГМФ, и все эти изменения блокировались ингибиторами NO-синтазы. Иммуногистохимическим методом авторы установили, что в кардиомиоцитах и эндотелиоцитах биоптата желудочка сердца человека экспрессирована эндотелиальная конститутивная NO-синтаза (eNOS), однако отсутствует экспрессия индуцибельной NO-синтазы (iNOS). В целом, авторы указывают, что конечный эффект катехоламинов на сердце определяется выраженностью экспрессии белков, участвующих в продукции NO, благодаря которой, т.е. NO, и реализуется отрицательный инотропный эффект. Авторы полагают, что избыточная экспрессия эндотелиальной конститутивной NO-синтазы (eNOS) может привести к дисфункции миокарда. В опытах с сердцами мышей дикого типа и с сердцами мышей, у которых был проведен нокаут гена β_3 -АР, показано [25], что активация β_3 -АР повышает продукцию NO и тем самым снижает сократимость миокарда. В частности, авторы установили, что у нокаутных мышей активация β_1 -АР и β_2 -АР вызывает положительный инотропный эффект, который был выше, чем у диких мышей, т.е. при наличии β_3 -АР. При ингибировании NO-синтазы у мышей дикого типа эффект изопротеренола возрастает, а у нокаутных мышей, т.е. при отсутствии β_3 -АР эффект изопротеренола не меняется. Кроме того, изопротеренол увеличивал содержание цГМФ в миокарде дикого типа, т.е. при наличии β_3 -АР, но не вызывал такого эффекта у нокаутных мышей, т.е. в отсутствие β_3 -АР. В обзорной работе [19] отмечено, что отрицательный инотропный эффект активации β_3 -АР кардиомиоцитов обусловлен повышением продукции NO в результате активации эндотелиальной NO-синтазы (eNOS). В опытах с сердцем лягушки [15] показано, что активация β_3 -АР активирует Gi/o-белок, что в итоге активирует эндотелиальную NO-синтазу (eNOS). Это увеличивает активность гуанилатциклазы и повышает концентрацию цГМФ в цитозоле, что, в свою очередь, повышает активность протеинкиназы G, которая увеличивает активность фосфодиэстеразы 2. Авторы считают, что агонист β_3 -АР препарат BRL 37344 повышает активность эндотелиальной NO-синтазы, увеличивает уровень цГМФ и вызывает фосфорилирование протеинкиназы B, или Akt. Все эти изменения исчезали под влиянием ингибиторов протеинкиназы G и фосфодиэстеразы 2, т.е. при блокировании NO-синтазного пути. Исследователи также отмечают, что активация β_3 -АР противодействует реализации положительного

инотропного эффекта изопротеренола, возникающего за счет активации β_1 -АР и β_2 -АР кардиомиоцитов. В обзорной работе [21] утверждается, что отрицательный инотропный эффект β_3 -АР связан с активацией эндотелиальной NO-синтазы (eNOS) и частично, индуцибельной NOS (iNOS) и нейрональной NOS (nNOS), которые имеются в сердце. По данным [17], хроническая блокада метопрололом сукцинатом β_1 -АР кардиомиоцитов собак, подвернутых оперативному моделированию недостаточности митрального клапана, повышает не только экспрессию β_3 -АР, но и сопряженность (сцепление) этих рецепторов с сигнальной системой «NO-синтаза- цГМФ-протеинкиназа G», в том числе повышает эффективность воздействия на нейрональную – NO-синтазу (nNOS).

Вопрос о характере влияния протеинкиназы G на состояния белков, регулирующих уровень ионов Ca^{2+} в кардиомиоцитах, а также на процессы фосфорилирования тропонина I и миозинсвязывающего белка, остается открытым. С учетом данных литературы о важной роли в деятельности кардиомиоцитов процесса фосфорилирования тропонина I [20,44–49] и сердечного миозинсвязывающего белка, или MyBP-C [50–57], не исключается, что протеинкиназа G может участвовать в регуляции этих двух процессов, что будет способствовать реализации отрицательного инотропного эффекта.

Механизм, лежащий в основе положительного инотропного эффекта активации β_3 -АР. По мнению [12], наблюдавших положительный инотропный эффект при активации β_3 -АР правого предсердия сердца человека, он обусловлен повышением входа в кардиомиоциты ионов Ca^{2+} по Ca -каналам L-типа, что связано с активацией цАМФ /протеинкиназа A-зависимого сигнального пути. Косвенно это говорит о том, что в предсердиях β_3 -АР ассоциированы, скорее всего, с Gs-белком. Роль этого сигнального пути доказывается авторами тем, что ингибитор протеинкиназы А препарат H89 блокирует положительный инотропный эффект, наблюдаемый при активации β_3 -АР, а также блокирует Ca^{2+} -ток ($\text{I}_{\text{Ca,L}}$), в то время как ингибитор фосфодиэстеразы препарат 3-изобутил-1-метилксантин (IBMX) за счет повышения внутриклеточной концентрации цАМФ существенно увеличивает положительный инотропный эффект активации β_3 -АР предсердий.

Механизм реализации отрицательного хронотропного эффекта при активации β_3 -АР. По мнению [11], в основе отрицательного хронотропного эффекта, наблюдаемого при активации β_3 -АР, лежит повышение образования NO вследствие активации eNOS. Так, эти авторы в опытах на культивируемых кардиомиоцитах новорожденных крыс установили, что изопротеренол как неспецифический агонист β_1 -АР и β_2 -АР повышает частоту спонтанных сокращений кардиомиоцитов и внутриклеточный уровень цАМФ, в то время как надолгол, блокатор β_1 - и β_2 -АР блокирует этот эффект. В то же время специфический агонист β_3 -АР препарат BRL 37344 снижал частоту спонтанных сокращений и уменьшал внутри-

клеточный уровень цАМФ. Этот эффект блокировался ингибитором Gi-белка препаратом FPTX, а также неспецифическим антагонистом β_1 -, β_2 - и β_3 -АР бупранололом, либо ингибитором NO-синтазы препаратом L-N-монометил – аргинином (L-N-monomethyl-arginine), или L-NAME.

Механизм кардиопротекторного (антигипертрофического) действия активации β_3 -АР. По мнению ряда авторов [16,17], способность активации β_3 -АР препятствовать процессу моделирования (дилатации) и патологической гипертрофии миокарда, т.е. реализация протекторной функции, возникающей при активации β_3 -АР, обусловлена повышением продукции NO вследствие экспрессии в кардиомиоцитах нейрональной NO-синтазы (nNOS). Так, в условиях *in vivo* в опытах на сердце мышей, нокаутных по гену нейрональной NO-синтазы, и в опытах на сердце мышей дикого типа, у которых с целью моделирования перегрузки давлением создавали поперечное сужение аорты, показано [16], что трехнедельное введение агониста β_3 -АР препарата BRL 37344 мышам дикого типа, в том числе мышам, у которых создавали поперечное сужение аорты, уменьшало проявление дилатации левого желудочка, его систолической дисфункции и гипертрофии. Этот эффект сопровождался повышением продукции NO и двукратным ростом экспрессии гена нейрональной NO-синтазы, а также подавлением продукции супероксида кислорода. У мышей, нокаутных по гену нейрональной NO-синтазы, таких изменений не было. Эти данные доказывают ключевую роль NO в торможении процессов моделирования сердца и патологической гипертрофии миокарда. Подобные данные были получены [17] в опытах на собаках, о чем уже сообщалось выше. Согласно этим данным, хроническое введение метопролола как блокатора β_1 -АР, повышало экспрессию β_3 -АР и сопряженность (сцепление) этих рецепторов с NO-сигнальной системой, в частности, с нейрональной NO-синтазой, что повышало выживаемость собак с недостаточностью митрального клапана.

Согласно данным [13], полученным в опытах с миокардом здоровых людей или имеющих сердечную недостаточность, при сердечной недостаточности экспрессия β_3 -АР повышена. С учетом данных о том, что активация β_3 -АР блокирует процессы, ведущие к дилатации и гипертрофии миокарда [24], результаты исследования [13] указывают на то, что повышение экспрессии β_3 -АР является одним из компонентов механизма, направленного на компенсацию при сердечной недостаточности. Кроме того, авторы показали, что во время длительной стимуляции β_3 -АР препаратом BRL 37344 снижается активность протеинкиназы B (Akt), которая, как известно, имеет прямое отношение к регуляции процессов пролиферации [58,59]. Все это препятствует моделированию сердца. Подобные данные, указывающие на фосфорилирование протеинкиназы B (Akt) при активации β_3 -АР, получены [15]. С учетом данных [6] о том, что активация β_3 -АР в адипоцитах грызунов вызывает активацию митоген-активируемой проте-

инкиназы ERK1/2, которая причастна к регуляции пролиферации и дифференцировки клеток и апоптоза, нами не исключается, что в основе кардиопротекторного (антигипертрофического) эффекта активации бета₃-АР может также лежать снижение активности протеинкиназы ERK1/2.

Заключение

Данные литературы указывают на то, что кардиомиоциты предсердий и желудочков сердца животных и человека содержат ассоциированные с G-белком бета₃-АР, активация которых, как правило, вызывает отрицательные инотропный, хронотропный и лизитропный эффекты. Наиболее вероятно, что в их основе лежит активация NO-синтазного пути, т.е. активация эндотелиальной (eNOS) и, возможно, нейрональной (nNOS) и индуцибельной (iNOS) NO-синтаз. Очевидно, что повышение продукции NO активирует гуанилатциклазу. Это увеличивает внутриклеточное содержание цГМФ и тем самым усиливает активацию протеинкиназы G, которая фосфорилирует внутриклеточные структуры, регулирующие уровень ионов Ca²⁺ в цитозоле кардиомиоцитов. В результате этого снижается концентрация ионов Ca²⁺ в межфибриллярном пространстве, а тем самым, реализуются отрицательные инотропный и хронотропный эффекты. Установлено также, что активация бета₃-АР противодействует развитию гипертрофии миокарда, что также связано с повышением продукции NO и, возможно, со снижением активности протеинкиназы B (Akt) и протеинкиназы ERK1/2. Имеются сведения о причастности бета₃-АР к развитию сердечной недостаточности. С одной стороны, показано, что активация бета₃-АР препятствует развитию сердечной недостаточности. Это объясняется уменьшением повреждающего действия высоких концентраций катехоламинов, которое возникает при взаимодействии катехоламинов с бета₁-АР и бета₂-АР. С другой стороны, учитывая, что активация бета₃-АР сопровождается отрицательными инотропным и хронотропным эффектами, это может приводить к развитию острой сердечной недостаточности. Такая ситуация, с нашей точки зрения, может возникнуть у пациентов кардиологического профиля на фоне постоянного приема селективных блокаторов бета₁-АР (метопролола, атенолола) или неселективного блокатора бета₁-АР и бета₂-АР (пропранолола). Вероятность такого события особенно возрастает во время стресса, когда концентрация катехоламинов в миокарде существенно возрастает. Ранее нами [60, 61] в опытах с биоптатами из правого желудочка сердца крысы было установлено, что адреналин на фоне атенолола или пропранолола вместо классического положительного инотропного эффекта вызывает отрицательный инотропный эффект, в основе которого, возможно, лежит активация бета₃-АР. При этом мы не исключаем, что отрицательный инотропный эффект адреналина на фоне блокады бета₁-АР, или на фоне одномоментной блокады бета₁-АР и бета₂-АР может быть и следствием активации альфа₁-АР и альфа₂-АР, так как известно, что активация этих рецепторов также может сопровождаться развитием

отрицательного инотропного эффекта. Это выявлено в отношении альфа₁-АР [62–66] и альфа₂-АР [27, 67–70]. Наличие трех возможных путей индукции отрицательного инотропного эффекта катехоламинов на фоне блокады бета₁-АР и бета₂-АР, т.е. за счет активации бета₃-АР, или альфа₁-АР, или альфа₂-АР усложняет поиск методов, позволяющих предотвратить этот эффект, а, следовательно, и снизить вероятность развития острой сердечной недостаточности. Не исключено, что одним из них может быть метод, основанный на введении пациентам так называемых экзогенных сенситизаторов бета₁-АР и бета₂-АР, повышающих эффективность активации этих рецепторов. Действительно, в упомянутых выше опытах с биоптатами из правого желудочка сердца крысы нами было установлено, что вероятность развития отрицательного инотропного эффекта адреналина на фоне блокады бета₁-АР и бета₂-АР уменьшается такими экзогенными сенситизаторами бета₁-АР и бета₂-АР, как милдронат, гистидин, триптофан и тирозин [60, 61]. Все это указывает на необходимость более глубокого изучения функциональной роли бета₃-АР, а также альфа₁-АР и альфа₂-АР в регуляции деятельности сердца.

Литература

1. *Atypical beta-adrenoceptor on brown adipocytes as target for anti-obesity drugs* / J.Arch, A.Ainsworth, M.Cawthorne, V.Piercy, M.Sennitt, V.Thody, C.Wilson, S. Wilson // *Nature*. 1984; V.309. № 5964. P. 163–165.
2. *Forest C., Doglio A., Ricquier D., Ailhaud G. A preadipocyte clonal line from mouse brown adipose tissue. Short- and long-term responses to insulin and beta-adrenergics.* // *Exp Cell Res*. 1987. Vol. 168. № 1. P.218–232.
3. *Изменение Ca²⁺-ответов культивируемых бурых адипоцитов при адренергической активации* / Е.А.Туровский, М.В.Конаков, А.В.Бережнов, В.П.Зинченко, Г.Е.Бронников, Л.П.Долгачева // *Цитология*. 2011. Т.53. № 6. С. 466–473.
4. *B3-Adrenergic activation of sequential Ca²⁺ release from mitochondria and the endoplasmic reticulum and the subsequent Ca²⁺ entry in rodent brown adipocytes* / R. Hayato, Higure Y., Kuba M., Nagai H., Yamashita H., Kuba K. // *Cell Calcium*. 2011. Vol. 49. № 6. P. 400–414.
5. *Central leptin regulates the UCP1 and ob genes in brown and white adipose tissue via different beta-adrenoceptor subtypes* / S.Commins, P.Watson, N.Levin, R.Beiler, T.Gettys// *J. Biol. Chem*. 2000. Vol. 275. № 42. P. 33059–33067.
6. *Beta₃ and alpha₁-adrenergic Erk1/2 activation is Src- but not Gi-mediated in Brown adipocytes* / J.Lindquist, J.Fredriksson, S.Rehmark, B.Cannon, J.Nedergaard // *J. Biol. Chem*. 2000. Vol. 275. № 30. P.22670–22677.
7. *Dessy C., Balligand J. Beta₃-adrenergic receptors in cardiac and vascular tissues emerging concepts and therapeutic perspectives.* // *Adv. Pharmacol*. 2010. Vol.59. P.135–163.

8. *Gauthier C., Rozec B., Manoury B., Balligand J.* Beta-3 adrenoceptors as new therapeutic targets for cardiovascular pathologies. // *Curr. Heart Fail Rep.* 2011. Vol. 8. №3. P.184–192.
9. *The negative inotropic effect of beta₃-adrenoceptor stimulation is mediated by activation of a nitric oxide synthase pathway in human ventricle / C. Gauthier, V. Leblais, L. Kobzik, J. Trochu, N. Khandoudi, A. Bril, J. Balligand, H. Le Marec // J. Clin. Invest.* 1998. Vol.102. № 7. P.1377–1384.
10. *Interspecies differences in the cardiac negative inotropic effects of beta₃-adrenoceptor agonists / C. Gauthier, G. Tavernier, J. Trochu, V. Leblais, K. Laurent, D. Langin, D. Escande, H. Le Marec // J. Pharmacol Exp. Ther.* 1999. Vol. 290. № 2. P.687–693.
11. *Kong Y., Li W., Tian Y.* [Effects of beta₃-adrenergic receptors agonist on beating rate and cAMP levels in cultured cardiomyocytes of rats]. [Article in Chinese] // *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi.* 2003. Vol. 19. №2. P.109–113.
12. *Beta₃-adrenergic receptor activation increases human atrial tissue contractility and stimulates the L-type Ca²⁺ current / V. Skeberdis, V. Gendvilienė, D. Zablockaitė, R. Treinys, R. Macianskiene, A. Bogdelis, J. Jurevicius, R. Fischmeister // J. Clin. Invest.* 2008. Vol.118. № 9. P. 3219–3227.
13. *Effects of the beta₃-adrenergic agonist BRL 37344 on endothelial nitric oxide synthase phosphorylation and force of contraction in human failing myocardium / A. Napp, K. Brixius, C. Pott, C. Ziskoven, B. Boelck, U. Mehlhorn, R. Schwinger, W. Bloch // J. Card. Fail.* 2009. Vol.15. № 1. P. 57–67.
14. *The changes in beta-adrenoceptor-mediated cardiac function in experimental hypothyroidism: the possible contribution of cardiac beta₃-adrenoceptors / E. Arioglu, S. Guner, I. Ozakca, V. Altan, A. Ozelikay // Mol. Cell Biochem.* 2010. Vol. 335. № 1–2. P.59–66.
15. *Mazza R., Angelone T., Pasqua T., Gattuso A.* Physiological evidence for β₃-adrenoceptor in frog (*Rana esculenta*) heart // *Gen. Comp. Endocrinol.* 2010. Vol.169. №2. P. 151–157.
16. *Niu X., Watts V., Cingolani O., Sivakumaran V. et al.* Cardioprotective effect of beta₃-adrenergic receptor agonism: role of neuronal nitric oxide synthase. // *J. Am. Coll Cardiol.* 2012. Vol.59. № 22. P.1979–1987.
17. *Trappanese D., Liu Y., McCormick R., Cannavo A. et al.* Chronic β₁-adrenergic blockade enhances myocardial β₃-adrenergic coupling with nitric oxide-cGMP signaling in a canine model of chronic volume overload: new insight into mechanisms of cardiac benefit with selective β₁-blocker therapy // *Basic Res Cardiol.* 2015. Vol.110. № 3. P. 456.
18. *Li M., Wang X., Tang J., Liu X. et al.* [Distribution and property of anti-beta₃-adrenoceptor autoantibody in patients with heart failure.] [Article in Chinese] // *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi.* 2005. Vol. 33. №12. P.1114–1118.
19. *Pott C., Steinritz D., Napp A., Bloch W. et al.* [On the function of beta₃-adrenoceptors in the human heart: signal transduction, inotropic effect and therapeutic prospects]. [Article in German]. // *Wien Med Wochenschr.* 2006. Vol.156. № 15–16. P. 451–458.
20. *Gu Q., Lin Y., Lee L.* Epinephrine enhances the sensitivity of rat vagal chemosensitive neurons: role of beta₃-adrenoceptor // *J. Appl. Physiol.* 2007. Vol.102. № 4. P.1545–1555.
21. *Moens A., Yang R., Watts V., Barouch L.* Beta₃-adrenoreceptor regulation of nitric oxide in the cardiovascular system // *J. Mol. Cell Cardiol.* 2010. Vol.48. № 6. P.1088–1095.
22. *Gauthier C., Leblais V., Moniotte S., Langin D., Balligand J.* The negative inotropic action of catecholamines: role of beta₃-adrenoceptors. // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2000. Vol.78. № 9. P. 681–690.
23. *Rasmussen H., Figtree G., Krum H., Bundgaard H.* The use of beta₃-adrenergic receptor agonists in the treatment of heart failure // *Curr. Opin. Investig. Drugs.* 2009. Vol. 10. № 9. P.955–962.
24. *Wang J., Li M., Ma X., Bai K. et al.* Autoantibodies against the β₃-adrenoceptor protect from cardiac dysfunction in a rat model of pressure overload // *PLoS One.* 2013. Vol. 8. e78207.
25. *Beta₃-adrenoceptor deficiency blocks nitric oxide-dependent inhibition of myocardial contractility / P. Varghese, R. Harrison, R. Lofthouse, D. Georgakopoulos, D. Berkowitz, J. Hare // J. Clin. Invest.* 2000. Vol.106. № 5. P.697–703.
26. *Increased Ca²⁺ sensitivity and protein expression of SERCA 2a in situations of chronic beta₃-adrenoceptor deficiency / C. Ziskoven, S. Grafweg, B. Böck, R. Wiesner, M. Jimenez, J. Giacobino, W. Bloch, R. Schwinger, K. Brixius // Pflugers Arch.* 2007. Vol. 453. № 4. P. 443–453.
27. *Parker J., Newton G., Landzberg J., Floras J., Colucci W.* Functional significance of pre-synaptic alpha-adrenergic receptors in failing and nonfailing human left ventricle // *Circulation.* 1995. Vol. 92. № 7. P. 1793–1800.
28. *Hein L., Altman J., Kobilka B.* Two functionally distinct alpha₂-adrenergic receptors regulate sympathetic neurotransmission // *Nature.* 1999. Vol.402. № 6758. P.181–184.
29. *Sympathetic alpha₂-adrenoceptors prevent cardiac hypertrophy and fibrosis in mice at baseline but not after chronic pressure overload / R. Gilsbach, J. Schneider, A. Lother, S. Schickinger, J. Leemhuis, L. Hein // Cardiovasc. Res.* 2010. Vol.86. № 3. P. 432–442.
30. *Simpson P.* Norepinephrine-stimulated hypertrophy of cultured rat myocardial cells is an alpha₁-adrenergic response // *J. Clin. Invest.* 1983. Vol.72. № 2. P.732–738.
31. *Alterations of alpha₁-adrenergic receptor densities in right and left ventricles of spontane-*

- ously hypertensive rats / Ch.Imai, M.Tozawa, O.Sunagawa, H.Muratani, S.Takishita, K.Fukiyama // Biol. and Pharm. Bull. 1995. Vol. 7. № 7. P. 1001–1005.
32. Reinecke H., Vetter R., Drexler H. Effects of alpha-adrenergic stimulation on the sarcolemmal $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -exchanger in adult rat ventricular cardiocytes // Cardiovasc. Res. 1997. Vol.36. № 2. P. 216–222.
33. Wang L., Rolfe M., Proud C. Ca^{2+} -independent protein kinase C activity is required for alpha1-adrenergic-receptor-mediated regulation of ribosomal protein S6 kinases in adult cardiomyocytes // Biochem. J. 2003. Vol. 373. pt.2. P. 603–611.
34. Protein kinase D isoforms are activated in an agonist-specific manner in cardiomyocytes / J.Guo, Z.Gertsberg, N.Ozgen, A.Sabri, S.Steinberg // J. Biol Chem. 2011. Vol. 286. № 8. P. 6500–6509.
35. Mohl M., Iismaa S., Xiao X., Friedrich O. et al. Regulation of murine cardiac contractility by activation of α_{1A} -adrenergic receptor-operated Ca^{2+} entry // Cardiovasc. Res. 2011. Vol. 91. № 2. P. 310–319.
36. O'Connell T., Jensen B., Baker A., Simpson P. Cardiac alpha₁-adrenergic receptors: novel aspects of expression, signaling mechanisms, physiologic function, and clinical importance // Pharmacol. Rev. 2013. Vol. 66. №1. P. 308–333.
37. Осадчий Л.И., Балужева Т.В., Сергеев И.В. NO-зависимый механизм адренергической реакции системной гемодинамики // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2005. Т. 140. № 8. С. 124–126.
38. Simon J., Duglan D., Casadei B., Carnicer R. Nitric oxide synthase regulation of cardiac excitation-contraction coupling in health and disease // Mol Cell Cardiol. 2014. Vol. 73. P. 80–91.
39. Role of nitric oxide production through M_2 -cholinergic receptors in cultured rat ventricular myocytes / Sh.Yamamoto, A. Miyamoto, Sh.Kawana, A.Namiki, H. Ohshika // Biochem. and Biophys. Res. Commun. 1998. Vol. 3. № 3. P. 791–795.
40. Солодков А.П., Щербинин И.Ю. К механизму развития изменений ауторегуляции коронарного кровотока у крыс с различной чувствительностью к стрессу // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2002. Т.88. № 2. С.166–175.
41. Одношвикина Ю.Г., Петров А.М., Зефиоров А.Л. Механизм опосредуемой β_2 -адренорецепторами медленно развивающейся положительной инотропной реакции предсердий мыши // Рос. физиол. журн. И.М.Сеченова. 2011. Т.97. № 11. С. 1223–1236.
42. Linke A., Li W., Huang H. et al. Role of cardiac eNOS expression during pregnancy in the coupling of myocardial oxygen consumption to cardiac work // Amer. J. Physiol. 2002. Vol. 283. № 3. P.1208–H1214.
43. Насырова А.Г., Сагдеев Н.Р., Нугматуллина Р.Р. Модуляция оксидом азота адренергических влияний на насосную функцию сердца крыс // Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 2004. Т.90. № 8. Ч. 1. С. 444.
44. Human heart beta-adrenoceptors: beta₁-adrenoceptor diversification through 'affinity states' and polymorphism / P.Molenaar, L.Chen, A. Semmler, W. Parsonage, A.Kaumann // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 2007. Vol. 34. № 10. P.1020–1028.
45. Molenaar P., Savarimuthu S., Sarsero D., Chen L. et al. Adrenaline elicits positive inotropic, lusitropic, and biochemical effects through beta₂-adrenoceptors in human atrial myocardium from nonfailing and failing hearts, consistent with Gs coupling but not with Gi coupling // Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol. 2007. Vol.375. № 1. P.11–28.
46. Boontje N., Merkus D., Zaremba R., Versteilen A. et al. Enhanced myofilament responsiveness upon β -adrenergic stimulation in post-infarct remodeled myocardium // Mol. Cell Cardiol. 2011. Vol.50. № 3. P.487–499.
47. Phan D., Stratton M., Huynh Q., McKinsey T. A novel protein kinase C target site in protein kinase D is phosphorylated in response to signals for cardiac hypertrophy // Biochem. Biophys. Res. Commun. 2011. Vol.411. № 2. P. 335–341.
48. Rao V., Cheng Y., Lindert S., Wang D. et al. PKA phosphorylation of cardiac troponin I modulates activation and relaxation kinetics of ventricular myofibrils // Biophys J. 2014. Vol.107. № 5. P.1196–1204.
49. Four-and-a-half LIM domains proteins are novel regulators of the protein kinase D pathway in cardiac myocytes / K.Stathopoulou, F.Cuello, A.Candasamy, E.Kemp, E.Ehler, R.Haworth, M.Avikiran // Biochem J. 2014. Vol.457. № 3. P.451–461.
50. Korte F., McDonald K., Harris S., Moss R. Loaded shortening, power output, and rate of force redevelopment are increased with knockout // Circ Res. 2003. Vol.93. P.752–758.
51. Stelzer J., Patel J., Moss R. Protein kinase A-mediated acceleration of the stretch activation response in murine skinned myocardium is eliminated by ablation of cMyBP-C // Circ. Res. 2006. Vol. 99. № 8. P.884–890.
52. Sadayappan S., Gulick J., Klevitsky R., Lorenz J. et al. Cardiac myosin binding protein-C phosphorylation in a P-myosin heavy chain background. // Circulation. 2009. Vol.119. № 9. P.1253–1262.
53. Bardswell S., Cuello F., Rowland A., Sadayappan S. et al. Distinct sarcomeric substrates are responsible for protein kinase D-mediated regulation of cardiac myofilament Ca^{2+} sensitivity and cross-bridge cycling // J. Biol. Chem. 2010. Vol.285. № 8. P.5674–5682.
54. Effects of cardiac myosin binding protein-C on the regulation of interaction of cardiac myosin with thin filament in an in vitro motility

- assay / Shchepkin D., Kopylova G., Nikitina L., Katsnelson L., Bershitsky B. // *Biochem Biophys Res Commun.* 2010. Vol.401. № 1. P.159–163.
55. *Belknap B., Harris S., White H.* Modulation of thin filament activation of Myosin ATP hydrolysis by N-terminal domains of cardiac Myosin binding protein-C. // *Biochemistry.* 2014. Vol.53. № 42. P.6717–6724.
56. *Gresham K., Mamidi R., Stelzer J.* The contribution of cardiac myosin binding protein-c Ser282 phosphorylation to the rate of force generation and in vivo cardiac contractility // *J. Physiol.* 2014. Vol. 592. № 17. P.3747–3765.
57. *Zhang X., De S., McIntosh L., Paetzel M.* Structural characterization of the C3 domain of cardiac myosin binding protein C and its hypertrophic cardiomyopathy-related R502W mutant // *Biochemistry.* 2014. Vol.53. № 32. P. 5332–5342.
58. *Chen W., Xu P. et al.* Growth retardation and increased apoptosis in mice with homozygous disruption of the Akt1 gene// *Genes Dev.* 2001. Vol.15. № 17. P.2203–2208.
59. *Song G., Ouyang G., Bao S.* The activation of Akt/PKB signaling pathway and cell survival // *J. Cell. Mol. Med.* 2005.Vol.9. №1. P. 59–71.
60. *Циркин В.И., Ноздрачев А.Д., Коротаева Ю.В.* Способность эндогенного сенсibilизатора бета-адренорецепторов и его аналогов восстанавливать эффективность активации бета-адренорецепторов миокарда крысы, сниженную пропранололом или атенололом// Доклады Академии наук. 2014. Т. 456. № 6. С. 731–734.
61. *Циркин В.И., Ноздрачев А.Д., Коротаева Ю.В.* Влияние гистидина на сократимость и адренореактивность миокарда небеременных и беременных крыс // Доклады Академии наук. 2015. Т.460. № 4. С. 480–485.
62. *Kissling G., Blickle B., Ross C., Pascht U., Gulbins E.* Alpha₁-adrenoceptor-mediated negative inotropy of adrenaline in rat myocardium // *Physiol.* 1997. Vol. 499. pt.1. P. 195–205.
63. *Nishimaru K., Kobayashi M., Matsuda T. et al/* Alpha-Adrenoceptor stimulation-mediated negative inotropism and enhanced Na⁺/Ca²⁺ exchange in mouse ventricle // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2001. Vol. 280. №1. P. 132–141.
64. *Varma D., Rindt H., Chemtob S., Mulay S.* Mechanism of the negative inotropic effects of alpha₁-adrenoceptor agonists on mouse myocardium//*Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2003. Vol.81. № 8. P.783–789.
65. *Contrasting inotropic responses to alpha₁-adrenergic receptor stimulation in left versus right ventricular myocardium / G. Wang, D. McCloskey, S. Turcato, P. Swigart P., Simpson P., Baker A. // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2006. Vol.291. № 4. P. 2013–2017.
66. *Chu C., Thai K., Park K., Wang P. et al.* Intraventricular and interventricular cellular heterogeneity of inotropic responses to α₁-adrenergic stimulation//*Am. J.Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2013. Vol. 304. № 7. P. 946–953.
67. *Guth B., Thaulow E., Heusch G., Seitelberger R., Ross J.* Alpha-adrenergic regulation of myocardial performance in the exercising dog: evidence for both presynaptic alpha₁-and alpha₂-adrenoceptors// *Basic. Res. Cardiol.* 1990. Vol. 85. Suppl. 1. P.131–141.
68. *Шушкина Г.Т., Дыгало Н.Н.* Подтип-специфические клинически важные эффекты альфа₂-адренорецепторов // *Успехи физиол. наук* 2002. Т.33. № 2. С.30–40.
69. *Alpha₂-adrenergic receptors stimulate actin organization in developing fetal rat cardiac myocytes / A.Porter, S.Svensson, W.Stamer, J.Bahl, J.Richman, J.Regan //Life Sci.* 2003. Vol.72. № 13. P. 1455–1466.
70. *Sinclair M.* A review of the physiological effects of alpha₂-agonists related to the clinical use of medetomidine in small animal practice// *Can. Vet. J.* 2003. Vol. 44. № 11. P. 885–897.

References

1. *Atypical beta-adrenoceptor on brown adipocytes as target for anti-obesity drugs / J.Arch, A.Ainsworth, M.Cawthorne, V.Piercy, M.Sennitt, V.Thody, C.Wilson, S.Wilson // Nature.* 1984; Vol.309, № 5964. P. 163–165.
2. *Forest C., Doglio A., Ricquier D., Ailhaud G.* A preadipocyte clonal line from mouse brown adipose tissue. Short- and long-term responses to insulin and beta-adrenergics. // *Exp Cell Res.* 1987. Vol. 168. № 1. P.218–232.
3. *Izmenenie Ca²⁺-otvetov kultiviruemykh burykh adipotsitov pri adrenergicheskoi aktivacii [Alteration of brown adipocyte Ca²⁺ responses in culture by adrenergic activation]/ E.A.Turovsky, M.V.Konakov, A.V.Berezhnov, V.P.Zinchenko, G.E.Bronnikov, L.P.Dolgacheva // Tsitologiya.* 2011. Vol.53, № 6. P.466–473
4. *B3-Adrenergic activation of sequential Ca²⁺ release from mitochondria and the endoplasmic reticulum and the subsequent Ca²⁺ entry in rodent brown adipocytes / R.Hayato, Y.Higure, M.Kuba, H.Nagai, H.Yamashita, K.Kuba// Cell Calcium.* 2011. Vol. 49. № 6. P.400–414.
5. *Central leptin regulates the UCP1 and ob genes in brown and white adipose tissue via different beta-adrenoceptor subtypes / S.Commins, P.Watson, N.Levin, R.Beiler, T.Gettys// J. Biol. Chem.* 2000. Vol. 275, № 42. P. 33059–33067.
6. *Beta₃- and alpha₁-adrenergic Erk1/2 activation is Src- but not Gi-mediated in Brown adipocytes / J.Lindquist, J.Fredriksson, S.Rehnmarm, B.Cannon, J.Nedergaard. // J. Biol. Chem.* 2000. Vol. 275, № 30. P.22670–22677.
7. *Dessy C., Balligand J.* Beta₃-adrenergic receptors in cardiac and vascular tissues emerging

- concepts and therapeutic perspectives // *Adv. Pharmacol.* 2010. Vol.59. P.135-163.
8. *Gauthier C., Rozec B., Manoury B., Balligand J.* Beta₃-adrenoceptors as new therapeutic targets for cardiovascular pathologies. // *Curr. Heart Fail Rep.* 2011. Vol. 8. № 3. P.184-192.
9. *The negative inotropic effect of beta₃-adrenoceptor stimulation is mediated by activation of a nitric oxide synthase pathway in human ventricle / C.Gauthier, V.Leblais, L.Kobzik, J.Trochu, N.Khandoudi, A.Brill, J.Balligand, H. Le Marec // J. Clin. Invest.* 1998. Vol.102, № 7. P.1377-1384.
10. *Interspecies differences in the cardiac negative inotropic effects of beta₃-adrenoceptor agonists / C.Gauthier, G.Tavernier, J.Trochu, V.Leblais, K.Laurent, Langin D., Escande D., H.Le Marec // J. Pharmacol. Exp. Ther.* 1999. Vol. 290, № 2. P.687-693.
11. *Kong Y., Li W., Tian Y.* Effects of beta₃-adrenergic receptors agonist on beating rate and cAMP levels in cultured cardiomyocytes of rats. [in Chinese] // *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi.* 2003. Vol. 19, №2. P.109-113.
12. *Beta₃-adrenergic receptor activation increases human atrial tissue contractility and stimulates the L-type Ca²⁺ current / V.Skeberdis, V.Gendviliene, D.Zablockaitė, R. Treinys, R.Maciarskiene, A.Bogdelis, J.Jurevicius, R. Fischmeister // J. Clin. Invest.* 2008. Vol. 118, № 9. P. 3219-3227.
13. *Effects of the beta₃-adrenergic agonist BRL 37344 on endothelial nitric oxide synthase phosphorylation and force of contraction in human failing myocardium/A.Napp, K.Brixius, C.Pott, C.Ziskoven, B.Boelck, U.Mehlhorn, R.Schwinger, W.Bloch // J. Card. Fail.* 2009. Vol.15, № 1. P. 57-67.
14. *The changes in beta-adrenoceptor-mediated cardiac function in experimental hypothyroidism: the possible contribution of cardiac beta₃-adrenoceptors / E.Arioglu, S.Guner, I.Ozakca, V. Altan, A. Ozcelikay // Mol. Cell Biochem.* 2010. Vol. 335, № 1-2. P.59-66.
15. *Mazza R., Angelone T., Pasqua T., Gattuso A.* Physiological evidence for β₃-adrenoceptor in frog (*Rana esculenta*) heart // *Gen. Comp. Endocrinol.* 2010. Vol.169, №2. P. 151-157.
16. *Niu X., Watts V., Cingolani O., Sivakumaran V. et al.* Cardioprotective effect of beta₃-adrenergic receptor agonism: role of neuronal nitric oxide synthase. // *J. Am. Coll Cardiol.* 2012. Vol.59, № 22. P.1979-1987.
17. *Trappanese D., Liu Y., McCormick R., Cannavo A. et al.* Chronic β₁-adrenergic blockade enhances myocardial β₃-adrenergic coupling with nitric oxide-cGMP signaling in a canine model of chronic volume overload: new insight into mechanisms of cardiac benefit with selective β₁-blocker therapy // *Basic Res. Cardiol.* 2015. Vol.110, № 3. 456.
18. *Li M., Wang X., Tang J., Liu X. et al.* Distribution and property of anti-beta₃-adrenoceptor autoantibody in patients with heart failure. (in Chinese) // *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi.* 2005. Vol. 33, № 12. P.1114-1118.
19. *Pott C., Steinritz D., Napp A., Bloch W. et al.* On the function of beta₃-adrenoceptors in the human heart: signal transduction, inotropic effect and therapeutic prospects (in German) // *Wien Med Wochenschr.* 2006. Vol.156, № 15-16. P. 451-458.
20. *Gu Q., Lin Y., Lee L.* Epinephrine enhances the sensitivity of rat vagal chemosensitive neurons: role of beta₃-adrenoceptor // *J. Appl. Physiol.* 2007. Vol.102, № 4. P.1545-1555.
21. *Moens A., Yang R., Watts V., Barouch L.* Beta₃-adrenoreceptor regulation of nitric oxide in the cardiovascular system // *J. Mol. Cell Cardiol.* 2010. Vol.48, № 6. P.1088-1095.
22. *Gauthier C., Leblais V., Moniotte S., Langin D., Balligand J.* The negative inotropic action of catecholamines: role of beta₃-adrenoceptors // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2000. Vol.78, №9. P. 681-690.
23. *Rasmussen H., Figtree G., Krum H., Bundgaard H.* The use of beta₃-adrenergic receptor agonists in the treatment of heart failure // *Curr. Opin. Investig. Drugs* 2009. Vol. 10. № 9. P.955-962.
24. *Wang J., Li M., Ma X., Bai K. et al.* Autoantibodies against the β₃-adrenoceptor protect from cardiac dysfunction in a rat model of pressure overload. // *PLoS One.* 2013. Vol.8. e78207.
25. *Beta₃-adrenoceptor deficiency blocks nitric oxide-dependent inhibition of myocardial contractility/P.Varghese, R.Harrison, R.Lofthouse, D.Georgakopoulos, D.Berkowitz, J.Hare // J. Clin. Invest.* 2000. Vol.106, № 5. P.697-703.
26. *Increased Ca²⁺ sensitivity and protein expression of SERCA 2a in situations of chronic beta₃-adrenoceptor deficiency/C.Ziskoven, S.Grafweg, B.Bölck, R.Wiesner, M.Jimenez, J.Giacobino, W.Bloch, R.Schwinger, K.Brixius // Pflügers Arch.* 2007. Vol. 453, № 4. P. 443-453.
27. *Parker J., Newton G., Landzberg J., Floras J., Colucci W.* Functional significance of pre-synaptic alpha-adrenergic receptors in failing and nonfailing human left ventricle // *Circulation.* 1995. Vol. 92, № 7. P. 1793-1800.
28. *Hein L., Altman J., Kobilka B.* Two functionally distinct alpha₂-adrenergic receptors regulate sympathetic neurotransmission // *Nature.* 1999. Vol.402, № 6758. P.181-184.
29. *Sympathetic alpha₂-adrenoceptors prevent cardiac hypertrophy and fibrosis in mice at baseline but not after chronic pressure overload/R.Gilsbach, J.Schneider, A.Lother, S.Schickinger, J.Leemhuis, L.Hein // Cardiovasc. Res.* 2010. Vol.86, № 3. P. 432-442.
30. *Simpson P.* Norepinephrine-stimulated hypertrophy of cultured rat myocardial cells is an alpha₁-adrenergic response // *J. Clin. Invest.* 1983. Vol.72, № 2. P.732-738.
31. *Alterations of alpha₁-adrenergic receptor densities in right and left ventricles of sponta-*

- neously hypertensive rats / Ch.Imai, M.Tozawa, O.Sunagawa, H.Muratani, S.Takishita, K.Fukiyama // Biol. and Pharm. Bull. 1995. Vol. 7, № 7. P. 1001-1005.
32. Reinecke H., Vetter R., Drexler H. Effects of alpha-adrenergic stimulation on the sarcolemmal $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -exchanger in adult rat ventricular cardiocytes // Cardiovasc. Res. 1997. Vol.36, № 2. P. 216-222.
33. Wang L., Rolfe M., Proud C. Ca^{2+} -independent protein kinase C activity is required for alpha1-adrenergic-receptor-mediated regulation of ribosomal protein S6 kinases in adult cardiomyocytes // Biochem. J. 2003. Vol. 373. Pt.2. P. 603-611.
34. Protein kinase D isoforms are activated in an agonist-specific manner in cardiomyocytes / J.Guo, Z.Gertsberg, N.Ozgen, A.Sabri, S.Steinberg // J. Biol Chem. 2011. Vol. 286. № 8. P. 6500-6509.
35. Mohl M., Iismaa S., Xiao X., Friedrich O. et al. Regulation of murine cardiac contractility by activation of α_{1A} -adrenergic receptor-operated Ca^{2+} entry // Cardiovasc. Res. 2011. Vol. 91, № 2. P. 310-319.
36. O'Connell T., Jensen B., Baker A., Simpson P. Cardiac alpha1-adrenergic receptors: novel aspects of expression, signaling mechanisms, physiologic function, and clinical importance // Pharmacol. Rev. 2013. Vol. 66 №1. P. 308-333.
37. Osadchy L.I., Balueva T.V., Sergeev I.V. NO-zavisimii mekhanizm adrenergicheskoi reakcii sistemoi gemodinamiki [NO-dependent mechanism of adrenergic reaction of systemic hemodynamics] //Bull. Exp Biol Med. 2005. Vol. 140. № 2. P.124-126.
38. Simon J., Duglan D., Casadei B., Carnicer R. Nitric oxide synthase regulation of cardiac excitation-contraction coupling in health and disease // Mol. Cell. Cardiol. 2014. Vol. 73. P. 80-91.
39. Role of nitric oxide production through M_2 -cholinergic receptors in cultured rat ventricular myocytes/Sh.Yamamoto, A.Miyamoto,Sh.Kawana, A.Namiki, H.Ohshika//Biochem. and Biophys. Res. Commun. 1998. Vol. 3, № 3. P. 791-795.
40. Solodkov A., Shcherbinin I. K mekhanizmu razvitiya izmenenii autoregulyacii koronarnogo krovotoka v krys s razlichnoi chuvstvitelnostyu k stressu [Changes in autoregulation of coronary blood flow in rats with various sensitivity to stress] // I.M.Sechenov Russian Physiol. J. 2002. Vol.88, № 2. P. 166-175.
41. Odnoshivkina Yu.G., Petrov A.M., Zefirov A.I. Mekhanizm oposreduemoi beta2 adrenoreceptorami medlenno razvivayuscheysya polozhitel'noi inotropnoi reakcii predserdii myshi [Mechanism of the slow inotropic response of the mouse atrium mediated by the beta2-adrenoreceptor] // I.M.Sechenov Russian Physiol. J. 2011. Vol.97, No.11. P.1223-1236.
42. Linke A., Li W., Huang H. et al. Role of cardiac eNOS expression during pregnancy in the coupling of myocardial oxygen consumption to cardiac work // Amer. J. Physiol. 2002. Vol. 283, № 3. P.1208-H1214.
43. Nasyrova A.G., Sagdeev N.R., Nigmatullina R.R. Modulyaciya okcidom azota adrenergicheskikh vliyaniy na nasosnyuyu funkciyu serdca krys [Modulation of nitric oxide adrenergic effects on the pumping function of the heart in rats]// I.M.Sechenov Russian Physiol. J. 2004. Vol. 90, No. 8. Pt. 1. P.444.
44. Human heart beta-adrenoceptors: beta1-adrenoceptor diversification through 'affinity states' and polymorphism/P.Molenaar,L.Chen, A.Semmler, W.Parsonage, A.Kaumann. // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 2007. Vol. 34, № 10. P.1020-1028.
45. Molenaar P., Savarimuthu S., Sarsero D., Chen L. et al. Adrenaline elicits positive inotropic, lusitropic, and biochemical effects through beta2 -adrenoceptors in human atrial myocardium from nonfailing and failing hearts, consistent with Gs coupling but not with Gi coupling // Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol. 2007. Vol.375, № 1. P.11-28.
46. Boontje N., Merkus D., Zaremba R., Versteilen A. et al. Enhanced myofilament responsiveness upon beta-adrenergic stimulation in post-infarct remodeled myocardium //Mol. Cell Cardiol. 2011. Vol.50, № 3. P.487-499.
47. Phan D., Stratton M., Huynh Q., McKinsey T. A novel protein kinase C target site in protein kinase D is phosphorylated in response to signals for cardiac hypertrophy// Biochem. Biophys. Res. Commun. 2011. Vol.411, № 2. P. 335-341.
48. Rao V., Cheng Y., Lindert S., Wang D. et al. PKA phosphorylation of cardiac troponin I modulates activation and relaxation kinetics of ventricular myofibrils // Biophys. J. 2014. Vol.107, № 5. P.1196-1204.
49. Four-and-a-half LIM domains proteins are novel regulators of the protein kinase D pathway in cardiac myocytes / K.Stathopoulou, F.Cuello, A.Candasamy, E.Kemp, E.Ehler, R.Haworth, M.Avikiran // Biochem J. 2014. Vol.457, № 3. P.451-461.
50. Korte F., McDonald K., Harris S., Moss R. Loaded shortening, power output, and rate of force redevelopment are increased with knockout // Circ. Res. 2003. Vol.93. P.752-758.
51. Stelzer J., Patel J., Moss R. Protein kinase A-mediated acceleration of the stretch activation response in murine skinned myocardium is eliminated by ablation of cMyBP-C // Circ. Res. 2006. Vol. 99, № 8. P.884-890.
52. Sadayappan S., Gulick J., Kleivitsky R., Lorenz J. et al. Cardiac myosin binding protein-C phosphorylation in a P-myosin heavy chain background // Circulation. 2009. Vol.119, № 9. P.1253-1262.
53. Bardswell S., Cuello F., Rowland A., Sadayappan S. et al. Distinct sarcomeric substrates are responsible for protein kinase D-mediated regulation of cardiac myofilament Ca^{2+} sensitivity and cross-bridge cycling // J. Biol. Chem. 2010. Vol.285, № 8. P.5674-5682.

54. *Effects of cardiac myosin binding protein-C on the regulation of interaction of cardiac myosin with thin filament in an in vitro motility assay* / D.Shchepkin, G.Kopylova, L.Nikitina, L.Katsnelson, B.Bershitsky // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2010. Vol.401, № 1. P.159-163.
55. *Belknap B., Harris S., White H.* Modulation of thin filament activation of Myosin ATP hydrolysis by N-terminal domains of cardiac Myosin binding protein-C // *Biochemistry.* 2014. Vol.53, № 42. P.6717-6724.
56. *Gresham K., Mamidi R., Stelzer J.* The contribution of cardiac myosin binding protein-c Ser282 phosphorylation to the rate of force generation and in vivo cardiac contractility // *J. Physiol.* 2014. Vol. 592. № 17. P.3747-3765.
57. *Zhang X., De S., McIntosh L., Paetzel M.* Structural characterization of the C3 domain of cardiac myosin binding protein C and its hypertrophic cardiomyopathy-related R502W mutant // *Biochemistry.* 2014. Vol.53, № 32. P. 5332-5342.
58. *Chen W., Xu P., Gottlob K. et al.* Growth retardation and increased apoptosis in mice with homozygous disruption of the Akt1 gene// *Genes Dev.* 2001. Vol.15, № 17. P.2203-2208.
59. *Song G., Ouyang G., Bao S.* The activation of Akt/PKB signaling pathway and cell survival// *J. Cell. Mol. Med.* 2005.Vol.9, №1. P. 59-71.
60. *Tsirkin V.I., Nozdrachev A.D., Korotaeva Yu.V.* An endogenous sensitizer of β adrenergic receptors and its analogs attenuate the inhibition of β adrenergic receptors by propranolol and atenolol in the rat myocardium // *Dokl. Biol. Sci.*, 2014. Vol.456. № 6. P. 731–734.
61. *Tsirkin V.I., Nozdrachev A.D., Korotaeva Yu.V.* Vliyanie gistidina na sokratimost i adreno-reaktivnost miokarda neberemennykh i beremennykh krys [The effect of histidine on the contractility and adrenoreactivity of the myocardium of nonpregnant and pregnant rats] // *Dokl. Biol. Sci.*, 2015. Vol. 460. №4. P.480–485.
62. *Kissling G., Blickle B., Ross C., Pascht U., Gulbins E.* Alpha₁-adrenoceptor-mediated negative inotropy of adrenaline in rat myocardium// *Physiol.* 1997. Vol.499. Pt.1. P. 195-205.
63. *K.Nishimaru, M.Kobayashi, T.Matsuda et al* /*Alpha-Adrenoceptor stimulation-mediated negative inotropism and enhanced Na⁺/Ca²⁺ exchange in mouse ventricle* // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2001. Vol. 280. № 1. P. 132-141.
64. *Varma D., Rindt H., Chemtob S., Mulay S.* Mechanism of the negative inotropic effects of alpha₁-adrenoceptor agonists on mouse myocardium // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2003. Vol.81, № 8. P.783-789.
65. *Contrasting inotropic responses to alpha₁-adrenergic receptor stimulation in left versus right ventricular myocardium* / G.Wang, D. McCloskey, S.Turcato, P.Swigart, P.Simpson, A.Baker // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2006. Vol.291, № 4. P. 2013-2017.
66. *Chu C., Thai K., Park K., Wang P. et al.* Intraventricular and interventricular cellular heterogeneity of inotropic responses to α_1 -adrenergic stimulation // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2013. Vol.304. № 7. P. 946-953.
67. *Guth B., Thaulow E., Heusch G., Seitelberger R., Ross J.* Alpha-adrenergic regulation of myocardial performance in the exercising dog: evidence for both presynaptic alpha₁ and alpha₂-adrenoceptors // *Basic. Res. Cardiol.* 1990. Vol.85. Suppl. 1. P.131-141.
68. *Shishkina G.T., Dygalo N.N.* Podtip-specificheskie klinicheski vazhnie efekty alfa₂ adrenoceptorov [Subtype-specific clinically important effects of alpha₂-adrenergic receptors] // *Usp Fiziol Nauk [Success of Physiol. Sci.]*. 2002. Vol. 33, № 2. P. 30-40.
69. *Alpha₂-adrenergic receptors stimulate actin organization in developing fetal rat cardiac myocytes* / A.Porter, S.Svensson, W.Stamer, J.Bahl, J.Richman, J.Regan // *Life Sci.* 2003. Vol.72, № 13. P. 1455-1466.
70. *Sinclair M.* A review of the physiological effects of alpha₂-agonists related to the clinical use of medetomidine in small animal practice// *Can. Vet. J.* 2003. Vol. 44, № 11. P. 885-897.

Статья поступила в редакцию 16.03.2016.

УДК 553:553.22(470.1)

ГЕОХРОНОЛОГИЯ ПОРОД СУБСТРАТА И РУД РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ НА СЕВЕРЕ УРАЛА И ТИМАНЕ

О.В. УДОРАТИНА, В.А. КАПИТАНОВА

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
udoratina@geo.komisc.ru, kapitanova@geo.komisc.ru*

Установлено, что субстратом для продуктивных редкометалльных метасоматитов севера Урала являются как венд-кембрийские гранитоиды (Полярный и Приполярный Урал), так и ранне-среднеордовикские вулканогенно-осадочные отложения (Приполярный и Северный Урал). Ранне-среднеордовикские изотопные датировки, полученные по рудным породам, указывают на преобразование вещества в период рифтогенеза, а каменноугольно-пермские изотопные датировки – на коллизионные процессы формирования уралид и последующие плюмовые процессы.

Ключевые слова: изотопный возраст, редкометалльные месторождения, щелочные метасоматиты, север Урала, Тиман

O.V. UDORATINA, V.A. KAPITANOVA. GEOCHRONOLOGY OF THE ROCKS OF THE SUBSTRATE AND ORES OF RARE METAL - RARE EARTH DEPOSITS AND ORE OCCURRENCES IN THE NORTH OF THE URALS AND TIMAN

The results of the analysis of the collected over years data on the isotopic dating and new U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd, Ar-Ar geochronological determinations on rocks and minerals from rare-metal (Nb-Ta, Y and HREE, Zr, less Be) deposits and occurrences developed in the north of the Urals, the formation of which is associated with the alkaline conversion processes of various substrates are given. It is established that the substrate for efficient rare-metal metasomatites of the north of the Urals are both the Vendian-Cambrian granitoids (Polar and Subpolar Urals), and the Early mid-Ordovician volcanogenic-sedimentary deposits (Subpolar and North Urals). Early-mid-Ordovician isotopic datings obtained on ore rocks indicate the transformation of matter during the rifting period and the Carboniferous-Permian isotopic datings indicate the collision processes of formation of Uralides and subsequent plume processes. In the Middle and North Timan complex deposits and occurrences are genetically associated with alkaline (carbonatites, syenites) igneous rocks formed as a result of the neo-Proterozoic (Late Riphean and Vendian) plume pulse.

Keywords: isotopic age, rare-metal deposits, alkaline metasomatites. north of the Urals, Timan

Введение

На севере Урала, на Северном и Среднем Тимане известен ряд редкометалльных (Nb-Ta, Y и HREE, Zr, реже Be) месторождений и рудопроявлений, формирование которых связано со щелочными процессами преобразования разных субстратов. Рудоносные щелочные породы генетически связаны с различными щелочными магматическими образованиями (карбонатитами, сиенитами, щелочными гранитами), нередко локализованы в разломных зонах, и тогда их отличительными чертами ста-

новятся парагенетическая связь с гранитоидами и наличие комплекса наложенных минералов как породообразующих, так и рудных.

На Урале с севера на юг – это месторождения и рудопроявления Полярного, Приполярного и Северного Урала, на Тимане – Северного и Среднего Тимана (рисунок).

Результаты и обсуждение

На севере Урала редкометалльные (Nb-Ta, Y и HREE, Zr, реже Be) месторождения и рудопроявления

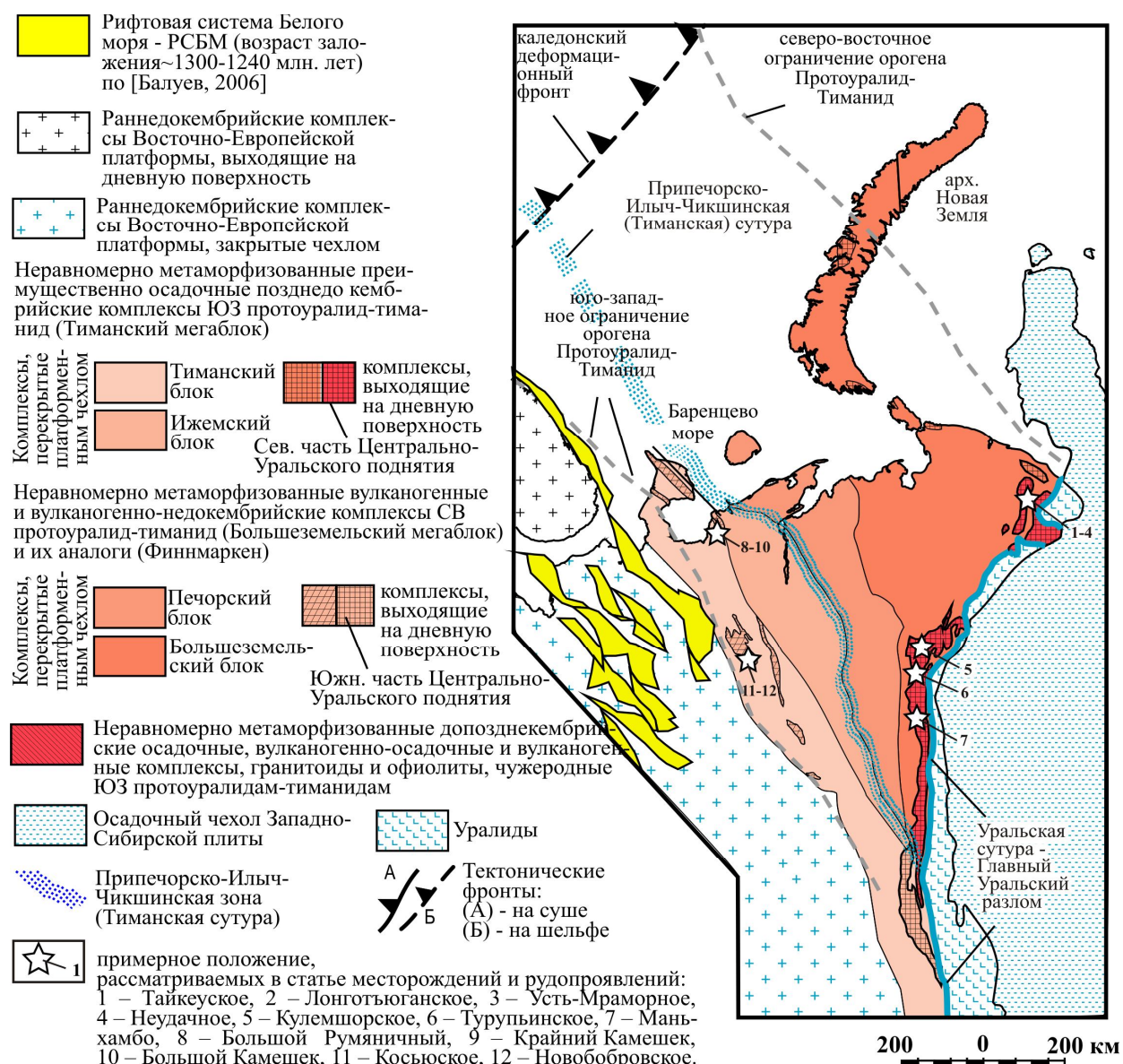


Рис. Тектоническая схема расположения доуралид-тиманид в структуре Урала и Тимана, с использованием данных Kuznetsov et. al., 2014 со ссылками в этой статье [1].

ния локализованы в пределах полей развития доуралид (тиманид*) Центрально-Уральского поднятия (ЦУП). Исключение составляют Турупьинское и Маньхамбовское рудные поля, отмеченные также в ЦУП, причем не только в доуралидах, но и в нижне- и среднеордовикских вулканогенно-осадочных и

осадочных отложениях уралид. Редкометалльные месторождения и рудопроявления регионально располагаются субмеридионально и приурочены к зонам пересечения меридиональных структур с субширотными разломами. На Полярном Урале – это месторождения Тайкеуского рудного узла (Тайкеу, Усть-Мраморное, Лонготьюганское, Неудачное и ряд более мелких рудопроявлений), на Приполярном Урале – рудопроявление Кулемшорское. На Северном Урале – Турупьинское, Маньхамбовское (участки Палеодолинный, Турман Центральный, Турман Южный, Неизвестный). Геохронологические данные по минералам и валовым составам руд и метасоматически измененных вмещающих образований приведены в табл. 1, 2.

Тайкеуский рудный узел. Месторождения Тайкеу, Усть-Мраморное, Лонготьюганское, Неудачное [37, 38]. Месторождения располагаются в вер-

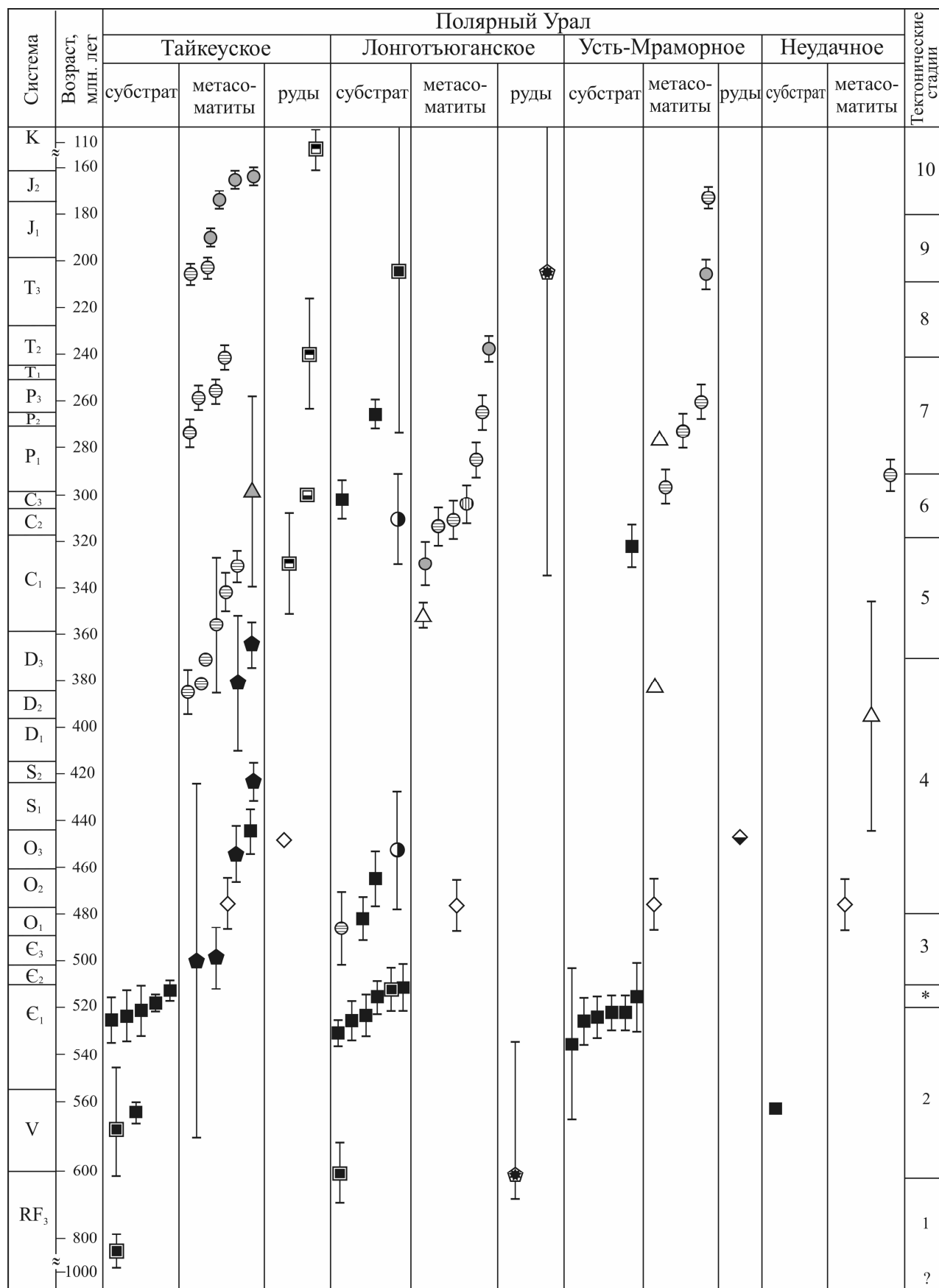
* Термин «тиманиды» введен впервые Н.С. Шатским (1946) в применении к древним складчатым структурам Тимана. Для аналогичных пород на Урале Н.П. Херасковым был предложен термин «доуралиды». Наиболее часто использовался термин «байкалиды», введенный Я.С. Эйдельштейном (1923), позднее В.Н. Пучков ввел термин «кадомиды». Термин «тиманиды» используется нами для описания разновозрастных продуктов позднепротерозойских магматических и тектонических событий, проявленных в Тимано-Печорском регионе и вскрытых сейчас в Центрально-Уральском поднятии на севере Урала [2, 3].

Геохронологические данные по породам субстрата, источника, рудным метасоматитам и рудам севера Урала и Тимана, млн. лет

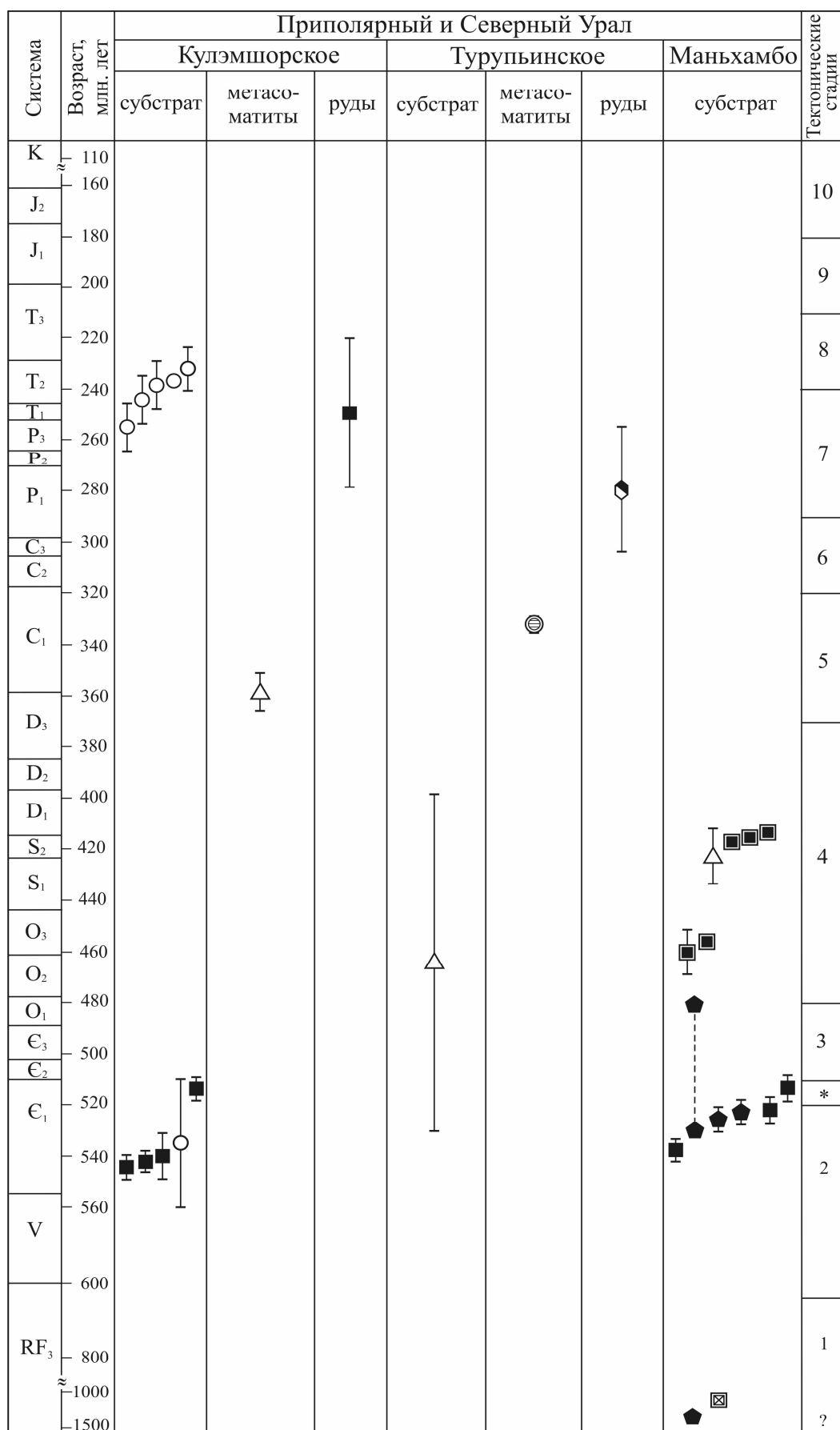
Методы	K-Ar	Rb-Sr	U-Pb (ID TIMS)	U-Pb (SHRIMP II, SHRIMP RG)	U-Pb (LA ICP MS)	U-Th-Pb (хим.)	Ar-Ar	Sm-Nd
Полярный Урал								
<i>Тайкеуское (рис., 1)</i>								
Субстрат	—	—	Zm: 575±35, 830±55 [4]	Zm: 513±3.4, 521±10, 523±10, 525±9 [5]; 518.6±3.9 [6]; 564.6±6 [7]	—	—	—	—
Метасоматиты	Fsp: 163±4, 165±4, 174±4, 190±5; Mu: 203±5, 206±5, 241±6, 256±6, 259±6, 274±7, 331±8, 342±9, 356±30 371, 381, 385±10, [8]	299±41 (WR+Mt+Ab+Sld) [7; 9]	—	Zm: 444±10 [10]	Zm: 364±11.4, 381±31.1, 423±8.0, 454±11.9, 498±12.8, 499±76.6 [7]	—	—	WR: 477±12 [11]
Руды	—	—	Frg: 300; Smrs: 113±7, 240±25, 330±20 [4]	—	—	—	—	447 (WR+Prchl) [7]
<i>Лонготьюганское (рис., 2)</i>								
Субстрат	Amf: 311±19, 452±23; Mu: 486±17 [8]	—	Zm: 205 ± 70, 512±8, 605±18 [11, 12]	Zm: 516.6±6.6, 524±8, 526±8.5, 531.4±4.6 [5] 266.8±7, 302.3±8.1, 463±13, 482±8, 511±11 [6]	—	—	—	—
Метасоматиты	Bi: 304±8; Mu: 265±7, 286±7, 311±8, 313±8, Fsp: 238±6, 330±9 [8]	WR: 352±6 [9]	—	—	—	—	—	WR: 477±12 [11]
Руды	—	—	—	—	Col: 206±130, 608±70 [11]	—	—	—
<i>Усть-Мраморное (рис., 3)</i>								
Субстрат	—	—	—	Zm: 516±16, 522±7, 526±8, 536±31 [5]; 322±8.8, 522±7.5, 524.3±9.2 [6]	—	—	—	—
Метасоматиты	Mu: 173±4, 260±7, 273±7, 297±7; Fsp: 206±5 [8]	WR: 277 и 383 [7]	—	—	—	—	—	WR: 477±12 [11]
Руды	—	—	—	—	—	—	—	447 (Frg+Prchl) [7]
<i>Неудачное (рис., 4)</i>								
Субстрат	—	—	—	Zm: 563±3 [13; 14]	—	—	—	—
Метасоматиты	Mu: 292±7 [8]	WR: 396±51 [9;15]	—	—	—	—	—	WR: 477±12 [11]
Приполярный Урал								
<i>Кулэмшорское (рис., 5)</i>								
Субстрат	WR: 232±8, 237, 239±10, 243±10, 255±10, 535±25 [8]	—	—	Zm: 542.1±4.5, 544.4±5.1 [5] 514±4.6, 540±8.1 [16]	—	—	—	—
Метасоматиты	—	WR: 358±7.3 [17]	—	—	—	—	—	—
Руды	—	—	—	Zm: 249±30 [18]	—	—	—	—
Северный Урал								
<i>Турульинское (рис., 6)</i>								
Субстрат	—	WR: 465±67 [19;20]	—	—	—	—	—	—
Метасоматиты	—	—	—	—	—	—	Ser: 332.0±2.2 [21]	—
Руды	—	—	—	—	—	Mnz: 280.4±24.3 [21]	—	—
<i>Маньхамбо (рис., 7)</i>								
Субстрат	—	WR: 423±10 [22]	Zm: 414, 416, 418, 457, 460± ± 10 [22] Ftr: 1100±50 [23]	Zm: 513.8±5.6, 522±6 [24]; 539±4 [25]	Zm: 480-530 [26]; 523.5±4.7, 526.5±4.9, 1332-1390 [27; 28]	—	—	—
Северный Тиман								
Метасоматиты	455±10 [29]	—	—	—	—	—	—	—
<i>Большой Румяничный (рис., 8)</i>								
Субстрат	—	—	—	Zm: 613±7, 614±2 [30]	—	—	—	—
<i>Крайний Камешек (рис., 9)</i>								
Субстрат	—	—	—	—	—	—	—	Zm: 613±2 [31]
<i>Большой Камешек (рис., 10)</i>								
Субстрат	—	—	—	—	—	—	—	Zm: 621±3.5 [31]
Средний Тиман								
<i>Косьюское (рис., 11)</i>								
Субстрат/ источник	Flg: 555±28, 570±20, 570±28, 575±26, 585±20, 590±21, 595, 595±21, 605, 605±21, 605±21, 606±33, 610±21, 615±20, 640, 660±23 [8]	—	—	—	—	—	Flg: 598±6 [32]	—
<i>Новобобровское (рис., 12)</i>								
Субстрат	—	—	—	—	Zm: 1067±21 [33]	—	—	—
Руды	—	—	—	—	—	Mnz: 552±31 [34]	—	Col: 581±47 [35]

Примечание. Имеющиеся геохронологические данные приведены курсивом, авторские и полученные за последнее время – прямым шрифтом. Сокращения: WR – вал породы, Ab – альбит, Amf – амфибол, Bi – биотит, Col – колумбит, Flg – флогопит, Frg – фергусонит, Fsp – КППШ, Ftr – ферриторит, Mi – микроклин, Mnz – монацит, Mu – мусковит, Prchl – пироклор, Ser – серицит, Sld – селадонит, Smrs – самарскит, Zrn – циркон.

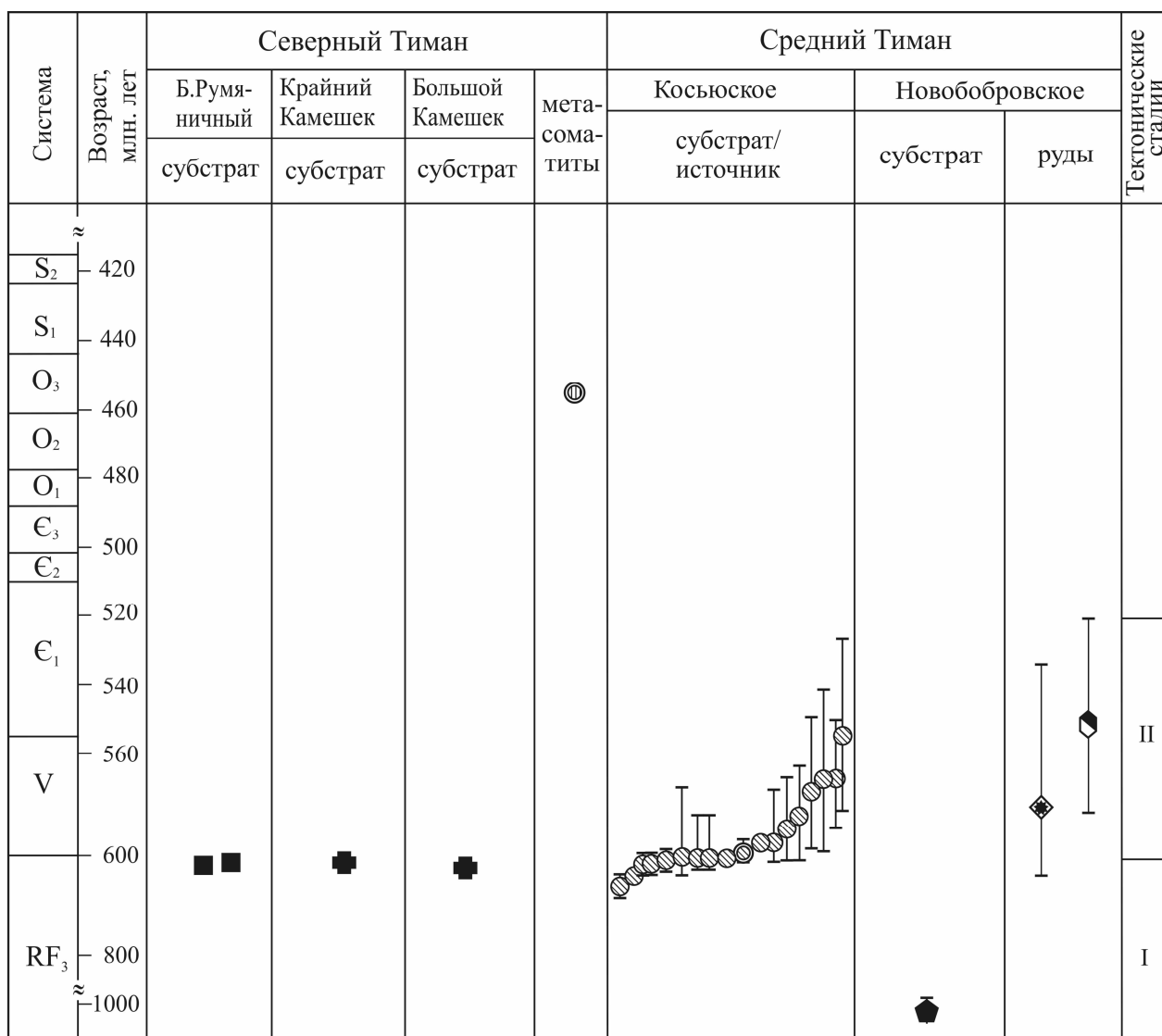
Таблица 2

Редкометалльные месторождения севера Урала и Тимана: геохронологические данные

Продолжение табл. 2



Окончание табл. 2



⊙Ar-Ar ○K-Ar △Rb-Sr ◇Sm-Nd ⊕Pb-Pb □U-Pb (ID TMS) ◊U-Pb (LA ICP MS) ▢U-Pb (SHRIMP II) ◑U-Th-Pb
 ■Amf ▨Bi ■Col ▩Flg ▬Frg ⊗Ftr ▨Fsp ▨Mnz ▨Mu ▬Smrs ▢WR ■Zrn

Примечание. Тектонические стадии даны по В.Н. Пучкову [36 и ссылки в этой работе]: 1 – рифтогенез и субдукция; 2 – коллизия (формирование тиманид); 3 – рифтогенез, 4 – спрединг (в ЦУП – метаморфизм); 5 – субдукция и диахронная коллизия (дуга-континент), формирование уралид; 6 – коллизия континент-континент (?); 7 – рифтогенез и суперплюмовый вулканизм; 8 – внутриконтинентальная коллизия; 9 – пенеппенизация; 10 – эрозия орогена; * – по разным авторам время начала рифтогенеза различное. I – плюмово-рифтогенные процессы на пассивной окраине; II – коллизия (формирование тиманид).

ховьях рек Лонгот-Юган и Немур-Юган (рис., 1–4), структурно приурочены к Лонготъюганской антиклинали и лонготъюганскому и немурюганскому разломам. Редкометалльные кварц-альбит-мусковитовые метасоматиты (микроклиновые альбититы, микроклиновые, эгирин-микроклиновые и флюорит-микроклиновые кварцевые альбититы и их разности с эгирином и флюоритом) локализованы в контактовых частях катаклазированных и разгнейсованных маломощных гранитных тел. Тела рудонасыщенных пород не имеют физически визуализированных границ. Эти тела могут быть надежно оконтурены

лишь по результатам гамма-съемки. Форма рудных тел в основном линзо- или жиллообразная. Руды фергусонит-плюмбопирохлоровые с колумбитом (самарскитом) и цирконом (малаконом). Петрохимически редкометалльные гранитоподобные метасоматиты соответствуют субщелочным гранитам, в которых содержание SiO_2 находится на уровне 73–77 мас. %, Al_2O_3 – 12–14, сумма щелочей (Na_2O+K_2O) составляет 8–10 мас. %. В этих породах наблюдается увеличение (в десятки, сотни и даже тысячи раз) содержаний F, Zr, Hf, Ta, Nb, Y, HREE, Th, U, Pb.

Анализ геохронологических данных, полученных за многолетнюю историю изучения этих месторождений (табл.1, 2), показал, что наиболее древние возрастные оценки, определенные U-Pb методом исследования единичных зерен циркона (SHRIMP II) либо его навесок (ID TIMS), как правило, хорошо согласуются с возрастом гранитоидов субстрата, в которых локализованы рудные метасоматиты [39, 40]. Четко выражен возрастной интервал 600–560–530 млн. лет. Этот интервал соответствует времени формирования коллизионных образований доуралид (тиманид) [41]. Более молодые даты, фиксируемые в каймах цирконов (SHRIMP II), либо в целых генерациях цирконов (LA ICP MS), приходятся на возрастной диапазон 515–470 млн. лет. Этот диапазон отвечает времени проявления постколлизионных рифтогенных процессов [42]. Не исключено, что на площадях развития оруденения присутствуют магматические породы именно этого этапа. Часть геохронологических данных соответствует этапу регионального метаморфизма, проявленного на рубеже около 400 млн. лет. Большинство же геохронологических данных по рудным метасоматитам, полученных K-Ar и Rb-Sr методами по минералам или валу метасоматических ореолов, тяготеет к возрастному рубежу около 300 млн. лет. Первый из этих рубежей соотносится со временем начала формирования позднепалеозойского Уральско-го коллизионного орогена [36, 42, 43], а второй – со временем развития плюмовых процессов. В позднем палеозое в этой зоне мог происходить прогрев толщ, при котором перезапускались изотопные системы минералов, слагающих рудные метасоматиты. Как известно, «заккрытие» разных изотопных систем соответствует определенным температурным интервалам. Изучение геохронологических характеристик собственно рудных минералов только началось. К настоящему времени оно проведено еще не по всем месторождениям этого рудного узла.

Полученные результаты по колумбитам (U-Pb, LA ISP MS) Лонготьюганского месторождения группируются в два возрастных уровня с большими погрешностями 608 ± 70 и 206 ± 130 . Эти определения согласуются с данными по цирконам из гранитоидов (проба отобрана из периферии месторождения) 605 ± 18 и 205 ± 70 (ID TIMS) [11]. Возраст цирконов, отобранных из рудной зоны интенсивно флюоритизированных гранитоидов, соответствует 512 млн. лет (ID TIMS) [12]. Результаты анализа данных по породам субстрата, метасоматитам и рудам свидетельствуют о том, что в этом районе проявились различные процессы, характеризующие сложную и долгую историю формирования и преобразования этих пород. Следует учитывать и то, что рифтогенных гранитоидов на Полярном Урале много, а связанных с ними месторождений не выявлено. Но именно там, где мы отмечаем присутствие и древних (605–590 млн. лет) надсубдукционных и коллизионных гранитоидов и более молодых (550–530 млн. лет) рифтогенных гранитоидов, наблюдается развитие продуктивных руд [44, 45].

На Приполярном Урале вызывает интерес рудопроявление *Кулэмшорское*, расположенное в южной части Ляпинского антиклинория. Кулэмшорский участок является полем развития катаклазированных гранитов южной части Торговско-Кефталыкского массива (рис., 5), в которых установлены аномальные содержания рудных компонентов [16, 46]. Такие породы обнажены в верховье р. Торговая (руч. Морт-Кулэм-Шор). Рудосодержащие гранитоподобные породы представляют собой преобразованные катаклазированные розовые граниты и серые сиенитоподобные породы [46, 47]. Аномальная зона линзообразной формы. Зоны развития рудосодержащих гранитоидов здесь не имеют четких физических границ и могут быть надежны оконтурены лишь по результатам гамма-съемки. Рудный комплекс представлен минералами Zr, Nb, U-Th, REE (эшинит, фергусонит, иттриалит, ксенотим, монацит, бастнезит, синхизит, кальциоанкилит, браннерит, поликраз, колумбит, Nb-рутил, бадделеит, геренит-(Y), торрианит) и развит во вскрытых в поверхностных выработках только серых сиенитоподобных породах. Петрохимически и розовые и серые породы соответствуют субщелочным гранитам, содержание SiO_2 в которых находится в пределах 67–77 мас. %, Al_2O_3 – 11–16, сумма оксидов щелочных металлов ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) составляет 8 мас. %. Серые граниты минералогически близки кварцевым сиенитам, что, возможно, обусловлено наложенным комплексом минералов (эгирина, альбита), развивающихся в трещинах катаклаза, а петрохимически – близки гранитам из-за интенсивного окварцевания пород. Содержание рудных элементов в минерализованных участках увеличивается в два-пять раз по сравнению с неминерализованными породами. Полученные нами геохронологические данные (табл.1) показывают, что гранитоиды субстрата (серые граниты) сформировались во временном диапазоне 540–530 млн. лет (U-Pb, SHRIMP RG) (время массового гранитообразования в тиманидах). В этих же породах, но из удаленной от рудной зоны пробы гранитов (розовые граниты) изотопный возраст цирконов составляет (U-Pb, SHRIMP II) 515 ± 4 млн. лет и соответствует возрастному диапазону рифтогенных гранитоидов, формирование которых происходило на постколлизионном этапе развития тиманид. По трем определениям (данные по единичным цирконам SHRIMP RG) рудная минерализация сформировалась в пермско-триасовый временной интервал 249 ± 30 млн. лет. Такие датировки соотносятся как с диафорическим метаморфизмом, так и с плюмовыми процессами [48].

На Северном Урале известны комплексное (редкоземельно-уран-торий-редкометалльное) месторождение и ряд более мелких рудопроявлений, локализованных как в гранитных субстратах, так и в перекрывающих их нижнеордовикских отложениях.

Турупинское рудное поле располагается в верховьях рек Бол. Турупья и Мал. Туяхланья (рис., 6), структурно относится к юго-восточной краевой части Ляпинского антиклинория [19, 20]. Рудопроявление локализовано в альбитизированных кварц-

серицитовых (нередко с карбонатом) породах, относимых к польинской свите среднего ордовика. Первичным субстратом этих альбитизированных кварц-серицитовых пород были вулканогенно-осадочные образования, метаморфизованные в условиях зеленосланцевой фации. Для рудных тел характерна линзообразная форма. Рудосодержащие метасоматиты имеют слюдисто-карбонат-альбит-кварцевый состав. Рудные минералы (бастнезит, колумбит, циркон) наблюдаются в слюдястых серицитовых (мусковит-фенгит) прожилках. Петрохимический состав пород сильно варьируется в зависимости от субстрата: в частности, отмечается возрастание содержания оксида натрия, находящееся в прямой зависимости с увеличением содержания рудных компонентов. Согласно геохронологическим (Rb-Sr) и палеонтологическим данным, породы субстрата относятся к среднему ордовика (табл. 1). Определение возраста рудосодержащих (бастнезит-колумбит-цирконовых) прожилков Ag-Ag методом по мусковит-фенгиту дало раннекаменноугольное значение (332 ± 2.2). Датирование химическим Th-U-Pb методом (CHIME) монацита с учетом погрешности также показало раннекаменноугольное (280.4 ± 24.3) значение.

Маньхамбовское месторождение. В границах массива Маньхамбо наблюдаются участки развития пород, насыщенных редкометалльными минералами [49]. Кроме того, отмечается несколько рудных участков в узкой полосе нижнеордовикских терригенных отложений, перекрывающих гранитный массив Маньхамбо (рис., 7).

Насыщенная редкоземельно-уран-торий-редкометалльная минерализация приурочена к интенсивно катаклазированной и милонитизированной части разреза грубообломочной терригенной толщи, выделенной в ранге рудного тольинского комплекса [50]. Минерализованные породы характеризуются изменчивым химическим составом, резким повышением содержания рудных элементов [51, 52].

Полученные за последние годы данные, в основном, касаются пород субстрата (табл.1) – гранитоидов и перекрывающих их отложений. Гранитоиды сформировались в достаточно узком интервале 520–500 млн. лет [22, 24], характеристики гранитоидов указывают на постколлизийные предрифтогенные геодинамические условия их образования.

Метатерригенные породы (конгломераты, гравелиты и песчаники) на основании данных (U-Pb, SHRIMP II) по единичным цирконам из гальки гранитоидов [25] и данных (U-Pb, LA ICP MS) по детритным цирконам из кварцито-песчаников относятся к нижнеордовикским. Присутствие цирконов с возрастными в диапазоне 540–460 (максимум 500) и 1700–1000 (максимум 1500) млн. лет [26] говорит о том, что кварцито-песчаники представляют собой продукты размыва кембрийских и раннеордовикских образований, а также более древние породы континента, прилегающего с запада к рассматриваемой части Урала. И в целом накопление толщи завершилось в пределах ордовикского времени. Относительно радиоактивно-редкометалльно-редкоземель-

ного оруденения предполагается постордовикский возраст. Более точных данных пока нет.

На Среднем Тимане известные редкоземельно-торий-редкометалльные месторождения и рудопроявления связаны с магматическими породами четласского комплекса дайковых ультраосновных пород [53, 54]. Кроме карбонатитов подобные рудные минералы отмечены и в фенитах, а также в породах жильной серии [55]. За последние годы получены геохронологические данные как по субстратам (фенитизированные песчаники, Новобобровское рудное поле) рудных метасоматитов, по породам предполагаемого источника (щелочным пикритами, Косьюское рудное поле), так и по собственно рудным минералам, Новобобровское рудное поле (табл. 1).

Косьюское месторождение (пикриты, шток карбонатитов и кварц-гетитовые, кварц-гетит-гематитовые, кварц-полевошпат-гематитовые жилы различной мощности) (рис., 11). Рудная минерализация представлена монацитом, ксенотимом, ильменорутилом, колумбитом, реже пироксеном. Согласно K-Ar данным [56], магматические породы (пикриты и карбонатиты) характеризуются широким разбросом цифр изотопного возраста – от 660 до 555 млн. лет. Принятый возраст формирования пород комплекса, установленный статистическим и изохронным методами, составляет $600 \pm 15(30)$ млн. лет. Полученные нами Ar-Ar датировки по флюопиту из щелочных пикритов имеют ранневендские значения и составляют 598.1 ± 6.2 млн. лет [32], что также подтверждает проявление плюмового импульса на окраине Восточно-Европейского континента [57].

Новобобровское месторождение. Редкометалльно-редкоземельные минералы развиты в гидротермально-метасоматических жилах (кварц-полевошпатовых и кварц-гетит-гематитовых) и фенитизированных песчаниках светлинской свиты, связанных предположительно с карбонатитами (и их производными) четласского комплекса (рис., 12). В фенитизированных песчаниках и зальбандовых частях гидротермально-метасоматических жил обнаружены рудные минералы манганколумбит, ильменорутил, пироксен, монацит, ауэрлит, ксенотим, тенгерит, гидротрит, хиблит, галенит, циркон, апатит, алланит и ферритит. Колумбиты датированы U-Pb методом (ID TIMS), но содержания урана в них оказались ничтожно малы, что не позволило корректно провести вычисления их изотопного возраста. Из кварц-гетитовых жил возраст монацита рассчитывали химическим Th-U-Pb методом. Средневзвешенная величина точечного Th-U-Pb возраста монацитов составила 527 ± 12 млн. лет, а их возраст, установленный методом построения изохроны $\text{ThO}_2^*-\text{PbO}$, оценен как 552 ± 31 млн. лет. Полученный нами Sm-Nd изохронный возраст по колумбиту, монациту и ториту – 581 ± 47 млн. лет (первичное значение $\varepsilon_{\text{Nd}} = -0.7$), в пределах погрешности он совпадает с U-Th-Pb возрастом монацитов жильной серии и с Ar-Ag возрастом щелочных пикритов, что является ещё одним указанием на генетическую связь редкометалльной минерализации с дайковы-

ми породами четласского комплекса щелочных пикритов и карбонатитов [35].

Методами U-Pb, Sm-Nd продолжают исследоваться породы субстрата и рудные минералы жильного комплекса: монацит, колумбит, торит – Новобобровского, ксенотим, торит, колумбит – Октябрьского, колумбит, торит – Верхнечугорского месторождений Среднего Тимана.

Установленный нами (U-Pb, LA ICP MS) возраст пород субстрата (Новобобровское месторождение) – кварцито-песчаников светлинской свиты [33] – соответствует среднему рифею стратиграфической шкалы докембрия. Источником сноса цирконовых зерен палео- и мезопротерозойского возраста являлся Восточно-Европейский кратон (Балтика). Возраст самого молодого зерна составляет 1067 ± 21 млн. лет и соответствует среднему рифею.

На Северном Тимане рудоносные породы относились к лейкогранит-аляскитовой формации, продуктивной на Mo, Nb, Ta оруденение, или рассматривались в ранге флюорит-редкоземельной рудной формации и формации (рибекит) микроклин-кварц-альбитовых апогранитов (рис., 8–10). Магматические породы были отнесены к габбро-сиенит-гранитному северотиманскому комплексу [29]. Оруденение локализовано в катаклазированных и милонитизированных гидротермально-метасоматических зонах мощностью первые десятки метров, в них активно проявлены процессы альбитизации (вплоть до формирования альбититов), карбонатизации и грейзенизации (мусковитизация и флюоритизация), отмечается ториевая активность. Выделенный здесь комплекс минералов связан со щелочным процессом преобразования различных магматических пород и представлен пироксеном, колумбитом, ильменорутилом, цирконом, торитом (Fe-торит, макнотом, оранжевый, монацитом, ксенотимом, редкоземельными фторкарбонатами (паризит, Y-паризит, бастнезит), Y-флюоритом (Y-церит), лов-чорритом, алланитом.

В последние годы было проведено изотопное датирование интрузивных пород по единичным зернам циркона Pb-Pb (Pb-evaporation) и U-Pb (SHRIMP II) методами [30, 31]. Изотопные данные свидетельствуют о том, что образование интрузивных пород Северного Тимана происходило в конце рифея. Согласно представлениям В. И. Степаненко [58], геодинамическая обстановка формирования пород была обусловлена проявлением плюмового импульса, как и в Четласском блоке Среднего Тимана, в котором также известны редкометалльно-редкоземельные месторождения, предположительно связанные с комплексом щелочных пикритов и карбонатитов [32, 34]. С другой стороны, выделенный нами возрастной уровень коррелируется со временем проявления магматических ассоциаций, завершающих тиманский тектогенез. Возраст редкометалльно-редкоземельного оруденения остается в области предположений. Его проявления могли быть связаны с близким по времени щелочном преобразовании магматических пород (метасоматические сиениты и альбититы) либо с их последующим приразломным дислокационным метамор-

физмом в позднеордовикское время (455 млн. лет) [29] или же с более поздними вторичными процессами, произошедшими в возрастном интервале 137–190 млн. лет, т.е. вопрос остается открытым и требует корректных изотопных доказательств.

Выводы

На основании проведенного нами анализа геохронологических данных субстратом для редкометалльных метасоматитов севера Урала (месторождения Тайкеуского рудного узла, Полярный Урал) являются гранитоиды, сформировавшиеся в течение венда-кембрия в период формирования коллизионных образований тиманид. Анализируя данные по редкометалльным метасоматитам и рудам, можно сделать вывод о том, что вещество преобразовывалось в разное время. Ранне-среднеордовикские изотопные датировки указывают на преобразование вещества в период начавшегося рифтогенеза. Каменноугольно-пермские датировки являются отражением проявления времени коллизионных процессов формирования уралит и диафтореза (отражение или проявление плюмовых процессов).

Время формирования сходного по элементному набору и минеральным формам оруденения в вулканогенно-осадочных и осадочных отложениях (Турпунское, Маньхемское рудные поля, Северный Урал), локализованных в рифтогенных образованиях нижнего и среднего ордовика, также можно соотнести с периодом становления уралит.

На Среднем и Северном Тимане редкометалльно-редкоземельные руды по имеющимся на сегодняшний день данным связаны и близки по времени образования с магматическими ультраосновными щелочными и щелочными породами, сформировавшимися при неопротерозойском плюмовом импульсе.

Работа проводится в рамках проекта 15-18-5-46 «Минерагения севера Урала и Тимана в связи с закономерностями их геологического развития, основные эпохи рудообразования» и программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-57 «Главный Уральский разлом и его обрамление как индикаторы многостадийной эволюции аккреционно-коллизионного Уральского орогена».

Литература

1. Kuznetsov N.B., Belousov E.A., Alekseev A.S., Romanyuk T.V. New data on detrital zircons from the sandstones of the lower Cambrian Brusov Formation (White Sea region, East-European Craton): unravelling the timing of the onset of the Arctida-Baltica collision // International Geology Review, 2014. DOI: 10.1080/00206814.2014.977968.
2. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Часть 1 / Н.Б.Кузнецов, А.А.Соболева, О.В.Удоротина, М.В.Герцева, В.Л.Андреичев, Н.С.Доро-

- хов // Протоуралиды, тиманиды и доордовикские гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации севера Урала и Тимано-Печорского региона. Литосфера. 2006. № 4. С. 3–22.
3. Пучков В.Н. Уралиды и тиманиды, их структурные связи и место в геологической истории Урало-Монгольского складчатого пояса // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 1–2. С. 28–39.
 4. Абсолютный возраст некоторых генетических типов гранитоидов в Харбейском блоке (Полярный Урал) / Ф.Р. Апельцин, В.И. Малышев, С.И. Зыков и др. // Советская геология. 1968. № 6. С. 89–99.
 5. Основные черты геологического строения и минерально-сырьевой потенциал Северного, Приполярного и Полярного Урала / Под ред. А.Ф. Морозова, О.В. Петрова, А.Н. Мельгунова. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. 274 с.
 6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Западно-Сибирская серия – Лист Q-42 (Салехард). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2013. 315 с. (МПР РФ, Федеральное агентство по недропользованию, ФГУП «ВСЕГЕИ», ООО «Геотекс»).
 7. Удортатина О.В. Редкометалльные комплексы Полярного Урала (геохронология и исследование включений в цирконах, Тайкеуское месторождение) / Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2007. 28 с.
 8. Фишман М.В., Андреев В.Л., Естафьева А.Д. Каталог определений возраста горных пород СССР радиологическими методами (Северо-Восток европейской части СССР, север Урала, Пай-Хой, Новая Земля). Сыктывкар: Институт геологии Коми фил. АН СССР, 1981. 181 с. (Деп. В ВИНТИ; № 531–82).
 9. Удортатина О.В., Андреев В.Л. Rb-Sr изотопное исследование пород Тайкеуского рудного узла (Полярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 2006. №. 4. С. 93–105. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО Российской АН; Вып. 120).
 10. Удортатина О.В., Ларионов А.Н. Возраст гранитоидов массива Тайкеу (Полярный Урал): U-Pb данные // Строение, геодинамика и минерогенетические процессы в литосфере: Материалы XI Международной конференции (20–22 сентября 2005 г., Сыктывкар) / Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 346–349.
 11. Удортатина О.В., Сальникова Е.Б., Саватенков В.М. и др. Датирование рудных и акцессорных минералов лонготьюганского редкометалльного комплекса (Полярный Урал): новые данные // Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы: Материалы VI Российской конференции по изотопной геохронологии (2–5 июня 2015 г., г. Санкт-Петербург) / ИГГД РАН. СПб.: Springer, 2015. С. 314–315.
 12. Удортатина О.В., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З. и др. Возраст рудоносных гранитов Лонготьюганского редкометалльного месторождения (Полярный Урал): результаты U-Pb геохронологических исследований // Изотопные системы и время геологических процессов: Материалы IV Российской конференции по изотопной геохронологии. Т. II. СПб.: ИП Коталкина, 2009. С. 227–228.
 13. Удортатина О.В., Капитанова В.А. Редкометалльное (Ta-Nb) месторождение Неудачное (Полярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 2008. № 5. С. 90–105. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО Российской АН; Вып. 124).
 14. Удортатина О.В., Андреев В.Л., Капитанова В.А., Ларионов А.Н. Редкометалльные гранитоиды (месторождение Неудачное, Полярный Урал) // Отечественная геология. 2015. № 4. С. 9–16.
 15. Удортатина О.В., Андреев В.Л. Новые данные о возрасте гранитоидов Лонготьюганского комплекса (Полярный Урал) // Происхождение магматических пород: Материалы Международного (X Всероссийского) петрографического совещания (20–22 июня 2005 г., г. Апатиты). Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2005. Т. 2. С. 269–271.
 16. Удортатина О.В., Калинин Е.П., Андреев В.Л. и др. Гранитоиды Торговско-Кефталыкского массива (Приполярный Урал): изотопно-геохимические данные // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2014. Вып. 3 (19). С. 93–104.
 17. Удортатина О.В. Rb-Sr возраст гранитоидов Кулэмшорского массива (Приполярный Урал) // Изотопное датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма: Материалы III Российской конференции по изотопной геохронологии. М.: ГЕОС, 2006. Т. 2. С. 365–368.
 18. Удортатина О.В., Кобл М.А., Варламов Д.А. Гидротермально-метасоматический циркон: геохронология рудного процесса (Кулэмшор, Приполярный Урал, Россия) // Граниты и эволюция Земли: граниты и континентальная кора: Материалы II Международной геологической конференции (17–20 августа 2014 г., г. Новосибирск). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 205–207.
 19. Никулова Н.Ю., Удортатина О.В. Альбитовые метасоматиты в ордовикской толще севера Урала // ДАН. 2008. Т. 420. №2. С. 203–207.
 20. Никулова Н.Ю., Удортатина О.В. Литохимическая диагностика исходных пород альбитовых метасоматитов редкометалльного Турупинского рудного поля (Северный Урал) // Бюл. МОИП. Отдел. геол. 2013. Т. 88. Вып. 3. С. 61–69.
 21. Удортатина О.В., Травин А.В., Вирюс А.А. Редкоземельно-редкометалльные руды (Б. Турупья, Северный Урал): время формиро-

- вания // Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.А. Шило (1913–2008). М.: (ИГЕМ) РАН, 2013. С. 171.
22. *Удортатина О.В., Андреичев В.Л.* Изотопно-геохронометрические системы в гранитоидах массива Маньхембо (Северный Урал) // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы научной конференции. Томск, 2004. Т. 1. Вып. 5. С 78–82.
 23. *Щербин С.С.* Взаимоотношение разновозрастных гранитоидов с доордовикскими осадочно-метаморфическими породами в районе Маньхембо на Приполярном Урале // Магматизм, метаморфизм и орудование в геологической истории Урала. Свердловск, 1974. С. 62–64.
 24. *Удортатина О.В., Соболева А.А., Кузнецов Н.А. и др.* Возраст гранитоидов Маньхембовского и Ильязского массивов (Северный Урал): U-Pb данные // ДАН. 2006. Т. 406. № 6. С. 810–815.
 25. *Удортатина О.В., Ларионов А.Н., Никулова Н.Ю.* U-Pb возраст цирконов гранитной гальки из отложений, перекрывающих массив Маньхембо (Северный Урал) // Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы: Материалы VI Российской конференции по изотопной геохронологии (2–5 июня 2015 г., г. Санкт-Петербург) / ИГТД РАН. СПб.: Springer, 2015. С. 312–313.
 26. *Удортатина О.В., Капитанова В.А.* Время формирования комплексных (радиоактивно-редкоземельно-редкометалльных) руд Маньхембовского рудного района (Северный Урал) // Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования: Материалы Всероссийской конф., посвященной 85-летию ИГЕМ РАН (25–27 ноября 2015 г., г. Москва). М.: ИГЕМ РАН, 2015. С. 250–251.
 27. *Душин В.А., Фауст А.В.* Рифейский гранитный магматизм и металлогения Маньхембовского блока // Региональная геология и металлогения. 2008. № 35. С. 25–33.
 28. *Душин В.А., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П.* Возраст и геодинамическая позиция гранитоидов Маньхембовского блока (Северный Урал): U-Pb и Sm-Nd изотопная систематика и геохимические ограничения // Изотопные системы и время геологических процессов: Материалы IV Российской конференции по изотопной геохронологии. Т.1. СПб.: ИП Калкина, 2009. С. 172–174.
 29. *Костюхин М.Н., Степаненко В.И.* Байкальский магматизм Канино-Тиманского региона. Л.: Наука, 1987. 232 с.
 30. *Larionov A.N., Andreichev V.L., Gee D.G.* The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica, 2004. P. 69–74.
 31. *Андреичев В.Л., Ларионов А.Н.* $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ датирование единичных кристаллов циркона из магматических пород Северного Тимана // Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты: Тезисы докладов I Российской конференции по изотопной геохронологии (15–17 ноября 2000 г., г. Москва) / ИГЕМ РАН. М.: ГЕОС, 2000. С. 26–27.
 32. *Удортатина О.В., Травин А.В.* Щелочные пикриты четласского комплекса Среднего Тимана: Ar-Ar данные // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма: Материалы XXX Международной конференции. Анталия–Москва, 2014. С. 82–84.
 33. *Удортатина О.В.* U-Pb датирование детритных цирконов из песчаников новобобровской свиты (Средний Тиман) // Геохронология и рудоносность докембрия и фанерозоя (к 110-й годовщине со дня рождения академика АН СССР Н.П.Семенов): Сборник тезисов научной конференции с международным участием (17–18 ноября 2015 г., г. Киев) / Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновского НАН Украины. Киев, 2015. С. 66–67.
 34. *Удортатина О.В., Вирюс А.А., Козырева И.В. и др.* Возраст монацитов жильной серии четласского комплекса (Средний Тиман): Th-U-Pb данные // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 3. С. 23–29.
 35. *Удортатина О.В., Казанцева М.И., Саватенков В.М.* Sm-Nd датирование рудных минералов Новобобровского месторождения (Средний Тиман) // Щелочной магматизм Земли и связанные с ним месторождения стратегических металлов / Тр. XXXIII Международной конференции (27 мая 2016 г., г. Москва)/Отв. ред. акад. Л.Н.Когарко. М.: ГЕОХИ РАН, 2016. 162 с.
 36. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: Дизайн Полиграфсервис, 2010. 280 с.
 37. *Васильев Н.В., Чевычелов В.Ю., Зарайский Г.П. и др.* Особенности тантало-ниобиевой минерализации Тайкеуского рудного узла (Полярный Урал) // ЗРМО. 2008. Ч. 137. Вып. 5. С. 1–16.
 38. *Vasilyev N.V., Chevychelov V.Yu., Zarskiy G.P., et al.* Peculiarities of tantalum-niobium mineralization of Taikousky ore cluster (the Polar Urals) // Geology of Ore Deposits. 2009. Vol. 51. №.7. P. 537–548.
 39. *Удортатина О.В.* Редкометалльная минерализация Полярного Урала: время формирования // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. №11. С. 2–4.
 40. *Удортатина О.В.* Редкометалльные месторождения севера Урала: геохронология рудного

- процесса // Благородные, редкие и радиоактивные элементы в рудообразующих системах: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием / СО РАН, Ин-т геологии и минералогии им. В.С. Соболева. [Электрон. ресурс: октябрь 2014]. Новосибирск: ИНГТ СО РАН, 2014. С. 712–715. Режим доступа: <http://shakhov.igm.nsc.ru/pdf/>, свободный. ISBN 978-5-4262-0056-2.
41. *Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Часть 2.* / Н.Б.Кузнецов, А.А.Соболева, О.В.Удоратина, М.В.Герцева, В.Л.Андреичев, Н.С.Дорохов. Позднедокембрийско-кембрийская коллизия Балтики и Арктиды // Литосфера. 2007. № 1. С. 32–45.
 42. *Первые результаты U/Pb-датирования детритных цирконов из базальных горизонтов уралид (Полярный Урал)* / А.А.Соболева, Н.Б.Кузнецов, Э.Л.Миллер, О.В.Удоратина, Дж.Герелс, Т.В. Романюк // ДАН. 2012. Т. 415. № 5. С. 570–576.
 43. *Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В.* Палеозойская эволюция Полярного Урала: Войкарский бассейн с корой океанического типа существовал не менее 65 млн. лет // Бюл. МОИП. Отдел геол. 2014. Т. 89. Вып. 5. С. 56–70.
 44. *Удоратина О.В., Зарайский Г.П.* Проблема генезиса редкометалльных месторождений Полярного Урала (Тайкеуский рудный узел) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 2005. №3. С. 140–153. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО Российской АН; Вып. 119).
 45. *Udoratina O.V., Kulikova K.V., Shuysky A.S.* Riftogenic A-type granites of the Polar Urals, Russia // Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-5055-1, 2016 EGU General Assembly 2016.
 46. *Удоратина О.В., Капитанова В.А., Варламов Д.А.* Гранитоиды Кулэмшорского массива (Приполярный Урал) // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2014. Вып. 1 (17). С. 57–70.
 47. *Калинин Е.П., Пучков В.Н.* Новые данные о геологии и редкометалльной металлогении горных пород Урала в бассейне верхней Печоры. Сыктывкар, 1968. С. 49–60. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР; Вып. 9).
 48. *Udoratina O.V., Varlamov D.A., Shevchuk S.S.* Composition of mineral-forming environment of rare metal Kulemshor mineralization (Subpolar Urals) // Alkaline Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits. Proceedings of XXXII International Conference (Apatity, 7–14 August 2015) / Editor – n-chief L.N. Kogarko. M.: GEOKHI RAS, 2015. P. 136–137. ISBN 978-5-905049-10-1.
 49. *Калиновский А.В.* Редкометалльные комплексы Маньхембовского металлогенического района на Северном Урале. Сыктывкар, 1990. 24 с. (Серия «Научные доклады» / Коми науч. центр УрО АН СССР; Вып. 228).
 50. *Павлова А.А., Нечелюстов Г.Н., Рябцев В.В.* Ториевая и урановая минерализация в породах восточного контакта гранитного массива Маньхембо и условия ее формирования // Разведка и охрана недр. 2011. № 4. С. 57–63.
 51. *Удоратина О.В., Никулова Н.Ю., Павлова А.А. и др.* Цирконы из осадочных отложений восточного контакта гранитного массива Маньхембо (Северный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 6. С. 2–8.
 52. *Удоратина О.В., Никулова Н.Ю., Варламов Д.А.* Минералогия и литохимия рудных метатепсчаников, перекрывающих гранитный массив Маньхембо (Северный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 4. С. 3–9.
 53. *Удоратина О.В., Капитанова В.А.* Редкометалльные месторождения севера Урала и Тимана: датирование минералов и пород // Петрография магматических и метаморфических горных пород: Материалы XII Всероссийского петрографического совещания (с участием зарубежных ученых). Петрозаводск, 2015. С. 366–368.
 54. *Недосекова И.Л., Удоратина О.В., Владыкин Н.В. и др.* Петрохимия и геохимия дайковых ультрабазитов и карбонатитов Четласского комплекса (Средний Тиман) // ЕЖЕГОДНИК-2010. Екатеринбург, 2011. С. 122–130. (Тр. ИГТ УрО РАН; Вып. 158).
 55. *Недосекова И.Л., Владыкин Н.В., Удоратина О.В., Ронкин Ю.Л.* Карбонатиты четласского комплекса (Средний Тиман): геохимические и изотопные данные // ЕЖЕГОДНИК-2012. Екатеринбург, 2013. С. 150–158. (Тр. ИГТ УрО РАН; Вып. 160).
 56. *Андрешев В.Л., Степаненко В.И.* Возраст карбонатитового комплекса Среднего Тимана // Рудообразование и магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1983. С. 83–87. (Тр. Ин-та геологии Коми филиала АН СССР; Вып.41).
 57. *Носова А.А.* Петрология позднедокембрийского и палеозойского внутриплитного базитового вулканизма Восточно-Европейской платформы: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук / Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН. М., 2007. 47 с.
 58. *Степаненко В.И.* Позднепротерозойский магматизм северо-восточной окраины Восточно-Европейской платформы // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: Материалы XLVII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2015. Т. 2. С. 188–191.

References

1. *Kuznetsov N.B., Belousov E.A., Alekseev A.S., Romanyuk T.V.* New data on detrital zircons from the sandstones of the lower Cambrian Brusov Formation (White Sea region, East-European Craton): unravelling the timing of the

- onset of the Arctida-Baltica collision // International Geology Review, 2014. DOI: 10.1080/00206814.2014.977968.
2. Douralskaya tectonicheskaya evoluciya severo-vostochnogo i vostochnogo obramleniya Vostochno-Evropeyskoi platformy. Statya 1. Protouralidy, timanidy i doordovikskie granitoidnye vulkano-plutonicheskie associacii severa Urala i Timano-Pechorskogo regiona [Pre-Uralian tectonic evolution of the North-East and East frame of the East-European Craton. Part 1. Preuralides, Timanides and Pre-Ordovician granitoid volcano-plutonic associations of the North Urals and Timan-Pechora region] / N.B.Kuznetsov, A.A.Soboleva, O.V.Udoratina, M.V.Gertseva, V.L.Andreichev, N.S.Dorokhov // Litosfera. 2006. № 4. P. 3–22.
 3. Puchkov V.N. Uralidy i Timanidy, ih strukturnye svyazi i mesto v geologicheskoy istorii Uralo-Mongolskogo skladchatogo poyasa [Uralides and timanides, their structural links and place in the geological history of the Ural-Mongolian fold belt] // Geology and geophysics. 2003. Vol. 44. № 1–2. P. 28–39.
 4. Absolyutnyi vozrast nekotorykh geneticheskikh tipov granitoidov v Harbeyskom bloke (Polyarnyj Ural) [The absolute age of some genetic types of granitoids in the Harbey block (Polar Urals)]/F.R.Apeltsin, V.I.Malyshov, S.I.Zykov et al. // Soviet geology. 1968. №. 6. P. 89–99.
 5. Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya i mineralno-syryevoi potencial Severnogo, Pri-polyarnogo i Polyarnogo Urala [The main features of geological structure and mineral-resources potential of the North, Subpolar and Polar Urals] / Eds. A.F.Morozov, O.V.Petrov, A.N.Melgunova. St.Petersburg, VSEGEI. 2010. 274 p.
 6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1 0000 0000 (tret'e pokolenie). Zapadno-Sibirskaya seriya. List Q-42 (Salekhard) [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 0000 0000 (third generation). West-Siberian series. Sheet Q-42 (Salekhard)]. Explanatory note. St.Petersburg, VSEGEI, 2013. 315 p.
 7. Udoratina O.V. Redkometalnye komplekсы Polyarnogo Urala (Geochronologiya i issledovanie vkluychenii v zirconah, Taikuskoe mestorozhdenie) [Rare-metal complexes of the Polar Urals (geochronology and study of inclusions in zircons from the Taikou deposit)]. Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Syktyvkar, Geoprint. 2007. 28 p.
 8. Fishman M.V., Andreichev V.L., Estafyeva A.D. Catalog opredelenii vozrasta porod SSSR radiologicheskimi metodami (severo-vostok Evropeyskoj chasti SSSR, the Severnyj Ural, Paimon, Novaya Zemlya) [Catalog of definitions of the age of rocks of the USSR by radiological methods (North-East of the European part of the USSR, North Urals, Paimon, Novaya Zemlya)]. Syktyvkar, Inst. of Geology, Komi Branch, USSR Ac. Sci. 1981. 181 p. Dep. VINITI. № 531-82.
 9. Udoratina O.V., Andreichev V.L. Rb-Sr isotopnoe issledovanie porod Taikuskogo rudnogo uzla (Polyarnyj Ural) [Rb-Sr isotope study of rocks of Taikou ore site (Polar Urals)] // Petrology and mineralogy of the North Urals and Timan. 2006. №. 4. P. 93–105. (Proc. of Inst. Of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Issue 120).
 10. Udoratina O.V., Larionov A.N. Vozrast granitoidov massiva Taikou (Polyarnyj Ural): U-Pb/dannye [Age of granitoids in the massif Taikou (Polar Urals): U-Pb/data] // Structure, geodynamics and mineragenic processes in the lithosphere. XI Intern. Conf. materials. (September 20-22, 2005, Syktyvkar) / Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Syktyvkar, Geoprint, 2005. P. 346–349.
 11. Udoratina O.V., Salnikova E.B., Savatenkov B.M. et al. Datirovanie rudnykh i akzhessornykh mineralov longotyuganskogo redkometall'nogo kompleksa (Polyarnyj Ural): novye dannye [Dating of ore and accessory minerals of Longotyugan rare-metal complex (Polar Urals): new data] // Isotope dating of geological processes: new results, approaches and perspectives: Materials of VI Russian Conf. on isotope geochronology (June 2-5, 2015, St.Petersburg) / IGGD RAS. St.Petersburg: Springer, 2015. P. 314–315.
 12. Udoratina O.V., Salnikova E.B., Yakovleva S.Z. i dr. Vozrast rudonosnykh granitov Longotyuganskogo redkometall'nogo mestorozhdeniya (Polyarnyj Ural): rezultaty U-Pb geochronologicheskikh issledovaniy [Age of bearing granites of the Longotyugan rare-metal deposit (Polar Urals): results from the U-Pb geochronologic research] // Isotopic system and time of geological processes. Materials of IV Russian Conf. on isotope geochronology. Vol. II. St.Peterburg: Katalin Indiv. Enterpr. 2009. P. 227–228.
 13. Udoratina O.V., Kapitanova V.A. Redkometall'noe (Ta-Nb) mestorozhdenie Neudachnoe (Polyarnyj Ural) [Rare-metal (Ta-Nb) deposit Unsuccessful (Polar Urals)] // Petrology and mineralogy of the North Urals and Timan]. Syktyvkar, 2008. № 5. P. 90–105. (Proc. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS; Issue 124).
 14. Udoratina O.V., Andreichev V.L., Kapitanova V.A., Larionov A.N. Redkometall'nye granitoidy (mestorozhdenie Neudachnoe, Polyarnyj Ural) [Rare-metal granitoids (deposit Unsuccessful, Polar Urals)] // Domestic geology. 2015. № 4. P. 9–16.
 15. Udoratina O.V., Andreichev V.L. Novye dannye o vozraste granitoidov longotyuganskogo kompleksa (Polyarnyj Ural) [New data on the age of granitoids of the Longotyugan complex (Polar Urals)] // The origin of magmatic rocks: Proc. of Intern. (X All-Russian) petrographic meeting (June 20-22, 2005, Apatity). Apatity: Kola Sci. Centre, RAS, Publ. House, 2005. Vol. 2. P. 269–271.
 16. Udoratina O.V., Kalinin, E.P., Andreichev V.L. et al. Granitoidy Torgovsko-Keftalyksskogo

- massiva (Pripolyarnyj Ural): isotopno-geo-himicheskie dannye [Granitoids of the Tor-govsko-Keftalyk massif (Subpolar Urals, Russia): isotope and geochemical data] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2014. Issue 3 (19). P. 93–104.
17. *Udoratina O.V.* Rb-Sr возраст гранитоидов Кулемшорского массива (Пripolyarnyj Ural) [Rb-Sr age of granitoids of the Kulemshor massif (Subpolar Urals, Russia)] // Isotope dating of the processes of ore formation, magmatism, metamorphism and sedimentation: Materials of III Russian Conf. on isotope geochronology. Moscow: GEOS, 2006. Vol. 2. P. 365–368.
 18. *Udoratina O.V., Coble M.A., Varlamov D.A.* Gydrotermalno-metasomaticheskij zircon: geochronologiya rudnogo processa (Kulemshor, Pripolyarnyj Ural, Russia) [Hydrothermal metasomatic zircon: geochronology of ore process (Kulemshor, Subpolar Urals, Russia)] // Granites and evolution of the Earth: Granites and continental crust. Materials of II Intern. Geol. Conf. (August 17-20, 2014, Novosibirsk): Novosibirsk: SB RAS Publishing House. 2014. P. 205–207.
 19. *Nikulova N.Yu., Udoratina O.V.* Al'bitovye metasomatity v ordovikskoi tolsche severa Urala [Albitite metasomatites in the Ordovician deposits of northern Urals] // DAN. 2008. Vol. 420. №. 2. P. 203–207.
 20. *Nikulova N.Yu., Udoratina O.V.* Litohimicheskaya diagnostica ishodnyh porod al'bitovyh metasomatitov redkometall'nogo Turupinskogo rudnogo polya (Severnyj Ural) [Lithochemical diagnostics of source rocks of albitite metasomatites of rare-metal Turupya ore field (North Urals)] // Bull. MOIP. Geol. Dept. 2013. Vol. 88. Issue 3. P. 61–69.
 21. *Udoratina O.V., Travin A.V., Viryus A.A.* Redkozemel'no-redkometall'nye rudy (B. Turup'ya, Severnyj Ural): vremya formirovaniya [Rare earth – rare metal ores (B. Turupya, Northern Urals): formation] // Ore formation processes: from genetic concepts to the forecast and the discovery of new ore provinces and fields. Materials of Conf. with intern. particip. devoted to 100 anniversary of academician N.A.Shilo (1913–2008). Moscow: (IGEM) RAS. 2013. P. 171.
 22. *Udoratina O.V., Andreichev V.L.* Isotopno-geohronometricheskie systemy v granitoidah massiva Man'hambo (Severnyj Ural) [Isotope-geochronometric systems in granitoids of the massif Man'hambo (Northern Urals)] // Petrology of magmatic and metamorphic complexes: Materials of sci. conf. Tomsk, 2004. Vol. 1. Issue 5. P. 78–82.
 23. *Shcherbin S.S.* Vzaimootnosheniya raznovozrastnyh granitoidov s doordoviskimi osadochno-metamorphicheskimi porodami v rayone Man'hambo na Pripolyarnom Urale [Relationship of different age granitoids with sedimentation pre-Ordovician metamorphic rocks in the vicinity of the Man'hambo in the Subpolar Urals] // Magmatism, metamorphism and mineralization in the geological history of the Urals. Sverdlovsk, 1974. P. 62–64.
 24. *Udoratina O.V., Soboleva A.A., Kuzenkov N.A. et al.* Vozrast granitoidov Man'hambovskogo and Ilyaizskogo massivov (Severnyj Ural): U-Pb dannye [Age of granitoids of the Man'hambo and Ilyaiz massifs (Northern Urals): U-Pb data] // DAN. 2006. Vol. 406. №. 6. P. 810–815.
 25. *Udoratina O.V., Larionov A.N., Nikulova N.Yu.* U-Pb возраст цирконов гранитной гальки из отложений, перекрывающих массив Man'hambo (Severnyj Ural) [U-Pb age of granite pebbles zircons from sediments overlying Man'hambo massif (Northern Urals)] // Isotope dating of geological processes: new results, approaches and perspectives: Materials of VI Russian Conf. on isotope geochronology (June 2-5, 2015, St.Petersburg) / IGGD RAS. St.Peterburg: Sprinter, 2015. P. 312–313.
 26. *Udoratina O.V., Kapitanova V.A.* Vremya formirovaniya kompleksnyh (radioaktivno-redkozemel'no-redkometall'nyh) rud Man'hambovskogo rudnogo rayona (Severnyj Ural) [Formation of complex (radioactive-rare earth-rare metal) ores of the Man'hambo mining district (Northern Urals)] // Strategic metals deposits: regularity properties, sources of substances, conditions and formation mechanisms: Materials of all-Russia conf. devoted to 85-th anniversary of IGEM RAS (November 25-27, 2015, Moscow). Moscow: IGEM RAS, 2015. P. 250–251.
 27. *Dushin V.A., Faust A.V.* Rifejskii granitnyi magmatizm and metallogeniya Man'hambovskogo blocka [Riphean granite magmatism and metallogeny of the Man'hambo block] // Regional geology and metallogeny. 2008. № 35. P. 25–33.
 28. *Dushin V.A., Ronkin Yu.L., Lepikhina O.P.* Vozrast and geodynamicheskaya pozitsiya granitoidov Man'hambovskogo blocka (Severnyj Ural): U-Pb and Sm-Nd isotopnaya sistema i geochemicheskie ogranicheniya [Age and geodynamic position of granitoids of the Man'hambo block (Northern Urals): U-Pb and Sm-Nd isotope systematic and geochemical constraints] // Isotopic system and time of geological processes: Materials of IV Russian Conf. on isotope geochronology. Vol. 1. St. Peterburg: Katalin Ind. Enterpr., 2009. P. 172–174.
 29. *Kostyukhin M.N., Stepanenko V.I.* Baikalskiy magmatizm Kanino-Timanskogo regiona [Baikal magmatism of Kanin-Timan region]. Leningrad: Nauka, 1987. 232 p.
 30. *Larionov A.N., Andreichev V.L., Gee D.G.* The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica, 2004. P. 69–74.
 31. *Andreichev V.L., Larionov A.N.* $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ датирование единичных кристаллов циркона из ма-

- gmaticeskikh porod Severnogo Timana [$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ dating of single zircon crystals from magmatic rocks of the Northern Timan] // Isotope dating of geological processes: new methods and results: Abstracts of I Russian Conf. on isotope geochronology (November 15-17, 2000. Moscow) / IGEM RAS. Moscow: GEOS, 2000. P. 26–27.
32. *Udoratina O.V., Travin A.V.* Schelochnye pikrity chetlasskogo kompleksa Srednego Timana: Ar-Ar dannye [Alkaline perites of the chetlas complex of the Middle Timan: Ar-Ar data] // Ore potential of alkaline, kimberlitic and carbonatitic magmatism: Materials of XXX Intern. Conf. Antalya-Moscow, 2014 P. 82–84.
 33. *Udoratina O.V.* U-Pb datirovanie detritnykh zirkonov iz peschanikov novobobrovskoi svity (Srednii Timan) [U-Pb dating of detrital zircons from sandstones of Novobobrovsky formation (Middle Timan)] // Geochronology and ore-bearing of the Precambrian and Phanerozoic (to 110 anniversary of academician of the Ukr.SSR Ac. Sci. Semenenko N.P.). Abstracts of sci. conf. with intern. Particip. (November 17-18, 2015, Kiev) / N.P.Semenenko Inst. of geochemistry, mineralogy and ore formation, National Ac. Sci. of the Ukraine, Kiev, 2015. P. 66–67.
 34. *Udoratina O.V., Viryus A.A., Kozyreva I.V. et al.* Vozrast monazitov zil'noy serii chetlasskogo kompleksa (Srednii Timan): Th-U-Pb dannye [Age of monazites of vein series of the chetlas complex (Middle Timan): Th-U-Pb data] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Syktyvkar. 2015. № 3. P. 23–29.
 35. *Udoratina O.V., Kazantseva M.I., Savatenkov V.M.* Sm-Nd datirovanie rudnykh mineralov Novobobrovskogo mestorozhdeniya (Srednii Timan) [Sm-Nd dating of ore minerals of the Novobobrovsk deposit (Middle Timan)] // Alkaline magmatism of the Earth and associated deposits of strategic metals. Proc. of XXXIII Intern. Conf. (May 27, 2016, Moscow) / Ed. Acad. L.N.Kogarko. Moscow: GEOHI RAS, 2016. 162 p.
 36. *Puchkov V.N.* Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy of stratigrafii, tectoniki, geodynamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and Pre-Urals (topical questions of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DezinPoligrafServis, 2010. 280 p.
 37. *Vasilyev N.V., Chevychelov V.Yu., Zairaisky G.P. et al.* Osobennosti tantalo-niobievoi mineralizatsii Taikeuskogo rudnogo uzla (Polyarnyj Ural) [Features of tantal-niobium mineralization of Taikeu ore cluster (Polar Urals)] // ZRMO. 2008. Pt. 137. Issue 5. P. 1–16.
 38. *Vasilyev N.V., Chevychelov V.Yu., Zairaisky G.P. et al.* Peculiarities of tantalium-niobium mineralization of Taikeusky ore cluster (Polar Urals) // Geology of Ore Deposits. 2009. Vol. 51. №.7. P. 537–548.
 39. *Udoratina O.V.* Redkometall'naya mineralizatsiya Polyarnogo Urala: vremya formirovaniya [Rare-metal mineralization of the Polar Urals: formation] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Syktyvkar. 2005. №. 11. P. 2–4.
 40. *Udoratina O.V.* Redkometall'nye mestorozhdeniya severa Urala: geochronologiya rudnogo processa [Rare-metal deposits of the North Urals: geochronology of ore process] // Noble, rare and radioactive elements in ore formation systems: Materials of the all-Russian sci. conf. with intern. particip. / V.S.Sobolev Inst. of Geology and Mineralogy, SB RAS. [Electronic resource: October 2014]. Novosibirsk: IPGG SB RAS. 2014. P. 712–715. Access: <http://shakhov.igm.nsc.ru/pdf/,free>. ISBN 978-5-4262-0056-2.
 41. *Douralskaya tectonicheskaya evoluciya severovostochnogo i vostochnogo obramleniya Vostochno-Evropeyskoi platformy. Statya 2. Pozdnedocembriisko-cembriyskaiya kolliziya Batiki b Arktidy* [Pre-Uralian tectonic evolution of the North-Eastern and Eastern frame of the East-European Craton. Part 2. Late PreCambrian-Cambrian Baltic – Arctida collision] / *N.B.Kuznetsov, A.A.Soboleva, O.V.Udoratina, M.V.Gertseva, V.L.Andreichev, N.S.Dorokhov* // Litosfera. 2007. № 1. P. 32–45.
 42. *Pervye rezultaty U/Pb-datirovaniya detritnykh zirkonov iz basalnykh gorizontov uralid (Polyarnyi Ural)* [The first results of the U/Pb-dating detrital zircons from the basal horizons of uralides (Polar Urals)] / *A.A.Soboleva, N.B.Kuznetsov, E.L.Miller, O.V.Udoratina, D.Gerels, T.V.Romanyuk* // DAN. 2012. Vol. 445. №. 5. P. 570–576.
 43. *Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V.* Paleozoyskaya evoluciya Polyarnogo Urala : **Voykarskiy bassein s koroy oceanicheskogo tipa suschestvoval ne menee 65 mln let** [Paleozoic evolution of the Polar Urals: Voykar basin with oceanic crust existed for at least 65 million years] // Bull. MOIP. Geol. Dept., 2014. Vol. 89, Issue 5. P. 56–70.
 44. *Udoratina O.V., Zairaiky, G.P.* Problema genesis redkometall'nykh mestorozhdenii Polyarnogo Urala (Taikeuskij rudnyj uzel) [Problem of genesis of rare-metal deposits of the Polar Urals (Taikeu ore cluster)] // Petrology and mineralogy of the North Urals and Timan. 2005. № 3. P. 140–153. (Proc. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS; Vol. 119).
 45. *Udoratina O.V., Kulikova K.V., Shuysky A.S.* Riftogenic A-type granites of the Polar Urals, Russia // Geophysical Research Abstracts. Vol. 18, EGU2016-5055-1, 2016 EGU General Assembly 2016.
 46. *Udoratina O.V., Kapitanova V.A., Varlamov D.A.* Granitoidy Kulemshorskogo massiva (Pripolyarnyj Ural) [Granitoids of Kulemshor massif (Subpolar Urals, Russia)] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2014. Issue 1 (17). P. 57–70.
 47. *Kalinin E.P., Puchkov V.N.* Novye dannye o geologii i redkometall'noy metallogenii gornyyh

- porod Urala v bassejne verhney Pechory [New data on geology and rare-metal metallogeny of rocks of the Urals in the upper basin of the Pechora]. Syktyvkar, 1968. P. 49–60. (Proc. of Inst. of Geology, USSR Ac. Sci. Komi Branch. Issue 9).
48. *Udoratina O.V., Varlamov D.A., Shevchuk S.S.* Composition of mineral-forming environment of rare metal Kulemshor mineralization (Subpolar Urals) // Alkaline Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits. Proc. of XXXII Intern. Conf. (Apatity, August 7-14, 2015) / Ed. L.N.Kogarko. Moscow: GEOKHI RAS, 2015. P. 136–137. ISBN 978-5-905049-10-1.
49. *Kalinovsky A.V.* Redkometall'nye komplekсы Man'hambovskogo metallogenicheskogo rayona na Severnom Urale [Rare-metal complexes of the Man'hambo metallogenic region in the Northern Urals]. Syktyvkar, 1990. 24 p. (Series "Scientific reports" / Komi Sci. Centre, Ural Br., USSR Ac. Sci. Issue 228).
50. *Pavlova A.A., Nechelyustov G.N., Ryabtsev V.V.* Thorievaya and uranovaya mineralizatsiya v porodah vostochnogo contacta granitnogo massiva Man'hambo i usloviya ee formirovaniya [Thorium and uranium mineralization in rocks of the Eastern contact of the granite massif Man'hambo and conditions of its formation] // Exploration and protection of the subsoil. 2011. № 4. P. 57–63.
51. *Udoratina O.V., Nikulova N.Yu., Pavlova A.A. et al.* Zircons from the sediments of the Eastern contact of the granite massif Man'hambo (Northern Urals) // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Syktyvkar. 2012. № 6. P. 2–8.
52. *Udoratina O.V., Nikulova N.Yu., Varlamov D.A.* Mineralogiya i litohimiya rudnykh metapeschanikov perekryvayuschih granitnyy massiv Man'hambo (Severnyy Ural) [Mineralogy and lithochemistry of ore metasandstones overlying Man'hambo granite massif (Northern Urals)] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Syktyvkar. 2014. № 4, P. 3–9.
53. *Udoratina O.V., Kapitanova V.A.* Redkometall'nye mectorozhdeniya severa Urala i Timana: datirovanie mineralov i porod [Rare-metal deposits of the North Urals and Timan: dating of minerals and rocks] // Petrography of magmatic and metamorphic rocks: Materials XII All-Russian petrographic meeting (with intern. particip.). Petrozavodsk, 2015. P. 366–368.
54. *Nedosekova I.L., Udoratina O.V., Vladykin N.V. et al.* Petrochimiya i geohimiya daykovykh ultrabazitov i karbonatitov Chetlaskogo kompleksa (Srednii Timan) [Petrochemistry and geochemistry of the dyke ultrabasites and carbonatites of the Chetlass complex (Middle Timan)] // Yearbook-2010. 2011. P. 122–130. (Proc. of IGG, Ural Br. RAS; Issue 158).
55. *Nedosekova I.L., Vladykin N.V., Udoratina O.V., Ronkin I.L.* Carbonatity chetlaskogo kompleksa (Srednii Timan): geochemicheskie i isotopnye dannye [Carbonatites chetlass complex (Middle Timan): geochemical and isotopic data] // Yearbook-2012. 2013. P. 150–158. (Proc. of IGG, Ural Br., RAS; Issue 160).
56. *Andreichev V.L., Stepanenko V.I.* Vozrast karbonatitovogo kompleksa Srednego Timana [Age of carbonatites complex of the Middle Timan] // Ore-formation and magmatism of the North Urals and Timan. Syktyvkar, 1983. P. 83–87. (Proc. of Inst. of Geology, USSR Ac. Sci., Komi Branch. Issue 41).
57. *Nosova A.A.* Petrologiya pozdnedokembriiskogo i paleozoyskogo vnutriplitnogo bazitovogo vulkanizma Vostochno-Evropeyskoy platformy [Petrology of Late Cambrian and Paleozoic within plate basite volcanism of the East-European platform] // Abstract of diss. ... Dr. Sci (Geol.&Mineral.) / IGEM RAS, Moscow, 2007. 47 p.
58. *Stepanenko V.I.* Pozdneproterozoyskii magmatism north-eastern okrainy Vostochno-Evropeiskoi platformy [Late Proterozoic magmatism in the north-eastern margin of the East European platform] // Tectonics and Geodynamics of continental and oceanic lithosphere: general and regional aspects. Materials of XLVII Tectonic meeting. Moscow: GEOS, 2015. Vol. 2. P. 188–191.

Статья поступила в редакцию 19.07.2016.

УДК 552. 5:551.73 (234.852)

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАПСАММИТОВ ХРЕБТА ОЧЕНЫРД (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н.Ю. НИКУЛОВА, И.В. КОЗЫРЕВА

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
Nikulova@geo.komisc.ru, Kozyreva@geo.komisc.ru

Обобщены результаты изучения вещественного состава верхнерифейско-вендских и нижнепалеозойских метапсаммитов на хребте Оченырд на северо-западе Полярного Урала. Выделены и охарактеризованы литологические разновидности метапесчаников, выявлены их геохимические особенности, сделаны предположения об источниках терригенного материала и условиях осадконакопления. Установлено, что областью образования позднерифейско-вендских метапсаммитов были тыловые области островной дуги, а основным источником обломочного материала – островодужная вулканокластическая, при переменном участии продуктов разрушения метаморфических пород древних континентов. Подтверждена связь вулканомиктовых метапесчаников из основания разреза манитаньрдской свиты с подстилающими основными вулканами, вверх по разрезу увеличивается влияние метаосадочных пород, подвергшиеся интенсивному химическому и механическому выветриванию.

Ключевые слова: метапесчаник, химический состав, обломочный материал, источники сноса, область образования, условия осадконакопления

**N.YU.NIKULOVA, I.V.KOZYREVA. THE SUBSTANCE COMPOSITION
AND FEATURES OF FORMATION OF METAPSAMMITES OF THE RIDGE
OCHENYRD (POLAR URALS)**

The geological structure of the ridge Ochenyrd in the Northwest of the Polar Urals is formed of the Late Riphean-Vendian volcanogenic-clastic complex and lying on them with angular and stratigraphic disagreement the Late Cambrian-Lower Ordovician sedimentary strata. We study the geochemical, lithological and mineralogical features of the Upper Riphean-Vendian and the Lower Paleozoic metapsammites. The lithological varieties of metasandstones are isolated and characterized, their geochemical characteristics are established, assumptions of the sources of the terrigenous material and the conditions of sedimentation are made.

Metapsammites of the Upper Riphean-Vendian are greywackes and have low degree of sedimentation maturity, their tufogenic nature proves to be true by means of modular diagrams. The area of formation of the Late Riphean-Vendian metapsammites was the rear part of the island arch, and the main source of clastic material – island arch volcanoclastics. During accumulation of sediments there were periodic changes in the composition of sources area, intensity of volcanic processes and increase in the receipt of products of washout of the sialic (continental) rocks. Presence in the metapsammites of framboidal pyrite is the evidence of formation of deposits in reductive conditions of the stagnant basin. The Lower Paleozoic metapsammites are arkoses with variable content of quartz, field spars, mica and chlorite. In the structure of metapsammites with micaceous cement of the middle part of the section of the Suite there are fragments of igneous rocks of basic and acidic composition and metasandstones of the basement, including quartzites undergone more than one cycle of weathering and accessory minerals typical of metamorphic rocks, they contain redeposited material of the ancient weathering crust. The Lower Paleozoic metapsammites were formed in stable tectonic conditions of the passive continental margin.

Keywords: metasanstone, chemical composition, detrital material, sourcelands, area of formation, sedimentation conditions

Введение

В геологическом строении хр. Оченырд, расположенного на крайнем северо-западе Полярного

Урала, принимают участие образования позднерифейско-вендского островодужного комплекса и залегающая на них с угловым и стратиграфическим несогласием позднекембрийско-нижнеордовикская

осадочная толща. Палеогеодинамические условия образования вулканитов установлены с помощью их петрохимических характеристик (Зархидзе и др., 2008 г.). Изучение литолого-геохимических особенностей, входящих в вулканогенно-терригенный комплекс метапсаммитов, в формировании которых наряду с вулканомитовым, принимает участие материал из других, внебассейновых источников, в том числе из уже сформированных блоков континентальной коры, позволяет определить состав этих источников, условия и интенсивность выветривания разрушавшихся пород и выявить характер постседиментационных преобразований метапсаммитов. Прикладное значение имеет изучение этих пород в связи с локализацией в отложениях лядгейской и оченырдской свит рудопроявлений медноколчеданной формации, Борзовско-Очетинского цинково-медно-золоторудного узла и золото-медных рудопроявлений гидротермально-метасоматического типа, связанных со становлением интрузий диоритов кызыгейского (RF_3-Vkz) комплекса. Верхнерифейские толщи, в свою очередь, являются одним из источников вещества для палеозойских терригенных пород манитаньрдской серии (E_3-O_1mn). Изучение нижнепалеозойских отложений в ходе геологической съёмки ГДП-200 (Зархидзе и др., 2008 г.) было связано с их потенциальной золотоносностью и не включало специальных литолого-геохимических исследований.

Нами проведено комплексное изучение литологических, геохимических и минералогических особенностей позднепротерозойско-вендских и раннепалеозойских метатерригенных отложений. Полученные данные по их химическому составу позволяют более детально выполнять реконструкцию палеогеографических и палеогеодинамических условий образования, сделать предположение об источниках обломочного материала, сравнить геохимические характеристики пород, развитых в зоне межформационного контакта уралид и доуралид с аналогами в других районах севера Урала.

Геологическое строение района исследований

Район исследований расположен на западном фланге Оченырдского антиклинория II порядка, в поле развития верхнерифейских метавулканитов, прорванных интрузивными образованиями основного и кислого составов (рис. 1), являющегося, в свою очередь, частью Полярноуральского антиклинория*. Оченырдский антиклинорий представляет собой крупную положительную структуру, в строении которой принимают участие в основном поздне-рифейско-вендские породы лядгейской риолит-андезибазальтовой и очетывисской андезибазальтовой формаций, а в ядре вскрываются образования манюкуяхинской (RF_3-mj) свиты. Мелководно-морские отложения манюкуяхинской свиты представлены ритмичным переслаиванием алевролитов, алевро-

песчаников, песчаников и туфопесчаников, с частыми прослоями кварц-серицит-актинолитовых, серицит-хлорит-альбитовых и кварц-альбит-хлорит-серицитовых парасланцев и редкими – порфировых пироксен-плагиоклазовых или плагиоклазовых базальтов. Основные вулканиты в составе маникуяхинской свиты представлены нормальнощелочными, умеренно- и высококалиевыми, низкоглиноземистыми и весьма низкотитанистыми разновидностями. Видимая мощность свиты составляет около 600 м.

Очетывисская свита разделена на две подсвиты. Нижняя подсвита ($RF_3o\check{c}_1$) сложена порфировыми плагиоклазовыми, пироксеновыми, плагиоклаз-пироксеновыми базальтами, андезибазальтами, реже андезитами и их туфами разной гранулометрической размерности и кластолами. Между массивными разновидностями порфировых метабазитов встречаются редкие прослои рассланцованных туфоалевролитов и мелко-среднезернистых туфопесчаников, внешне не отличимых от описанных в маникуяхинской свите. Базальты и андезибазальты нижней подсвиты фиксируют тыловую островодужную зону.

Мощность подсвиты около 1000 м. Верхняя подсвита ($RF_3o\check{c}_2$) представлена переслаиванием пироксеновых или плагиоклазовых метабазитов и их туфов псефитовой и алевропсаммитовой размерности, с туфопесчаниками, туфоалевролитами, песчаниками, алевролитами, алевритовыми и кремнистыми туфосланцами, с постепенным увеличением алевритовой составляющей и терригенной примеси к верхам разреза. Мощность верхней подсвиты около 1000 м. По петрохимическим особенностям состава породы нижней подсвиты очетывисской свиты, также как и верхней подсвиты, относятся к умереннокалиевым, низкоглиноземистым, низкотитанистым, магниево-железистым и высоко железистым разновидностям островодужных вулканитов.

Лядгейская свита (RF_3-V_2ld) представлена базальтами, андезибазальтами и андезитами, иногда миндалекаменными разновидностями, дациандезитами, дацитами и порфировыми дацитами, псаммитовыми туфами. В верхней части разреза свиты распространены риолиты, риодациты и их туфы, повсеместно присутствуют актинолит-хлорит-эпидот-пренитовые, эпидот-кварц-хлоритовые и альбит-серицит-эпидот-хлоритовые, реже кварц-хлорит-клиноцоизитовые и актинолит-кварц-эпидот-хлоритовые ортосланцы. По петрохимическим показателям отложения лядгейской свиты принадлежат к островодужным калий-натриевым и малокалиевым, низкоглиноземистым, низкотитанистым породам, развитым близи континентальных окраин. Мощность лядгейской свиты около 2000 м.

Нижнепалеозойские терригенные отложения манитаньрдской (E_3-O_1mn) серии, залегающие на различных свитах фундамента с угловым и азимутальным несогласием, слагают синклинальные складки в области водоразделов. Они представлены серыми, розовато-серыми, лиловыми и вишневыми кварцитопесчаниками, кварцитами и песчаниками, зеленовато-серыми кварц-хлорит-серицитовыми сланцами. В основании разреза фрагментар-

* Описание геологического строения района исследований приведено по данным геологической съёмки, проведенной ЗАО «Миреко» (Зархидзе и др., 2008 г.).

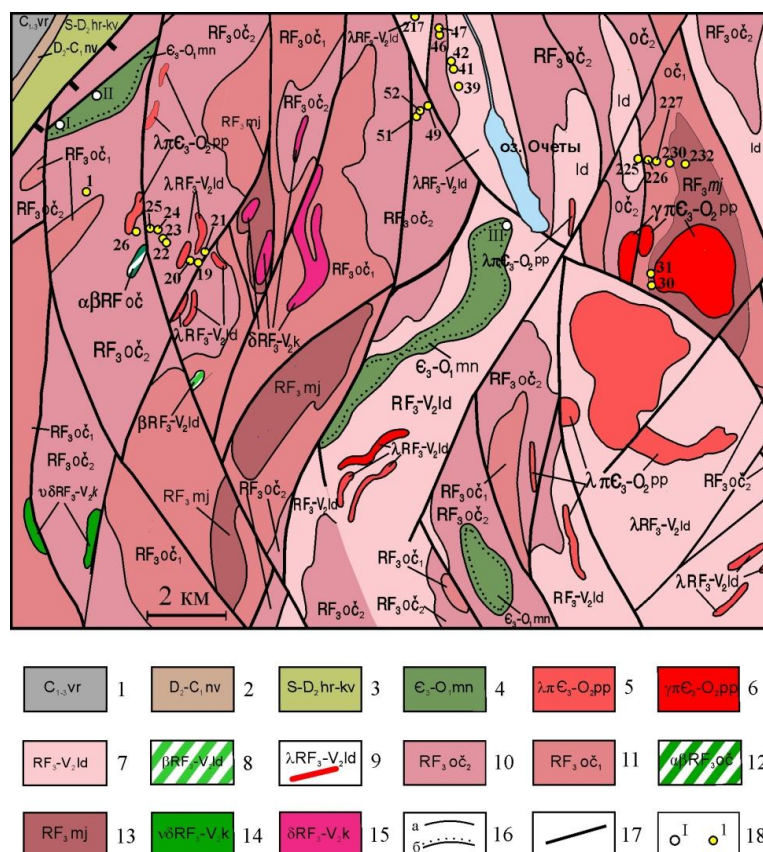


Рис. 1. Схематическая геологическая карта (по: Зархидзе и др., 2008 г.).

Условные обозначения: 1 – воргашорская свита: известняки с линзами доломитов, прослоями кремней и известняковых конглобраток; 2 – няньворгинская свита: сланцы углисто-кремнистые, известняки с линзами кремней, фтаниты, силициты, известняковые конглобратки; 3 – харотская и косвожская свиты нерасчлененные: сланцы, фтаниты, известняки; 4 – манитаньрдская серия: метапесчаники, кварцито-песчаники и кварциты, кварц-хлорит-серицитовые сланцы, редко – гравелиты, конгломераты; 5–6 – пайпудынский риолитовый комплекс: риолиты, гранит-порфиры; 7–9 – лядгейский комплекс риолит-андеизитовый: 7 – лядгейская свита: базальты, андезиты, дациты и их туфы, риолиты, риодациты и их туфы; 8 – субвулканические образования и дайки риолитов; 9 – субвулканические тела и дайки базальтов; 10–12 – очетывисская свита: 10 – верхняя подсвита: базальты, андеизиты, андезиты и их туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты, туфосланцы, песчаники, алевролиты; 11 – нижняя подсвита: базальты, андеизиты, андезиты, их туфы и кластолавы, туфоалевролиты и туфопесчаники; 12 – субвулканические образования андеизитов, дайки базальтов и андеизитов; 13 – манюкуяхинская свита: алевролиты, алевропесчаники, песчаники, туфопесчаники, прослоями сланцев, в верхней части разреза – базальты, андеизиты и их туфы; 14 – кызыгейский габбро-диорит-гранодиоритовый комплекс: габбро-диориты, диориты; 15 – геологические границы: согласные (а) и несогласные (б); 16 – разрывные нарушения; 17 – номера разрезов и точек опробования.

но присутствует базальный горизонт вулканомигматических конгломератов, мощностью до 50 м, но чаще всего эти породы выпадают из разреза, и песчаники с несогласием перекрывают породы фундамента. Верхняя часть разреза манитаньрдской серии сложена светлыми, светло-серыми крупно- и среднезернистыми кварцито-песчаниками, песчаниками и кварцитами с прослоями кварц-хлорит-серицитовых сланцев и гравелитов. На дневной поверхности небольшие блоки нижнепалеозойских пород разделены задерживаемыми интервалами, элювиальными или колювиальными развалами, и не образуют протяженных непрерывных разрезов.

Объект и методы исследования

Объектом исследования являются описанные и опробованные нами в ходе полевых работ в

2015 г. метапсаммиты манитаньрдской серии и псаммитовые породы из позднеархейско-вендских вулканогенно-терригенных толщ из коллекций А.А.Соболевой и Т.С. Каневой (рис. 1). Детальному описанию особенностей вещественного состава манитаньрдских метапсаммитов посвящена отдельная публикация [1]. В настоящей статье нами воспроизведены данные по составам пород, поскольку это позволит провести сравнение и выявить степень влияния на формирование их состава подстилающих вулканогенно-осадочных толщ, уточнить особенности развития территории. Петрографический состав пород изучался в прозрачных шлифах. Выделенная по стандартной методике (дробление, разделение на фракции) тяжелая фракция прото-лочных проб просматривалась под биноклем. Микронзондовый анализ и фотографирование пири-

тов проводились на сканирующем электронном микроскопе JSM-6400 с энергетическим спектрометром Link (оператор В.Н. Филиппов). Содержания породообразующих оксидов определялись традиционным весовым химическим методом в лаборатории Института геологии Коми НЦ УрО РАН (г.Сыктывкар). При интерпретации результатов химических анализов использованы несколько известных методик, позволяющих установить генетическую принадлежность, источники терригенного материала и палеогеодинамические условия накопления отложений [2–9].

Литолого-геохимическая характеристика метапсаммитов

Петрографическое изучение шлифов верхнерифей-вендских метапсаммитов не показало отличий между породами различных стратиграфических подразделений. По составу и структурно-текстурным характеристикам они разделяются на три литологических типа: мелкозернистые полевошпат-кварцевые (20, 21, 22, 24, 25, 46, 49, 217, 232) и мелкозернистые карбонат-кварцевые (26, 39, 41, 47, 51, 52, 227), алевросланцы (обр. 230). Мелкозернистые песчаники отличаются бластопсаммитовой структурой, сланцеватой за счет ориентировки чешуек слюдистых минералов в цементе, текстурой. Обломочная часть представлена кварцем, кислым плагиоклазом, пелитизированным калиевым полевым шпатом. Редко встречаются обломки, сложенные кварц-полевошпатовой идиоморфнозернистой породой (возможно, гранитом). Присутствуют как хорошо окатанные, так и остроугольные зерна. Обломки имеют неровные, корродированные очертания, иногда с регенерационными каймами. Часть зерен плагиоклазов замещена карбонатом (рис. 2, а). Акцессорные минералы представлены эпидотом, цирконом и апатитом. Новообразованный титанит образует как отдельные ромбической формы зерна, так и микроагрегатные скопления плохокристаллизованных зерен. Очень редко встречается

турмалин. В обр. 25 отмечено несколько фрамбоидальных зерен пирита, окруженных кварцевыми каймами (рис. 2, б). Подробное описание таких пиритов будет приведено ниже.

В составе метапесчаников манитаньрдской серии выделено три литотипа: полевошпат-кварцевые мелкозернистые (обр. 1-1, 2-1, 2-8), кварцевые с базальным слюдистым цементом (обр. 1-2, 1-6, 2-5, 2-7) и кварцитопесчаники (обр. 1-3, 1-4, 2-2, 2-3, 2-4, 3-1, 3-5, 3-7), различающиеся по составу и условиям формирования [4].

По химическому составу верхнепротерозойско-вендские метапсаммиты схожи (см. таблицу). Из нижнепалеозойских метапсаммитов к ним наиболее близки полевошпат-кварцевые метапесчаники, отличающиеся чуть меньшей щелочностью и фемичностью. Метапесчаники со слюдистым цементом и кварцитопесчаником отличаются значительно большим содержанием кремнезема и меньшим содержанием всех других породообразующих оксидов.

Минералогический анализ тяжелых фракций протоочных проб показал, что в составе верхнерифейско-вендских метапесчаников постоянно присутствуют: циркон, турмалин, лейкоксен, рутил, ильменит, пирит, апатит и гидроксиды железа. Реже встречаются эпидот, анатаз, хромшпинелид, галенит, халькопирит, гранат. В образцах метапесчаника лядгейской свиты (обр. 217) и верхней подсвиты очетвицкой свиты (обр. 25) встречены многочисленные зерна фрамбоидального пирита (рис. 3). Округлые зерна сложены мелкими шаровидными конкрециями (рис. 3, а–г), погруженными в хлоритовый или кварцевый матрикс. Часть зерен окружена корочкой, под которой угадываются контуры отдельных зерен. Там, где эта корочка отколота, вероятно, при дроблении пробы, видна микрозернистая внутренняя структура микроконкреций, сложенных ромбическими и кубическими микрокристаллами пирита, состав которых (мас. %): Fe – 41.52–44.22, S 50.60–52.07. В слюдистом и кварце-

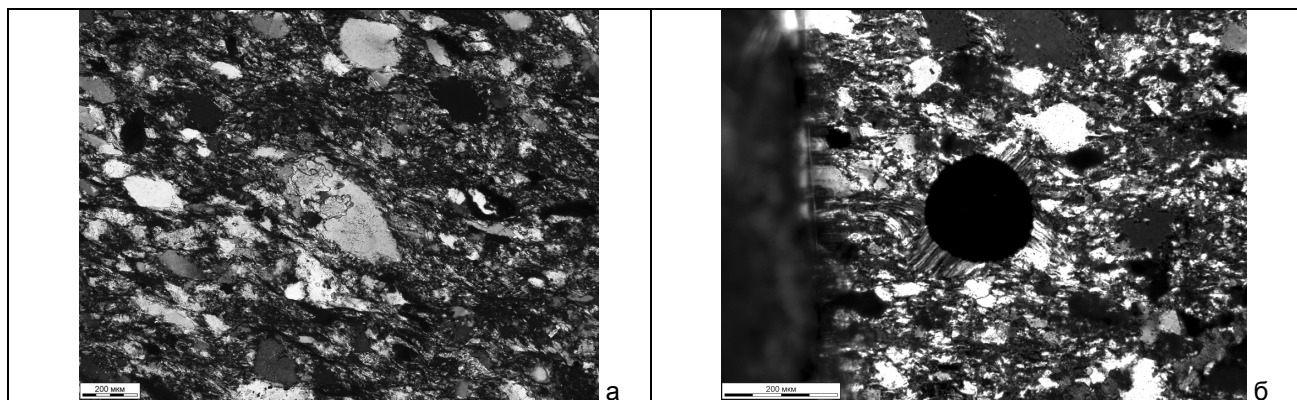


Рис. 2. Мелкозернистый метапесчаник, обр. 25: а – частично замещенное карбонатом зерно полевого шпата; б – кварцевая кайма вокруг фрамбоидального пирита. Николи скрещены.

Карбонат-кварцевые метапесчаники отличаются от описанных выше тем, что практически все плагилазы, за исключением альбита, замещены карбонатом. Карбонат-кварцевые метапесчаники распространены в составе лядгейской и очетвицкой свит.

Содержание породообразующих оксидов в метапесчаниках, мас. %

N п/п	N обр.	Возраст	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ппп	Сумма
1	1-1	Є ₃ -O ₁ mn	68.30	0.98	14.32	3.96	2.43	0.050	1.68	0.98	0.97	4.26	0.13	2.77	100.83
2	1-2		93.13	0.18	3.89	0.16	0.82	0.000	0.00	0.04	0.08	0.93	0.03	0.75	100.01
3	1-3		93.61	0.13	3.27	0.12	1.12	0.010	0.00	0.04	0.06	0.39	0.03	0.60	99.38
4	1-4		94.10	0.14	2.56	0.04	0.90	0.000	0.00	0.40	0.40	0.30	0.31	0.42	99.57
5	1-6		87.99	0.39	6.79	0.12	0.83	0.000	0.00	0.40	0.16	1.96	0.07	0.97	99.68
6	2-1		61.08	1.02	16.86	5.00	4.23	0.071	2.21	0.32	0.43	4.22	0.130	3.81	99.38
7	2-2		94.12	0.27	2.53	0.25	0.64	0.005	0.06	0.27	0.04	0.14	0.058	0.41	98.80
8	2-3		95.32	0.15	1.39	0.30	0.72	0.005	0.06	0.20	0.04	0.13	0.012	0.40	98.73
9	2-4		94.80	0.16	2.37	0.27	0.37	0.005	0.05	0.19	0.06	0.37	0.050	0.51	99.21
10	2-5		87.56	0.29	4.47	2.35	1.00	0.040	0.55	0.30	0.11	1.29	0.047	0.88	98.89
11	2-7		89.34	0.41	3.91	1.50	0.81	0.005	0.46	0.43	0.12	1.15	0.033	0.95	99.12
12	2-8		74.24	0.9	10.69	3.79	1.54	0.036	1.42	0.70	0.99	2.84	0.140	2.03	99.32
13	3-1		97.56	0.11	0.96	0.23	0.48	0.005	0.07	0.23	0.04	0.16	0.008	0.26	100.11
14	3-5		98.06	0.01	0.07	0.22	0.41	0.005	0.07	0.24	0.04	0.08	0.006	0.05	99.26
15	3-7		97.58	0.08	0.55	0.01	0.44	0.000	0.00	0.40	0.04	0.13	0.047	0.11	99.39
16	39	RF ₃ -V ₂ ld	62.20	0.90	14.95	0.88	5.27	0.11	1.96	3.74	2.80	1.78	0.11	4.92	99.62
17	41		69.50	1.06	13.87	1.03	4.92	0.06	1.84	0.20	2.68	1.43	0.10	2.66	99.35
18	217		68.45	0.88	13.59	0.91	4.99	0.08	2.25	0.80	3.04	1.33	0.09	3.44	99.85
19	20	RF ₃ oC ₂	67.40	1.08	14.38	0.95	5.99	0.07	1.90	0.52	3.27	1.17	0.11	2.94	99.78
20	21		67.90	1.03	13.29	0.62	5.71	0.07	1.98	1.30	2.60	1.43	0.09	3.15	99.17
21	22		66.52	0.97	14.42	0.79	5.38	0.06	2.17	0.60	3.79	1.19	0.11	2.85	98.85
22	24		70.52	0.88	12.15	0.77	5.44	0.06	1.99	0.40	1.94	1.60	0.08	3.14	98.96
23	25		65.22	1.04	2.18	0.82	6.07	0.11	2.64	2.30	2.28	1.11	0.1	5.01	98.97
24	26		67.65	0.87	14.65	0.09	5.49	0.07	1.83	0.91	2.70	1.64	0.09	3.35	99.34
25	49		61.05	0.92	18.13	1.32	6.21	0.06	2.92	0.18	2.10	2.74	0.12	4.17	99.92
26	51		60.03	0.79	15.77	0.98	5.45	0.13	2.45	3.51	2.16	1.70	0.08	6.35	99.40
27	52		64.74	0.82	15.72	0.84	6.05	0.06	2.61	0.18	3.85	1.33	0.09	3.24	99.52
28	46	RF ₃ oC ₁	68.38	0.89	13.93	1.09	4.94	0.07	1.83	1.04	2.76	1.31	0.11	3.25	99.60
29	47		68.56	0.99	14.36	1.15	4.91	0.08	1.76	0.94	2.26	1.78	0.10	3.20	100.08
30	227		69.52	0.51	14.28	2.74	1.65	0.04	0.73	2.18	4.58	1.30	0.14	2.32	100.00
31	230	RF ₃ mj	59.50	0.99	19.15	1.57	6.35	0.07	2.96	0.29	1.90	3.26	0.10	4.30	100.42
32	232		67.26	0.86	14.48	0.86	5.83	0.07	2.22	0.86	2.69	1.69	0.09	3.44	100.35

вом матрикс присутствуют единичные микровключения галенита и халькопирита.

Диагенетический фрамбоидальный пирит известен в осадочных породах различного возраста, образовавшихся в восстановительных условиях.

Образования такого пирита возможно в результате взаимодействия растворенного в воде железа и биогенного сероводорода, на стадии обмена поровых и придонных вод в условиях свободного доступа растворенного сульфат иона. На севере Урала

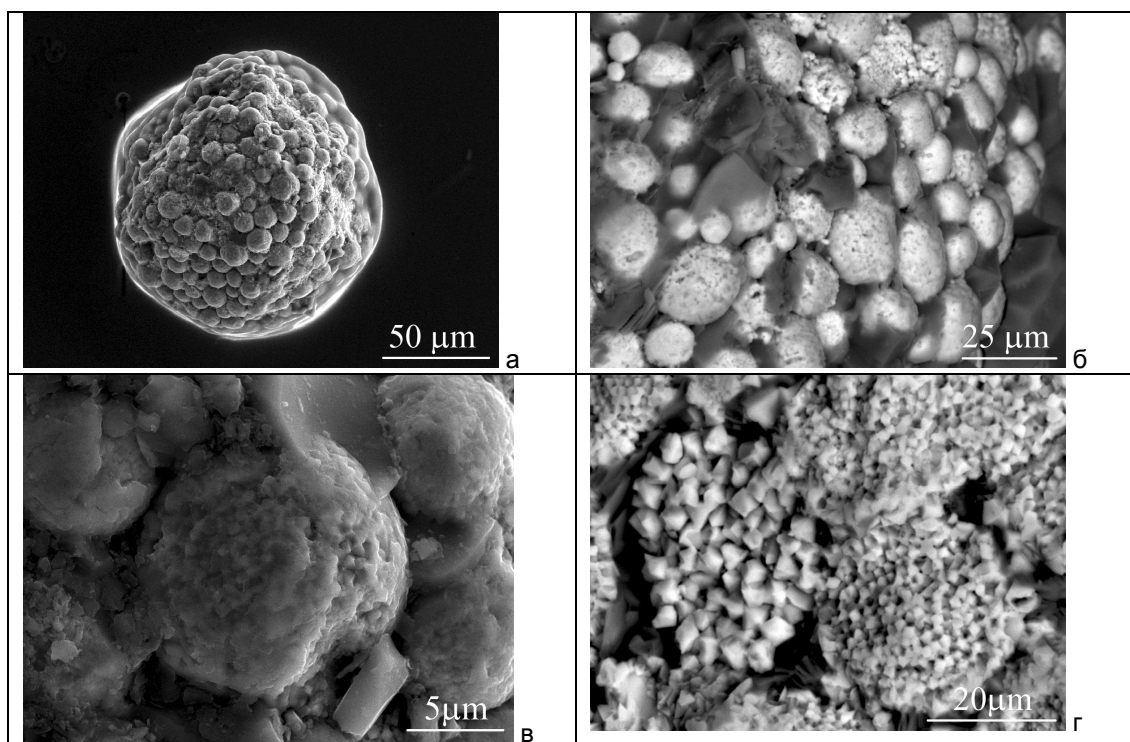


Рис. 3. Фрамбоидальный пирит, обр. 217: а – зерно, сложенное шаровидными микроконкрециями; б – шаровидные микроконкреции в хлоритовом матриксе; в – кварцевая корочка на микроконкрециях; г – ромбические микрокристаллы.

аналогичные пириты известны в породах флишовой толщи енганэпейской (V_2 – C_1 en) свиты на крыже Енганэ-Пэ (Полярный Урал) и во внутриформационных псефитах саблегорской (RF_3 – V_1 sb) свиты на хр. Сабля (Приполярный Урал) [10–11]. Присутствие фрамбоидального пирита в пространственно разобщенных и различных по времени образования толщах свидетельствует о сходных условиях формирования отложений на этапе седименто- и диагенеза.

В метапсаммитах манитаньрдской серии отмечается небольшой набор постоянно присутствующих аксессуарных минералов – лейкоксена, турмалина, циркона, гематита. В знаковых количествах в нескольких пробах встречен аутигенный кубический пирит. В метапесчаниках со слюдистым цементом отмечаются единичные зерна фуксита, граната, эпидота и амфибола. Отсутствие в тяжелой фракции титанита объясняется мелкими размерами зерен этого минерала.

На диаграмме K_2O – Na_2O [2] фигуративные точки составов верхнерифейско-вендских метапсаммитов расположены в поле граувакк, что объясняется вкладом магматических пород с натриевым типом щелочности (рис. 4 а). Исключение составили две точки, соответствующие метапесчанику верхней подсвиты очетвисской свиты (обр. 49) и алевросланцу манюкуяхинской свиты (обр. 230), попавшие в центральную часть поля аркозов. Точки метапесчаников манитаньрдской свиты, за исключением обр. 1–4, попали в поле аркозов.

Существенные различия между допалеозойскими и нижнепалеозойскими метапсаммитами хо-

рошо видны на диаграмме А–F [3], более подробно разделяющей породы по глиноземистости (А) и фемичности (F), где фигуративные точки верхнерифейско-вендских метапсаммитов расположены в поле граувакк и нижней части поля глин (рис. 4 б). В это же поле попали отличающиеся повышенной глиноземистостью вулканомитовые метапесчаники из основания манитаньрдской толщи, а в поле туффилов и пород переходных к туффитам оказались две фигуративные точки кварцитопесчаников (обр. 3–5 и 3–7), отличающихся крайне низким содержанием глинозема.

Фигуративные точки допалеозойских метапсаммитов на диаграмме $\log(Fe_2O_{3\text{общ}}/K_2O)$ – $\log(SiO_2/Al_2O_3)$ [10] располагаются в основном в поле вакков (рис. 4, в). В поле аркозов попали две точки мелкозернистых полевошпат-кварцевых песчаников. Фигуративные точки метапсаммитов манитаньрдской свиты образуют полосу тренда от железистых высокоглиноземистых до монокварцевых разновидностей, отражающую общую тенденцию повышения седиментационной зрелости осадка. Низкое содержание K_2O в кварцитопесчаниках обр. 1–3, 1–4, 2–2 отразилось на значении параметра $\log(Fe_2O_{3\text{общ}}/K_2O)$, поэтому характеризующие их точки попали в поле железистых песчаников.

На треугольной диаграмме в координатах Si–Al–Fe [7] в поле аркозов расположены фигуративные точки пород манитаньрдской свиты – метапесчаников со слюдистым цементом и кварцитопесчаников, а точки полевошпат-кварцевых песчаников – в полях субграувакк, граувакк и вне поименованных полей вдоль линии (Б–Г) гранит–базальт (рис. 4, г).

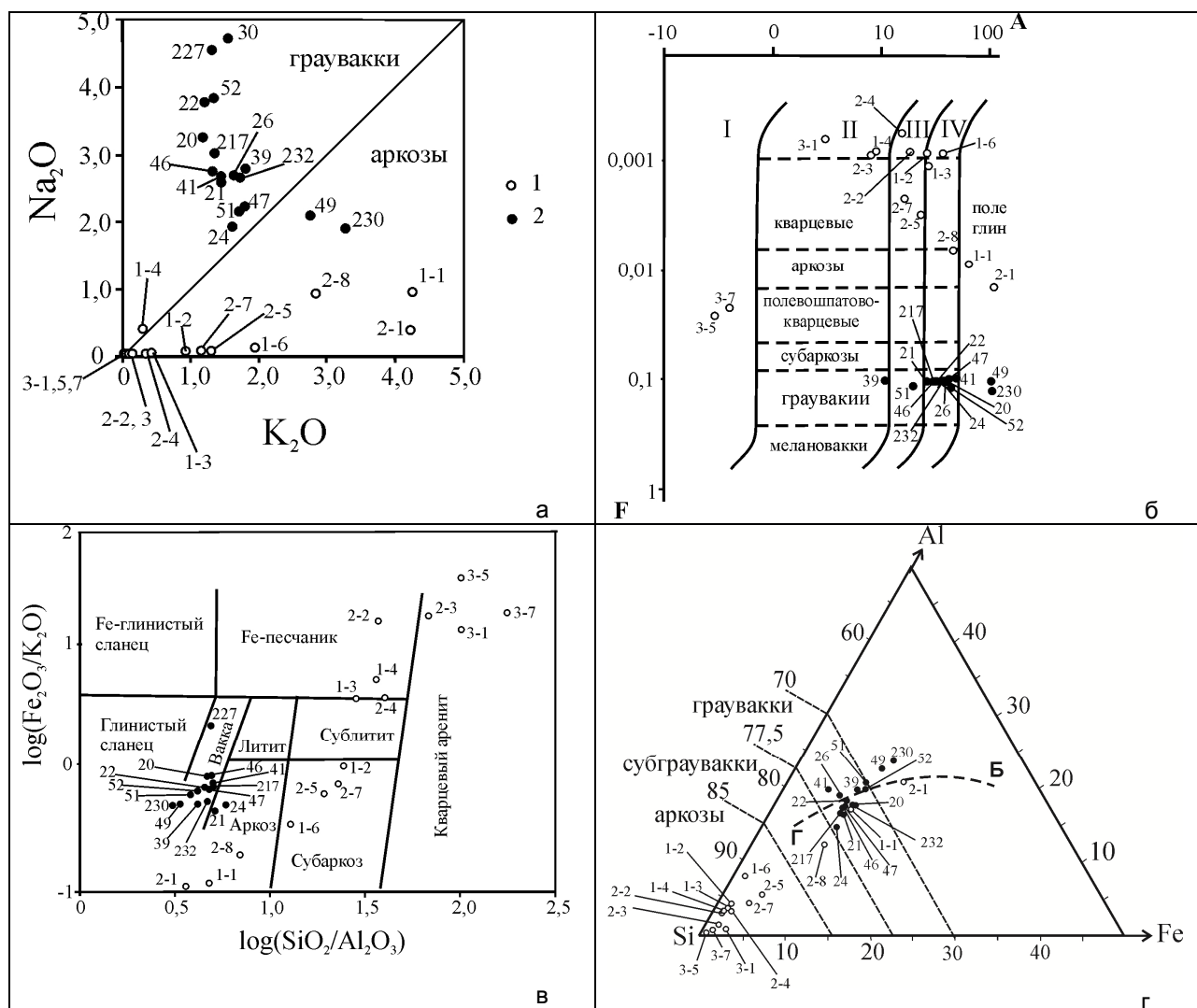


Рис. 4. Классификационные диаграммы: а – K_2O-N_2O (по [6]), где 1–3 – номера разрезов; б – $A-F$ (по [7]), где: $A=Al_2O_3-(K_2O+Na_2O+Ca_2O')$; $Ca_2O'=Ca_2O-CO_2$; $F=(Fe_2O_3+FeO+MgO)/SiO_2$, (молекулярные количества); I–IV – породы: I – переходные к туффитам и туффиты, II – малоглинистые, III – глинистые, IV – высокоглинистые; в – $\log(Fe_2O_{3общ}/K_2O)-\log(SiO_2/Al_2O_3)$ (по [10]); г – $Si-Al-Fe$ (по [11]) (атомные количества).

Такое распределение точек вдоль линии базальтового тренда отражает увеличение доли пород фундамента в составе обломочной части метапесчаников. Точки метапсаммитов фундамента расположены в поле граувакк, за исключением обр. 49 и 230, отличающихся повышенной глиноземистостью и железистостью (таблица). Эти же точки отделяются от общего массива и по содержанию K_2O (рис. 4, а). Такой характер расположения фигуративных точек может являться следствием существования двух источников обломочного материала: высококалийных и железистых вулканитов и выветрелых метаморфических пород древнего фундамента континентальных блоков.

На диаграмме F_3-F_4 [9], позволяющей установить предположительные источники поступления

обломочного материала, фигуративные точки позднерифейско-вендских метапсаммитов сконцентрированы вблизи границы полей, богатых кварцем осадочных образований и изверженных пород среднего состава (рис. 5). Большая часть точек манитаньрдской свиты вследствие аномально низких содержаний щелочей и отсутствия или аномально низких содержаний магния, оказываются далеко за пределами выделенных на диаграмме полей. Три фигуративные точки вулканомиктовых полевощпатово-кварцевых песчаников из основания манитаньрдского разреза расположены обособленно от точек допалеозойских метапсаммитов в поле богатых кварцем осадочных образований, две точки кварцевых песчаников со слюдястым цементом попали в поле изверженных пород основного состава и одна

** $F_3=30.638 \cdot TiO_2/Al_2O_3-2.54 \cdot Fe_2O_{3общ}/Al_2O_3+7.329 \cdot MgO/Al_2O_3+12.031 \cdot NaO/Al_2O_3+35.402 \cdot K_2O/Al_2O_3-6.382$;

$F_4=56.5 \cdot TiO_2/Al_2O_3-10.897 \cdot Fe_2O_{3общ}/Al_2O_3-30.875 \cdot MgO/Al_2O_3-5.404 \cdot NaO/Al_2O_3+11.112 \cdot K_2O/Al_2O_3-3.89$

точка кварцитопесчаников в поле изверженных пород среднего состава. Следует отметить, что особенности состава метापесчаников манитаньрдской свиты ставят под сомнение целесообразность использования этой диаграммы для таких пород.

Диаграммы зависимости $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ –ГМ, ГМ–НКМ, ГМ–ТМ, НКМ–ФМ, ТМ–ФМ и ТМ–НКМ (рис. 6) позволяют выявить характерные особенности, указывающие на источники вещества, условия формирования и характер постдиagenетических преобразований метасаммитов [4].

По значениям гидролизатного модуля (ГМ) кварцитопесчаники, в соответствии с классификацией Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [4], являются гиперсиликатами и характеризуются высоким уровнем седиментационной зрелости, кварцевые метапес-

чаники со слюдястым цементом относятся к супер-силитам, а фигуративные точки вулканомиктовых песчаников попадают в области миосилитов, гипо- и нормосиаллитов (рис. 6, а). В эти же области, соответствующие химически незрелым породам, содержащим слабо измененную вулканокластическую, попали все фигуративные точки верхнерифейско-венских метапсаммитов.

По значению НКМ, или коэффициента Миддлтона [8], допалеозойские метапсаммиты примерно поровну распределены вдоль значения 0.3, являющегося, по данным Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [4], критерием диагностики присутствия в породе неизмененного калиевого полевого шпата (рис. 6, б). Таким образом, максимальное количество вулканогенной примеси содержится в мелкозернистом,

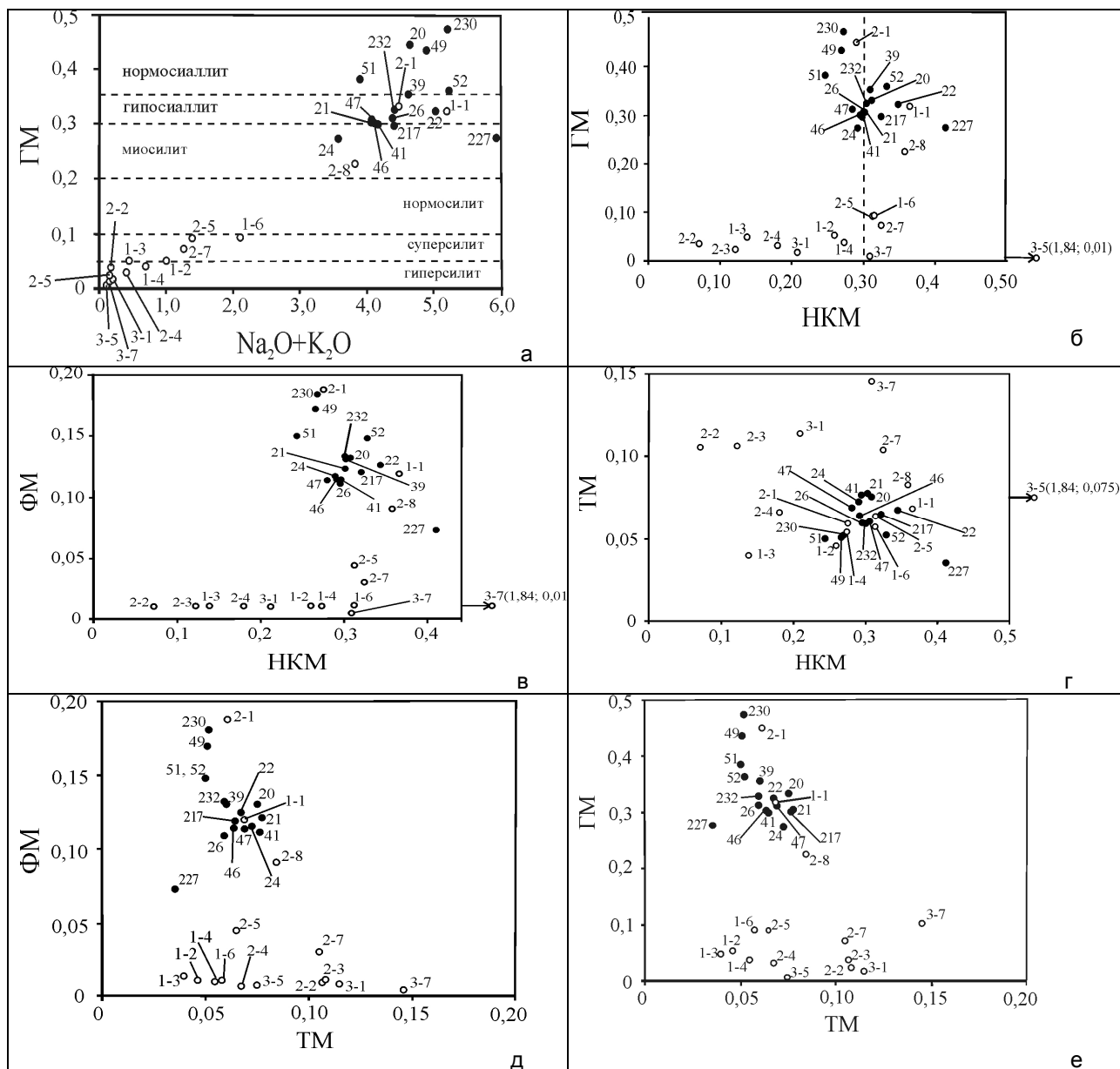


Рис. 6. Модульные диаграммы: а – $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{ГМ}$; б – $\text{ГМ}-\text{НКМ}$; в – $\text{НКМ}-\text{ФМ}$; г – $\text{ТМ}-\text{НКМ}$; д – $\text{ТМ}-\text{ФМ}$; е – $\text{ГМ}-\text{ТМ}$, где: $\text{ГМ}=\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MnO}/\text{SiO}_2$, $\text{НКМ}=\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{ФМ}=(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, $\text{ТМ}=\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (по: [8]). Условные обозначения на рис. 2.

слабо измененном метапесчанике обр. 227. Экстремально высокое значение НКМ для кварцито-песчаника обр. 3–5 является следствием низкого содержания глинозема, от которого зависит значение данного модуля.

На диаграмме, отражающей зависимость между НКМ–ФМ, условно выделяются три группы пород (рис. 6, в). К первой относятся допалеозойские и вулканомиктовые полевошпат-кварцевые песчаники из основания палеозойского разреза, характеризующиеся высокими значениями фемического модуля. Ко второй группе – нижнепалеозойские слюдястые метапесчаники, с промежуточными значениями, к третьей – кварцито-песчаники с минимальными значениями ФМ (рис. 6 в, д). По данным Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис, значения $ФМ > 0.1$ свойственны вулканокластическим грауваккам [4], что не противоречит результатам, полученным с помощью других классификаций (рис. 3). Зависимости титанистости от щелочности НКМ–ТМ нет – близкие значения ТМ имеют породы как с минимальной, так и с максимальной щелочностью (рис. 6, г).

По значению титанового модуля большинство песчаников, согласно классификации [8], относятся к нормотитанистым породам, составы четырех образцов соответствуют супертитанистому ($ТМ > 0.1$) и один – гипертитанистому (обр. 3–7) хемотипам. Значение титанового модуля нормально-титанистых метапсаммитов близко к средним значениям ТМ для песчаных пород этих стратиграфических подразделений, супер- и гипертитанистых – значительно превышает. Анализ зависимости гидролизатного и титанового модулей позволяет судить о составе источников обломочного материала, динамических условиях осадконакопления и характере эпигенетических процессов. Высокие значения ГМ и низкие значения ТМ допалеозойских метапсаммитов указывают на отсутствие динамической сортировки и обусловлены преимущественно «субстратным» фактором – присутствием туфогенного материала [12]. Повышенная титанистость четырех песчаников манитаньрдской свиты в отсутствии корреляции между значениями гидролизатного и титанового модулей (рис. 6, е) не является показателем связи с динамическими фациями седиментогенеза, а также обусловлена особенностями петрофонда.

На модульных диаграммах (рис. 6) видно, что вулканомиктовые полевошпат-кварцевые метапесчаники манитаньрдской свиты близки допалеозойским метапсаммитам по основным сравниваемым параметрам. Это подтверждает идею о том, что метапесчаники из основания палеозойского разреза являются породами первого цикла выветривания, основным источником вещества для которых были подстилающие вулканы.

Зависимость содержания и соотношения петрогенных оксидов от палеогеодинамической обстановки лучше всего отражает дискриминационная диаграмма $F1-F2^{***}$, при построении которой учи-

тывается максимальное количество оксидов и их отношений (рис. 7). На этой диаграмме метапсаммиты фундамента – манюкуяхинской, очетвицкой и лядгейской свит – распределены между полями активных континентальных окраин и континентальных вулканических дуг. По данным геологической съемки вулканы, слагающие основной объем этих свит, образовались в тыловых условиях островной дуги (Зархидзе и др., 2008).

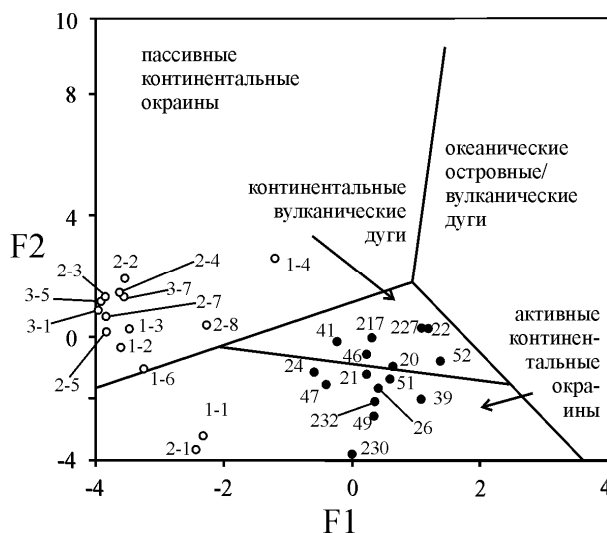


Рис. 7. Положение точек составов метапсаммитов на диаграмме $F1-F2$ (по: [9]).

Вероятно, такая картина распределения точек обусловлена поликомпонентным составом метапсаммитов, зависящим от периодических изменений области сноса, что, в свою очередь связано с изменением тектонической обстановки как в самом бассейне седиментации, так и на существующих в то время континентах. Анализ этой диаграммы в паре с диаграммой $F3-F4$ (рис. 5) показывает, что породы, в составе которых основную роль играет вулканомиктовая составляющая (изверженные породы среднего состава), попали в поле континентальных вулканических дуг. Метапсаммиты, в составе которых заметную роль играли другие источники поступления обломочного материала, в том числе материал разрушавшихся древних метаморфических пород континентальных блоков, попали в поле активных континентальных окраин. Большинство фигуративных точек метапесчаников манитаньрдской свиты попало в поле пассивной континентальной окраины. В поле активной континентальной окраины оказались две точки вулканомиктовых полевошпат-кварцевых песчаников. Если по литохимическим модулям (рис. 6) они практически не отличались от верхнерифейско-вендских пород, то на этой диаграмме (рис. 7), благодаря низким значениям параметра $F1$, они хорошо отделяются, занимая промежуточное положение между допалеозойскими и нижнепалеозойскими образованиями.

*** $F1 = 0.303 - 0.447 \cdot SiO_2 - 0.972 \cdot TiO_2 + 0.008 \cdot Al_2O_3 - 2.67 \cdot Fe_2O_3 + 0.208 \cdot FeO - 3.082 \cdot MnO + 0.14 \cdot MgO + 0.195 \cdot CaO + 0.719 \cdot Na_2O - 0.032 \cdot K_2O + 7.51 \cdot P_2O_5$;

$F2 = 43.57 - 0.421 \cdot SiO_2 + 1.988 \cdot TiO_2 - 0.526 \cdot Al_2O_3 - 0.551 \cdot Fe_2O_3 - 1.61 \cdot FeO + 2.72 \cdot MnO - 0.907 \cdot CaO - 0.177 \cdot Na_2O - 0.84 \cdot K_2O + 7.244 \cdot P_2O_5$.

Заключение

Различия химических составов верхнерифей-вендских и нижнепалеозойских метапсаммитов позволили разделить их по составу источников обломочного материала и обстановкам осадконакопления. Допалеозойские метапсаммиты, относящиеся к различным стратиграфическим подразделениям, не обнаруживают различий вещественного состава. Метапсаммиты фундамента отличаются низкой степенью седиментационной зрелости, сортированности и относятся к грауваккам, туфогенная природа которых подтверждается с помощью модульных диаграмм, демонстрирующих их генетическую связь с вулканитами. Областью образования позднеерифей-вендских метапсаммитов были тыловые области островной дуги, а основным источником обломочного материала островодужная вулканокластическая. Расположение части фигуративных точек допалеозойских метапсаммитов в поле активной континентальной окраины указывает на периодические изменения состава источников или области питания, интенсивности вулканических процессов и увеличение поступления продуктов размытия сиалических (континентальных) пород.

Подтверждением сходства условий образования метапсаммитов различных стратиграфических уровней является присутствие в них фрамбоидального пирита. Постдиагенетические процессы имеют палеогидрогенный характер и связаны с наличием легковыветривающихся пирокластических плагиоклазов. Карбонатизация, широко развитая в метапсаммитах всех допалеозойских подразделений, подтверждает сходство условий формирования разновозрастных пород, в том числе характера их диагенетических и постдиагенетических преобразований.

Метапсаммиты манитаньрдской свиты являются аркозами с различным соотношением кварца, полевых шпатов, хлорита и слюды [1]. На классификационных и дискриминационных диаграммах большинство фигуративных точек метапсаммитов манитаньрдской свиты сосредоточены в областях, отличных от допалеозойских пород. В составе метапесчаников со слюдистым цементом из средней части разреза свиты присутствуют обломки магматических пород основного и кислого составов и метаосадочных пород фундамента, в том числе перетерпевших не один цикл выветривания кварцитов и акцессорных минералов, свойственных метаморфическим породам, содержащих переотложенный материал древней коры выветривания. Ее присутствие является маркером континентального этапа развития территории, предшествовавшего накоплению прибрежно-морских кварцевых песчаников. Особенности состава, строения и положения в разрезе указывают на сходство этих метапесчаников с породами алькесвожской толщи Приполярного Урала. Кварцитопесчаники, отличающиеся наилучшей сортировкой и зрелостью обломочного материала, образовались в стабильных тектонических условиях шельфа пассивной континентальной окраины. Наиболее вероятным источником обломочного мате-

риала при их формировании были дорифейские метаосадочные породы, подвергшиеся интенсивному химическому и механическому выветриванию на палеоконтиненте. Таким образом, изменение вещественного состава метапесчаников достаточно подробно отражает разнообразие источников обломочного материала, смену областей питания и условий осадконакопления на различных этапах развития сложно построенной области седиментации.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-18-5-47.

Литература

1. *Мигдисов А.А.* О соотношении титана и алюминия в осадочных породах // *Геохимия*. 1960. № 2. С. 149–163.
2. *Никулова Н.Ю.* Базальные горизонты уралид севера Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2013. 240 с.
3. *Никулова Н.Ю.* Обломочные породы хр. Сабля (Приполярный Урал) // *Региональная геология и металлогения*. 2015. № 62. С. 49–56.
4. *Никулова Н.Ю.* Нижнепалеозойские метапесчаники хребта Оченырд (Полярный Урал) // *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*. 2016. №7. С. 33–41.
5. *Озеров В.С., Озерова Э.Н., Игнатович О.О.* Новые данные по геологии раннепалеозойских метаморфизованных россыпей золота на Севере Урала // *Уральский геологический журнал*. 2011. № 6. С. 21–28.
6. *Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.* Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536 с.
7. *Предовский А.А.* Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. Ленинград: Наука, 1980. 152 с.
8. *Юдович Я.Э., Кемприс М.П.* Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
9. *Bhatia M.R.* Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // *J. of Geology*. 1983. Vol. 91. № 6. P. 611–627.
10. *Herron M.M.* Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // *J. Sed. Petrol.*, 1988. Vol. 58. P. 820–829.
11. *Kroonenberg S.B.* Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments. *Proc. of the 29th Intern. Geol. Congress*, 1994. Part A. P. 69–81.
12. *Middleton G.V.* Chemical composition of sandstones // *Geological Society of Amer. Bull.* 1960. Vol. 71. P. 1011–1026.
13. *Roser B.P., Korsch R.J.* Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // *J. of Geology*. 1986. Vol. 94. №5. P. 635–650.

References

1. *Migdisov A.A.* O sootnoshenii titana i alyuminiya v osadochnykh porodah [Relation of titanium and aluminum in sedimentary rocks]. *Geochemistry*. 1960. No. 2. P. 149–163.

2. *Nikulova N.Yu.* Bazalnye gorizonty uralid severa Urala [Basal horizons of uralides of Northern Urals]. Ekaterinburg: Edit.-Publishing Dept., Ural Br., RAS, 2013. 240 p.
3. *Nikulova N.Yu.* Oblomochnye porody khrebta Sablya [The clastic rocks of the Sablya mountain range]. Regional geology and metallogeny. 2015, № 62. Pp. 49–56.
4. *Nikulova N.Yu.* Nignipaleozoyskie metapsammity khrebta Ochenyrd (Polarny Ural) [Lower Paleozoic metasediments in the Ochenyrd ridge (Polar Urals)]/ Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. 2016. No.7. Pp. 33–41.
5. *Ozerov V.S., Ozerova E.N., Ignatovich O.O.* Novye dannye po geologii rannepaleozoiskikh metamorfizovannykh rossypei zolota na Severe Urala [New data on geology of the Early Paleozoic metamorphized gold placers in Northern Urals]. Ural Geological J. 2011. No. 6. P. 21–28.
6. *Pettidzhon F., Potter P., Siver R.* Peski i peschaniki [Sands and sandstones]. Moscow, Mir, 1976. 536 p.
7. *Predovsky A.A.* Rekonstrukciya uslovii sedimentogeneza i vulkanizma rannego dokembriya [Reconstruction of conditions of sedimentation and volcanism in the Early Precambrian]. Leningrad, Nauka, 1980. 152 p.
8. *Yudovich Ya.E., Ketris M.P.* Osnovy litohimii [Basics lithochemistry]. St.Petersburg: Nauka, 2000. 479 p.
9. *Bhatia M.R.* Plate tectonic and geochemical composition of sandstones. J. of Geology. 1983. Vol. 91. № 6. Pp. 611–627.
10. *Herron M.M.* Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data/ J. Sed. Petrol., 1988. Vol. 58. P. 820–829.
11. *Kroonenberg S.B.* Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments. Proc. of the 29th Intern. Geol. Congress, 1994. Part A. P. 69–81.
12. *Middleton G.V.* Chemical composition of sandstones. Geol. Soc. of America Bull. 1960, Vol. 71. P. 1011–1026.
13. *Roser B.P., Korsch R.J.* Determination of tectonic setting of sandstone mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. J. of Geology. 1986. Vol. 94. №5. P. 635–650.

Статья поступила в редакцию 03.08.2016.

УДК 621.311:550.18

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПУТИ ВЛИЯНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ШТОРМОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ (Часть I)

М.И. УСПЕНСКИЙ

*Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера
Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
uspensky@energy.komisc.ru*

Работа знакомит с причинами возникновения геомагнитных штормов и их влиянием на режимы ЭЭС. Подчеркивается, что такие исследования очень важны для России, поскольку более четверти ее территории относится к Арктике, особенно подверженной влиянию геомагнитных штормов. Кроме того, смещение северного магнитного полюса от северных берегов Канады в сторону полуострова Таймыр со временем усиливает такие воздействия на электроэнергетику Севера России.

Работа состоит из двух частей. В первой части изложены физические процессы, являющиеся причиной возникновения геомагнитных штормов, и схемы воздействия на звенья ЭЭС с вероятностью возникновения аварии.

Ключевые слова: геомагнитные (солнечные) штормы, геомагнитно индуцируемые токи, электроэнергетические системы

M.I. USPENSKY. BASIC CONCEPTS AND IMPACT WAYS OF GEOMAGNETIC STORM ON POWER SYSTEM (Part I)

In northern power systems there are specific problems following with natural settings - impact of the geomagnetic storm caused by solar wind, flow of the charged particles with the magnetic field influencing magnetic field of the Earth. The most noticeable external manifestation of such processes is aurora. The earth surface electric fields cause EMFs and currents in transmission lines of power system. These processes lead to system mode violations and cause outages. The work introduces the origins of such processes and types of their impact on power system. It is emphasized that such researches are especially important for Russia as more than a quarter of its territory belongs to the Arctic especially subject to influence of geomagnetic storm. Besides, shift of North magnetic Pole from northern coast of Canada towards the Taimyr Peninsula strengthens over time such impacts on power industry of the North of Russia. The paper consists of two parts. The physical processes which are origin of geomagnetic storm, and schemes of impact on power system links with probability of accident emergence are stated in the first part.

Keywords: geomagnetic (solar) storm, geomagnetic induced currents, power systems

10 марта 1989 г. взрыв на поверхности Солнца выбросил часть своей плазмы, которая со скоростью более 1.5 млн. км/час устремилась в сторону Земли. В третьем часу 13 марта инженеры компании Hydro-Quebec дежурили как обычно, наблюдая колебания нагрузки [1]. Они не знали, что в течение получаса вся их система была атакована мощными токами, наведенными солнечным штормом. Неожиданно вышел из работы статический конденсатор реактивной мощности на подстанции Чигамамо. Через 1 мин и 15 сек произошло погашение энергосистемы Квебека с потерей 21500 МВт мощности и обесточением 6 млн. потребителей на

время от 9 до 20 ч. И несмотря на то, что предупреждения о влиянии солнечного ветра имели место и раньше [2], именно это событие явилось причиной самого пристального внимания к влиянию солнечных штормов электроэнергетических систем (ЭЭС).

Сильные солнечные штормы определяются динамическим взаимодействием магнитного поля потока заряженных частиц (солнечного ветра) с магнитным полем Земли и вызывают нарушения в нем. Согласно закону Фарадея об электромагнитной индукции они способны влиять на ЭЭС путем электромагнитного взаимодействия. В соответствии с ним изменения магнитного поля приводят к появ-

лению ЭДС в проводящих средах и токов в замкнутых цепях. Видимым проявлением колебаний в магнитном поле Земли является полярное сияние в крайних северных и южных широтах. Такие проявления и определяются как геомагнитные штормы.

В числе первых отмеченных проявлений геомагнитного шторма было их взаимодействие с телеграфными системами в Англии в 1846 г. и событие Кэррингтона в 1859 г., приводившие к полному нарушению связи в Европе и США [3]. О воздействии на ЭЭС, связанных с геомагнитными штормами, сообщалось в США в 40-х гг. прошлого века.

Одной из сторон процесса развития электроэнергетики является усиление интеграции систем по энергообъединениям, рынкам и инвестициям с расширением территории централизованного электроснабжения. Но это же приводит к росту элементов производства, транспорта и распределения электроэнергии, следовательно, к росту элементов измерения, защиты и автоматики, и, соответственно, к определенному снижению надежности ее функционирования. Другой важный современный аспект – либерализация рынка электроэнергии, т.е. рост дерегулирования и конкуренции, создание рынков электроэнергии разных региональных уровней. Здесь стремление к снижению себестоимости из-за конкуренции приводит к снижению резервов мощности на случай аварии, что ведет к снижению надежности. Третья сторона современного развития – децентрализация, т.е. появление распределенной генерации (многочисленные источники небольшой мощности на энергии ветра, Солнца, воды). Использование экологических источников снижает потребление неэкологических видов топлива (угля, газа, атомной энергии), однако усложняет управление ими из-за неопределенности производства энергии, связанной метеос условиями, и разного масштаба мощностей (мощности таких источников на один-три порядка меньше генераторов на неэкологичном топливе).

Для северных энергосистем эти проблемы усложняются также климатическими и природными условиями: резким набросом нагрузки в холодные дни, проблемами восстановления объектов системы из-за трудной доступности к элементам линий, а также наличием северных сияний – электромагнитных процессов, вызывающих дополнительные токи в длинных линиях электропередачи (геомагнитных штормов) [4]. Кроме того, наблюдаемое смещение северного магнитного полюса в направлении на п-ов Таймыр вызовет в будущем усиление влияния этих процессов на отечественные ЭЭС. Учитывая, что в России примерно четверть территории относится к Арктике, сильнее подверженной влиянию геомагнитных штормов, с одной стороны, и планы развития этого региона, включая развитие электроэнергетики [5, 6], с другой, необходимо принимать во внимание такое влияние космоса на энергосистемы. Все это определило значительный интерес отечественной науки к изучению воздействия геомагнитных штормов на работу ЭЭС в северных районах [4, 7–9, 10–12, 13–15].

1. Основные понятия по воздействию геомагнитных штормов на ЭЭС

Солнечный ветер представляет поток заряженных частиц, главным образом, протонов и электронов, испускаемых горячей солнечной короной во всех направлениях. Взаимодействие магнитных полей Солнца и потока образует межпланетный двигатель, уносящий эти потоки от Солнца. Высокоэнергетические переходные солнечные явления, например, выбросы массы короны и солнечные вспышки генерируют большие стремительные пакеты плазмы, часто приводя к интенсивному распространению волн через межзвездное пространство. Эти динамические импульсы достигают поверхности Земли в течение приблизительно трех-шести дней и могут существенно встревожить магнитосферу (область космоса, где движение заряженных частиц происходит в значительной степени под влиянием магнитного поля Земли (рис. 1)).

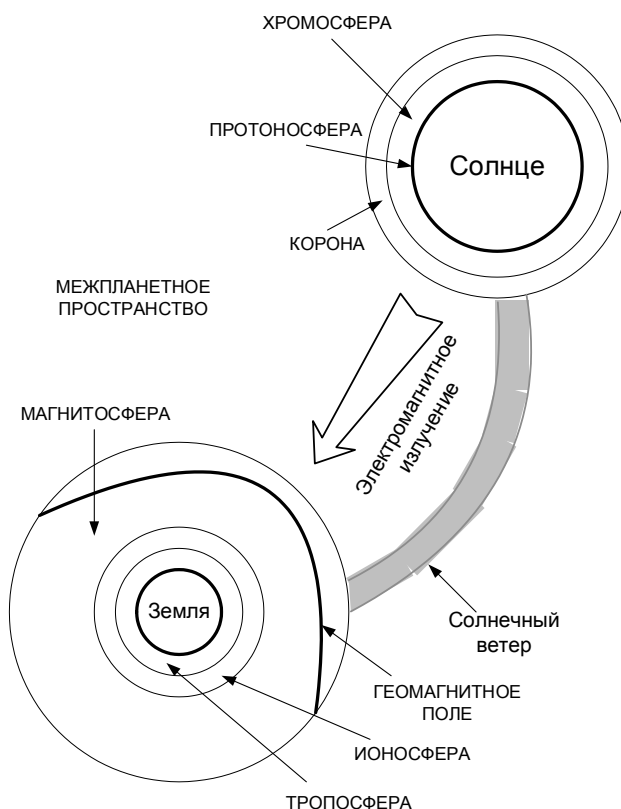


Рис. 1. Иллюстративное представление солнечного ветра, взаимодействующего с магнитосферой Земли (размеры не в масштабе).

Более низкая часть магнитосферы полойно состоит из ионосферы, части атмосферы, где электрические токи, или электроджеты*, периодически перемещаются вокруг Земли. Особенно примечательны из-за их исключительной интенсивности и устойчивости авроральные** электроджеты, большие пло-

* Поток заряженных частиц в ионосфере из-за изменения магнитного поля Земли под действием солнечного ветра.

** Относящиеся к зонам проявления полярного сияния.

ские токи, текущие в ионосфере полярного сияния вокруг геомагнитных полюсов (в районе Северного и Южного полярных кругов) на высотах приблизительно 100 км и движущиеся на запад или восток, как изображено на рис. 2. Горизонтальные ионосферные токи могут протекать на любой широте, где присутствуют горизонтальные ионосферные электрические поля, но авроральные электроджетные токи наиболее сильны и устойчивы. Этому способствуют два основных фактора. Во-первых, проводимость авроральной ионосферы обычно больше, чем в более низких широтах. Во-вторых, горизонтальное электрическое поле в авроральной ионосфере сильнее, чем в низких широтах. А поскольку интенсивность токов прямо пропорциональна векторному произведению горизонтального электрического поля и проводимости, то и токи аврорального электроджета обычно больше токов низких широт.

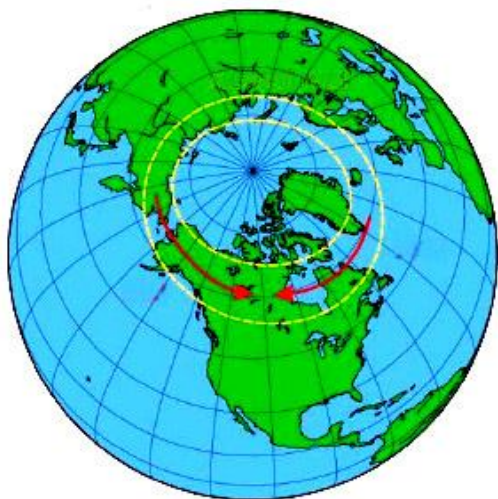


Рис. 2. Восточный (против часовой стрелки) и западный (по часовой стрелке) полярные электроджеты, протекающие вокруг северного геомагнитного полюса в овале полярных сияний (белые окружности).

В течение тихих периодов магнитных возмущений электроджет ограничен авроральным овалом. Однако в периоды нарушений он увеличивается по силе, достигая многих тысяч ампер и расширяясь как в зону высоких, так и более низких широт, что, в свою очередь, вызывает колебания в геомагнитном поле, которые называются геомагнитными нарушениями. Переходные колебания достаточной серьезности, измеряемые в наноТеслах (нТл), вызывают геомагнитные штормы. Магнитное поле Земли на полюсах составляет приблизительно 70 000 нТл. Во время серьезного шторма колебание может быть столь сильным (более 300 нТл/мин.), что стрелки компаса заметно отклоняются.

Различные институты по изучению космической погоды выдают ее состояние и прогноз в одной из общепринятых оценок интенсивности магнитного поля: индексы G_r , K_p и A_p (табл.1). Индекс K_p колеблется от 0 до 9 и основывается на макси-

мальном изменении магнитного поля в 3-часовом интервале. Индекс A_p (известный также как Dst) колеблется от 0 до -400 нТл и является 24-часовым индексом, полученным по 8-дневным индексам K_p . Значения K_p от 0 до 4 (A_p от 0 до -7) представляют слабое геомагнитное воздействие, оценки K_p от 5 до 6 (A_p от -30 до -50) показывают незначительный шторм. Серьезный шторм определяется пределами K_p от 7 до 9 (A_p от -100 до -400). Однако для электроэнергетических компаний более важно знать производную геомагнитного поля по времени за несколько минут, потому что она определяет значение геомагнитно индуцированного тока (ГИТ) [16]. Большие величины K_p или A_p , в целом, непосредственно не переводимы в большие ГИТ и являются только косвенным показателем прогноза или индикатором геомагнитных нарушений, которые будут влиять на ЭЭС.

Солнечная активность, в целом, приблизительно следует 11-летнему циклу. Текущий цикл на-

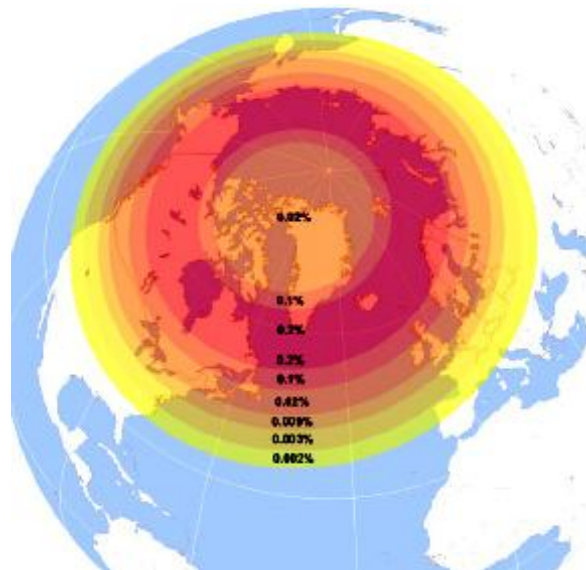


Рис. 3. Вероятность (вычисленная по 22-летнему циклу) геомагнитного шторма с уровнем изменения поля более 300 нТл в минуту.

чался в январе 2009 г. Геомагнитная активность также циклична, и обычно ее самый высокий пик отстает от пика солнечного цикла на три-пять лет [16]. Но следует указать, что серьезный шторм может произойти в любое время в период цикла, как доказано нарушением от 13 марта 1989 г. Уместно также упомянуть, что не каждое солнечное событие приводит к нарушениям на Земле. Это делает прогнозирование штормов на основе наблюдения за Солнцем очень трудным.

Поскольку авроральные электроджеты более сильны в северных широтах, механизм генерирования геомагнитных токов в энергосистемах представляет больший интерес для Канады, России, Скандинавии и северной части США (в Северном полушарии). Более южные области тоже могут быть подвержены этому влиянию во время интенсивных магнитных штормов. На рис.3 показана вероятность возникновения (в единицу времени) интенсивности

Таблица 1

Единицы интенсивности магнитного поля

Значения шкалы G и соответствующие им значения индексов	Название	Проявления	Широта северного сияния
K_p и A_p G_0 , $K_p < 5$, $A_p < -8 $	Без шторма	Геомагнитная обстановка от спокойной до возмущенной (ярко выраженного влияния не замечено).	В высоких широтах ($> 65^\circ$).
G_1 , $K_p = 5$, $A_p = -8-30 $	Слабый шторм	Незначительные сбои в работе энергосистем. Изменения путей миграции животных и птиц.	На географической широте С.Петербурга [магнитная широта = 56.1°].
G_2 , $K_p = 6$, $A_p = -31-50 $	Средний шторм	В энергосистемах, расположенных в высоких широтах, могут происходить сбои напряжения. Длительный геомагнитный шторм может вызвать неполадки на трансформаторных подстанциях.	На географической широте Пскова [магнитная широта = 54°].
G_3 , $K_p = 7$, $A_p = -51-100 $	Умеренный шторм	Возникновение перенапряжений в промышленной электросети. Ложные срабатывания автоматики. Кратковременные сбои GPS-навигации и низкочастотной радионавигации. Перебои коротковолновой связи.	На широте Риги [магнитная широта = 51°], Москвы [магнитная широта = 51.8°].
G_4 , $K_p = 8$, $A_p = -101-400 $	Сильный шторм	Широкомасштабное возникновение перенапряжений в промышленной электросети. Повсеместное ложное срабатывание в работе аварийных защитных систем. Коротковолновая связь неустойчива. GPS-навигация ухудшается на несколько часов. Средневолновая радионавигация отсутствует.	На широте Минска [магнитная широта = 50°].
G_5 , $K_p > 8$, $A_p > -400 $	Очень сильный шторм	Могут возникнуть повсеместные проблемы с регулировкой напряжения промышленной электросети и проблемы в работе защитных систем. Энергосистемы в целом и трансформаторные подстанции в частности могут полностью выйти из строя или отключиться (наведенные токи могут достигать сотен ампер). Все виды электромагнитной связи отсутствуют.	На широтах Варшавы [магнитная широта = 46.7°], Бреста [магнитная широта = 47°], Гомеля [магнитная широта = 48°].

нарушения более 300 нТл/мин. в виде окружностей с центром в магнитном полюсе, как функцию широты в Северном полушарии, из которого видно, например, что при перемещении из Канады в южную часть Соединенных Штатов вероятность возникновения нарушений уменьшается приблизительно на два порядка [17].

При геомагнитных нарушениях Земля, являясь проводящей сферой, подвергается влиянию изменяющегося во времени магнитного поля, особенно в зонах вблизи электроджетов. Следовательно, эти зоны Земли будут обладать наведенным градиентом электрического потенциала. Значения потенциала поверхности Земли (ППЗ) в диапазоне 1–7 В/км могут возникнуть во время чрезвычайно серьезных геомагнитных штормов в областях высоких широт и при низкой проводимости поверхности, такой как у пластов магматической породы или в прибрежных зонах (см. табл. 2). Из-за несоответствия северного магнитного с северным географическим полюсом в настоящее время области Северной Америки с низкой наземной проводимостью особенно восприимчивы к высоким значениям ППЗ, и ЭЭС там с большей вероятностью подвергаются влиянию геомагнитных нарушений. Для учета этой характеристики составлена карта сопротивлений земной поверхности Северо-Востока европейской части России (рис. 4) на основе геологической карты грунтов и их сопротивлений (табл. 2). Другими воздействиями, такими как напряжения, вызванные изменением геомагнитных потокоцеплений поля с проводниками линии передачи, можно пренебречь по сравнению с ППЗ и последующими от

него действиями, поскольку идеальный источник напряжения, включенный между заземленной нейтралью звезды трансформатора системы замыкается по земле, заставляя ГИТ течь между нейтральными.

Период переменного геомагнитного поля, а, следовательно, ППЗ и ГИТ, обычно составляет 6 и более минут. Таким образом, в аналитических целях, и по сравнению с промышленной частотой 50 Гц, ГИТ может рассматриваться как квазипостоянный ток. На рис. 5 показан простой пример такой цепи. Нужно подчеркнуть, что геологическая структура может значительно влиять на электрическое поле (и соответствующий эквивалентный источник ЭДС) в земле даже при одинаковом геомагнитном изменении поля в ионосфере над большой площадью. Это усложняет точное моделирование влияния геомагнитных нарушений на ЭЭС, так как требуется знание состава поверхности земли на глубину от нескольких десятков до нескольких сотен километров [18].

Поскольку электроджеты протекают параллельно в направлении восток – запад (см. рис. 2), основной компонент ППЗ имеет такую же ориентацию, и в некоторых публикациях полагают, что только этот случай следует учитывать при моделировании влияния на системы. Однако, как сообщается в работе [19], из-за сложности электромагнитной динамики индукции фактически необходимо рассмотреть также и другие ориентации поля, поскольку такое может произойти на практике.

Кроме того, более длинные линии обычно подвергаются большему значению ГИТ, так как градиент ППЗ интегрируется на большем расстоянии, определяя большую эквивалентную ЭДС постоян-

Таблица 2

Величины расчетного электрического удельного сопротивления грунта [4]

Грунт	Удельное сопротивление, среднее значение, Ом·м	Грунт	Удельное сопротивление, среднее значение, Ом·м
Асфальт	200-3200	Известняк (внутри)	5-4000
Базальт	2000	Ил	30
Бентонит (сорт глины)	2-0	Каменный уголь	150
Бетон	40- 1000	Кварц	15000
Вода:		Кокс	2,5
морская	0,2	Лёсс (желтозем)	250
прудовая	40	Мел	60
равнинной реки	50	Мергель:	
грунтовая	20-60	обычный	150
Вечномерзлый грунт (многолетнемерзлый грунт)		глинистый (50 –75% глинистых частиц)	50
Вечномерзлый грунт – талый слой (у поверхности летом)	500-1000	Песок:	
Вечномерзлый грунт (суглинок)	20000	сильно увлажненный грунтовыми водами	10-60
Вечномерзлый грунт (песок)	50000	умеренно увлажненный	60-30
Глина:		влажный	130-400
влажная	20	слегка влажный	400-1500
полутвердая	60	сухой	1500-4200
Гнейс разложившийся	275	супесь (супесок)	150
Гравий:		Песчаник	1000
глинистый, неоднородный	300	Садовая земля	40
однородный	800	Солончак	20
Гранит	1100-22000	Суглинок:	
Гранитный гравий	14500	сильно увлажненный грунтовыми водами	10-60
Графитовая крошка	0,1-2	полутвердый, лессовидный	100
Дресва (мелкий щебень/крупный песок)	5500	при температуре минус 5° С	150
Зола, пепел	40	Супесь (супесок)	150
Известняк (поверхность)	100-10000	Сланец	10-100
Сланец графитовый	55	Чернозём	60
Супесь (супесок)	150	Щебень:	
Торф:		мокрый	3 000
при температуре 10° С	25	сухой	5 000
при температуре 0° С	50		

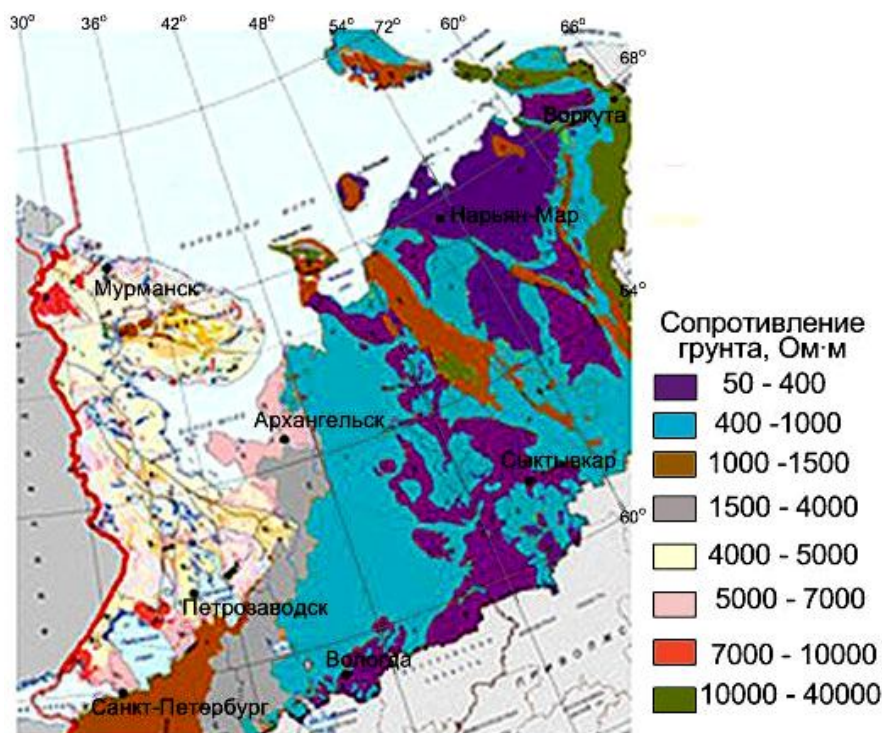


Рис. 4. Сопротивления грунтов Северо-Востока европейской части России.

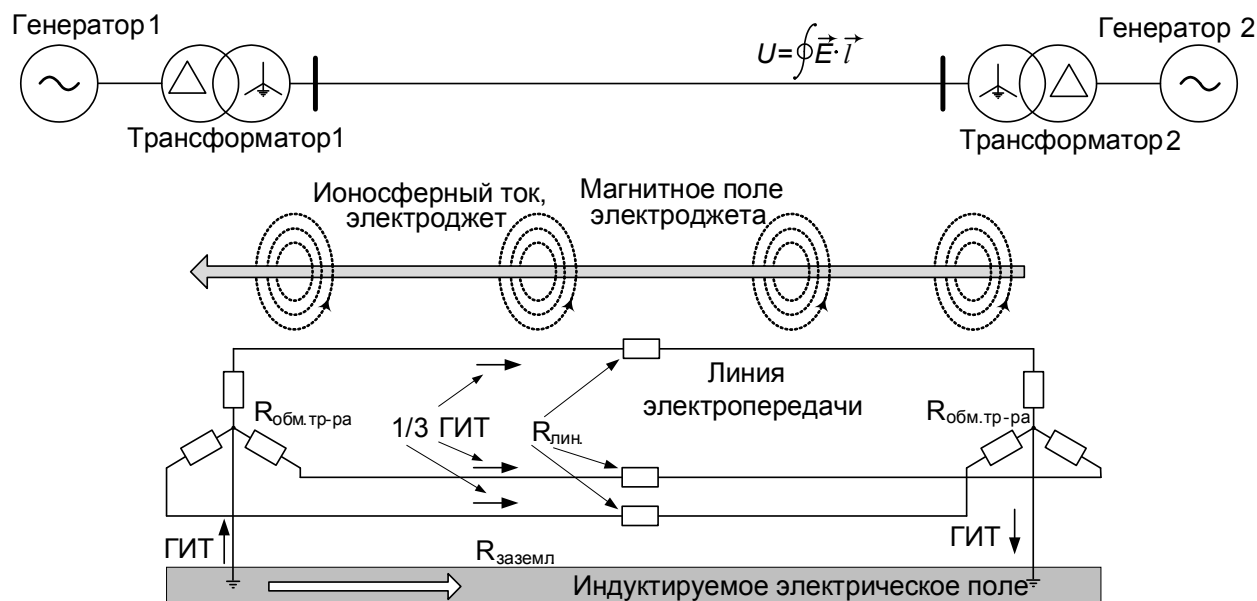


Рис. 5. Формирование ГИТ в линии электропередачи через заземленные нейтрали трансформаторов и схема замещения для расчета ГИТ.

ного тока. Заметим, что этот аспект (вместе с относительным расстоянием до прибрежных районов) представляет один из факторов влияния на величину ГИТ.

Еще один фактор, особенно важный для России и, в частности, для Республики Коми, связан с перемещением магнитного полюса (табл. 3 и рис. 6, включающий позиции полюса в 1994, 2000, 2005, 2010, 2015 гг. и прогноз на 2020 г., а также пунктир-

Таблица 3

Смещение магнитного полюса Земли [10]

Год	Северная широта, градусы	Западная долгота, градусы
2000	81	109.6
2005	83.1	118.2
2010	85	132.8
2015	86.3	160
2020	86.5	184
2045	79	250

ные дуги нижней границы овала полярных сияний с указанием года). Из-за этого смещения ежегодно увеличивается территория России в овале полярных сияний, в связи с чем растет вероятность сильного магнитного шторма в этой зоне. Пунктирные дуги на рис. 6 показывают изменение этого овала с 1994 по 2020 г. На европейском Северо-Востоке граница отступает из района Архангельска примерно до района Кирова, т.е. вся территория Архэнерго и Комиэнерго оказывается в зоне заметного воздействия геомагнитных штормов.

2. Способы воздействия геомагнитных штормов на ЭЭС

Практически все проблемы работы энергетического оборудования и релейной защиты из-за ГИТ связаны с полупериодным насыщением сило-

вых и измерительных трансформаторов и многочисленными побочными эффектами, вызываемыми таким насыщением. Во время нормальной работы трансформатора существует почти линейное соотношение между его напряжениями ввода/вывода и токами. Однако при его насыщении, которое может быть порождено ГИТ, работа магнитной схемы стального сердечника трансформатора смещена столь сильно, что его работа во время половины периода переменного тока происходит чрезвычайно нелинейно. Насыщение в один из полупериодов переменного тока зависит от знака смещения постоянным током. Независимо от его полярности такое явление может приводить к ряду проблем, связанных с ростом потребления реактивной мощности силовым трансформатором и генерацией четных и нечетных гармоник существенной интенсивности в систему. Это – критическая проблема, потому что релейная защита устройств регулирования напряжения, таких как конденсаторные батареи, подвержена их неправильному отключению из-за появившихся гармоник. При этом сеть теряет часть емкостной мощности компенсации, когда нагрузка по реактивной мощности резко увеличивается. Для сетей с длинными линиями передачи (в диапазоне сотен километров) серьезность ситуации, кроме того, определяется тем, что они, по сути, требуют большей поддержки напряжения. Именно эта комбинация факторов привела к погашению в марте 1989 г. в Канаде и США [20]. Ниже рассмотрены эти и другие отрицательные воздействия ГИТ на энергосистемы.

Насыщение силовых трансформаторов.

В нормальных условиях силовой трансформатор является очень эффективным устройством для преобразования уровней напряжения, которому требуются только несколько ампер переменного тока возбуждения, чтобы обеспечивать соответствующе-



Рис. 6. Изменение нижней границы овала полярных сияний из-за смещения магнитного полюса Земли с 1994 г. к 2020 г.

щий магнитный поток. Трансформаторы используют стальные сердечники для улучшения их действия и эффективности, но последние являются нелинейными элементами. Общая практика разработки трансформатора минимизирует влияние нелинейности, минимизируя также размер стального сердечника. Поэтому трансформаторы обычно разрабатываются для работы, в основном, в линейном диапазоне их магнитной характеристики с относительно малым током возбуждения. В присутствии ГИТ нормальная рабочая точка на кривой насыщения сердечника смещена, и трансформатор по-

ловину периода переменного тока работает в существенно нелинейной части характеристики сердечника. Из-за явного насыщения, происходящего во время такой половины периода, в трансформаторе возникает очень большой и асимметричный ток намагничивания. Это легко отражается с помощью графического изображения кривой насыщения трансформатора. Штриховая кривая на рис. 7 представляет напряжение и индукцию в нормальных условиях работы в отсутствии ГИТ. Как видно, трансформатор работает в линейной области характеристики, и обычно очень небольшой ток воз-

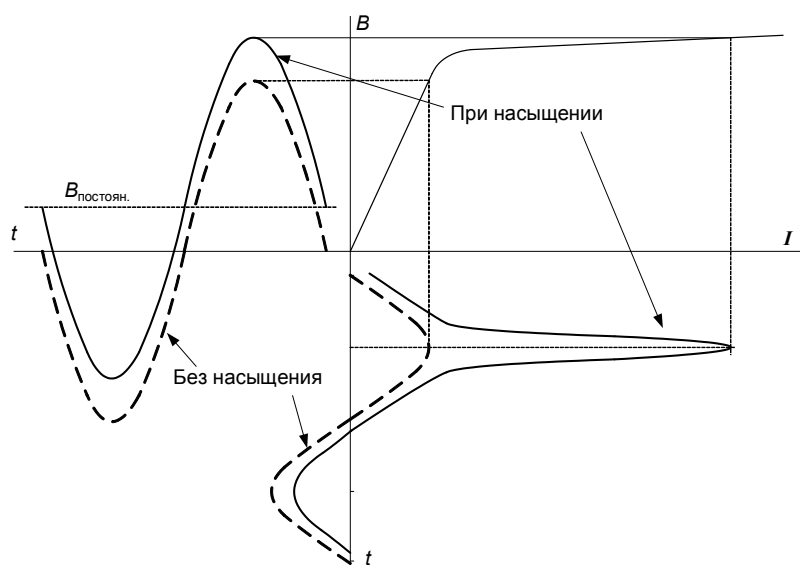


Рис. 7. Влияние смещения потока от ГИТ на искажение формы тока трансформатора.

буждения (около 0.5% номинального тока нагрузки) требуется для типового большого, силового трансформатора. Заметим, что трансформатор обычно работает в диапазоне, приближающемся к точке изгиба кривой. Сплошная кривая показывает работу трансформатора при наличии ГИТ. Теперь индукция смещена и «работает» за точкой изгиба кривой насыщения в положительный полупериод, заставляя трансформатор потреблять большой ток возбуждения (10–15% и более от номинального тока нагрузки).

Смещение потока трансформатора увеличивается, пока компонент постоянного тока, определенной кривой насыщения, не будет равен ГИТ, втекающему в трансформатор через нейтраль. Это увеличение тока намагничивания может быть измерено в относительном выражении на единицу сечения сердечника, поскольку поток постоянного тока замыкается вне части магнитной схемы. Поток трансформатора не ограничивается только сердечником, потому что сердечник не обеспечивает ему полностью путь замыкания магнитных линий. Величина потока, замыкающегося помимо сердечника (поток рассеяния), приблизительно пропорциональна току намагничивания. Получающиеся линии потока очень сложны, а суммарный поток рассеяния замыкается через стенки корпуса трансформатора, его стальной крепеж и стяжки сердечника.

Известно, что на различные типы трансформатора полупериодное насыщение влияет по-разному [21]. Некоторые одно- и трехфазные трансформаторы с пятистержневыми сердечниками более подвержены влиянию, чем трехфазные трансформаторы с трехстержневыми сердечниками, потому что квазипостоянный поток, вызванный ГИТ, может протекать непосредственно в сердечнике. Можно также отметить, что ГИТ сильнее влияет на трансформаторы броневого типа, чем на трансформаторы стержневого типа. Так величина смещения

потока постоянным током в сердечнике зависит от магнитного сопротивления пути потока. Следовательно, смещение потока постоянным током в трехфазном трехстержневом сердечнике трансформатора было бы самым низким из всех типов сердечника. Это объясняется тем, что его конструкция определяет на порядок большее магнитное сопротивление для потока постоянного тока, чем другие конструкции (рис.8). Поток от постоянного тока проходит по пути очень высокого магнитного сопротивления от базового главного стержня до корпуса трансформатора через стенки резервуара и обратно к нижнему хомуту снова через путь высокого магнитного сопротивления по днищу резервуара. Все другие базовые типы конструкции создают намного меньшее магнитное сопротивление, потому что обратный путь для этого

потока проходит через сердечник, имеющий более высокую проницаемость. Материал и устройство сердечника имеют некоторое влияние; однако оно является небольшим и зависит от типа и рабочей плотности потока в сердечнике. Влияние материала и типа уменьшается еще больше для больших величин ГИТ. К сожалению, из-за физических ограничений размера современные мощные высоковольтные силовые трансформаторы проектируются в виде отдельных однофазных, а не трехфазных блоков. Автотрансформаторы более восприимчивы к ГИТ, поскольку у них две обмотки имеют электрическую связь, следовательно, они связаны по постоянному току. В схеме их замещения должна быть отражена низковольтная часть обмотки.

Важно выделить, что полупериодное насыщение трансформатора (либо непосредственно, либо косвенно) ответственно за все другие неблагоприятные воздействия на оборудование или режим системы.

Потери реактивной мощности. Трансформаторы, работающие с полупериодным насыщением из-за ГИТ, потребляют значительно большую реактивную мощность. Во время насыщения возникает существенный рост тока намагничивания основной частоты, снижающий соответствующую реактивную составляющую напряжения, увеличивая потребление реактивной мощности от ЭЭС. Несложно показать, что потребление реактивной мощности трансформатором увеличивается линейно с ростом ГИТ. Однофазные трансформаторы используют наибольшую величину реактивной мощности, и при высоких уровнях ГИТ трансформаторы броневого типа используют большую величину реактивной мощности, чем трансформаторы стержневого типа, потому что, как показано выше, трансформатор броневого типа сильнее подвержен полупериодному насыщению. В любом случае системные напряжения и связанные с ними границы

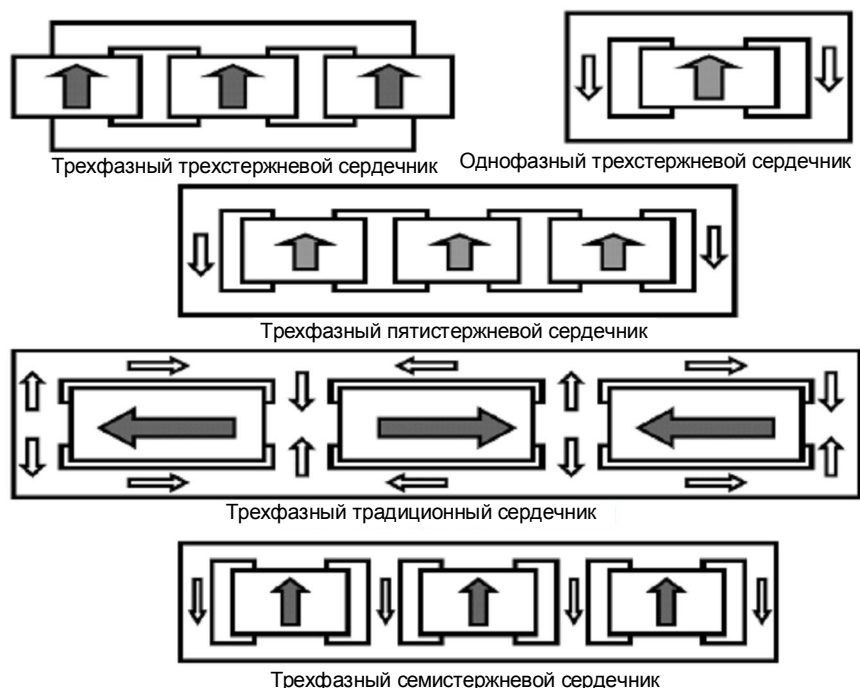


Рис. 8. Протекание потока смещения в сердечниках различного типа.

устойчивости могут значительно уменьшиться, потому что потребляется дополнительная реактивная мощность. Ситуация далее ухудшается режимом устройств поддержки напряжения, таких как конденсаторные батареи и статические компенсаторы напряжения, при неправильном их отключении во время появления ГИТ из-за гармоник.

Перегрев трансформатора. Как уже отмечалось, во время насыщения большая часть избыточного потока течет мимо сердечника трансформатора через корпус, вызывая вихревые токи, и местный нагрев стенки резервуара определяется температурами, достигающими 175 °С [22]. Точное определение локализованного нагрева во время полупериодного насыщения может быть очень сложным и зависит от конкретного типа трансформатора и конфигурации сердечника/обмоток.

Повторное воздействие, связанное с нагревом от ГИТ, вероятно, будет иметь кумулятивный эффект вредного воздействия на изоляцию трансформатора, вызывая ускоренное старение и, в конечном счете, преждевременный его отказ. К сожалению, в таких случаях обычно не наблюдается прямой связи причины и следствия, потому что большинство предприятий не имеет обширных баз данных по возникновению ГИТ. Таким образом, отказ трансформатора будет приписан другим причинам. Однако при внимании сильным геомагнитным штормам с учетом непосредственного материального урона, отказы силовых трансформаторов, связанных с перегревом, прямо относящихся к ГИТ, могут быть надежно учтены. Кроме того, нужно также добавить, что согласно работе [23] «случаи значительного перегрева и повреждения обмоток, приводимые в опубликованной литературе, как исключительные по причине ГИТ, как выяснялось позже,

были вызваны полностью или частично другими воздействиями, или нестабильностью системы, испытанной во время или после события ГИТ».

Гармоники. В трехфазных трансформаторах влияние насыщения сердечника отдельных фаз может быть несимметричным из-за несбалансированности магнитных свойств. Это приводит к возникновению токов несимметрии, таких как токи обратной последовательности. Точные спектры гармоник тока зависят от типа конструкции, но в целом величина гармоник имеет тенденцию к уменьшению с ростом порядка гармоники. Величина этих гармоник увеличивается при наличии ГИТ примерно линейно до определенного момента, но при очень больших уровнях ГИТ вклад гармоник снижается, особенно более высоких порядков, так как трансформатор работает абсолютно линейно, несмотря на то, что насыщается, в области своей кривой намагничивания.

Как известно, в ЭЭС существуют нечетные гармоники (например, 3-я). Разработаны методы для обработки некоторых из них. С другой стороны, не должны присутствовать четные гармоники (например, 2-я), и системы не учитывают их влияния. Гармонические компоненты тока нулевой последовательности могут привести к существенному нейтральному току на участках, где нормальный нейтральный ток очень мал, вызывая ложные срабатывания защиты от сверхтока в нейтрали. Гармонические токи также вызывают дополнительные потери в различных электрических устройствах, таких как реакторы ограничения тока в выключателях. Статические компенсаторы напряжения и приборы фильтров на подстанциях постоянного тока восприимчивы к гармонической перегрузке и возможному отключению из-за дополнительных гармо-

ник, созданных полупериодным насыщением трансформатора.

Несмотря на то, что напряжение основной частоты обычно снижается с ростом потребления трансформатором реактивной мощности, теоретически из-за резонансов на частотах гармоник могут возникнуть большие гармонические напряжения и токи. К счастью, естественная резонирующая частота любой части ЭЭС обычно далека от частоты гармоник, и такие явления на практике не наблюдались.

Перегрев генератора. Несмотря на то, что генераторы отделены от ГИТ повышающим трансформатором треугольник/звезда, они, тем не менее, подвергаются воздействию гармоник и дисбалансу напряжения, вызванному насыщением трансформатора. В генераторе могут появиться токи гармоник положительной и отрицательной последовательностей, вызывая чрезмерный нагрев генератора и механические колебания. Несмотря на то, что никаких серьезных повреждений генераторов из-за геомагнитных штормов не задокументировано, существует, по крайней мере, теоретически некоторая возможность повреждения. Любые токи статора генератора, кроме положительной последовательности основной частоты, создают компоненты колебаний потока в роторе, вызывающие токи, которые могут привести к нагреву ротора. Глубина проникновения потока уменьшается с частотой, концентрируя, таким образом, энергию более высоких гармоник у поверхности ротора. Чрезмерный нагрев ротора может закончиться образованием дуги или оплавлением тела/клина ротора, иницируя местное повреждение. В то время как такое повреждение может оказать негативное влияние на срок эксплуатации машины, само оно может быть очевидным не сразу.

Потенциал нагрева от гармонических и несбалансированных токов статора приблизительно пропорционален корню из частоты и току в квадрате. В работе [24] для диапазона ГИТ проанализированы гармоники, генерируемые трансформатором. Если все гармоники тока намагничивания трансформатора, кроме нулевой последовательности, попадают в генератор, то возможности генератора могут быть превышены, если ГИТ составляет приблизительно 15% амплитуды номинального фазного тока.

Гармонические токи, текущие в генератор во время геомагнитного шторма, создают гармонические вращающие моменты величин и частот, которые не встречаются при нормальном функционировании. Крупные турбинные генераторы представляют сложные механические устройства, обладающие большим количеством режимов, связанных со скручиванием. Присутствие околосинхронного режима вибрации, относящегося к скручиванию, с гармоникой вращающего момента может потенциально привести к усталости и началу излома.

Проблемы защиты. Некоторые современные цифровые реле измеряют максимальное значение тока и затем вычисляют эквивалентное действующее значение на основе формы волны 50 Гц.

В связи с этим такие реле чувствительны к гармоникам. Во время геомагнитных штормов, когда гармонический состав в системе существенно увеличивается, такие защиты, измеряющие максимум, срабатывают при значении действующего тока на 20–30% ниже, чем токи срабатывания электромеханических реле. Увеличением уставок таких защит для учета высших гармоник во время ГИТ можно снизить риски ложных отключений, но это, естественно, влечет за собой ухудшение чувствительности защиты в режиме отсутствия ГИТ.

Другой проблемой, которую следует учесть, является увеличение зависимости энергосистем от компенсаторов реактивной мощности и батарей конденсаторов емкостной компенсации, используемых в управлении напряжением. Многие из конденсаторов заземлены и защищены от небаланса защитой от сверхтока в нейтрали. Защиты этих батарей конденсаторов восприимчивы к ложным отключениям во время геомагнитных штормов, потому что конденсатор имеет низкий импеданс на частотах высших гармоник. Когда трехфазные трансформаторы насыщаются ГИТ, гармоники нулевой последовательности могут стать причиной ложного отключения этих батарей. Защиты с фильтрами снижают риски ложных срабатываний, но не устраняют их. Существуют, однако, другие схемы защиты от дисбаланса, не использующие сверхток нейтрали, и они неуязвимы для ложных срабатываний из-за высоких гармоник в системе.

Кроме того, стандартные защиты отрицательной последовательности генератора разработаны для реакции на неустойчивость основной частоты и могут, таким образом, среагировать неправильно на гармонические токи.

Следует также учитывать возрастание погрешности трансформаторов тока (ТТ) на стороне протекания ГИТ. В установившемся режиме токи геомагнитного шторма могут привести к насыщению ТТ аналогично действию постоянной составляющей при коротком замыкании (к.з.). При к.з. постоянная составляющая обычно намного больше по величине, чем самый высокий ожидаемый ГИТ, но она затухает за несколько циклов, а ГИТ имеет период до нескольких минут. Из анализа работы ТТ при к.з. известно, что постоянная составляющая приводит к отклонению вторичного тока, причем величина отклонения пропорциональна величине этой составляющей. Наличие ГИТ приводит практически к установившимся режимам по постоянному току. При насыщении стали сердечника заметно возрастают значения тока намагничивания, существенно влияя на отклонение вторичного тока от первичного.

Присутствие ГИТ в трансформаторе тока может ухудшить функционирование или даже привести к неправильной работе устройств релейной защиты и автоматики. Частичное насыщение ТТ токами геомагнитного шторма может вызвать неправильную работу дистанционной защиты. Тройной ток в ТТ нейтрали силового трансформатора может существенно перегружать это измерительное устройство. Особое внимание вызывает работа дифференциальной защиты. Здесь, кроме возможного

искажения вторичных токов из-за насыщения, необходимо учитывать и рост потребления реактивной мощности силовым трансформатором из-за его собственного насыщения токами геомагнитного шторма, а также генерацию им гармоник, в связи с его полупериодным насыщением, что приводит к заметным токам небаланса дифференциальной защиты. Защиты с торможением блокируют ложные срабатывания, особенно при торможении по высшим гармоникам, но при этом и чувствительность защиты загроубляется на весь период действия ГИТ.

Влияние на телекоммуникации ЭЭС. Выше отмечалось, что в прошлом геомагнитные штормы влияли также на телеграфные линии. Телеграфы применяли длинный провод для линии данных, простираясь на много километров, используя землю в качестве обратного провода и питание постоянным током от батареи; это сделало их подверженными влиянию ГИТ. Ток, вызванный геомагнитным штормом, приводил к уменьшению сигнала, когда он вычитался из полярности батареи, или к чрезмерно мощным сигналам, когда он добавлялся к полярности батареи. Геомагнитные штормы также влияют на длинные телефонные линии, включая подводные соединения и интернет-кабели. Заметим, однако, что в наше время линии высокой пропускной способности в сетях Системы диспетчерского управления и сбора данных (Supervisory Control And Data Acquisition – SCADA) все чаще и чаще строятся на оптических волокнах, которые неуязвимы для электромагнитного воздействия, так что разумно предположить, что измерительная и коммуникационная инфраструктуры, непосредственно используемые для работы энергосистем и управления, будут относительно не затронуты.

Единственный источник нарушения может возникнуть в результате использования систем спутниковой связи, которые непосредственно восприимчивы к нежелательному влиянию от геомагнитных явлений. Это может иметь место, например, в Системе мониторинга переходных процессов (Wide Area Measurement System – WAMS), устройства векторных измерений (Phase Measurement Unit – PMU), которого используют системы глобального позиционирования (Глобальная навигационная спутниковая система – ГЛОНАСС или Global Positioning System – GPS) с обеспечением метки времени для каждого вектора с измерением. Смягчение неблагоприятного воздействия в случае геомагнитных нарушений достигается обеспечением ссылки синхронизации от альтернативного источника [25]. Например, в оборудовании SCADA на подстанции или в блоке управления PMU можно использовать метки времени от собственного генератора, синхронизируемого метками GPS.

Кроме того, если информация WAMS используется, чтобы оценивать или управлять динамикой колебаний, то особенно важно, чтобы измерительные цепи были хорошо защищены от взаимодействия с питанием системными гармониками. Как замечено, геомагнитные штормы могут создавать фазовую неустойчивость, а более высокие гармоники в отсутствии контрмер, установленных в изме-

рительных цепях, могут генерировать шум на выходе PMU, вызывая ложную реакцию системы управления.

Литература

1. *Space weather: impacts on engineered systems and infrastructure. Full Report / Royal Academy of Engineering*, 2013. 70 p. Available: www.raeng.org.uk/spaceweather
2. *Albertson V.D., Thorson J.M., Miske S.A. The Effects of Geomagnetic Storms on Electrical Power Systems // IEEE Transactions on PAS*, 1974. Vol. PAS-93. Issue 4. P. 1031–1044.
3. *Wilson L. Excerpts from and Comments on the Wochenschrift fuer Astronomie, Meteorologie und Geographie, Neue Folge, zweiter Jahrgang (new series 2) // Advances in Space Research*. 2006. Vol. 38. Issue 2. Pp. 304–312.
4. *Гершенгорн А. И. Воздействия геомагнитных токов на электрооборудование энергосистем // Электрические станции*. 1993. №3. С. 54–63.
5. *Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года"* Постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. № 366 г. Москва // Доступно в <http://www.rg.ru/2014/04/24/arktika-site-dok.html>.
6. *Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Доступно в http://www.energystategy.ru/projects/es-2030.htm*.
7. *Вахнина В.В., Кретов Д.А. Определение допустимых уровней геоиндуцированных токов для обеспечения работоспособности силовых трансформаторов при геомагнитных бурях // Интернет-журнал «Науковедение»*. 2012. №4. С. 1–7. Доступно в <http://pub/naukovedenie.ru>
8. *Вахнина В.В., Кретов Д.А., Кузнецов В.А. Расчет геоиндуцированных токов в высоковольтных линиях электропередач систем электроснабжения при геомагнитных бурях // Известия Самарского научного центра РАН*, 2012. Т.14. №6. С. 244–246.
9. *Вахнина В.В., Кувшинов А.А. и др. Разработка расчетной модели функционирования электроэнергетической системы при магнитных бурях // Вестник науки Тольяттинского государственного университета*. 2014. №1. С. 40–47.
10. *Селиванов В.Н., Баранник М.Б. и др. Исследование влияния геомагнитных возмущений на гармонический состав токов в нейтральных автотрансформаторов / Труды Кольского НЦ РАН // Энергетика*. 2012. Вып.4. № 1. С. 60–67.
11. *Сероветников А.С., Сивоконь В.П. Геомагнитно индуцированные токи в электрических системах // Вестник Камчатского РАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2013. №2. С.24–32.
12. *Сушко В., Косых Д. Геомагнитные штормы // Новости ЭлектроТехники*. 2013. №1–4. Доступно в <http://news.elteh.ru>.

13. Успенский М.И. Влияние геомагнитных штормов на работу релейной защиты // Релейная защита и автоматизация. 2015. № 4. С. 48–51.
14. Успенский М.И. Особенности режимов ЭЭС при геомагнитных штормах // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 66. Минск, 2015. С.110–116.
15. Чистяков Г.Н., Сигаев С.Н. Экспериментальные исследования тока в нейтральном трансформатора в период геомагнитных бурь // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4. С. 122–127.
16. Geomagnetic disturbance effects on power systems. IEEE Working Group on Geomagnetic Disturbances // IEEE Transactions on Power Delivery. 1993. Vol.8. Iss.3. Pp.1206–1216.
17. Molinski T.S., Feero W.E. and Damsky B.L. Shielding grids from solar storm // IEEE Spectrum. 2000. Vol.37. Iss. 11. Pp.55–60.
18. Affects of Geomagnetic Disturbances on the Bulk Power System. NERC Special Reliability Assessment. / GMDTF Interim Report, 2012. 182 p. Available: <https://www.frcc.com/Public%20Awareness/Lists/Announcements/Attachments/105/GMD%20Interim%20Report.pdf>.
19. Pirjola R. Geomagnetically induced currents during magnetic storms // IEEE Transactions on Plasma Science. 2000. Vol. 28. Iss. 6. Pp. 1867–1873.
20. Kappenman J. and Albertson V. Bracing for the geomagnetic storms // IEEE Spectrum. 1990. Vol. 27. Iss.3. Pp.27–33.
21. Fallon D. J., Balma P. M. and McNutt W. J. The destructive effects of geomagnetic induced currents in power transformers // Proceedings of the Fifty-Seventh Annual International Conference of Doble Clients, Doble Engineering Company, Watertown, USA, May 1990. Pp. 214–222.
22. Kappenman J. Geomagnetic storms and their impact on power systems / IEEE Power Engineering Review, May 1996. 5 p.
23. Girgis R., Vedante K. Effects of GIC on power transformers and power systems // Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D) // IEEE PES, 2012. Pp.1–8.
24. Walling R. A. and Khan A. N. Characteristics of transformer exciting current during geomagnetic disturbances // IEEE Transactions on Power Delivery. 1991. Vol. 6. Iss. 4. Pp. 1707–1714.
25. Hadley M.D., McBride J.B., Edgar T.W., O'Neil L.R. and Johnson J.D. Securing Wide Area Measurement Systems. Technical report // Pacific Northwest National Laboratory, 2007. 54 p.
1. Space weather: impacts on engineered systems and infrastructure. Full Report / Royal Academy of Engineering, 2013. 70 p. Available: www.raeng.org.uk/spaceweather
2. Albertson V.D., Thorson J.M., Miske S.A. The Effects of Geomagnetic Storms on Electrical Power Systems // IEEE Transactions on PAS, 1974. Vol. PAS-93. Issue 4. P. 1031-1044,
3. Wilson L. Excerpts from and Comments on the Wochenschrift fuer Astronomie, Meteorologie und Geographie, Neue Folge, zweiter Jahrgang (new series 2) // Advances in Space Research. Vol. 38. Issue 2, 2006. P. 304-312.
4. Gershengorn A.I. Vozdejstviya geomagnitnykh tokov na electrooborudovanie energosystem [Effects of geomagnetic currents on electrical energy systems] // Power stations. 1993. №3. P. 54–63.
5. Ob utvergdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii "Socialno-ekonomicheskoe razvitie Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda" Russian Federation Government decree, April 21, 2014, No.366 [On approval of the State program of the Russian Federation "Socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation for the period till 2020" Government Decree of the Russian Federation, April 21, 2014, No. 366]. Moscow. Available: <http://www.rg.ru/2014/04/24/arktika-site-dok.html>.
6. Energeticheskaja strategija Rossii na period do 2030 goda [Energy strategy of Russia for the period till 2030] // Available: <http://www.ener-gystrategy.ru/projects/es-2030.htm>.
7. Vakhnina V.V., Kretov D.A. Opredelenie dopustimyh urovnej geoinducirovannykh tokov dlja obespecheniya rabotosposobnosti silovykh transformatorov pri geomagnitnykh burjah [Defining acceptable levels of geo-induced currents to ensure the operability of power transformers during geomagnetic storms] // Internet magazine "Research-on-research". 2012. №4. P. 1-7. Available: <http://pub.naukovede-nie.ru>
8. Vakhnina V.V., Kretov D.A., Kuznetsov V.A. Raschet geoinducirovannykh tokov v vysokovolt-nykh liniyah electropredach system electros-nabgenija pri geomagnitnykh burjah [Calculation of geo-induced currents in high-voltage transmission of power systems during geomagnetic storms] // Bull. of Samara Sci. Centre, RAS. 2012. Vol. 14. №6. P. 244-246.
9. Vakhnina V.V., Kuvshinov A. A. et al. Razrabotka raschetnoj modeli funkcionirovaniya electroenergeticheskoy systemy pri magnitnykh burjah [Development of the design model of operation of power systems during magnetic storms] // Sci. Bull. of Tolyatti State Univ. 2014. №1. P. 40-47.
10. Selivanov V.N., Barannik M.B. et al. Issledovanie vlijaniya geomagnitnykh vozmushchenij na garmonicheskij sostav tokov v nejtraljah avtotransformatorov [Study of the effect of geomagnetic disturbances on the harmonic composition of currents in auto-transformers neutral] // Proc. of Kola Sci. Centre, RAS, Energetics. 2012. Issue 4. №1. P. 60-67.
11. Serovetnikov A.S., Sivokon V.P. Geomagnitno inducirovannye toki v elektricheskikh sistemah [Geomagnetic induced currents in power systems] // Bull. of Kamchatka Sci. Centre, RAS, Phys.-math. sciences. 2013. №2. P.24-32.

References

12. *Sushko V., Kosykh D.* Geomagnitnye shtormy [Geomagnetic storms] // *ElectroTechnical News*. 2013. №1, №2, №3, №4. Available: <http://news.elteh.ru>
13. *Uspensky M.I.* Vliyanie geomagnitnyh shtormov na rabotu relejnoj zashchity [The influence of geomagnetic storms on the operation of relay protection] // *Relay protection and automating*. 2015. № 4. P. 48-51.
14. *Uspensky M.I.* Osobennosti regimov EES pri geomagnitnyh shtormah [Features of the modes of EPS during geomagnetic storms] // *Methodic issues of research for reliability of bulk power systems*. Issue 66. Minsk, 2015. P. 110-116.
15. *Chistyakov G.N., Sigaev S.N.* Eksperimentalnye issledovaniya toka v nejtrali transformatora v period magnitnyh bur // *Bull. of Tomsk Polytechnic Univ.* 2011. Vol. 319, № 4. P. 122-127.
16. *Geomagnetic disturbance effects on power systems*. IEEE Working Group on Geomagnetic Disturbances // *IEEE Transactions on Power Delivery*. 1993. Vol.8. Issue 3. P.1206-1216
17. *Molinski T.S., Feero W.E. and Damsky B.L.* Shielding grids from solar storm // *IEEE Spectrum*. 2000. Vol.37. Issue 11. P.55-60.
18. *Affects of Geomagnetic Disturbances on the Bulk Power System*. NERC Special Reliability Assessment. / GMDTF Interim Report, 2012. 182 p. Available: <https://www.frcc.com/Public%20Awareness/Lists/Announcements/Attachments/105/GMD%20Interim%20Report.pdf>.
19. *Pirjola R.* Geomagnetically induced currents during magnetic storms // *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2000. Vol. 28. Issue 6. P.1867-1873.
20. *Kappenman J. and Albertson V.* Bracing for the geomagnetic storms // *IEEE Spectrum*. 1990. Vol.27. Issue 3. P.27-33.
21. *Fallon D. J., Balma P. M. and McNutt W. J.* The destructive effects of geomagnetic induced currents in power transformers // *Proc. of the Fifty-Seventh Annual Intern. Conf. of Doble Clients, Doble Engineering Company, Watertown, USA, May 1990*. P. 214-222.
22. *Kappenman J.* Geomagnetic storms and their impact on power systems / *IEEE Power Engineering Review*, May 1996. 5 p.
23. *Girgis R., Vedante K.* Effects of GIC on power transformers and power systems // *Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D), IEEE PES*, 2012. P.1-8
24. *Walling R. A. and Khan A. N.* Characteristics of transformer exciting current during geomagnetic disturbances // *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1991. Vol. 6. Issue 4. P.1707-1714.
25. *Hadley M.D., McBride J.B., Edgar T.W., O'Neil L.R. and Johnson J.D.* Securing Wide Area Measurement Systems. Technical report // *Pacific Northwest National Laboratory*, 2007. 54 p.

Статья поступила в редакцию 15.04.2016.

ОСОБЕННОСТИ УРОВНЯ ГРАМОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КОМИ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ ПО ПОЛУ И ВОЗРАСТУ ПО МАТЕРИАЛАМ ВСЕСОЮЗНОЙ ПЕРЕПИСИ НАСЕЛЕНИЯ 1926 ГОДА

А.М. ТАСКАЕВ

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

amtaskaev@mail.ru

По материалам переписи 1926 г. рассматривается уровень грамотности по полу и возрастным группам населения Коми автономной области. Полученные характеристики сравниваются с аналогичными показателями 1926 г. по СССР, а также по материалам переписи 1897 и 1920 гг. Проведенный анализ позволяет более детально представлять социально-демографическую картину области на момент проведения переписи, а также выделить основные факторы, которые в 1926 г. повлияли на уровень грамотности населения Коми АО.

Ключевые слова: уровень грамотности, половозрастная структура населения, демография

A.M. TASKAEV. SEX-AGE FEATURES OF LITERACY OF THE POPULATION OF THE KOMI AUTONOMOUS REGION ON MATERIALS OF 1926 ALL-UNION POPULATION CENSUS

Population census is a significant statistical work of the nation-wide scale allowing to study the structure of the population of the country at a certain moment of time. Census of 1926 was the first All-Union population census covering the whole country. Literacy of the population of the Komi Autonomous region based on materials of 1926 census was considered according to features of sex and age groups.

Percentage of literacy of the population of the Komi Autonomous region was 39,48 %. Considering age groups, it is necessary to note that the group of 16-19 years has the highest percent of literacy among all population of the area - 70,26 %. The average literacy level of inhabitants at the age of 8-24 makes 68,25 %. Then the literacy level starts to decrease and reaches a minimum in the age group 60+. Similar "picture" is characteristic to all districts of the area.

The indicator of literacy of the population of the Komi Autonomous region aged 9-49 (58,2 %) was higher than the average for the USSR by 2,8 %. However similar indicator for the European part of the RSFSR was higher than that for the Komi Autonomous region by 8,9 %. One of the reasons of low level of literacy was that the population of the Komi Autonomous region was by 96,74 % rural and by 3,2 % urban. Among townspeople there were 70,73 % literate. Low literacy of the Komi Autonomous region can be associated with the low percentage of literate women (27,55 %) connected with way of life of the Zyryans which made 92 % of all population in the Komi Autonomous region, necessity to run household and care for children.

Level of literacy of the population, its development depend on many factors. The major factors influencing the level of literacy in the Komi Autonomous region, is huge territory of the area, low population density, sparseness of settlements, remoteness of schools, low level of prosperity of the population, severe climatic conditions, in particular in the north of the area. Thus, the literacy level of the area was influenced by a complex of both geographic and socio-demographic and socio-economic factors.

Keywords: literacy level, sex-age structure of the population, demography

Перепись населения – статистическая работа общегосударственного масштаба, позволяющая увидеть «картину» населения страны на опреде-

ленный момент времени. Перепись позволяет узнать точную численность населения, сведения о составе и об условиях его жизни; дает возможность

оценить динамику изменений этих показателей за время, прошедшее с момента предыдущей переписи. Полученная информация служит основой для определения основных характеристик социально-экономической ситуации в стране на момент проведения переписи.

Перепись населения 1926 г. была первой Всесоюзной переписью населения, охватившей территорию всей страны. В советской истории эта перепись по качеству полученных материалов и анализу демографической ситуации в стране признается непревзойденной. Публикация итогов переписи была начата в 1927 г. и продолжалась в течение пяти лет. Это фундаментальное издание состоит из 56 томов семи серий. Итоговые данные переписи 1926 г. по Коми автономной области были опубликованы в 1928 г. в первом разделе, содержащем сведения по Северному району [1].

В работах Н.П. Безносовой, В.В. Фаузера, Е.Н. Рожкина, Г.В. Загайновой, И.Л. Жеребцова, Д.В. Вишняковой, Н.М. Игнатовой, Ю.П. Шабаяева, В.Я. Сквозникова, Я.Н. Безносилова представлена организация переписи в Коми автономной области, административно-территориальное деление области, типы поселений, рассматривается численность и этнический состав населения области в границах 1926 г. и в разрезе современных административных районов, дается характеристика населения сельской и городской местности, половозрастная структура населения, описывается развитие культуры и образования в области [2].

Проделанный исследователями анализ данных переписи дополняется новыми социально-демографическими показателями, которые сравниваются с аналогичными по материалам предыдущих переписей, а также с аналогичными показателями по СССР. Настоящее исследование позволит более детально представить социально-демографическую картину Коми АО на момент проведения переписи.

Перепись населения 1926 г. учитывала наличное население в ночь с 16 на 17 декабря 1926 г. и проводилась методом опроса. Согласно ее официальным итогам, численность проживавшего на территории Коми автономной области населения, составляла 207 314 чел.: проживало 27 народностей и этнических групп, самая многочисленная из них – зыряне – 191 245 чел. Кроме коренного этноса наиболее многочисленными народностями области являлись русские – 13 731 чел. и самоеды – 2080 чел. На момент проведения переписи в области существовало уездно-волостное административно-территориальное деление. Область была разделена на четыре уезда: Сысольский (28 волостей и городских поселений), Усть-Куломский (28 волостей), Усть-Вымский (21 волость) и Ижмо-Печорский (20 волостей). В четырех уездах насчитывалось 1316 сельских населенных пунктов, областной центр – г. Усть-Сысольск, два фабрично-заводских поселка – Кажим и Нювчим [2, Безносова, с. 116–124].

Основным формуляром переписи населения всего СССР в 1926 г. служил личный листок, кото-

рый составлялся на каждого жителя (включая грудных детей). Содержание личного листка этой переписи определялось 15 вопросами, включая вопрос о грамотности [3], со следующим ее пониманием: «умеющими читать считаются разбирающие печатные слова, хотя бы по слогам, умеющими писать – кто может подписать свою фамилию». В циркулярном порядке ЦСУ было разъяснено, что «лица, умеющие подписать свою фамилию, не умея читать, должны быть записаны как вовсе неграмотные» [3, с. 33]. В настоящей статье рассматриваются общие показатели грамотности. Под термином «грамотный» подразумевается житель Коми автономной области любой народности или этнической группы, который грамотен на любом языке (коми, русском или языке своей народности).

По данным переписи 1926 г. в Коми автономной области из 207 314 чел. по уездам проживало: 73 308 – в Сысольском, 56 353 – в Усть-Куломском, 46 931 – в Усть-Вымском, 30 722 – в Ижмо-Печорском [4].

Сысольский уезд. Из табл. 1 видно, что на момент проведения переписи в Сысольском уезде из 73 308 чел. проживало – 33 152 мужчин и 40 156 женщин; 33 521 чел. (45,73% от общей численности всего уезда) были грамотны, 37 521 чел. (51,18%) – неграмотны, грамотность 2 266 чел. (3,09%) не была указана. Среди мужчин грамотных было 19 507 чел. (58,84% от численности мужчин Сысольского уезда), среди женщин – 14 014 чел. (34,9% от численности женщин). Только в шести волостях и городских поселениях Сысольского уезда доля грамотного населения была выше 50%: город Усть-Сысольск (74,51%), заводские поселки Кажим (58,32%) и Нювчим (57,78%), Кодзьвильская (56,79%), Вильгортская (54,58%) и Ужгинская (50,83%) волости. В остальных волостях доля грамотного населения не превышала 50%. Волости с наименьшей долей грамотного населения: Летская (32,55%), Верхолузская (32,71%), Вотчинская (33,02%), Киберская (34,57%), Шошкинская (35,28%) [5].

Уровень грамотности населения Сысольского уезда по возрастным группам представлен в табл. 1. Возрастной группе 16–19 лет принадлежит наиболее высокий процент грамотных среди всего населения уезда – 82,24%. Следует отметить, что среди четырех возрастных групп от 8 до 24 лет размах вариации процента грамотного населения составляет 6,02%, а средний уровень грамотности находится на отметке 79,24%. Среди мужчин наиболее высокий показатель грамотности у возрастной группы 20–24 года – 93,56%. Среди шести возрастных групп от восьми до 39 лет размах вариации коэффициента грамотности составляет 9,1%, а средний показатель грамотности – 88,46%. У женщин наивысший коэффициент грамотности принадлежит возрастной группе 16–19 лет – 75,24%. Среди четырех возрастных групп от восьми до 24 лет размах показателя грамотного населения составляет 6,02%, а средний коэффициент грамотности – 70,79%. У всех трех категорий прослеживается тенденция роста коэффициента грамотности от 0 к возрастным группам 16–19 лет (у женщин, а так-

Таблица 1

Уровень грамотности Сысольского уезда по полу и возрасту

Возраст, Пол	Всё возрасты	0–7	8–11	12–15	16–19	20–24	25–29	30–39	40–49	50–59	60+
Всего мужчин	33152	7947	2695	3567	2803	2700	2299	3465	2974	2432	2245
В том числе: грамотных	19507	352	2276	3134	2547	2526	2094	2930	2017	1034	588
% грамотных	58,84%	4,43%	84,45%	87,86%	90,87%	93,56%	91,08%	84,56%	67,82%	42,52%	26,19%
Всего женщин	40156	8185	2791	4007	3457	3471	3024	4892	3974	3147	3191
В том числе: грамотных	14014	231	1905	2816	2601	2394	1542	1643	560	200	119
% грамотных	34,9%	2,82%	68,26%	70,28%	75,24%	68,97%	50,99%	33,59%	14,09%	6,36%	3,73%
Оба пола	73308	16132	5486	7574	6260	6171	5323	8357	6948	5579	5436
В том числе: грамотных	33521	583	4181	5950	5148	4920	3636	4573	2577	1234	707
% грамотных	45,73%	3,61%	76,21%	78,56%	82,24%	79,73%	68,31%	54,72%	37,09%	22,12%	13,01%

Составлено и подсчитано по: НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 427. Л. 1.

же обоих полов вместе) и 20–24 года (у мужчин). Далее коэффициент грамотности начинает падать и достигает минимума к возрастной группе 60+ лет. Возраст 42 чел. не указан, 12 из них записаны как грамотные [6].

Усть-Куломский уезд – в 1926 г. второй по численности в Коми автономной области. По итогам переписи, в уезде проживало 56 353 чел. – 25 624 мужчин и 30 729 женщин. 19 151 чел. (33,98% от общей численности уезда) были грамотны, 37 173 чел. (66,96%) – неграмотны, у 29 жителей грамотность не была указана. 12 653 мужчин (49,38% от численности мужчин Усть-Куломского уезда) и 6 498 женщин (21,15% от численности женщин) были грамотны. В отличие от Сысольского, в составе Усть-Куломского уезда находились только две волости, процент грамотного населения в которых составлял более 50%: Корткеросская (53,92%) и Богородская (50,77%). Волости с наименьшим процентом грамотного населения: Нившерская (15,87%), Савиноборская (15,98%), Вочевская (19,69%) [7].

Уровень грамотности мужчин, женщин и всего населения уезда в соответствии с возрастными группами представлен в табл. 2. Возрастной группе 16–19 лет принадлежит наиболее высокий процент грамотных среди всего населения уезда – 64,3%. Следует отметить, что среди четырех возрастных групп от восьми до 24 лет размах вариации процента грамотного населения составляет 5,37%, а средний уровень грамотности находится на отметке 61,75%. Среди мужчин наиболее высокий показатель грамотности у возрастной группы 20–24 года – 83,51%. Среди пяти возрастных групп от 8 до 29 лет размах вариации коэффициента грамотности составляет 7,18%, а средний показатель грамотности – 79,98%. У женщин наивысший коэффициент грамотности принадлежит возрастной группе 16–19 лет – 51,52%. Среди четырех возрастных групп от восьми до 24 лет размах показателя грамотного населения составляет 9,8%, а средний коэффициент грамотности – 46%. У всех трех категорий прослеживается тенденция роста коэффициента грамотности от 0 к возрастным группам 16–19 лет (у

Таблица 2

Уровень грамотности Усть-Куломского уезда по полу и возрасту

Возраст, Пол	Всё возрасты	0–7	8–11	12–15	16–19	20–24	25–29	30–39	40–49	50–59	60+
Всего мужчин	25624	6532	2007	2762	2179	1941	1683	2524	2315	1898	1765
В том числе: грамотных	12653	248	1532	2246	1726	1621	1330	1778	1207	608	346
% грамотных	49,38%	3,80%	76,33%	81,32%	79,21%	83,51%	79,03%	70,44%	52,14%	32,03%	19,60%
Всего женщин	30729	6404	2071	3010	2541	2771	2543	3758	3048	2377	2194
В том числе: грамотных	6498	132	888	1428	1309	1156	676	594	208	71	33
% грамотных	21,15%	2,06%	42,88%	47,44%	51,52%	41,72%	26,58%	15,81%	6,82%	2,99%	1,50%
Оба пола	56353	12936	4078	5772	4720	4712	4226	6282	5363	4275	3959
В том числе: грамотных	19151	380	2420	3674	3035	2777	2006	2372	1415	679	379
% грамотных	33,98%	2,94%	59,34%	63,65%	64,30%	58,93%	47,47%	37,76%	26,38%	15,88%	9,57%

Составлено и подсчитано по: НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 427. Л. 1.

женщин, а также обоих полов вместе) и 20–24 года (у мужчин). Далее коэффициент грамотности начинает падать и достигает минимума к возрастной группе 60+ лет. Возраст 30 чел. не указан, 14 из них записаны как грамотные [6].

В Усть-Вымском уезде по итогам переписи 1926 г. проживало 46 931 чел. – 21 334 мужчин и 25 597 женщин. 20 114 чел. (42,86% от общей численности уезда) были грамотны, 26 787 чел. (57,08%) – неграмотны, грамотность 30 чел. не была указана. Среди мужчин грамотных было 12 156 чел. (56,98% от численности мужчин уезда), среди женщин – 7 958 чел. (31,09%). Как и в Усть-Куломском уезде, только в двух волостях грамотность населения была выше 50%: Сереговской (66,88%) и Усть-Вымской (54,71%). Волости с наименьшей долей грамотного населения: Важгортская (26,63%), Турьинская (33,58%), Косланская (35,07%) [7].

Уровень грамотности Усть-Вымского уезда среди мужчин, женщин и обоих полов вместе по возрастным группам представлен в табл. 3. Возрастной группе 20–24 года принадлежит наиболее высокий процент грамотных среди всего населения уезда – 74,99%. Следует отметить, что среди пяти возрастных групп от восьми до 29 лет размах вариации процента грамотного населения составляет 9,62%, а средний уровень грамотности находится на отметке 70,67%. Среди мужчин наиболее ее вы-

сше), далее коэффициент грамотности начинает падать и достигает минимума к возрастной группе 60+ лет. Возраст 36 чел. не указан, 15 из них записаны как грамотные [6].

Ижмо-Печорский уезд – самый малочисленный уезд Коми автономной области по итогам переписи 1926 г. На момент проведения переписи в уезде проживало 30 722 чел. – 14 421 мужчин и 16 301 женщин (табл. 4). Грамотных было 9 070 чел. (29,52% от общей численности уезда): 6 471 мужчин (44,87% от численности мужчин уезда) и 2 599 женщин (15,94% от численности женщин). В отличие от других уездов Коми автономной области, ни в одной из волостей Ижмо-Печорского уезда доля грамотного населения не составила 50% и выше. Наиболее высоким этот показатель был в Мохченской (47,78%), Бакуринской (42,59%) и Ижемской (41,79%) волостях. В остальных волостях доля грамотного населения была менее 40%. Волости с наименьшим показателем грамотного населения: Большая Земля (7,83%), Верхнеусинская (11,31%), Колвинская (13,7%) [7]. Численность населения в районах Большеземельной тундры составляла 2 950 чел., в том числе: коми – 1 625, самоедов – 1 307, русских – 10. Но, как отмечалось в докладе Коми облстатотдела от 9 августа 1927 г., направленном в ЦСУ СССР, «количество опрошенных в ходе переписи хозяйств значительно ниже

Таблица 3

Уровень грамотности Усть-Вымского уезда по полу и возрасту

Пол \ Возраст, лет	Все возрасты	0–7	8–11	12–15	16–19	20–24	25–29	30–39	40–49	50–59	60+
Всего мужчин	21334	5036	1785	2472	1786	1499	1208	2187	2146	1696	1498
В том числе: грамотных	12156	206	1377	2055	1555	1387	1096	1834	1467	734	432
% грамотных	56,98%	4,09%	77,14%	83,13%	87,07%	92,53%	90,73%	83,86%	68,36%	43,28%	28,84%
Всего женщин	25597	5092	1856	2601	2175	2160	1931	3142	2651	1978	1996
В том числе: грамотных	7958	121	1054	1510	1414	1357	956	1031	382	83	48
% грамотных	31,09%	2,38%	56,79%	58,05%	65,01%	62,82%	49,51%	32,81%	14,41%	4,20%	2,40%
Оба пола	46931	10128	3641	5073	3961	3659	3139	5329	4797	3674	3494
В том числе: грамотных	20114	327	2431	3565	2969	2744	2052	2865	1849	817	480
% грамотных	42,86%	3,23%	66,77%	70,27%	74,96%	74,99%	65,37%	53,76%	38,54%	22,24%	13,74%

Составлено и подсчитано по: НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 427. Л. 1.

сокий показатель у возрастной группы 20–24 года – 92,53%. Среди пяти возрастных групп от 12 до 39 лет размах вариации коэффициента грамотности составляет 9,4%, а средний показатель грамотности – 86,61%. У женщин наивысший коэффициент грамотности принадлежит возрастной группе 16–19 лет – 65,01%. Среди четырех возрастных групп от восьми до 24 лет размах показателя грамотного населения составляет 8,22%, а средний коэффициент грамотности – 60,68%. У всех трех категорий прослеживается тенденция роста коэффициента грамотности от 0 к возрастным группам 16–19 лет (у женщин) и 20–24 года (у мужчин и обоих полов

действительной», переписью было охвачено чуть более 50% хозяйств, так как часть самоедских племен сознательно уклонялась от переписи [2, Безноскова, с. 120].

Показатели грамотности Ижмо-Печорского уезда по полу и возрасту представлены в табл. 4. Возрастной группе 12–15 лет принадлежит наиболее высокий процент грамотных среди всего населения уезда – 51,25%. Следует отметить, что среди пяти возрастных групп от восьми до 29 лет размах вариации процента грамотного населения составляет 9,77%, а средний уровень грамотности находится на отметке 48,24%. Среди мужчин наиболее

Таблица 4

Уровень грамотности Ижмо-Печорского уезда по полу и возрасту

Пол \ Возраст	Все возрасты	0–7	8–11	12–15	16–19	20–24	25–29	30–39	40–49	50–59	60+
Всего мужчин	14421	3814	1128	1624	1345	1231	911	1423	1248	800	878
В том числе: грамотных	6471	76	714	1117	895	898	636	959	645	302	228
% грамотных	44,87%	1,99%	63,30%	68,78%	66,54%	72,95%	69,81%	67,39%	51,68%	37,75%	25,97%
Всего женщин	16301	3823	1117	1693	1614	1482	1126	1759	1398	1029	1224
В том числе: грамотных	2599	32	386	583	530	434	209	247	102	43	31
% грамотных	15,94%	0,84%	34,56%	34,44%	32,84%	29,28%	18,56%	14,04%	7,30%	4,18%	2,53%
Оба пола	30722	7637	2245	3317	2959	2713	2037	3182	2646	1829	2102
В том числе: грамотных	9070	108	1100	1700	1425	1332	845	1206	747	345	259
% грамотных	29,52%	1,41%	49,00%	51,25%	48,16%	49,10%	41,48%	37,90%	28,23%	18,86%	12,32%

Составлено и подсчитано по: НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 427. Л. 1.

высокий показатель грамотности у возрастной группы 20–24 года – 72,95%. Среди шести возрастных групп от восьми до 39 лет размах вариации коэффициента грамотности составляет 9,65%, а средний показатель грамотности – 68,12%. У женщин наивысший коэффициент грамотности принадлежит возрастной группе 8–11 лет – 34,56%. Среди четырех возрастных групп от восьми до 24 лет размах показателя грамотного населения составляет 5,27%, а средний коэффициент грамотности – 32,73%. У женщин прослеживается тенденция уменьшения коэффициента грамотности от группы 8–11 лет последовательно к группе 60+ лет. У мужчин идет рост коэффициента грамотности к группе 20–24 года, затем спад к группе 60+ лет. Среди обоих полов уменьшение коэффициента грамотности идет от возрастной группы 12–15 лет. Возраст 55 чел. не указан, трое из них записаны как грамотные [6].

Сводная статистика уровня грамотности уездов Коми автономной области среди всего населения показана в табл. 5. Возрастной группе 16–19 лет соответствует наиболее высокий процент грамотных среди всего населения области – 70,26%. Среди четырех возрастных групп от восьми до 24 лет размах вариации процента грамотного населения составляет 4,68%, а средний уровень грамот-

ности находится на отметке 68,25% [6]. Следует отметить, что во всех уездах наблюдается схожая картина: в Сысольском и Усть-Куломском уездах наиболее грамотное население находится в возрастной группе от восьми до 24 лет, в Усть-Вымском и Ижмо-Печорском уездах – в группе от восьми до 29 лет. Далее уровень грамотности снижается и достигает минимальной отметки в возрастной группе 60+. Однако необходимо уточнить, что средний уровень грамотности в данных возрастных группах по уездам сильно отличается: наивысший – в Сысольском (79,24%) и Усть-Вымском (70,67%), Усть-Куломском (61,75%) и в Ижмо-Печорском (48,24%). Среди женщин наиболее высокий процент грамотных в Коми области принадлежит возрастной группе 16–19 лет – 59,81%, среди мужчин – возрастной группе 20–24 года – 87,26% [6].

Сравнив данные четырех уездов, необходимо подчеркнуть, что в Сысольском и Усть-Вымском уездах доли грамотного населения были выше, чем в Усть-Куломском и Ижмо-Печорском (45,73 и 42,86% против 33,98 и 29,52% соответственно). Процентное соотношение грамотных и неграмотных отдельно среди мужчин и отдельно среди женщин также было выше в Сысольском и Усть-Вымском уездах. Наиболее высокий показатель грамотности

Таблица 5

Уровень грамотности населения обоих полов Коми автономной области по уездам

Уезд \ Возраст, лет	Все возрасты	0–7	8–11	12–15	16–19	20–24	25–29	30–39	40–49	50–59	60+
Сысольский	45,73%	3,61%	76,21%	78,56%	82,24%	79,73%	68,31%	54,72%	37,09%	22,12%	13,01%
Усть-Куломский	33,98%	2,94%	59,34%	63,65%	64,30%	58,93%	47,47%	37,76%	26,38%	15,88%	9,57%
Усть-Вымский	42,86%	3,23%	66,77%	70,27%	74,96%	74,99%	65,37%	53,76%	38,54%	22,24%	13,74%
Ижмо-Печорский	29,52%	1,41%	49,00%	51,25%	48,16%	49,10%	41,48%	37,90%	28,23%	18,86%	12,32%
Всего	39,48%	2,99%	65,58%	68,50%	70,26%	68,23%	57,99%	47,59%	33,35%	20,02%	12,17%

Составлено и подсчитано по: НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 427. Л. 1.

у жителей Сысольского уезда (45,73%). Одной из причин этого факта можно назвать то, что в Сысольском уезде располагались административный центр Коми автономной области город Усть-Сысольск, а также заводские поселки Кажим и Нювчим. Наибольший удельный вес во всем населении Коми автономной области среди числа грамотных людей имел Сысольский уезд (33 521 чел. или 40,95% от числа грамотных в Коми автономной области), далее Усть-Вымский (20 114 чел. или 24,57%), Усть-Куломский (19 151 чел. или 23,4%) и Ижмо-Печорский (9 070 чел. или 11,08%) [7].

Одной из причин высокого или низкого уровня грамотности являлось количество школ и библиотек (в том числе при избах-читальнях). В Ижмо-Печорском уезде насчитывалось наименьшее количество школ (42) и библиотек (одна центральная и 11 при избах-читальнях), и уровень грамотности зафиксирован самый низкий по Коми автономной области – 29,52%. А в Сысольском уезде было наибольшее количество школ (100) и библиотек (две центральные и 25 при избах-читальнях), и зафиксирован наивысший показатель уровня грамотности – 45,73%. Количество школ в Коми автономной области в период 1924–1926 гг. выросло с 200 до 314 (увеличение на 57%), рост количества учащихся с 12 766 до 18 773 (увеличение на 40 %) [8].

При проведении переписи 1897 г. грамотными считались все, кто умел хотя бы читать [9]. В те годы в Коми крае из 170 664 чел. грамотными являлись 27 182 чел. (15,9%): 22 251 мужчина (28% из 79 451) и 4931 женщина (5,4% из 4931). Как среди мужчин, так и среди женщин наиболее грамотное население приходилось на возрастные категории: 10–19 лет (45,5% среди мужчин и 21,8% среди женщин), 20–29 лет (44,9% и 19,5% соответственно) и 30–39 лет (39,5% и 15,7% соответственно). В целом по стране грамотные среди всего населения России составляли 21,1% (29,3% среди мужчин и 13,1% среди женщин). Уровень грамотности населения европейской России был выше: 22,9% (32,6% среди мужчин и 13,6% среди женщин) [10].

Уровень грамотности населения Коми автономной области в 1920 г. показывает перепись от 28 августа 1920 г. Из 175 656 чел. 52 022 (29,62%) были грамотны: 32 836 (43,36% от 75 728) мужчин и 19 186 (19,2% от 99 928) женщин [11]. По данным переписи видно, что уровень грамотности населения Коми края в целом в 1920 г. был ниже, чем европейской части России (33% грамотных всего, 42,2% среди мужчин и 25,5% среди женщин) [10, с. 33–34].

26 декабря 1919 г. В.И. Ленин подписал декрет Совнаркома «О ликвидации безграмотности среди населения РСФСР». Согласно этому декрету, «все население республики в возрасте от 8 до 50 лет, не умеющее читать или писать, обязано обучаться грамоте на родном или русском языке, по желанию» [12]. В ликвидационной работе участвовало все грамотное население страны в порядке трудовой повинности с оплатой труда по нормам работников просвещения. Уклоняющиеся как от этой повинности, так и от самого обучения, а также препятствовавшие неграмотным посещать школы,

привлекались к уголовной ответственности [12, с. 118–119]. В июле 1920 г. по инициативе В.И. Ленина была создана Всероссийская чрезвычайная комиссия по ликвидации неграмотности, на которую возлагалось непосредственное руководство по выполнению этой задачи.

Первые шаги по ликвидации неграмотности среди взрослых в Коми крае были сделаны после установления в регионе Советской власти. Более организованный характер работа приняла в 1920 г., когда была создана разветвленная сеть школ грамоты. В 1919–1920 учебном году в Яренском и Усть-Сысольском уездах действовало 296 школ взрослых и ликвидационных пунктов, которыми охватывалось более 16 тыс. чел. В Печорском уезде в 1920–1921 учебном году действовали 73 школы грамоты, в которых обучалось около 1350 чел [13]. В годы Гражданской войны сеть школ была неустойчивой, также к этому прибавились экономические трудности. Многие ликвидационные пункты были закрыты. В 1922–1923 учебном году по Коми области работало всего лишь 25 школ ликвидации безграмотности [14].

Ослабление работы по ликвидации неграмотности наблюдалось по всей стране. XII съезд РКП(б) признал необходимым увеличение финансирования народного образования [15]. В 1923 г. создается общество «Долой неграмотность». ВЦИК учреждает специальный фонд материальных средств имени В.И. Ленина для обеспечения успешной работы по ликвидации неграмотности [16]. В начале 1924 г. в Коми области появились низовые ячейки общества «Долой неграмотность». За два года в общество вступили 1 400 чел. В Коми области была создана устойчивая сеть школ ликвидации безграмотности. В 1925–1926 учебном году работало 137 ликвидационных пунктов и школ взрослых, в которых обучалось более 5 тыс. чел. Значительное число неграмотных охватывалось индивидуальным обучением [17].

Рассматривая грамотность населения европейской части РСФСР в 1926 г., можно привести следующие показатели: процент грамотных в возрасте от 0 до 7 лет – 0,8%, от 8 до 11 лет – 47,1%, от 12 до 15 лет – 64,5%, от 16 до 34 лет – 68,9%, от 35 до 49 лет – 50,8%, от 50 и выше – 27,5% [18]. Общий уровень грамотности европейской части РСФСР – 44,1%. Сопоставление этих данных с показателями Коми автономной области представлено в табл. 6.

Как видно из таблицы, в возрастных группах от 0 до 15 лет процент грамотного населения больше в Коми АО, а в возрастных группах 16–49 и 50+ лет – выше в европейской части РСФСР. Стоит отметить, что общий коэффициент грамотности Сысольского уезда выше аналогичного коэффициента европейской части РСФСР на 1,63%, коэффициенты остальных уездов и Коми АО в целом – ниже. Процент грамотности населения Коми автономной области – 39,48% – является самым низким по Северо-Восточному району европейской части РСФСР, тогда как средний процент грамотных в районе – 46,4% [18, с. 248–249].

Проанализировав динамику показателей грамотности по материалам переписей 1897, 1920, 1926 гг. (см. табл. 7), необходимо отметить, что уровень грамотности и среди мужчин, и среди женщин, и среди всего населения Коми к 1926 г. увеличился. Показатель грамотности всего населения Коми 1920 г. выше в 1,86 раза по сравнению с аналогичным показателем 1897 г. Далее, показатель грамотности всего населения 1926 г. выше в 1,33 раза по сравнению с аналогичным показателем 1920 г. Следует подчеркнуть, что во все три рассматриваемые года переписей показатель грамотности всего населения Коми был ниже аналогичного по европейской части России.

Показатели грамотного населения СССР возрастной группы 9–49 лет в 1926 г. составляли: процент грамотных среди мужчин – 71,5%, среди женщин – 42,7%, среди обоих полов – 56,6% [19].

Выводы

Таким образом, материалы Всесоюзной переписи населения 1926 г. дают возможность изучить грамотность населения как в целом по Коми автономной области, так и по возрастным группам среди мужчин и женщин. Рассматривая возрастные группы, следует отметить, что группе 16–19 лет принадлежит наиболее высокий процент грамотных среди всего населения области – 70,26%. Среди четырех возрастных групп от восьми до 24 лет размах вариации процента грамотного населения составляет 4,68%, а средний уровень грамотности находится на отметке 68,25%. Далее уровень грамотности начинает снижаться и достигает минимума в возрастной группе 60+ лет. Подобная «картина» характерна для всех уездов области.

Таблица 6

Сравнение уровня грамотности населения Коми АО и европейской части РСФСР, 1926 г.

Область, уезд \ Возраст, лет	Все возрасты	0-7	8-11	12-15	16-49	50+
Сысольский уезд	45,73%	3,61%	76,21%	78,56%	63,08%	17,62%
Усть-Куломский уезд	33,98%	2,94%	59,34%	63,65%	45,86%	12,85%
Усть-Вымский уезд	42,86%	3,23%	66,77%	70,27%	59,75%	18,09%
Ижмо-Печорский уезд	29,52%	1,41%	49,00%	51,25%	41,04%	15,37%
Коми АО	39,48%	2,99%	65,58%	68,50%	54,42%	16,15%
Европейская часть РСФСР	44,10%	0,80%	47,10%	64,50%	63,35%	27,50%

Составлено и подсчитано по: НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 427. Л. 1.

Таблица 7

Уровень грамотности населения Коми АО (Коми края) и европейской части России в период 1897–1926 гг.

Пол	1897 г.		1920 г.		1926 г.	
	Коми край	Европейская часть России	Коми АО	Европейская часть России	Коми АО	Европейская часть РСФСР
Мужчины	28%	32,6%	43,36%	42,2%	53,73%	-
Женщины	5,4%	13,6%	19,2%	25,5%	27,55%	-
Всего	15,9%	22,9%	29,62%	33%	39,48%	44,1%.

Сравнивая эти показатели с показателями возрастной группы 9–49 лет по Коми автономной области, следует отметить, что доля грамотных среди мужчин (79,3%) по Коми АО была выше в 1,11 раз, чем аналогичный показатель по СССР. Показатель грамотных среди женщин (41,4%) в Коми АО был ниже аналогичного по СССР в 1,03 раз. Показатель грамотных среди обоих полов (58,2%) по Коми АО был выше в 1,03 раза аналогичного по СССР [6]. Показатель грамотного населения европейской части РСФСР среди всего населения составлял 61,67% и был выше как показателя по СССР, так и по Коми АО. Полученные данные, а также анализ табл. 6 подтверждают, что в Коми автономной области уровень грамотности населения всех возрастов был ниже аналогичного по европейской части РСФСР в основном за счет возрастной группы 49 лет и старше.

Сравнивая показатели грамотного населения по СССР и Коми АО возрастной группы 9–49 лет, важно подчеркнуть, что показатель грамотности обоих полов Коми автономной области был выше аналогичного по СССР на 2,8%. Однако аналогичный показатель по европейской части РСФСР был выше показателя по Коми АО на 8,9%. Анализируя таблицу 6, можно констатировать, что жители Коми в возрасте до 16 лет были «более грамотными», чем их сверстники в европейской части РСФСР. Отсюда можно сделать вывод, что более низкий коэффициент грамотности Коми АО в сравнении с европейской частью РСФСР обусловлен более низким уровнем грамотности жителей 16 лет и старше.

Согласно данным переписи 1926 г., грамотность населения Коми области составляла 39,48%. Сравнивая этот показатель с аналогичным 1920 г.,

необходимо отметить заметный рост числа грамотных в области. Одной из важнейших составляющих этого факта является реализация программы ликвидации неграмотности в области. Несмотря на многие проблемы, связанные с материальными трудностями, нехваткой учителей, слабой методической подготовкой и др., программа ликвидации неграмотности работала и уровень грамотности населения неуклонно повышался. И хотя ликвидировать неграмотность полностью не удалось (в 1927 г. по уровню грамотности СССР занимал 19-е место в Европе, уступив Испании, Болгарии, Литве, Латвии, Эстонии и др. [20]), рост ее уровня был значимым достижением в развитии культурного уровня населения области в целом.

Одной из причин низкого уровня грамотности являлось то, что население Коми автономной области было на 96,74% сельским и только на 3,26% городским. Среди горожан грамотных было 70,73% (76,61% – среди мужчин и 65,05% – среди женщин). Также низкий показатель грамотности Коми АО можно связать с низким процентом грамотных женщин – 27,55%, что было обусловлено с бытом зырян, которые составляли в Коми АО 92% всего населения, необходимостью вести хозяйство и уход за детьми.

Уровень грамотности населения, его развитие зависят от множества факторов. Основными, влияющими на уровень грамотности жителей Коми автономной области, можно назвать огромную территорию области, малую плотность населения, разбросанность поселений, отдаленность школ, низкий уровень зажиточности населения, суровые климатические условия, в особенности на севере области. Таким образом, на уровень грамотности области влиял комплекс как географических, так и социально-демографических и социально-экономических факторов.

Литература

1. *Всесоюзная перепись населения 1926 года*. Северный район. Отдел 1. Народность, родной язык, возраст, грамотность. Т.1. Северный район. Ленинградско-Карельский район. М.: Изд-во ЦСУ СССР, 1928.
2. *Безносова Н.П.* Всесоюзная перепись населения 1926 г. о численности и этническом составе населения Коми автономной области и численности коми-зырян в СССР // Вопросы социально-политической и социально-экономической истории Республики Коми XX века (Труды Института языка, литературы и истории Коми научного центра УрО РАН; Вып. 61). Сыктывкар, 1996. С. 116–124.; Фаузер В.В., Рожкин Е.Н., Загайнова Г.В. Республика Коми в XX веке: демография, расселение, миграция. Сыктывкар, 2001. 124 с.; Жеребцов И.Л., Безносова Н.П., Вишнякова Д.В., Игнатова Н.М. и др. От первобытных стоянок – к городам. Очерки истории заселения Республики Коми с древнейших времен до конца XX века. Сыктывкар, 2014. 296 с.; Сквозников В.Я., Жеребцов И.Л., Фаузер В.В., Безносова Н.П. Население Республики Коми: прошлое, настоящее, будущее (о чем рассказывают переписи). Сыктывкар: Госкомстат Республики Коми, 2001. 175 с.; Безносова Н.П., Вишнякова Д.В., Жеребцов И.Л., Игнатова Н.М. и др. Этнический фактор в демографическом развитии Республики Коми (середина XIX – начало XXI века). Очерки истории народонаселения. Сыктывкар, 2006. 184 с.; Безносовых Я.Н. Культурная революция в Коми АССР. М.: Изд-во «Наука», 1968. 296 с.
3. *Воробьев Н.* Всесоюзная перепись населения 17 декабря 1926 г. (Краткий обзор организации и производства). В/О Союзоргучет. Редакционно-издательское управление. М., 1938. С.30.
4. *НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 413. Л. 1-84; Д. 439. Л. 1-84; Д. 427. Л.1.*
5. *Таскаев А.М.* Уровень грамотности населения в Сысольском уезде Коми автономной области по материалам Всесоюзной переписи населения 1926 г. // Социокультурные аспекты развития Северных территорий (Республика Коми. История и современность)/ КРАГСИУ, ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2015. С. 63–67.
6. *НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 427. Л. 1.*
7. *НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 413. Л. 1-84; Д. 439. Л. 1-84.*
8. *Таскаев А.М.* Школы и библиотеки Коми автономной области, их влияние на уровень грамотности населения по данным Всесоюзной переписи 1926 г. // Сборник статей молодых ученых Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН / ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2015. С. 50.
9. *Миронов Б.Н.* История в цифрах. Математика в исторических исследованиях / Под ред. акад. И.Д. Ковальченко / АН СССР. Л.: «Наука», 1991. С. 73.
10. *Вайровская С.В., Чупров В.И.* Грамотность населения Коми края в 1870–1920 годах // Социально-культурные и этнодемографические вопросы истории Коми. Сыктывкар, 1997. С. 28–30.
11. *НАРК. Ф. 140. Оп. 1. Д. 346. Л. 1.*
12. *Директивы ВКП(б) и постановления Советского правительства о народном образовании за 1927–1947 гг.* Вып. 2. М.-Л., 1947. С. 118.
13. *Народное образование* в Северо-Двинской губернии. Великий Устюг, 1922. С.40; Советская мысль, 29 января 1921 г.; Красная Печора, 14 мая 1921 г.; Партархив Архангельского обкома КПСС. Ф. 416. Оп. 1. Д. 9. Л.20.
14. *Протоколы 3-го областного съезда Советов рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов Автономной Коми области.* Усть-Сысольск, 1923. С.101.
15. *КПСС в резолюциях.* Ч. 1. С. 746.
16. *ЦГАОР. Ф. 2306. Оп. 1. Д. 2371. Л.68.*
17. *Безносовых Я.Н.* Культурная революция в Коми АССР. М.: Изд-во «Наука», 1968. С. 58.
18. *Крупская Н.К.* Собрание сочинений. №9 / Институт теории и истории педагогики АПН РСФСР. М.: Изд-во Академии педагогических наук, 1960. С. 245.

19. *Народное образование*, наука и культура СССР: Статистический сборник. М.: Изд-во «Статистика», 1971. С. 21.
20. Полянскова Л.Ю. Ликвидация неграмотности в деревне во второй половине 1920-х годов // Известия Российского Государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. СПб., 2008. С. 239.

References

1. *Vsesojuznaja perepis' naselenija 1926 goda*. [All-Union census of 1926.] Severnyj rajon. Otdel 1. Narodnost', rodnoj jazyk, vozrast, gramotnost' [Northern area. Section 1. Nationality, native language, age, literacy]. Vol.1. Severnyj rajon [Northern area]. Leningrad-Karelia region. Moscow: CSU USSR Publ., 1928
2. *Beznosova N.P.* Vsesojuznaja perepis' naselenija 1926 g. o chislennosti i jetnicheskom sostave naselenija Komi avtonomnoj oblasti i chislennosti komi-zyrjan v SSSR [All-Union census of 1926, number and ethnic composition of the population of the Komi Autonomous Region and the Komi-Zyrian population in the USSR] // *Voprosy social'no-politicheskoy i social'no-jekonomicheskoy istorii Respubliki Komi HH veka*. [Socio-political and socio-economic questions of the history of the Republic of Komi of XX century] (Proc. of Inst. of Language, Liter. and History, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS; Issue 61). Syktyvkar. 1996. P. 116-124.; Fauzer V.V., Rozhkin E.N., Zagainova G.V. Respublika Komi v XX veke: demografija, rasselenie, migracija. [The Republic of Komi in XX century: demography, settling, migration]. Syktyvkar. 2001. 124 p.; Zherebtsov I.L., Beznosova N.P., Vishnyakova D.V., Ignatova N.M., Rozhkin E.N., Fauzer V.V., Shabaev Yu.P. Ot pervobytnyh stojanok – k gorodam. Oчерki istorii zaselenija respubliky komi s drevnejshih vremen do konca xx veka. [From primitive sites - to towns. Essays on history of settling of the Republic of Komi from the earliest times to the end of XX century]. Syktyvkar. 2014. 296 p.; Skvoznikov V.Ya., Zherebtsov I.L., Fauzer V.V., Beznosova N.P. Naselenie Respubliki Komi: proshloe, nastojashhee, budushhee (o chem rasskazyvajut perepisi). [The population of the Republic of Komi: Past, Present, Future (what censuses tell)]. Syktyvkar: Goskomstat Respubliki Komi [State Statistics Committee of the Komi Rep.]. 2001. 175 p.; Beznosova N.P., Vishnyakova D.V., Zherebtsov I.L., Ignatova N.M., Rozhkin E.N., Shabaev Yu.P. Jetnicheskij faktor v demograficheskom razvitii Respubliki Komi (seredina XIX – nachalo XXI veka). Oчерki istorii narodonaselenija. [The ethnic factor in the demographic development of the Republic of Komi (mid XIX - beginning of XXI century). Essays in Population History]. Syktyvkar, 2006. 184 p.; Beznosikov Ya.N. Kul'turnaja revoljucija v Komi ASSR. [The Cultural Revolution in the Komi Republic]. Moscow: Nauka, 1968. 296 p.
3. *Vorobyev N.* Vsesojuznaja perepis' naselenija 17 dekabrja 1926 g. (Kratkij obzor organizacii i proizvodstva). [Census of December 17, 1926 (Overview of the organization and realization)]. V/O Sojuzorguchet. Edit. and Publ. Dept. Moscow. 1938. P.30.
4. *NARK. F. 140. Op. 1. D. 413. L.1-84; D. 439. L. 1-84; D. 427. L.1.*
5. *Taskaev A.M.* Uroven' gramotnosti naselenija v Sysol'skom uезде Komi Avtonomnoj oblasti po materialam Vsesojuznoj perepisi naselenija 1926 g. [The literacy level of the population in Sysolsk district of the Komi Autonomous Region, materials of the All-Union census of 1926]. // *Sociokul'turnye aspekty razvitija Severnyh territorij (Respublika Komi. Istorija i sovremennost')*. [Social and cultural aspects of development of the northern territories (The Republic of Komi. History and the Present)]. Komi Republ. Acad. of State Service and Management, Inst. of Lang., Liter. and History, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. Syktyvkar. 2015. P. 63-67.
6. *NARK. F. 140. Op. 1. D. 427. L. 1.*
7. *NARK. F. 140. Op. 1. D. 413. L. 1-84; D. 439. L. 1-84.*
8. *Taskaev A.M.* Shkoly i biblioteki Komi Avtonomnoj oblasti, ih vlijanie na uroven' gramotnosti naselenija po dannym vsesojuznoj perepisi 1926g. [Schools and libraries of the Komi Autonomous Region, their influence on the literacy level according to 1926 All-Union census] // *Sbornik statej molodyh uchenyh* [Collection of papers of young scientists of Inst. of Language, Literature and History, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. Syktyvkar, 2015. P. 50.
9. *Mironov B.N.* Istorija v cifrah. Matematika v istoricheskikh issledovanijah. [History in figures. Mathematics in historical researches]. Ed. Acad. I.D.Kovalchenko. USSR Ac. Sci. Leningrad: Nauka, 1991. P. 73.
10. *Vairovskaya S.V., Chuprov V.I.* Gramotnost' naselenija Komi kraja v 1870-1920 godah. [The literacy of the population of the Komi region in 1870-1920] // *Social'no-kul'turnye i jetnodemograficheskie voprosy istorii Komi*. [Socio-cultural and ethno-demographic problems of Komi history]. Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. Syktyvkar, 1997. P. 28-30.
11. *NARK. F. 140. Op. 1. D. 346. L. 1.*
12. *Direktivы VKP(b) i postanovlenija Sovetskogo pravitel'stva o narodnom obrazovanii za 1927-1947 gg.* [Directives of the Communist Party of the Soviet Union (Bolsheviks) and resolutions of the Soviet Government on public education for 1927-1947]. Issue 2. Moscow-Leningrad, 1947. P. 118.
13. *Narodnoe obrazovanie v Severo-Dvinskoj gubernii* [Public education in the Northern Dvina Province], Veliky Ustyug, 1922. P. 40; *Sovetskaja mysl'* [Soviet thought], January 29,

- 1921, Krasnaya Pechora, May 14, 1921; Party Archive of Arkhangelsk Regional CPSU Committee, f. 416, op. 1, d. 9, l.20.
14. *Protokoly 3-go oblastnogo sezda Sovetov rabochih, krest'janskih i krasnoarmejskih deputatov Avtonomnoj Komi oblasti* [Protocols of 3-rd Regional Congr. of Soviets of Workers, Peasants and Red Army deputies of the Autonomous Komi region]. Ust-Sysolsk, 1923. P. 101.
15. *KPSS v rezoljucijah* [CPSU in resolutions]. Pt. 1. P. 746.
16. *CGAOR* [Central State Archives], f. 2306, op. 1, d. 2371, l.68
17. *Beznosikov Ya.N.* Kul'turnaja revoljucija v Komi ASSR [The Cultural Revolution in the Komi Republic]. Moscow: Nauka. 1968. P. 58.
18. *Krupskaya N.K.* Sobranie sochinenij №9. [Collected Works №9]. Acad. of Pedagog. Sciences Publ., Inst. of Theory and History of Pedagogy, Acad. Ped. Sci., RSFSR. Moscow. 1960. P. 245.
19. *Narodnoe obrazovanie, nauka i kul'tura SSSR.* Statisticheskij sbornik. [Public education, Science and Culture of the USSR. Statistical collection]. Moscow: "Statistika" Publ. 1971. P. 21.
20. *Polyanskova L.Yu.* Likvidacija negramotnosti v derevne vo vtoroj polovine 1920-h godov [The eradication of illiteracy in village in the second half of the 1920s.]. Bull. of A.I.Gertsen Russian State Pedagog. Univ. St.Petersburg, 2008. P. 239.

Статья поступила в редакцию 27.05.2016.

УДК 271.22:392(=511.132)

РАЗВИТИЕ СТАРООБРЯДЧЕСКОЙ ТРАДИЦИИ КОМИ В СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

В.В. ВЛАСОВА

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
vv505@hotmail.com

В статье рассматривается влияние внешних и внутренних факторов на судьбу старообрядческих групп коми-зырян в советский период. Значительное изменение структуры населения Припечорья, связанное с промышленным освоением северных территорий, особенности вероучения поморцев и странников способствовали самоизоляции верхнепечорских староверов. На Удоре и верхней Вычегде, где национальный и социальный состав оставался однородным, старообрядческие религиозные практики получили широкое распространение среди местных жителей, при этом лишь незначительная часть идентифицировала себя со староверием.

Ключевые слова: коми старообрядцы, религиозные общины, динамика традиции

V.V.VLASOVA. DEVELOPMENT OF THE KOMI OLD BELIEVERS' TRADITION IN THE SOVIET PERIOD

Statistical data show significant decrease in the number of Old Believers in modern Russia. Before the revolution they accounted for 10% of the population, in the early 2000s - less than 1% of the population identified themselves with the Old Belief that made it possible to speak about its "dramatic decline". In this regard, the interest to such problems as the factors and mechanisms of self-preservation of the Old Believers communities increased. The impact of external and internal factors on the fate of the Old Believers groups of the Komi-Zyryans in the Soviet period is considered.

The first decades of XX century are characterized by the population growth in the Komi Old Believers, great influence of the social environment on the bringing to faith, high positive assessment of the Old Believers by local people.

The antireligious policy of the Soviet state has led to reduction in the number of Old Believers, the ousting of religion from the public sphere. Such factors as structural composition of the communities, discipleship, completeness of ritual life preserved among the "Bespopovtsy" Old Believers contributed to the preservation of the Old Belief in Komi. Considerable change in the population structure of the Pechora region related to the industrial development of the northern territories, features of the religious beliefs of the Pomorians and wanderers promoted self-isolation of the Upper Pechora Old Believers. On the Upper Vychehda and Udora, where national and social structure remained homogeneous, religious practices of Old Believers (baptism, funeral rites, remembrance of the dead) had become widespread among local people, but only a small part of the population identified themselves with the Old Belief.

Keywords: Komi Old Believers, religious communities, dynamics of tradition

Судьба религии в условиях радикальных социально-экономических, политических преобразований, коренные изменения в области отношений между государством и религией, а также перемены в религиозных практиках, произошедшие в советский период, становятся объектами пристального внимания исследователей с начала 1990-х гг. В это время активизируются исследования и старообрядческой традиции, итоги которых находят отражение в трудах историков, религиоведов, археографов, этнографов.

Данные статистики свидетельствуют о значительном сокращении численности староверов в современной России. По предреволюционным сведениям, приверженцы старой веры составляли 10% населения страны, в начале 2000-х гг. – менее 1% населения идентифицировало себя со старообрядчеством, что позволило говорить о его «драматическом упадке» [1, с. 37]. В этой связи интерес исследователей к таким вопросам, как факторы и механизмы самосохранения старообрядческих общин,

способы конструирования и поддержания границы между «своими» и «чужими», вполне закономерен.

В статье рассматривается влияние внешних и внутренних факторов на институты и религиозные практики коми староверов, формирование конфессиональной идентичности. Архивные и полевые материалы позволяют наиболее полно охарактеризовать ситуацию в 1920–1930-х, 1960–1970-х гг.

Старообрядческие группы коми-зырян в первой половине XX в.

На Удоре и Печоре большинство жителей следовало учению поморского согласия. С конца XIX в. в этих районах появляются последователи учения истинно-православных христиан (странствующих), (скрытники, бегуны). Крестьяне верхней Вычегды являлись приверженцами нетовского толка [2, с. 16–27]. Как и для других финно-угорских народов [3–5], для коми принятие староверия не означало утрату языковой и этнической специфики, однако оказало существенное влияние на самосознание, обрядовую и бытовую сферы их жизни. Группы коми старообрядцев не были едины в силу территориальной удаленности друг от друга и принадлежности к разным согласиям. На Удоре и верхней Вычегде старообрядческие села расположены компактно, что значительно упрощало внутригрупповые контакты; на верхней Печоре – на значительном расстоянии друг от друга. Единство верхнепечорской группы поддерживалось за счет принадлежности верующих к одному согласию (поморскому), интегрирующей роли религиозных центров (Усть-Цильма, Москва), деятельности местных и устьцилемских наставников, способствовавшей унификации обрядовых практик.

В дореволюционный период принадлежность к определенной конфессии (православию, староверию) являлась «фоновым знанием, частью нерелексированного жизненного мира, контекстом общей культурной социализации» [6, с. 415]. Печорский миссионер писал: «... самостоятельность в деле веры будет подавлена народным отлучением: и в рыболовную артель не возьмут, и в другое общее дело» [7, л. 6]. В начале XX в. происходит рост численности коми староверов. В приходах на Печоре (Покчинском, Савиноборском, Подчерском, Щугорском) они составляли большинство, на верхней Вычегде и Удоре – 40 – 45 % от общего числа жителей [2, с. 20–22]. Одной из причин успеха «старой веры», по мнению чиновников и духовенства, была экономическая заинтересованность коми крестьян (взаимопомощь, кредиты единоверцам и т.п.). В то же время большинство удорских и верхневычегодских староверов официально числились православными. В начале XX в. удорский священник писал, что «последователи всех сект первоначально получают крещение православного священника и только уже под старость лет они переkreщаются» [8, с. 40]. Браки заключались в церкви, поскольку это гарантировало соблюдение гражданских и имущественных прав супругов и детей. Печорские староверы рассматривали церковный брак как «временную и ложную предбрачную измену раско-

лу» [9, л. 277 об.], первоочередное значение имела принадлежность будущих супругов к определенному территориальному сообществу. Подобные «отступления» допускались вероучением поморцев, кроме того конфессиональные различия «размывались», поскольку некоторые элементы обрядности староверов были распространены и среди православных. «Православные, за редким исключением, почти все умеют ответить лишь то, что по этому поводу говорят раскольники. Необыкновенная редкость в таком приходе человек, крестящийся троеперстно, все двуперстники, даже самые усердные и преданные церкви прихожане. У многих в употреблении староверские лестовки, подручники, старообрядческие псалтыри и другие книги. Многие православные ходят смотреть и слушать раскольническое богослужение» [10, с. 20]. Среди верующих существовал «взгляд на раскол как на веру высокую, доступную не всем смертным» [11, с. 117].

Значительное влияние на формирование образцов и норм поведения оказала существовавшая у коми староверов система общинно-конфессиональных связей. Как и в других регионах России, местные религиозные общины состояли из двух основных страт, *истые (верные, староверы)* и *мирские*, различия между которыми существовали как на обрядовом, так и на бытовом уровнях. Возможность перехода из одной страты в другую была очень важна для сохранения целостности общины и поддержания равновесия между строгими конфессиональными требованиями и хозяйственно-экономическими реалиями. Эти же факторы обусловили половозрастной состав общин, где преобладали люди старшего возраста, более половины из которых – женщины, что характерно для староверия на европейском Северо-Востоке в целом [12, с. 214]. Более размыта была структура верхневычегодских общин, где не существовало четкого разделения на страты, а вероучение нетовцев допускало крещение и венчание в церкви [2, с. 41, 74, 84].

Одним из важнейших элементов религиозной жизни старообрядческих общин был институт наставничества. Представители всех согласий считали, что наставником может быть только мужчина, однако некоторые обряды (крещение, погребение) проводили и женщины. В конце XIX – начале XX вв. одним из факторов жизнеустройства верхнепечорских и удорских староверов были местные «соброры», в которых принимали участие наставники разных общин, а иногда и согласий. В их функции входили выработка единого решения по конкретным вопросам (бытовым, идеологическим). Местные общины поддерживали связи с крупными старообрядческими центрами (Москва, Пинега, Усть-Цильма, Чердынь), откуда получали литературу, предметы культа, где проходили обучение наставники [2, с. 156–158]. Появление в начале XX в. местной рукописной традиции (Удора, верхняя Печора) свидетельствовало, по мнению А.Н. Власова, о «расцвете» старообрядческой культуры у коми [13].

Итак, первые десятилетия XX в. характеризуются ростом численности общин коми староверов; значительным влиянием на приобщение к вере

социальной среды; высокой позитивной оценкой старообрядчества; полнотой социально-обрядовой жизни.

Коми старообрядцы в советский период

В 1920–1930-е гг. с началом социально-экономических преобразований на селе, промышленным освоением северных территорий в ряде районов происходит значительное изменение структуры населения. В Припечорье активно ведутся геологоразведочные работы, для всех районов Коми области разрабатываются проекты заготовки леса и его переработки, что резко увеличивает потребности в рабочей силе, которые невозможно удовлетворить за счет местного населения [14, с. 266, 267]. В 1930–1940-е гг. верхняя Печора становится местом ссылки, спецпереселений и размещения лагерей для заключенных. В начале 1930-х гг. количество вселяемых в Троицко-Печорский район спецпереселенцев и административно-высланных практически соответствовало числу местного населения. В 1953 г. в Троицко-Печорском районе из 19,8 тыс. чел. населения только 6,8 тыс. чел (34%) составляли коми [15, с. 47, 48]. Здесь складывается следующая структура расселения: в селах и деревнях проживает старожильское коми население, занятое преимущественно в сельском хозяйстве; русские, украинцы и др. составляют основную часть населения городов и лесных поселков [16–17]. На Удоре и верхней Вычегде в это время состав населения оставался стабильным [16, с. 96].

Социально-экономическим изменениям сопутствовали кардинальные идеологические преобразования: советское государство стремилось искоренить религию из публичной сферы. Со второй половины 1920-х гг. в Коми области различными организациями (Коми обком РКП(б), комиссия по культам, ячейки СВБ) ведется систематическая научно-атеистическая пропаганда (антирелигиозные кампании, публикации в периодической печати). К началу 1930-х гг. в России оформилась и получила одобрение концепция «воинствующего атеизма», основанная на идее о контрреволюционной сущности религии и антисоветской деятельности ее носителей [18, с. 289]. 1940 – 1950-е гг. характеризуются ослаблением атеистического движения, активизацией деятельности «неофициальных служителей культа» [19, с. 244–294]. С середины 1950-х гг. учреждения культуры и образования (дома культуры, библиотеки, школы, общество «Знание») активизируют «культурно-просветительскую работу» (лекции, беседы, публикации в периодической печати). В научно-популярной литературе и прессе представители религиозных учений делят на «сектантов» и «верующих». В первую группу включают баптистов, свидетелей Иеговы, пятидесятников, сюда же попали и истинно-православные христиане (странствующие); во вторую – православные, старообрядцы [20].

Закрытия церквей в старообрядческих селах не вызвали протеста, иногда это происходило по инициативе прихожан (с. Керчомъя, Подчерье) [19, с. 241]. Резкий рост протестных настроений был

вызван политикой раскулачивания и коллективизации 1920–1930-х гг. В это время идеи истинно-православных христиан (странствующих) или *скрытников* о втором пришествии антихриста, близком конце света и необходимости бегства в леса были восприняты значительной частью староверческого населения Удоры и верхней Печоры. Агитация бегунов, как и в дореволюционный период, базировалась на положении о «воцарении антихриста» и оценке официальной власти как «антихристовой». «В 1931 г. моего отца стали раскулачивать. Тогда скрытники убеждали его скрыться, одновременно предсказывая, что будет переворот этой власти, отобранное имущество возвратят, если перемены власти не случится в Ильин и Прокопьев день, то осенью обязательно. Мы с отцом поверили и бежали в лес» [21, л. 91].

Согласно докладной записке НКВД 1936 г. «... в апреле 1936 г. в Удорском районе вскрыта и ликвидирована контрреволюционная группа сектантов-скрытников, арестовано 10 человек, из них кулаков – 2, зажиточных – 2, единоличников – 6». Отмечено, что «указанная группа сектантов проводила контрреволюционную агитацию ... под видом молитвенных собраний устраивая контрреволюционные сборища, на которых призывали не подчиняться советской власти, не вступать в колхоз, т.к. будет большой грех и вступивший в колхоз попадет под веру антихриста» [21, л. 90].

На верхней Печоре в 1920-е гг. активную деятельность ведут проповедники Еварест, Филарет, сумевшие привлечь на свою сторону значительную часть коми населения Подчерья, Покчи, Возино, Кодача, Скаляпа и других деревень. Крестьяне бегут из своих селений в починки, строят кельи на притоках Печоры. Наряду с местным населением в починках проживают верующие из Чердынского уезда. В начале 1930-х гг. специальная группа из коммунаров и красноармейцев, прибывших из Архангельска, отправилась в рейд по притокам Печоры, чтобы вернуть сбежавших. В ходе этого рейда было обнаружено до 300 чел., из них около 150 – местные жители. Большую часть переселили на прежнее место жительства, часть – арестовали. О дальнейшей судьбе их неизвестно [22, л. 33–35].

Активное участие в ликвидации скитов принимали приезжие, тогда как местные жители помогали скрываться от властей: предупреждали о времени облав, скрывали месторасположения скитов. Практика привлечения людей «со стороны» существовала и в дореволюционный период: испытывая противодействие местного населения при решении вопросов, затрагивающих религиозную жизнь, представители власти обращались к коми населению соседних районов. Например, в с. Подчерье церковь на месте старообрядческого кладбища возводили вычегодские крестьяне [2, с.49]. В вероучении странников власти видели прямую угрозу новому режиму, в рамках сформировавшейся к этому времени концепции они оценивали ее как контрреволюционную и антисоветскую, в полной мере продемонстрировав местному населению жесткие меры борьбы с последними.

Первые статистические данные о численности коми староверов во второй половине XX в. содержатся в научных отчетах Ю.В. Гагарина. В 1967 г. в ходе опроса 698 чел. на верхней Печоре (с. Покча, Курья, Усть-Унья, деревни Скаляп, Волосница, Пачгино, Светлый Родник, Бердыш) 293 чел. «признали себя верующими», из них 159 (128 женщин, 31 мужчина) – староверами, 120 – скрытниками [23, л. 20, 21]. В Печорском районе (села Савинобор, Лемты, Лемтыбож, Щугор, деревни Аранец, Даниловка, Концебор, Подчерье) из 701 опрошенного 171 (145 женщин и 26 мужчин) человек были староверами, 24 – скрытниками и 48 – официально православными. Староверы составляли большинство верующих в деревнях Даниловка, Аранец, Щугор [22, л. 36–56]. Отметим, что совместное проживание представителей разных старообрядческих согласий (поморцев и странников) неизбежно порождало разногласия, что требовало от верующих осмысления основ вероучения, способствуя сохранению высокого уровня конфессионального самосознания.

Жители лесных поселков, приехавшие/высланные в Припечорье из разных регионов России, придерживались различных вероучений (православие, католицизм, баптизм и т.д.). Среди них было и некоторое число православных коми из других районов, контакты с которыми местные старообрядцы старались ограничить. «Староверы нас не любят, говорят, мол, эжвинские (вычегодские – В.В.) умники приехали, считают грехом разговаривать с нами» [22, с. 45]. Исследователи указывали, что уровень образования жителей печорских сел, где находились леспромхозы, лесопункты, был значительно выше, чем в «колхозных селах», где «преобладает старожильческое коренное население, подвергнутое влиянию старообрядчества» [24, л. 72–73]. В отчетах отмечалось, что «среди верующих преобладают лица пожилого возраста, с низким уровнем образования и квалификации» [22, л. 81]. Эти выводы этнографов воспроизводят и закрепляют стереотип об отсталости уклада деревенской жизни, сформировавшийся еще в 1930-е гг. [18, с. 289].

В с. Пучкома Удорского р-на в 1964 г. было 43 верующих – 34 старовера и девять официально православных, в 1970 г. – 31 верующий (30 староверов: 22 истых, восемь мирских; один скрытник). Ю.В. Гагарин особо отметил факт исчезновения официально православных в этом селе, объясняя его тем, что они «либо умерли, либо приняли старообрядчество» (данных по другим селам района нет) [25, л. 8]. В Усть-Куломском р-не в 1963 г. в с. Керчомья насчитывалось 20 – 30 старообрядцев, только трое «истых», несколько большее число (точное количество не указано) проживало в деревнях Вочевского и Дзельского сельских советов. Численность староверов составляла около 100 чел. [26, л. 123–124].

Старообрядческие общины коми на верхней Вычегде, Удоре и верхней Печоре состояли из людей старшего возраста, преимущественно женщин; до второй половины 1970-х гг. сохранялось деле-

ние на две страты: *истых* и *мирских*. Внутриобщинное деление, как и в досоветский период, позволяло поддерживать равновесие между строгими конфессиональными требованиями и повседневными реалиями.

Мужчины традиционно играли главенствующую роль в староверии: женщины следили за соблюдением обычаев, а в вопросах религиозной догматики приоритет был у мужчин [23, л. 21]. В ходе бесед в 1999–2007 гг. наставницы Удоры и Печоры указывали, что женщина не может занимать эту должность, они же делают это по необходимости, так как нет мужчин достойных и способных ее занять. Исследователи отмечают существование исторически сложившихся гендерных приоритетов при реализации государственной политики в религиозной сфере: большая нацеленность на мужчин, и меньшая – на женщин [27, с. 153]. Эти установки характерны и для политики властей в отношении староверов, причем как в досоветский, так и в советский периоды. Как правило, женщин к уголовной ответственности не привлекали (исключение – дело удорских скрытниц 1937 г.), в то же время нами зафиксированы рассказы об арестах известного на Печоре «старца Василия»; о гонениях на печорского наставника С.А. Мамонтова писал А.А. Чувьоров [28]. Активное участие пожилых женщин в религиозной жизни не влекло за собой столь суровых преследований, хотя и на них пытались «повлиять». В конце 1970-х гг. большинство общин верхнепечорских староверов возглавляли женщины [22, л. 42–55]. Аналогичная ситуация складывалась в удорских и верхневычегодских общинах. Кроме того, нельзя не согласиться с утверждением, что в советском государстве люди, не вызывавшие политических опасений, могли относительно спокойно жить, оставаясь открыто верующими людьми [29, с. 10].

Полевые материалы 1960 – 1970-х гг. демонстрируют определяющее влияние семьи в сохранении религиозных традиций. Отмечая «негативное» влияние старшего поколения, исследователи указывали, что дети не вступают в пионеры, соблюдают все посты, молятся, носят нательные крестики и т.д. Прочитав некоторые замечания: «... в семье ни один из восьми детей не осмелился пойти против родителей и вступить в пионеры», «староверы оказывают влияние на своих детей и внучат <...> собираются старики и старухи с внучатами и старик пересказывает им священное писание». Посетившие в 1962 г. верхнепечорские деревни Ю.В. Гагарин и Л.Н. Жеребцов отмечали, что староверы «не занимаются вовлечением в свою веру новых людей», однако «вливают на детей» [24, л. 155, 160, 179]. Работа с детьми (школы, учреждения культуры) была неотъемлемой частью государственной антирелигиозной политики и имела определенный успех. Память о конфликтах между детьми и старшими сохранилась в семейных историях. «С семьей надо жить, как сам веришь, так и детей воспитывать. Мне, например, очень хотелось вступить в пионеры, дети-то вступали. Очень хотелось, учительница мне галстук дала и повязала, я домой пришла, а бабушка мне говорит: «Змея потом во-

круг шеи будет, отнеси обратно». Я понесла обратно, учительница мне говорит: «Носи в школе, домой не носи». Вроде как в школе пионер, а дома нет. Я говорю: «Вы же говорите, нельзя старших обманывать». Дети-то все равно рассказали бы. Вот так я учительнице сказала, она со мной согласилась. Бабушка у меня очень строгая была <...> Она меня научила молиться» [30, л. 17].

Несмотря на трудности, старообрядческим общинам удавалось сохранять полноту обрядовой жизни. Это было возможным благодаря наличию необходимой богослужебной литературы, которую удалось сохранить во многих семьях, авторитету наставниц в обрядовой сфере и тесным связям общин одного района. В 1970-е гг. были восстановлены контакты удорской (с. Пучкома) и печорской (Лемтыбож) общин с московской Преображенской общиной. Проводились крещения детей и взрослых, в частных домах проходили поминальные и праздничные службы, верующие исповедовались (несколько раз в год), их погребали в соответствии с канонами. Наши полевые материалы позволяют говорить о том, что на Удоре и верхней Вычегде крещения и погребения по старообрядческому канону стали проводить не только наставницы, но и нестароверы (мирские/православные). Именно в это время значительное количество местных жителей принимают староверческую обрядность, не усваивая/не принимая сути вероучения. В подобных условиях противостояние официально православных и староверов утратило былую остроту, что привело к постепенному размыванию конфессионального самосознания.

Закключение

Радикальные изменения советского периода, затронувшие все сферы жизни общества, оказали значительное влияние на религиозные институты и практики.

Д. Фурман и К. Каарияйнен отмечают, что в середине XX в. советская власть стала проявлять больше терпимости к православию и другим «традиционным конфессиям», которые не пытались выйти за пределы круга традиционных верующих [30, с. 9]. Очевидно, что староверие относилось властями к «традиционным конфессиям», исключая учение истинно-православных христиан (странствующих). В 1960–1970-х гг. старообрядческие общины коми немногочисленны, состоят из людей старшего возраста, приобщение к вере связано с ближайшим социальным окружением. Значимую роль в сохранении старообрядческой традиции коми, несмотря на феминизацию, играл институт наставничества. Именно благодаря наставникам общины староверов не утратили полноту обрядовой жизни (праздничные службы, крещение, погребение, поминовение, исповедь). Следует отметить, что проблемы, связанные с сокращением численности верующих, кризисом институционализированного религиозного авторитета, затронули все религиозные конфессии [31, с. 18].

Вместе с тем ряд факторов обусловил локальную специфику развития старообрядческой традиции коми, определив в значительной мере

пути ее дальнейшего развития. Помимо изначально существовавших различий идеологических установок, существенное влияние на ее формирование оказали особенности социально-экономических преобразований советского периода (промышленное освоение северных территорий, качественное и количественное изменение состава населения). Проживание в окружении иноэтничного и иноконфессионального большинства, различия в социальном и образовательном плане, высокий уровень религиозного самосознания способствовали самоизоляции верхнепечорских староверов. На Удоре и верхней Вычегде, где национальный и социальный состав оставался однородным, старообрядческие религиозные практики (крещение, погребение, поминовение) получили широкое распространение среди местных жителей, «выйдя» за границы староверческих общин. Это привело к появлению значительного количества верующих, следовавших в обрядовой практике старообрядческому канону (двуперстие, крещение), при этом не понимавших по сути вероучения, что стало причиной постоянного размывания религиозной традиции в этих районах.

Статья подготовлена в рамках проекта ERA.Net RUS Plus программы № 189 (CORUNO).

Литература

1. *Филатов С.Б., Лункин Р.Н.* Статистика российской религиозности: магия цифр и неоднозначная реальность // Социологические исследования. 2005. № 6.С. 35–45.
2. *Власова В.В.* Старообрядческие группы коми: конфессиональные особенности социальной и обрядовой жизни. Сыктывкар, 2010. 172 с.
3. *Фишман О.М.* Жизнь по вере: тихвинские карелы-старообрядцы. М.: «Индрик», 2003. 408 с.
4. *Pentikäinen J., Raudalainen T.* Old Belief among the Uralic People // «Silent as waters we live» Old-Believers in Russia and Abroad. Cultural encounter with Finno-Ugrians (Studia Fennica. Folkloristica 6). Helsinki, 1999. Pp. 40–54.
5. *Данилко Е.С.* Механизмы самосохранения русских и финно-угорских старообрядческих общин Урало-Поволжья: Автореф. дис. д.и.н. М., 2007. 55 с.
6. *Ипатова Л.П.* Современные особенности освоения православной традиции // Традиции и инновации в современной России. Социологический анализ взаимодействия и динамики / Под ред. А.Б. Гофмана. М.: РОС-СПЭН, 2008. С.409–456.
7. *ГАВО. Ф. 496. Оп. 1. Д. 19227.*
8. *Отчет о деятельности Великоустюжского Православного Стефано-Прокопиевского Братства за 1903 г.* // Приложение к Вологодским епархиальным ведомостям. 1904. № 7–8. С. 17–48.
9. *ГАВО. Ф. 496. Оп. 1. Д.16897.*
10. *Одиннадцатое годичное собрание членов Вологодского Православного Братства во имя*

- Всемилового Спаса. Отчет о деятельности Братства. Вологда, 1897. С.44.
11. *Отчет о состоянии* раскола в Вологодской епархии// Приложение к Вологодским епархиальным ведомостям. 1905. №5. С. 116–123.
 12. *Ефименко П.С.* Материалы по этнографии русского населения Архангельской губернии// Труды этнографического отдела императорского Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете. М., 1877. Кн. V. Т. XXX. Вып. 1. 220 с.
 13. *Власов А.Н.* Проблемы бытования традиционной книжности среди населения коми (по материалам археографических экспедиций Сыктывкарского университета 1986–1989 гг.)// Устные и письменные традиции в духовной культуре народа: Тезисы докладов. Сыктывкар, 1990. Ч. II. С. 19–21.
 14. *Жеребцов И.Л.* Административно-территориальные и демографические изменения в Коми крае в 20–30-е гг XX в. // История Коми с древнейших времен до современности. Т. 2. Сыктывкар, 2011. С.264–271.
 15. *Игнатова Н.М.* Спецпереселенцы в Республике Коми в 1930 – 1950-е гг. Сыктывкар, 2009. 192 с.
 16. *Безносова Н.П., Рожкин Е.Н., Шабаев Ю.П.* Этнодемографические процессы в Коми АССР в 1926–2002 гг.// Этнический фактор в демографическом развитии Республики Коми (середина XIX – начало XXI века). Сыктывкар, 2006. С. 66–120.
 17. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. оп. 13. Д. 79. Л. 23–26.
 18. *Гайлит О.* Религия в «молодом» обществе: заметки о становлении советской повседневности // Антропологический форум. 2012. № 6. С. 288–308.
 19. *Гагарин Ю.В.* История религии и атеизма народа коми. М.: «Наука», 1978. 328 с.
 20. *Гагарин Ю.В.* Отход от сектантства в Коми АССР//По этапам развития атеизма в СССР. М.: Наука, 1967. С.168–187.
 21. *НАРК.* Хр. 2. Ф.1. Оп. 3. Д. 236.
 22. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. Оп. 13. Д. 167.
 23. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. Оп. 13. Д. 159.
 24. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. Оп. 13. Д. 79.
 25. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 5. Оп. 2. Д. 70.
 26. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 1. Оп. 13. Д. 130.
 27. *Богданов К.А.* Гендер в магических практиках: русский случай// Мифология и повседневность. Гендерный подход в антропологических дисциплинах: Материалы научной конференции (19 – 21 февраля 2001, г. Санкт-Петербург). СПб., 2001. С. 150–165.
 28. *Чувьуров А.А.* Роль старообрядческих наставников в воспроизводстве, эволюции и передаче религиозного опыта в среде коми старообрядческого населения// Мастер и народная художественная традиция Русского Севера (Доклады III научной конференции «Рябининские чтения 99») URL: http://kizhi.karelia.ru/specialist/pub/library/rjabini_n1999/03_05.htm (дата обращения 05.2009).
 29. *Фурман Д., Каарийнен К.* Религиозность в России в 90-е гг. XX – начале XXI в. // Новые церкви, старые верующие – старые церкви, новые верующие. Религия в постсоветской России / Под ред. К.Каарийнена, Д.М. Фурмана. СПб.: Летний сад, 2007. С. 6–15.
 30. *НА Коми НЦ УрО РАН.* Ф. 5. Оп. 2. Д. 739. Л. 17.
 31. *Агаджанян А., Русселе К.* Как и зачем изучать современные религиозные практики? // Религиозные практики в современной России. М.: Новое издательство, 2006. С. 11–32.

References

1. *Filatov S.B., Lunkin R.N.* Statistika rossijskoj religioznosti: magija cifr i neodnoznachnaja real'nost' // Sociologicheskie issledovanija [Statistics of Russian religiosity: magic of figures and mixed reality // Sociological research]. 2005. № 6. P. 35-45.
2. *Vlasova V.V.* Staroobriadcheskie gruppy komi: konfessional'nye osobennosti social'noj i obrjadovoj zhizni [Komi Old Believers groups: confessional features of social and ceremonial life]. Syktyvkar: Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS, 2010. 172 p.
3. *Fishman O.M.* Zhizn' po vere: tihvinskie karely-staroobriadcy [The life of faith: the Tikhvin Karelians - Old Believers]. Moscow: «Indrik», 2003. 408 p.
4. *Pentikäinen J., Raudalainen T.* Old Belief among the Uralic People // «Silent as waters we live» Old-Believers in Russia and Abroad. Cultural encounter with Finno-Ugrians (Studia Fennica. Folkloristica 6). Helsinki, 1999. P. 40-54.
5. *Danilko E.S.* Mehanizmy samosohranenija russkikh i finno-ugorskich staroobriadcheskich obshhin Uralo-Povolzh'ja [Mechanisms of self-preservation of Russian and Finno-Ugric communities of Old Believers in the Ural-Volga region]: Abstract of diss. ... Dr. Sci. (History). Moscow, 2007. 55 p.
6. *Ipatova L.P.* Sovremennnye osobennosti osvoenija pravoslavnoj tradicii // Tradicii i innovacii v sovremennoj Rossii. Sociologicheskij analiz vzaimodejstvija i dinamiki [Modern features of the development of the Orthodox tradition // Traditions and innovations in modern Russia. Sociological analysis of interaction and dynamics] / Ed. A.B. Gofman. Moscow: ROSSPEN, 2008. P.409–456.
7. *GAVO. F. 496.* Op. 1. D. 19227. L. 6.
8. *Otchet o dejatel'nosti Velikoustjuzhskogo Pravoslavnogo Stefano-Prokopievskogo Bratstva za 1903 g.*// Prilozhenie k Vologodskim eparhial'nym vedomostjam [Report on the activities of the Veliky Ustyug Orthodox Brotherhood for 1903 // Appendix to the Vologda Diocesan Records]. 1904. № 7-8. P. 17–48.
9. *GAVO. F. 496.* Op. 1. D.16897.
10. *Odinnadcatoe godichnoe sobranie chlenov Vologodskogo pravoslavnogo Bratstva vo imja*

- Vsemilostivogo Spasa. Otchet o dejatel'nosti Bratstva [The XI annual meeting of the members of the Vologda Orthodox Brotherhood in the name of Merciful Spas. A report on the activities of the Brotherhood]. Vologda, 1897. P.44.
11. *Otchet o sostojanii raskola v Vologodskoj eparhii* // Prilozhenie k Vologodskim eparhial'nym vedomostjam [Status report of the schism in the Vologda diocese // Appendix to Vologda Diocesan Records]. № 5. 1905. P. 116–123.
12. *Efimenko P.S.* Materialy po jetnografii russkogo naselenija Arhangel'skoj gubernii. Ras-kol sredi sel'skogo naselenija // Trudy jetnograficheskogo otdela imperatorskogo obshhestva ljubitelej estestvoznaniya, antropologii i jetnografii pri Moskovskom universitete [Materials on Ethnography of the Russian population of the Arkhangelsk province. The split among rural population // Proc. of the Ethnographic Dept. of the Imperial Soc. of lovers of Natural Science, Anthropology and Ethnography at Moscow Univ.]. Moscow, 1877. Book V. Vol. XXX. Issue 1. P. 220.
13. *Vlasov A.N.* Problemy bytovaniya tradicionnoj knizhnosti sredi naselenija komi (po materialam arheograficheskikh jekspeditsij Syktyvkarskogo universiteta 1986 – 1989 gg.) // Ustnye i pis'mennye tradicii v duhovnoj kul'ture naroda [The problems of existence of traditional literacy among the population of Komi (on materials of archaeological expeditions of Syktyvkar University 1986-1989) // Oral and written traditions in spiritual culture of the people]: Abstracts of reports. Syktyvkar, 1990. Pt. II. P. 19-21
14. *Zherebtsov I.L.* Administrativno-territorial'nye i demograficheskie izmenenija v Komi krae v 20-30-e gg XX v. // Istorija Komi s drevnejshih vremen do sovremennosti [The administrative-territorial and demographic changes in the Komi region in the 1920-1930-s of XX century // History of Komi from ancient times to the present]. Vol. 2. Syktyvkar, 2011. P. 264–271.
15. *Ignatova N.M.* Specpereselency v Respublike Komi v 1930 – 1950-e gg [Special settlers in the Republic of Komi in the 1930-1950-s]. Syktyvkar, 2009. 192 p.
16. *Beznosova N.P., Rozhkin E.N., Shabaev Yu.P.* Jetnodemograficheskie processy v Komi ASSR v 1926-2002 gg. // Jetnicheskij faktor v demograficheskom razvitii Respubliki Komi (seredina XIX – nachalo XXI veka) [Ethnodemographic processes in the Republic of Komi in 1926-2002 // Ethnic factor in the demographic development of the Republic of Komi (mid XIX – early XXI century)]. Syktyvkar, 2006. P. 74-85.
17. NA KNC UrO RAN [Sci. Archive of the Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS]. F. 1. Op. 13. D. 79.
18. *Gailit O.* Religija v «molodom» obshhestve: zametki o stanovlenii sovetskoj povsednevnosti // Antropologicheskij forum [Religion in “young” society: notes on the development of Soviet everyday life // Anthropological forum]. 2012. № 6. P. 288-308.
19. *Gagarin Yu.V.* Istorija religii i ateizma naroda komi [The history of religion and atheism of the Komi people]. Moscow: Nauka, 1978. 328p.
20. *Gagarin Yu.V.* Othod ot sektantstva v Komi ASSR // Po etapam razvitiya ateizma v SSSR [A departure from the sectarianism in the Komi ASSR // Stages of development of atheism in the USSR]. Moscow: Nauka, 1967. P. 168-187.
21. NARK. Hr. 2. F.1. Op. 3. D. 236.
22. NA KNC UrO RAN [Sci. Archive of Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS]. F. 1. Op. 13. D. 167.
23. *Ibid.* F. 1. Op. 13. D. 59.
24. *Ibid.* F. 1. Op. 13. D. 79.
25. *Ibid.* F. 5. Op. 2. D. 70.
26. *Ibid.* F. 1. Op. 13. D. 130.
27. *Bogdanov K.A.* Gender v magicheskikh praktikah: russkij sluchaj // Mifologija i povsednevnost'. Gendernyj podhod v antropologicheskikh disciplinah. Materialy nauchnoj konferencii 19 – 21 fevralja 2001 [Gender in magic practices: the Russian case // Mythology and daily life. Gender approach in anthropological disciplines]: Materials of sci. conf. (February 19-21, 2002)]. St.Petersburg, 2001. P. 150–165.
28. *Chuvyurov A.A.* Rol' staroobradcheskikh nastavnikov v vosproizvodstve, jevolucii i pere-dache religioznogo opyta v srede komi staroobradcheskogo naselenija // Master i narodnaja hudozhestvennaja tradicija Russkogo Severa (doklady III nauchnoj konferencii «Rjabininskie chtenija 99») [The role of the old believer preceptors in reproduction, evolution and transmission of religious experience among the Komi Old Believers' population // Master and folk art tradition of the Russian North (Proc. of III sci. conf. “Ryabininsky readings 99”)]. (URL:http://kizhi.karelia.ru/specialist/pub/library/rjabinin1999/03_05.htm (accessed 05.2009).
29. *Furman D., Kaariajnen K.* Religioznost' v Rossii v 90-e gg. XX – nachale XXI v. // Novye cerkvi, starye verujushhie – starye cerkvi, novye verujushhie. Religija v postsovet-skoj Rossii [Religiosity in Russia in the 1990-s of XX – beginning of XXI century // New churches, old believers – old churches, new believers. Religion in post-Soviet Russia] / Eds. Kaariajnen K., Furman D. Moscow – St.Peter-sburg: Letnij sad [Summer garden], 2007. P. 6-15.
30. NA KNC UrO RAN [Sci. Archive of Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS]. F. 5. Op. 2. D. 739.
31. *Agadzhanjan A., Russele K.* Kak i zachem izu-chat' sovremennye religioznye praktiki? // Religioznye praktiki v sovremennoj Rossii [How and why to study contemporary religious practices? // Religious practices in contemporary Russia]. Moscow: Novoe izda-tel'stvo [New Publishers], 2006. P.11-32.

Статья поступила в редакцию 05.05.2016.

УДК 392.9

МЕДИЦИНСКИЕ ПРАКТИКИ В БЫТОВОЙ КУЛЬТУРЕ КОМИ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Е. ЕРМАКОВА

Тюменский государственный университет, г. Тюмень
elenaprema@mail.ru

В статье рассматриваются особенности медицинских практик коми-зырян, проживающих на юге Тюменской области. Отмечаются особенности массажа, хирургические приемы лечения. Приводятся знания в области фитотерапии и фунготерапии, которые были достаточно популярны и разнообразны по средствам (препаратам) лечения. Дается вывод об особенностях бытования у коми-зырян рациональных медицинских практик в настоящем времени и приводятся причины их трансформации, связанные как с политическими, географическими, так и с ассимиляционными явлениями и особенностями.

Ключевые слова: коми-зыряне, медицинские практики, рациональная медицина, современное бытование, трансформация традиционных знаний

Е.Е. ERMAKOVA. MEDICAL PRACTICES IN EVERYDAY CULTURE OF THE KOMI PEOPLE FROM THE SOUTH OF THE TYUMEN REGION

On the basis of field material collected from 2006 to 2012 the features of the medical practices of the Komi-Zyryans living in the south of the Tyumen region are considered. The peculiarities of massage are touched upon: hygiene, basic movements, diseases at which it was applied.

Surgical methods of treatment mainly related to the traumatic injuries of the skull, as well as midwifery, are described.

The knowledge in the field of herbal medicine and fungotherapy that were quite popular and had diverse means (drugs) of treatment is considered in detail. In many homes they always had and still have herbal remedies, the range of which is associated with natural conditions of the region.

Besides, there is some material (due to the poor preservation of information) concerning treatment by products of animal and vegetative origin.

Medical culture of the Komi people of the Tyumen Region accumulates invaluable experience and knowledge gained in the Komi region and acquired in Western Siberia during contacts with other ethnic groups, especially the Russians. We can speak about its relationship with maternity and funeral rites, housing, clothing, food, folk calendar, business activities, i.e. with everyday culture in general.

For several generations the selection of remedies necessary to maintain health took place. Due to the wide spreading of official medical services, knowledge about many diseases and their methods of healing are lost or not relevant. Chiropractics/bone setting (at fractures), the practice of obstetrics, healing methods for treatment of certain diseases, the skills of animal care (Veterinary) were not in demand, and therefore were no longer in use. Fairly complex, multi-component methods of treatment were lost or not applied, more easy and simple ways of healing have been preserved and practiced.

Medical culture of the Komi people demonstrates the features characteristic of the functioning of culture in a multicultural region with increased migration activity, such as the Tyumen Region. It preserved the traditional features characteristic of magical-medical practice of "parent" territory. There were innovations – borrowings from the health care systems of other ethnic groups, mainly the Russians, as a result of intercultural contacts in the new territory of residence. Furthermore, in recent years, these innovations are related to the peculiarities of functioning of the society in the information space with the possibilities provided by modern mass-media and uncensored literature.

Keywords: the Komi-Zyrians, medical practices, rational medicine, modern existence, transformation of traditional knowledge

Один из аспектов изучения этносов – рассмотрение их локальных групп и, соответственно, локальных традиций. Одним из таких этнокультур-

ных «островов» являются коми-зыряне, компактно проживающие на юге Тюменской области среди русского и татарского населения региона. Современ-

менное коми население юга Тюменской области ведет свое происхождение от переселенцев 1830–1920 гг. из Сысольского (Усть-Сысольского) и Яренского уездов Вологодской губернии. По сведениям С.К. Патканова, в конце XIX в. центрами компактного расселения коми были следующие волости Ялуторовского уезда: Ивановская (с. Ивановка, деревни Александровка, Большая Тихвина, Малая Тихвина), Плетневская (деревни Вяткина, Бельковка, Чумакова, Согра, Балаганы-Одина, Кургом), Заводоуковская (деревни Каменка, Падун), Томиловская [1]. Наиболее крупные компактные поселения коми Тюменской области в настоящее время – с. Староалександровка (Ярковский р-н), с. Ивановка и д. Большое Тихвино (Ялуторовский р-н). По данным переписи населения 1897 г., в Ялуторовском округе Тобольской губернии числилось 2504 коми-зырян [2]*. В Тюменской области (здесь и далее без ХМАО и ЯНАО) по итогам переписей населения проживало коми: в 1959 г. – 2568 [4], в 2002 г. – 1297, из них один коми-ижемец; 488 коми-пермяков [5], в 2010 г. – 964, из них шесть ижемцев; 358 коми-пермяков [6].

Несмотря на небольшую и все убывающую численность, вызванную ассимиляционными процессами, в среде коми продолжают сохраняться (или в живом бытовании, или как воспоминание) традиционные особенности культуры, в том числе культуры жизнеобеспечения [7]. Благодаря этому в работах исследователей сформировался круг вопросов, которые раскрывают специфику социальных и культурных процессов в среде этой локальной группы как в исторической динамике, так и на современном этапе. Рассматриваются демографические процессы – расселение, брачный состав, процессы смертности, особенности переселения и освоение новой территории, отдельные аспекты материальной и духовной культуры – особенности костюма, традиции рыболовства, роль женщины в обрядах перехода, погребально-поминальная обрядность, представления о домовом, вопросы здоровьясбережения [8–19]. В них фиксируются особенности бытовой культуры коми-зырян Нижнего Приоболыя, а также выявляются процессы и механизмы этнокультурной трансформации локальной традиции [20, с. 5–14].

Как отмечали еще Ю.В. Бромлей и А.А. Воронов, «народная медицина, как и любой другой вид народных знаний, представляет собой неотъемлемую часть культуры каждого народа, в том числе его духовной культуры» [21, с. 3]. И в системе бытовой культуры коми, конечно, фиксируются сохранившиеся до наших дней медицинские знания и практики, рассмотрение которых будет составлять цель этой статьи. Гипотеза исследования заключается в том, что в силу специфики расселения коми (временного и территориального) локальный ком-

плекс медицинских знаний характерен для всех коми (т.е. сформировался на «материнской» территории), однако некоторые его элементы вытекали из природных, этнокультурных и социальных условий проживания в «принимающем» регионе. В статье будут рассмотрены рациональные приемы лечения**. Информация по теме была собрана среди коми (зырян) в 2006–2012 гг. в следующих районах и населенных пунктах: Ялуторовском (с. Ивановка, деревни Большое и Малое Тихвино), Ярковском (с. Староалександровка), Юргинском (с. Лабино, деревни Чуманова, Бельховка), т.е. в зоне Нижнего Приоболыя. В основу исследования был положен материал интервью, бесед, включенных и приобретенных наблюдений; опрошено 46 чел. Хронологические рамки исследования – середина XX – начало XXI вв. (они позволяют проследить особенности традиции и варианты ее трансформации). При изучении медицинских знаний коми, проживающих в Тюменской области, опираемся на работы А.П.Зенько [23], Н.А. Лискевич (Повод), А.Х. Машариповой и на собственные опубликованные источники [24–27]. Особенности знахарства коми европейской части России, рассмотренные в работах В.Н. Белицер, И.В. Ильиной и др. [28, 29], привлекались для сопоставления.

В комплекс рациональных медицинских знаний входили фито- и фунготерапия, средства животного и природного происхождения, массаж, приемы оперативного вмешательства, в том числе при родах. Если магические действия (например, заговоры) практиковались при ограниченном числе болезней (испуг, сглаз, порча), то лечение с помощью рациональных средств использовалось при самых разнообразных заболеваниях.

Одна из главных составляющих комплекса медицинских знаний коми – **фито- и фунготерапия*****. Лечение травами для коми-зырян традиционно; знания о них передавались, как правило, по родственной линии (например, от матери к дочери). Информатор Ю.Н. Квашнина отметила: «Бабушка лечила травами. Мама у нас лесной человек, в войну живицу собирали – сосновую смолу. Раз она в лесу работала, мать ее рассказывала все травы. И вот мы в детстве ходили в лес – она нам рассказывала: “Это такая трава, это такая”. Популярность фитотерапии была обусловлена многими причинами: заготовленные растения и грибы были доступны в любое время года, а препараты на их основе натуральными, эффективными, простыми в приготовлении и использовании.

Сохранились воспоминания о том, что особую силу имели травы, собранные в Иванов день. Считали, что собирать в «купальный день» травы «пользительно». После того, как травы в Иванов день собрали, «три ночи их нужно было держать на крыше под росой, а затем сушить в тени» [23]. Традиция собирать травы в Иванов день свойственна

* Как выявили Н.А. Лискевич и А.Х. Машарипова, «часть коми (зырянского) населения не учли в ходе Всероссийской переписи 1897 г. на территории Ялуторовского уезда Тобольской губернии», видимо, ввиду того, что родным языком жителей в переписных листах записали русский, в результате чего они были учтены в ходе переписи в составе русского населения [3, с. 118].

** О заговорной традиции см.: [22].

*** Хотя грибы и не относятся к растениям, но, учитывая народную классификацию (растение – то, что растет и не двигается), их уместно включить в этот раздел.

всем коми [29, с. 33], характерна она и для русского населения юга Тюменской области. В другое время травы старались собирать во время цветения. Заготавливали растения целиком или частями: корни, корневища, листья, ветки с листьями, чашелистики, ягоды, плоды, цветки, почки, смолу. Кроме того, собирали чагу, мухомор, а затем применяли эти грибы для лечения и в качестве санитарного средства. Собранные растения сушили в продуваемом месте в тени (например, под навесом, на чердаке, в сарае). Калган сначала замачивали в тазу и мыли, а потом сушили в печке или на противне в тени. Таким образом, способ заготовки растений и грибов позволял сохранять их полезные свойства.

Объемы сбора растений зависели от их вида, редкости, цели применения. Самые популярные, востребованные травы (зверобой, тысячелистник) могли заготавливать мешками. Количество собранных растений в некоторых случаях имело магическое значение: например, нужно было собрать 40 разных цветов и съесть их (часть в свежем виде, остальные высушенными, в виде настоя). Считалось, что 40 травами лечили от простуды и вообще «ото всего». Традиция сбора 40 трав характерна для русской фитотрадиции, однако, скорее всего, она является традиционной (не заимствованной) и для коми. В некоторых случаях спецификация растения зависела от его цвета. Например, коми травницы считали, что тысячелистник с белыми цветками – от мужских болезней, с розовыми – от женских [23]. Подобные верования зафиксированы нами также в фитотрадиции коми Омской области, что может говорить об устойчивости этих представлений. Магическим элементом фитотрадиции была практика сбора травы в огороде у вдов, т.е. у женщин, живущих в ритуальной чистоте; она характерна и для коми европейской России [29]. Чаще всего собирали луговые травы во время сенокоса, так как в остальное время женщины были заняты на других работах, а также в семье. Собирали травы и в пределах поселения, в том числе культурные, посевные. Некоторые виды растений и грибов заготавливали в лесу. Хранили растения в холщовых мешочках, в последнее время – в коробках.

В траволечении использовалось достаточно большое число видов растений (в скобках обозначены варианты названий, в том числе на коми языке, употребляемые в речи информаторов): богородская трава (тмин), брусника (лист брусники, брусничник), воронец, девясил, душица (душничка), зверобой, иван-чай, календула, клевер, крапива, лебеда, липовый цвет, малина (листья), маточная трава, мать-и-мачеха, мелисса, мята, одуванчик, пижма, подмаренник цепкий (липучка, огородная тьма, *сир турун*), подорожник (*сисылис*, «гнилой лист»), полынь, пустырник, ромашка, смородина (листья), спорыш (конотоп, «полянка»), троелистка (видимо, вахта трехлистная) [23], тысячелистник, хмель, череда, чистотел. Плоды: боярышник, клюква, черемуха, шиповник. Корни: калган, лопух (репейник). Луковицы: чеснок. Корнеплоды (применяемые в лечебных целях): морковь, редька.

Точная дозировка сырья отсутствовала. Если делали состав из разных растений, то брали каждое примерно в равных пропорциях. Как правило, готовые фитосредства принимали утром и вечером, иногда днем. Собранные растения и грибы применялись в самом разном виде. Из них делали настои, отвары, компоты, настойки, компрессы. Использовали растения и в сыром (свежем) виде. Чаще всего делали настои (из мягких листьев) и отвары (из коры, корневищ, корней). Для их приготовления растение, как правило, запаривали кипятком и некоторое время настаивали, доводя жидкость до приемлемой для употребления температуры. Видимо, для активизации полезных свойств некоторых растений жидкость немного кипятили (в частности, настоем полыни). Также травы могли парить на слабом жару в печке в глиняном горшочке. Корень калгана заваривали несколько раз, с каждой новой заваркой он становится темнее; также его настаивали на спирту (в последнее время).

Популярными были настои из трав, употребляемые ежедневно как общеукрепляющий напиток. Состав настоя не регламентировался. В него могли входить листья малины, смородины и крапивы, цветы липы, душица, мята и мелисса, плоды боярышника и шиповника, корни калгана, сушеная морковь в разной комбинации. Отдельно пили настоем чаги в качестве чая (ежедневного напитка). В настоящее время популярны поливитаминные компоты из ягод малины, смородины, рябины, облепихи. Из растений и грибов готовили настойки, применяя самогон, спирт, водку. В настоящее время популярна настойка каллизии душистой (золотого уса) для лечения опорно-двигательного аппарата.

Обычно для лечения опорно-двигательного аппарата из растений (луговое разнотравье, сено, труха от сена и проч.) делали компрессы. Травы запаривали, раскладывали на полу в бане, больной ложился на них, после чего ими обертывали часть тела (например, ноги) или все тело. Во время этой процедуры лекарь читал молитву, слегка ударяя веником по телу. Другой вариант: человека помещали в ванну (кадку, корыто), где был настоем запаренных трав (на дно клали кусок материи). В такой кадке сидели погруженными по пояс в течение 10–15 мин. Ноги грели в запаренной хвое.

Обертыванием из растений с желтыми цветками лечили желтуху: растения погружали в кипяток, через некоторое время расстилали их на полке. На эти травы ложился пациент; сверху его также накрывали травой. После этого его с молитвой парили веником из этой же «желтой травы». Такая процедура проводилась два–три раза. Кроме этого, пациенту нужно было надеть желтые рубаху и платок.

Растения применяли и в необработанном виде, сырыми, например, подорожник для лечения ран. Если болели зубы, к ним прикладывали чеснок. Его применяли и для профилактики цинги. Использовали живицу, которую добывали сами в лесу. Помещали в емкость и ставили ее на угли; там смола немного кипела, после чего ее выливали в емкость с холодной водой, и она «схватывалась».

Далее представим, какие болезни врачевались теми или иными растениями и грибами.

Пожалуй, самая большая группа заболеваний – это заболевания пищеварительной системы, для лечения и профилактики которых применяли самые разнообразные растения и грибы.

Для лечения печени использовали настой алоэ, спирта и меда. Для лечения желудка, печени пили настой зверобоя. Желтуху лечили с помощью настоя, приготовленного из желтых трав и цветов. От желтухи применяли и подорожник [23].

От поноса, «желудочных расстройств» использовали настой пижмы, сухих ягод черемухи. Настой пижмы применяли «от печени и поджелудочной». Понос лечили настоем полыни (по две-три ложки на одно употребление).

От камней («песка») в желчном и мочевом пузыре, в почках применяли настой конотопы, одуванчика (скорее всего, эти средства почерпнуты из современной медицинской литературы).

В качестве профилактики язвы желудка делали настой: в трехлитровую банку клали примерно 100 г чистой настойки мухомора (на самогонке), 0,5 л меда, сок алоэ, доводя объем до 3 л. Эту смесь можно пить сразу.

Для профилактики желудочных заболеваний применяли масло облепихи: выжимали из ягод облепихи сок, а оставшиеся кожуру и семечки просушивали, перемалывали и заливали нерафинированным растительным маслом (в один уровень или выше на палец). Эту смесь выстаивали 21 день; каждый день ее нужно перемешивать. Утром натощак за полчаса до приема пищи масло применяли внутрь. Скорее всего, этот рецепт, как и предыдущий, почерпнут из современной литературы.

Для лечения кишечника и «от многих заболеваний» применяли настой калгана.

Желудок лечили с помощью полыни, настоем подорожника (его для этой цели собирали во время цветения вместе с корнем).

Травы и грибы применяли для профилактики и лечения других заболеваний.

Новообразования лечили настоем чистотела.

Простуду – настоем из зверобоя, цветков липы, листьев мать-и-мачехи. С помощью настоя листьев малины понижали температуру. Для лечения заболеваний дыхательной системы, в частности простуды, с такими симптомами, как кашель, насморк, высокая температура, использовали настой липы. Календулу принимали «от горла». Корни одуванчика запаривали «от кашля».

Психические расстройства и расстройства поведения, в частности испуг, лечили с помощью подмаренника цепкого, зверобоя.

Фитосредства применялись для лечения болезней мочеполовой системы. Траву спорыш использовали для достижения мочегонного эффекта. От недержания мочи давали пить настой ромашки.

Траву «маточник» применяли в качестве настоя для лечения болезней женской половой сферы (симптомы – болели матка, живот). Маточником в народной медицине называли многие травянистые двудольные растения, применявшиеся для ле-

чения некоторых женских болезней, поэтому идентифицировать конкретную траву затруднительно. По описанию информаторов, маточник растет в бору, его листья похожи на брусничный лист, только крупнее, у маточной травы маленькие розовые цветочки. Судя по этим данным, речь идет, скорее всего, о боровой матке, или, в научной классификации, ортилии.

При болезнях системы кровообращения, в частности, «от сердца», принимали ягоды боярышника, при сердечных болях – «троелистку», видимо, вахту трехлистную [23].

Растения были востребованы и при лечении болезней кожи и подкожной клетчатки. Для лечения ран и нарывов применяли подорожник в сыром виде. На чирей четыре раза прикладывали четыре листа подорожника.

Для лечения болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани также использовали различные травы. Для ног делали ванночки с запаренным подмаренником цепким. На больные суставы прикладывали листья лопуха. При остеохондрозе шейный отдел позвоночника натирали настоем мухомора (изначально это способ лечения миомы матки, однако информатор «приспособила» его для своих нужд).

Применяли травы для лечения травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин. При головных болях использовали душицу, череду, «троелистку». При «угаре» в уши клали ягоды клюквы. Надсиду лечили с помощью травы кошачьи лапки. Ранозаживляющим считался тысячелистник [23].

Наконец, с помощью фитотерапии восстанавливали свои силы, а растения служили в этом случае общеукрепляющими и универсальными средствами. Для этой цели заваривали листья смородины. Считали, что тысячелистник помогает «от всего». При авитаминозе весной сушили молодые листья крапивы и применяли в качестве настоя. Как универсальное и общеукрепляющее средство употребляли редьку с квасом (как лечебный продукт). Считали, что воронец помогает «от всех болезней» [23].

Чрезвычайно популярным и эффективным способом восстановления сил было парение в бане, как профилактическая мера характерная для коми традиции в целом [29]. Заготавливали веники, как правило, березовые. В индивидуальном режиме могли делать веники из деревьев других пород, например, из веток яблони (информатор объяснила: «жалко выбрасывать»). В день Ивана Купалы заготавливали липовый веник.

В бане, кроме общеукрепляющего и профилактического парения, лечили пациентов любого возраста, «выпаривая» болезни. Лекарь М.И. Цыпанова перед процедурой массажа в теплой бане с помощью веников «распаривала» пациента, а потом «выправляла» кости. Особое внимание при парении уделялось ступням, которые массировали веником (видимо, похлестываниями). В бане грелись при простуде; при простуде же парились березовым веником, в который были вплетены травы с

желтыми цветками. В бане лечили также корь (способ лечения утерян).

При опросе информаторов о фитосредствах выяснено, что их арсенал, по сравнению с арсеналом средств европейских коми [29, с. 36–49], достаточно ограничен. Нам рассказали, что был период, когда занятие фитотерапией на широкое общество не поощрялось. А.Е. Болотова вспоминает: «Запрещали травами лечить бабушек. Угроза как-то была». В связи с этим часть знаний была утеряна. Упрощение и унификация набора фитосредств и болезней, для лечения которых они использовались, происходят и по другим причинам. Остаются в памяти, но не применяются фитосредства с магической символикой (с особенностями цвета, количества и т.п.). Информаторы отмечают, что в последнее время в результате техногенного воздействия, оказываемого на природу, полезных трав становится все меньше. Здесь и вспашка полей, и частые пожары. Ю.Н. Квашнина отмечает, что после пожара, «где травы росли, там их нету». Например, в 2006 г. она не смогла найти душицу там, где она росла раньше. С другой стороны, мы видим другую картину: в последние годы состав фитосредств и их рецептура в народной медицине коми обогащаются рецептами, заимствованными из печатной литературы, СМИ, а также из медицинских систем других этносов в условиях межэтнических контактов. Информаторы узнают о новых болезнях и вместе с ним о растениях, которые могут помочь в их излечении. Кроме того, обогащение фитокультуры происходит за счет развития садоводства и использования различных плодов, ягод, листьев и т.п. Наконец, нельзя не отметить интерес среднего поколения коми (в частности, тех, кому исполнилось 50 лет, главным образом женщин) к арсеналу фитомедицины, что можно связать, во-первых, с выходом на пенсию и появлением свободного времени, во-вторых, с возрождением интереса к истории и культуре своего народа.

Похожие процессы связаны с использованием коми препаратов **животного происхождения**, которые занимали небольшое, но важное место в медицинской практике. Обозначим основные средства лечения и способы их применения.

Гусиным жиром смазывали ожоги.

Боли в желудке лечили с помощью куриного зоба: его очищали, промывали и сушили. Затем, когда появлялись боли, высушенный зоб натирали в порошок и употребляли внутрь, запивая водой.

От последствий укуса собаки применяли ее же шерсть, которую состригали, сжигали до пепла и сыпали на рану. Считали, что при таком лечении рана заживает быстро. Этот способ распространен в медицинской практике многих этносов, в том числе тех, с которыми контактировали коми.

Использовали муравьиное гнездо: его помещали в бочку с кипятком, настаивали, затем туда садились (вода могла покрывать только ноги или доходить до уровня пояса, в зависимости от причины болезни). И.В. Ильина отмечает, что средства из лесных муравьев были популярны в медицине коми Европейского Севера; они помогали при

простуде и ревматизме [30]. «Муравьиные» ванны, а также «муравьиное масло» были известны и русским Сибири.

В народной медицине коми находила применение щука. Еще В.Н. Белицер отмечала, что у коми щука пользовалась особым почитанием среди всех рыб, а ее части использовали в магических целях, а также для лечения (так, щучьими зубами прокалывали нарывы на теле) [26]. С помощью живой щуки у коми лечили болезни печени – желтуху, цирроз. На печень клали распоротую живую щуку, *сир* [23], и держали ее «день или сколько-то», пока она не протухнет – говорили, это «вытаскивает болезнь». Прикладыванием щуки к телу коми на Европейском Севере лечились повсеместно [30].

От различных болезней коми используют мед. Некоторые информаторы натирают им больные ноги (предварительно распарив в бане). Лечатся также с помощью укусов пчел (однако этот способ заимствован из современных целительских практик).

Практиковалось обращение к услугам гирудотерапевтов. Чаще всего пользовались услугами татарских лекарей из д. Новоатъялово, которые «садили» пиявки, однако саму практику гирудотерапии коми не переняли, быть может, ввиду дореволюционного запрета на межнациональные браки между коми и татарами, исповедующими другую религию [16, с. 180].

Раны лечили следующим составом: брали просеянный воробьиный помет, свежие сливки и «синий купорос» (медный купорос), смешивали и прикладывали на рану (дозировка – «с гниду», видимо, чтобы была покрыта только сама рана), обвязывая ее материей. Сначала образовывались коросты, затем они отпадали. Такую процедуру повторяли три раза.

Хотя опрошенные нами информаторы и упоминают земляных (дождевых) червей, из которых делали какие-то лечебные препараты, но как именно их использовали, они не знают.

В народной медицине коми было востребовано лечение **минеральными веществами и продуктами природного (растительного) происхождения**; правда, знания об этих средствах сохранились до наших дней отрывочно.

От чесотки делали мазь из дегтя и трав (названия трав утеряны). Деготь, *шумадыш*, в коми населенных пунктах получали сами [23]. Ангину лечили с помощью керосина, который в небольшой дозе принимали внутрь. Пеплом, в частности от папирос, лечили лишай. Применяли пепел от листьев, отпавших от веника при парении в бане (точный способ утерян). Ячмень лечили так: клали в тканый мешочек соль или золу, нагревали его в печке и прикладывали к веку. От сглаза маленькому ребенку щепотку соли сыпали на лоб (также прикусывали уголок своего платка, когда на него кто-то смотрел) [25]. Подарок жениха невесте, мыло, после ритуального омовения девушки, сохраняли и могли использовать «для лечения растущей кости на руке» [25]. Грыжу лечили следующим образом: металлическую крошку от медной монеты кипятили

с молоком и принимали внутрь. Для лечения простуды делали ножные картофельные ванны. Для этого сваренную картошку помещали в большой таз, наливали туда воду и, чтобы она закипела, клали два–три раскаленных кирпича. Кирпичи достаточно долго поддерживали тепло. На дно таза клали доски, на которые пациент ставил ноги, затем его накрывали с головой, и он сидел так, пока не остынут кирпичи. Процедуру проводили каждое утро до исцеления. Щетинку («кочергу») выводили в бане: сначала ребенка распаривали, массировали веником, затем мазали его закваской и терли. На спине, щеках, ушах вылезали черные волоски – щетинка, которую собирали в марлю. Как правило, за один раз щетинку вывести было невозможно, поэтому делали до пяти бань. Закваску готовили так: варили два клубня картофеля «в мундире» вместе с горстью хмеля. Через некоторое время в кипятке «подбивали» небольшое количество пшеничной муки до консистенции жидкой сметаны. После того как состав остывал, в него добавляли дрожжи («наквасить дрожжами»). Масса поднималась, жидкость сливали и снова подбивали мукой. Этим составом и смазывали ребенка.

Как отмечает И.В. Ильина, в народной медицине коми «большой очистительной силой наделялась вода» [29]. Вода коми использовалась как закаливающее средство. Холодной водой обливаются для профилактики и лечения радикулита. В целях профилактики и лечения болезней коми Тюменской области использовали возможности самого региона – его геотермальные минеральные источники. Например, между селами Староалександровка и Ивановка примерно с конца 1960-х гг. функционировал минеральный источник. Жители близлежащих селений посещали его для лечебных целей; курс лечения мог быть достаточно длительным, до полумесяца, а может, и больше. В настоящее время источник не действует, однако некоторые жители обследованных населенных пунктов ездят на другие геотермальные источники.

Массаж – один из ведущих методов лечения у коми Европейского Севера [30] и Нижнего Приобья [31–33]. Ижемцы Нижнего Приобья настоящими лекарствами считали массажистов. Массаж был востребован перед родами и после них, так как он делал их более легкими, способствовал тому, чтобы женщина сохранила здоровье и красоту. Кроме того, что было более важно в условиях натурального хозяйства и замкнутого цикла производства, он содействовал скорейшей реабилитации женщины, после чего она достаточно быстро приступала к работе и ведению домашнего хозяйства. Популярности массажа у ижемцев способствовала тяжелая работа, начиная с детства и отрочества, так как он был эффективен при физических нагрузках, укреплял здоровье, поддерживал деятельность организма.

Отдельные приемы мануальной терапии применялись и в медицинской практике коми Нижнего Приобья. В качестве смазывающего средства для лучшего скольжения рук использовали хозяйственное мыло. Живот массируемого немного смачивали водой, затем по нему проводили мылом.

Также массажист мог смазывать мылом руки. Время проведения, периодичность и продолжительность массажа были разными, в зависимости от ряда условий. Так, массаж от надсады делали в бане утром и вечером; сама процедура длилась «долго»; массируемый во время нее лежал на полке. Вообще в бане эту процедуру было проводить легче, так как там «смягчается все тело», однако делали массаж и в домашних условиях.

Диагностика проводилась на основании рассказа пациента и его осмотра. Большинство показаний к массажу сводилось к надсаде – напряжению или перенапряжению, которые испытывал человек из-за чрезмерной физической нагрузки. Сильная надсада изменяла осанку; у женщин она могла привести к бесплодию. Процедура массажа при надсаде была необходимой, так как большого физического труда требовали основные занятия коми – земледелие и животноводство [7]. По воспоминаниям Е.А. Татолиной, «мы работу знали только тяжелу». Кроме того, массировали роженицу после родов, чтобы матка «встала на место» [24].

Если показанием к массажу была «надсада», то сначала проводили диагностику: проверяли «пульс». Сложенными вместе указательным и большим пальцами его «нащупывали» на животе (надавливая, чтобы он был слышен). Пульс также определяли сложенными вместе пальцами, при этом большой палец отводили в сторону (рис. 1).



Рис. 1. Диагностика пульса.

Если была надсада, то стук (его различали по звуку – «тут-тук») раздавался не в пупе, а в любом другом месте живота: сбоку, снизу, сверху от пупа. Диагностику старались проводить на твердом покрытии, например, на банной полке, поскольку в этом случае пульс был слышен лучше. После диагностики пациента окатывали водой и приступали к массажу. Для достижения лучшего результата нужно было провести несколько сеансов. После процедуры массажистка вновь нащупывала пульс, проводя процедуру до тех пор, пока он не ощущался в пупе.

Диагностику по пупу проводили также северные коми – ижемцы: они считали, что при надсаде пуп сдвигается с места, или «расходится», а в нем собираются все нервные окончания. Диагностика сводилась к следующему (она отличается большей детальностью, да и в целом медицина ижемцев в силу ряда факторов сохранилась до наших дней лучше, чем медицина «южных» коми-зырян): на пуп ставили палец и наблюдали за толчками, которые должны были происходить одновременно с биением сердца. Если пуп не на месте, пуп «сорван», то

при этом отсутствует пульс, тяжело ходить, человек испытывает в животе резкие боли, наблюдается вздутие, ощущаются боли в спине, и все это сопровождается тошнота, потеря аппетита. По пульсу на месте пупа определяли болезнь и коми Европейского Севера [30, с. 166–167].

Вернемся вновь к приемам массажа. Все движения массажиста были направлены к пупу, где должен в итоге оказаться пульс. Самый распространенный прием массажа – растирание, оказывающее достаточно глубокое воздействие на организм пациента. Нажим был достаточно сильный (живот «вдавливался»).

Сначала массажные движения производили к окологупочной области сверху четырьмя сомкнутыми пальцами обеих рук примерно от диафрагмы к пупу (рис. 2).



Рис. 2. Массажные движения к пупу сверху.

Затем – движения всей кистью к окологупочной области с боков (рис. 3).



Рис. 3. Массажные движения к пупу с боков.

Далее шли «загребавшие» массажные движения к пупу с нижней части брюшной полости (рис. 4).



Рис. 4. Массажные движения к пупу снизу.

Процедура массажа живота длилась примерно 15 мин. Движения направлены на то, что «к пупу все поднимаешь». Первое движение – как на рис. 2. Следующие движения делаются двумя руками одновременно к пупу от диафрагмы и нижней части живота (рис. 5).

Преимущество массажа, по мнению информаторов, заключалось в том, что он снимал надса-



Рис. 5. Массажные движения к пупу снизу и сверху живота.

ду постепенно, не резко, в отличие от банки, которая резко вытягивала пуп. Однако в медицине коми для лечения надсасы применяли и банки (раньше – небольшой глиняный горшок), как правило, в конце процедуры массажа (распространенная среди коми и русских процедура). В заключение процедуры могли также на пуп прикладывать клубок, однако этот способ не сохранился (он мог быть таким, как в медицинской практике русских Тюменской области: или человек лежал на спине, и клубок прикладывали на пуп и надавливали на него; другой вариант: пациент ложился на пуп животом [34]).

По воспоминаниям информаторов, раньше в одном населенном пункте одновременно практиковали массаж сразу несколько человек. В настоящее время таких людей, кто делает массаж на большой коллектив, вне рамок семьи, не осталось. Многие наши собеседники только рассказывают о массаже, а сами его не практикуют. Те же, кто практикует, чаще делают локальный массаж, в основном, живота. Происходит обеднение приемов массажа. Из методов массажа в основном остается только мануальный массаж; о массаже с помощью клубка, банки сохранились только воспоминания. Саму процедуру все чаще проводят дома, поскольку это менее хлопотно, чем подготовка бани. Подобно угасание традиции массажа характерно и, например, для ижемцев Нижнего Приобья (собственные полевые материалы), хотя, конечно, степень ее сохранности лучше.

Некоторые болезни лечили путем **оперативного вмешательства**. Если в глаз попадала соринка, то ее вытаскивали языком, проводя им внутри глаза. Занозу доставали обработанной в йоде иглой. При укусе змеи старались выдавить яд, надавливая на мягкие ткани на месте укуса.

Большое внимание уделялось травматическим повреждениям, требующим срочного вмешательства. Частыми были травмы черепа – ушибы мягких тканей головы. Говорили, что произошло «смещение головы» (т.е. смещение швов, соединяющих кости скелета головы). При травме черепа правили голову. Чтобы провести диагностики, узнать, в какой стороне черепа произошло смещение, использовали лыко (сейчас заменяют светлой веревкой, куском материи, шерстяной ниткой, поясом): два конца сводятся вместе на затылке, отмечают метки углем в трех местах – над верхней частью уха и на затылке, где «яминка» (рис. 6).



Рис. 6. Метки для диагностики травмы черепа.

На середине лба (рис. 7) веревка завязывается на узел.



Рис. 7. Метка на середине лба, на ее уровне завязывается веревка.

Затем веревка снимается, метки совмещаются так: две ушные отметки и лоб с затылком. Если «мозги стряхнуты», то ниточка провисает, если все нормально – нитка ровная. Метки показывали, «в какую сторону выпрямлять». Где нитка провисает – в той стороне «мозги стрясны», значит, на это место нужно надавливать руками. Метки совмещаются в таком порядке: одна рука держит веревку с одной ушной меткой, другая – с другой. Здесь смотрят смещение «мозга» на лбу и затылке. Если веревка не провисает, все нормально; если есть провисание на месте узелка (лобной части), значит, смещение «мозга» сзади. Потом совмещали метки лба и затылка, так как брались за веревку в местах этих отметин. Провисала та сторона, где было сотрясение «мозга».

Сначала руки ставили на лоб и затылок (рис. 8).



Рис. 8. Положение рук при правке головы.

Затем обе руки смещали в стороны, одна параллельно другой; следующее положение рук было на висках, опять же параллельное. На череп надавливали ладонями, достаточно сильно, при этом руки вибрировали (голову «немножко мотало»). Также могли лечить смещение черепа ударами, когда одна рука была приложена к голове, а вторая, сжатая в кулак, ударяла по ней (рис. 9).

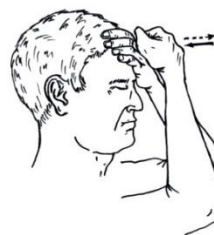


Рис. 9. Лечение головы с помощью ударов.

После процедуры голову туго обвязывали платком. Лечили до прекращения болей головы (могли также вновь произвести замер головы). Головные боли у детей (видимо, в результате смещения костей черепа) лечили более щадяще: брали ладонями голову в области висков и слегка трясли ее.

Смещение костей черепа лечили и таким способом: сначала голову обмеряли, как описано выше, затем пациент ложился на спину на пол, под голову подкладывали длинное полотенце (голова находилась по центру материи), брали за оба конца, приподнимали голову и трясли. Сначала приподнимали то правую, то левую руку, затем достаточно резко обе руки одновременно. После этого голову туго обвязывали полотенцем. Процедура длилась примерно две минуты. Такую процедуру, по нашим полевым материалам, проводили также русские, проживающие на юге Тюменской области.

Сотрясение головы лечили ситом. И.В. Ильина приводит данные о лечении ситом у коми Европейской России: пациент держал зубами решето, а костоправ постукивал справа и слева по нему [29]. В принципе, эффект от мануального массажа и массажа ситом был идентичен – «мозг стает на место» [29]. В медицинской практике коми Тюменской области пациент брал сито в зубы, а лекарка сильно ударяла по нему: сначала слева и справа по очереди, затем одновременно (ощущения во время лечения достаточно болезненные) (рис. 10).



Рис. 10. Положение сита в зубах пациента.

Практика лечения ситом повторяется в медицинской практике коми, проживающих в Омской области, а также повсеместно у русских Сибири [34–36].

У коми было развито **повитушество**. Ввиду долгого отсутствия в сельской местности профессиональной акушерской помощи женщины рожали в домашних условиях, и помогали им в этом повиту-

хи, *гэзэнь баб*. Повитухе, в отличие от лекарки, могли платить деньгами или делать подарки [24].

Бытовало поверье, что для легких родов роженице нужно было расплести косы или распустить волосы, в доме открыть окна, двери, сундуки, развязать узлы [25]. Если роды были трудными, плод не выходил, то повитуха брала женщину под мышки и трясла ее. Для родовспоможения могли применять и испуг роженицы: одна наша информатор родила тогда, когда муж брызнул на нее водой (она отметила, что была изурочена). На роженицу при затынутых родах водой могла брызнуть и повитуха, произнося: *Вода из меня, ребенок из тебя* [24]. Как отмечает А.Х. Машарипова, «именно боязнь “сглаза”, порчи, а не стремление соблюсти определенные этические нормы, объясняет обычай сохранять роды в тайне» [25].

Пуповину повитуха перерезала ножиком или отрезала ножницами, завязывала ее ниткой. Чтобы пупок быстрее засох, его посыпали золой [25]; послед зарывали в землю. Чтобы привести новорожденного в тонус, когда он рождался «синим», безжизненным, повитуха могла несколько раз провести рукой по его попе («шоркнуть»)*. В обязанности повитухи входило мытье роженицы и новорожденного в бане. Их обмывали водой и парили веником. Новорожденному также правили голову [25]. При мытье и парении ребенка повитуха читала заговор: *«Шелковый веник, бумажное тело, Не я тебя, дитячко, парила, не я тебя, сердечного, правила, приходила бабушка Соломонида, приносила здоровья – кому горсточку, кому полгорсточки, кому весь кошелек. Во имя Отца и Сына и Святого Духа. Аминь»* [22]. После мытья повитуха закутывала ребенка и уносила в дом. В целом большинство приемов родовспоможения, применяемые коми Тюменской области, характерны и для повитушества у русских этого региона.

Заключение

В итоге нашего исследования можно говорить об основных факторах, оказавших влияние на медицинские знания коми, и механизмах трансформации локальной медицинской практики. Среди факторов можно выделить природные, социально-политические, этнические (взаимодействие этносов).

Природно-климатические особенности местности создают материальную базу, на основе которой выстраивается система народной медицины. Особенно сильно они повлияли на фитотерапию коми (набор растений), а также на наличие тех или иных средств природного происхождения.

Исторические обстоятельства, и в частности атеистическое воспитание, не способствовали пре-

емственности знаний. Этот духовный разрыв сформировал то мировосприятие, из-за которого прервалась трансляция многих знаний, в том числе и медицинских. Цепочка «лекарь» – «пациент» после многих лет пренебрежительного отношения к традиционным знаниям (и прямого запрета) оказалась нарушенной.

В связи с повсеместным распространением услуг официальной медицины знания о многих болезнях и способах их врачевания стали не актуальными, и поэтому были утрачены: ушли в прошлое костоправство (при переломах), практика родовспоможения, навыки лечения животных (ветеринария). Утеряны или не применяются достаточно сложные, многокомпонентные приемы лечения, сохранились и практикуются более легкие и простые способы врачевания.

Тяжелая физическая работа, выполняемая мужчинами, женщинами, детьми также предопределила структуру медицинских знаний и большую востребованность умений, оказывающих воздействие на физическую сторону человека, его тело, в частности, массажа. Однако в результате изменения образа жизни, произошедшего после развала хозяйственной системы, массаж не востребован или востребован в гораздо меньшей степени, чем раньше, в связи с чем знания нивелируются.

Межкультурная коммуникация способствовала внедрению новшеств в арсенал медицинских средств и приемов. Если в конце XIX – начале XX в. у коми переселенцев на территории юга Тюменской области сохранялась групповая эндогамия (прежде всего благодаря близости коми поселений), способствующая «установлению прочных брачных и культурных контактов между жителями коми деревень» [7], то уже с середины XX в. смешанные браки и контакты, прежде всего с русским населением, предопределили способ интерференции. Если экстраполировать предложенные А.А. Ивановой модели межкультурной интерференции на ситуацию взаимодействия в области народной медицины коми и русского населения, то ее можно охарактеризовать как «сближение». Заявленная модель «предполагает включение отдельных компонентов соседней культуры в ядро и периферию своей без серьезной внутренней перегруппировки последней» [37, с. 19]. Возможно, одна часть способов лечения была заимствована прямо (например, заговоры), другая часть – трансформирована согласно законам собственной медицинской практики (отдельные рациональные способы лечения).

В настоящее время причины трансформаций народной медицины кроются в заимствованиях из печатной литературы, средств массовой информации – газет, журналов, телевидения, радио, Интернета. Они одновременно привносят новое, являясь факторами инноваций, и актуализируют старое. Впрочем, у «южных» коми, в отличие от «северных» (ижемцев), не проявляются так отчетливо переосмысление групповой идентичности, актуализация исторической памяти, а вместе с ней и элементов бытовой культуры, в том числе медицинской, [38–40]. Среди причин – их меньшая численность, большая пространственная рассредоточенность,

**** По «рубчикам» на ногах могли интерпретировать срок жизни новорожденного: «Вот этот парнишка-то, который в два года-то умер... В баню пошли вместе с ней, и она и говорит: “Долго жить не будет, годика два проживет – умрет”. А я рассердилась: “Ну, как это, годика два! Умереть – дак пусть лучше сразу умрет. Это два года муку-то намучился, да потом умрет!” Дак так и получилось. Два года-то исполнилось, в тот день заболел: ой-ой-ой, воспаление, и на третий день уже похоронили» (рассказала К.Ф. Моторина).

наличие соседей, близких конфессионально (русских), более ранние сроки переселения (не у всех), большая удаленность от родины, а следовательно, меньшее число контактов с родственниками коми в Европейской России. Выявление и уточнение факторов, влияющих на групповую идентичность современной локальной группы коми-зырян (на материале народной медицинской практики), может стать предметом следующей публикации.

Литература

1. Патканов С.К. Статистические данные, показывающие племенной состав населения Сибири, язык и род инородцев. Т. 2: Тобольская, Томская и Енисейская губ. СПб., 1911. С. 114–115.
2. Первая Всеобщая перепись населения Российской империи, 1897 г. Т. 78: Тобольская губерния. СПб.: Изд. центрального статистического Комитета М-ва внутренних дел, 1905. С. XXXVII. С. 2–3.
3. Лискевич Н.А., Машаринова А.Х. Формирование и расселение групп коми на территории Ялуторовского уезда Тобольской губернии в XIX – начале XX в. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2012. № 2. С. 113–119.
4. Всесоюзная перепись населения 1959 года. Национальный состав населения по регионам России. Тюменская область. URL: http://demoscope.ru/weekly/ssp/rus_nac_59.php?reg=68
5. Всероссийская перепись населения 2002 года. Т.4 «Национальный состав и владение языками, гражданство». URL: <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=17>
6. Итоги Всероссийской переписи населения 2010 года в отношении демографических и социально-экономических характеристик отдельных национальностей. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/results2.html
7. Повод Н.А. Особенности освоения территории Нижнего Притоболья коми переселенцами в XIX в. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2009. № 9. С. 141–148.
8. Волжанина Е.А., Повод Н.А. Традиционная культура коми-зырян Ярковского района Тюменской области // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2004. № 5. С. 231.
9. Байдуж М.И., Лискевич Н.А., Машаринова А.Х. Традиционные представления о доме у коми юга Западной Сибири // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2013. № 3. С. 148–155.
10. Лискевич Н.А. Женский костюм коми Нижнего Притоболья в первой половине XX в. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2012. № 2. С. 120–131.
11. Лискевич Н.А. Особенности погребально-поминальной обрядности у коми юга Западной Сибири // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2012. № 3. С. 120–130.
12. Лискевич Н.А. Особенности этнокультурного развития коми с. Мужы Шурышкарского района Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2009. №11. С. 133–142.
13. Лискевич Н.А. Традиции рыболовства коми Нижнего Притоболья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2014. № 4. С. 146–152.
14. Лискевич Н.А., Машаринова А.Х. Практики воздействия на погоду и защиты от стихийных бедствий у коми Западной Сибири // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2015. № 3. С. 146–153.
15. Машаринова А.Х. Брачные контакты коми-зырян в Ялуторовском уезде Тобольской губернии в конце XIX – начале XX в. // Человек и Север: Материалы Всероссийской конференции / Институт проблем освоения Севера СО РАН. Тюмень, 2012. С. 263–265.
16. Машаринова А.Х. Брачный состав коми населения Ялуторовского уезда Тобольской губернии в XIX – начале XX в. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2011. № 1. С. 177–181.
17. Машаринова А.Х. Детская смертность у коми-зырян Нижнего Притоболья в конце XIX – начале XX в. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2014. №1. С. 133–137.
18. Машаринова А.Х. Охрана здоровья детей в обрядах коми Западной Сибири // Человек и Север: материалы Всероссийской конференции. Тюмень, 2015. С. 260–263.
19. Машаринова А.Х. Процессы смертности у взрослого населения коми-зырян Ивановской волости Ялуторовского уезда в конце XIX – начале XX в. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2014. № 4. С. 153–157.
20. Морозов И.А. Локальные традиции и меняющиеся идентичности // Этнографическое обозрение. 2015. № 2. С. 5–14.
21. Бромлей Ю.В., Воронов А.А. Народная медицина как предмет этнографических исследований // Советская этнография. 1976. № 5. С. 3–18.
22. Ермакова Е.Е. Заговорно-заклинательная традиция Тюменской области (тексты заговоров в записях 1980–2000-х годов). М.: ИЭА РАН, 2008. 394 с.
23. Зенько А.П. Опыт изучения традиционной культуры коми-зырян юга Тюменской области (по материалам этнографической экспедиции 1991 г.) // Итоги полевых исследований. М.: ИЭА РАН, 2000. С. 150–176.
24. Лискевич Н.А., Машаринова А.Х. Женщина в ритуалах перехода, связанных с традиционной семейно-брачной обрядностью, у коми Нижнего Притоболья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: Изд-во ИПС СО РАН, 2010. № 2(13). С. 142–151.
25. Машаринова А.Х. Родильно-крестильная обрядность коми-зырян Ялуторовского уезда Тобольской губернии (конец XIX – начало XX в.) // Словцовские чтения. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2006. С. 137–139.
26. Ермакова Е.Е. Фитотерапия коми юга Тюменской области // Экология древних и традиционных обществ. Вып.3. (Доклады конфе-

ренции). Тюмень: Вектор Бук, 2007. С. 262–266.

27. *Ермакова Е.Е., Повод Н.А.* Традиции в народной гигиене и медицине коми юга Тюменской области // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2006. № 7. С. 183–194.
28. *Белицер В.Н.* Очерки по этнографии народов коми. XIX – начало XX в. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 394 с.
29. *Ильина И.В.* Народная медицина коми. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1997. 120 с.
30. *Ильина И.В.* Традиционная медицинская культура народов Европейского Северо-Востока (конец XIX – XX в.) / Институт языка, литературы и истории Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар, 2008. 236 с.
31. *Ермакова Е.Е.* Массаж в народной медицине ижемцев Нижнего Приобья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2010. № 1. С. 165–173.
32. *Ермакова Е.Е.* Народная медицина в системе жизнеобеспечения ижемцев Нижнего Приобья // Культура как система в историческом контексте: опыт Западно-Сибирских археолого-этнографических совещаний: Материалы XV Международной Западно-Сибирской археолого-этнографической конференции (19–21 мая 2010 г.). Томск: Аграф-Пресс, 2010. С. 165–166.
33. *Ермакова Е.Е.* Народная медицина ижемцев Нижнего Приобья // Вестник ТюмГУ. 2009. № 7. С. 175–177.
34. *Ермакова Е.Е.* Сибирская заговорная традиция (конец XX – начало XXI вв.): в 2 т. Тюмень: Издатель Пашкин, 2005. Т.1. 204 с.; Т.2. 380 с.
35. *Виноградов Г.С.* Самоврачевание и скотолечение у русского старожилого населения Сибири // <http://feb-web.ru/feb/zagovory/texts/vin-325.htm>
36. *Волохина И.В.* Народная медицина русских Омского Прииртышья (конец XIX – XX век). Новосибирск: Изд-во Института археологии и этнографии СО РАН, 2005. 160 с.
37. *Иванова А.А.* Типология межкультурной интерференции // Этнографическое обозрение. 2015. № 2. С. 14–26.
38. *Повод Н.А.* Особенности этнокультурных процессов в среде коми юга Западной Сибири // Человек и Север. Антропология, археология, экология: Материалы Всероссийской конференции (Тюмень, 24–26 марта 2009 г.). Вып. 1. Тюмень: Изд-во Института проблем освоения Севера СО РАН, 2009. С. 177.
39. *По обе стороны Девуобья* / Т.В.Ануфриева, А.Г.Брусницына. П.М.Гудков и др. Отв. ред. А.Г.Брусницына. Екатеринбург: ИД «Автограф», 2010. 260 с.
40. *Шабасев Ю.П., Дронова Т.И., Шарапов В.Э.* Коми-ижемцы, поморы и устьицлемы: модели культурных трансформаций // Этнографическое обозрение. 2010. № 5. С. 134–150.

References

1. *Patkanov S.K.* Statisticheskie dannie, pokazyvayushchie plemennoi sostav naseleniya Sibiri, yazyk i rod inorodtsev [Statistical data showing the tribal composition of the population of Siberia, the language and race of aliens]. Vol. 2: Tobolsk, Tomsk and Yenisei province. St.Petersburg: 1911. P. 114–115.
2. *Pervaya Vseobschaya perepis' naseleniya Rossiiskoi imperii, 1897 g.* [The first general census of the Russian Empire in 1897]. Vol. 78: Tobolsk Province. St.Petersburg: Publishing House of the Central Statistical Committee of the Ministry of Home Affairs, 1905. XXXVII. P. 2–3.
3. *Liskevich N.A., Masharipova A.Kh.* Formirivanie i rasselenie grupp komi na territorii Yalutorovasogo uезда Tobolskoi gubernii v XIX-nachele XX v. [Formation and settling of Komi groups in the territory of Yalutorovsk district of Tobolsk region in the late XIX and early XX century] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2012. № 2. Pp. 113–119.
4. *Vsesoyuznaya perepis' naseleniya 1959 g.* Nacional'nii sostav naseleniya po regionam Rossii [The census of 1959. National composition of the population in regions of Russia]. Tyumen region. URL: http://demoscope.ru/weekly/ssp/rus_nac_59.php?reg=68
5. *Vserossiiskaya perepis' naseleniya 2002 goda* [National Census of 2002]. Vol. 4 «National structure and language skills, citizenship». URL: <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=17>
6. *Itogi Vserossiiskoi perepisi naseleniya 2010 goda v otnoshenii demograficheskikh i socialno-ekonomicheskikh charakteristik otdelnykh nacionalnostei* [The results of the national census of 2010 in relation to demographic and socio-economic characteristics of individual nationalities]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/results2.html
7. *Povod N.A.* Osobennosti osvoeniya territorii Nizhnego Pritobolya komi pereselentsami v XIX v. [Features of the development of the Lower Tobol by the Komi settlers in the XIX century] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2009. № 9. P. 141–148.
8. *Volzhanina Y.A., Povod N.A.* Tradicionnaya kultura komi-zyryan Yarkovskogo raiona Tyumenskoi oblasti [Traditional culture of the Komi-Zyryans from Yarkovsky district of Tyumen region] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2004. №5. P. 231.
9. *Bayduzh M.I., Liskevich N.A., Masharipova A.H.* Tradicionnie predstavleniya o domovom u komi yuga Zapadnoi Sibiri [Traditional notions of a house spirit among the Komis from the south of West Siberia] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2013. № 3 (22). P. 148–155.

10. *Liskevich N.A.* Zhenskii kostyum komi Nizhnego Pritobolya v pervoi polovine XX v. [Woman's outfit of the Komis from the Lower Tobol in the first half of XX century] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2012. № 2. P. 120–131.
11. *Liskevich N.A.* Osobennosti pogrebalno-pominalnoi obryadnosti u komi yuga Zapadnoi Sibiri [Peculiarities of funeral and commemorative ritualism of the Komis from the south of West Siberia] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2012. №3. P.120–130.
12. *Liskevich N.A.* Osobennosti etnokulturnogo razvitiya komi s. Muzhi Shuryshkarskogo raiona Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga [Peculiarities of ethnocultural evolution of the Komis from the Muzhi village in Shuryshkarsky district of Yamal-Nenets Autonomous Area] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2009. №11. P. 133–142.
13. *Liskevich N.A.* Tradicii rybolovstva komi Nizhnego Pritobolya [Fishery traditions of the Komis from the Lower Tobol] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2014. № 4 (27). P. 146–152.
14. *Liskevich N.A., Masharipova A.H.* Praktiki vozdeistviya na pogodu i zashchity ot stikhiinykh bedstvii u komi Zapadnoi Sibiri [Practices to control weather and protection from natural disasters of the Komis from West Siberia] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2015. № 3. Pp. 146–153.
15. *Masharipova A.Kh.* Brachnie kontakty komi-zyryan v Yalutorovskom uезде Tobolskoi gubernii v konce XIX-nachale XX v. [Matrimonial contacts among the Komi-Zyryans from Yalutorovsk district of Tobolsk region in the late XIX and early XX century] // Man and the North: Proc. of all-Russian conf. Inst. of Problems of the North Development, Siberian Branch, RAS. 2012. P. 263–265.
16. *Masharipova A.Kh.* Brachnii sostav komi naseleniya Yalutorovskogo uезда Tobolskoi gubernii v XIX-nachale XX v. [Matrimonial composition of the Komi population in Yalutorovsk district of Tobolsk region in the XIX and early XX century] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2011. № 1. P. 177–181.
17. *Masharipova A.Kh.* Detskaya smertnost u komi-zyryan Nizhnego Pritobolya v konce XIX-nachale XX v. [Infant mortality among the Komi-Zyryans from the Lower Tobol in the late 19th and early 20th century] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2014. № 1. P. 133–137.
18. *Masharipova A.Kh.* Okhrana zdorov'ya detei v obryadakh komi Zapadnoi Sibiri [Child health protection in rituals of the Komis from West Siberia] // Man and the North: Proc. of all-Russian conf. Tyumen, 2015. P. 260–263.
19. *Masharipova A.Kh.* Processy smertnosti u vzroslogo naseleniya komi-zyryan Ivanovskoi volosti Yalutorovskogo uезда v konce XIX-nachale XX v. [Mortality among adult population of the Komi-Zyryans in Ivanovskaya volost of Yalutorovsk district in the late XIX and early XX century] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2014. № 4. P. 153–157.
20. *Morozov I.A.* Lokalnie tradicii i menyayushiesya identichnosti [Local traditions and changing identities] // Ethnographic review. 2015. № 2. P. 5–14.
21. *Bromley Yu.V., Voronov A.A.* Narodnaya medicina kak predmet etnograficheskikh issledovaniy [Folk medicine as a subject of ethnographic research] // Soviet ethnography. 1976. № 5. P. 3–18.
22. *Ermakova E.E.* Zagovorno-zaklinatel'naya tradiciya Tymenskoi oblasti (teksty zagovorov v zapisyakh 1980-2000 godov [The spell-charming tradition of the Tyumen region (the texts of conspiracies in the records of the 1980-2000-s)]. Moscow: IEA RAS, 2008. 394 p.
23. *Zenko A.P.* Opyt izucheniya tradicionnoi kultury komi-zyryan yuga Tymenskoi oblasti (po materialam etnograficheskoi ekspeditsii 1991 g. [The experience of studying the traditional culture of the Komi-Zyrians from the south of the Tyumen region (based on ethnographic expedition of 1991)] // The results of field studies. Moscow: IEA RAS. 2000. P. 150–176.
24. *Liskevich N.A., Masharipova A.Kh.* Zhenschina v ritualakh perekhoda, svyazannykh s tradicionnoi semeino-brachnoi obryadnostyu u komi Nizhnego Pritobolya [The woman in rites of passage associated with the traditional family wedding rites of the Komis of the Lower Tobol] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2010. №2. P. 142–51.
25. *Masharipova A.Kh.* Rodilno-krestil'naya obryadnost komi-zyryan Yalutorovskogo uезда Tobolskoi gubernii (konec XIX- nachalo XX v. [Maternity-baptismal rites of the Komi-Zyrians of Yalutorovsky district of Tobolsk Province (late XIX – early XX century)] // Slovtsovskie readings. Tyumen: Publishing House of Tyumen State Univ. 2006. P. 137–139.
26. *Ermakova E.E.* Fitoterapiya komi yuga Tymenskoi oblasti [Phytotherapy of the Komis of the south of the Tyumen Region] // Ecology of ancient and traditional societies. Vol. 3. Reports of the conf. Tyumen: Vector Book, 2007. P. 262–266.
27. *Ermakova E.E., Povod N.A.* Tradicii v narodnoi gigiene i medicine komi yuga Tymenskoi oblasti [The traditions in folk medicine and hygiene of the Komis from the south of the Tyumen region] // Bull. of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2006. № 7. P. 183–194.
28. *Belitser V.N.* Ocherki po etnografii narodov komi. XIX-nachalo XX v. [Essays on the ethnography of the Komi peoples. XIX – early XX century]. Moscow: USSR Ac. Sci. Publ. House, 1958. 394 p.

29. *Ilyina I.V.* Narodnaya medicina komi [Folk medicine of the Komis]. Syktyvkar: Komi publ. house, 1997. 120 p.
30. *Ilyina I.V.* Tradicionnaya medicinskaya kultura narodov Evropeiskogo Severo-Vostoka (konec XIX-XX v. [Traditional medical culture of the peoples of the European North-East (late XIX- XX century)]. Syktyvkar: Inst. of Language, Liter. and History // Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS, 2008. 236 p.
31. *Ermakova E.E.* Massazh v narodnoi medicine Izhemtsev Nizhnego Priobya [Massage in folk medicine of the Izhma people of the Lower Ob] // Bulletin of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2010. № 1. P. 165–173.
32. *Ermakova E.E.* Narodnaya medicina v sisteme zhezneobespecheniya izhemtsev Nizhnego Priobya [Traditional medicine in the life-support system of the Izhma people of the Lower Ob] // Culture as a system in its historical context: the experience of the West-Siberian archaeological and ethnographic meetings: Proc. of XV Intern. West Siberian archaeological and ethnographic conf. (May 19–21, 2010). Tomsk: Agraf Press, 2010. P. 165–166.
33. *Ermakova E.E.* Narodnaya medicina izhemtsev Nizhnego Priobya [Folk medicine of the Izhma people of the Lower Ob] // Bull. of Tyumen State Univ. 2009. № 7. P. 175–177.
34. *Ermakova E.E.* Sibirskaya zagovornaya tradiciya (konec XX – nachalo XXI v.) [Siberian spell-charming tradition (late XX – beginning of XXI century)]: in 2 volumes. Tyumen: Publisher Pashkin, 2005. Vol. 1. 204 p.; Vol. 2. 380 p.
35. *Vinogradov G.S.* Samovrachevanie i skotolechenie u russkogo starochilogo naseleniya Sibiri [Self-healing and cattle healing among the Russian old-timers population of Siberia]. URL: <http://feb-web.ru/feb/zago-vory/texts/vin-325-.htm>
36. *Volokhina I.V.* Narodnaya medicina russkikh Omskogo Priirtyschya(konec XIX-XX vek) [Folk medicine of the Russians of the Omsk Irtysh Basin (late XIX – XX centuries)]. Novosibirsk: Publ. House of Inst. of Archaeology and Ethnography, Siberian Br., RAS, 2005. 160 p.
37. *Ivanova A.A.* Tipologiya mezhkulturnoi interferencii [Typology of intercultural interference] // Ethnographic review. 2015. № 2. P. 14–26.
38. *Povod N.A.* Osobennosti entokulturnykh processov v srede komi yuga Zapadnoi Sibiri [Features of ethno-cultural processes among the Komis from the south of Western Siberia] //Man and the North. Anthropology, Archaeology, Ecology: Proc. of the conf. (Tyumen, March 24–26, 2009). Vol. 1. Tyumen: Publ. House of Inst. of the North Development, Siberian Br., RAS, 2009. P. 177.
39. *Po obe storony Dvuobya* [On both sides of Dvuobye] / Ed. A.G. Brusnitsina; group of authors: T.V. Anufrieva, A.G. Brusnitsina, P.M. Gudkov et al. Ekaterinburg: Publ. House "Autograph", 2010. 260 p.
40. *Shabaev Y.P., Dronova T.I., Sharapov V.E.* Komi-izhemtsy, pomory i usttsilemy: modeli kulturnykh transformacii [The Komi-Izhma people, the Pomors and the Ust-Tsilma people: models of cultural transformations] // Ethnographic review. 2010. № 5. P. 134–150.

Статья поступила в редакцию 14.05.2015.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 902.1-924.81/82"633"

НОВОЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ВЫЛЫС ТОМ 2 НА РЕКЕ ИЖМА

А.В. ВОЛОКИТИН, И.А. БУДЗАНИВСКИЙ

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
volkt54@mail.ru

На многослойном археологическом памятнике Вылыс Том 2 с помощью ремонта установлена принадлежность шлифованного топора, найденного на поверхности террасы, к четвертому культурному горизонту, относящемуся к эпохе мезолита. Аналогии данному и обнаруженным ранее в этом культурном горизонте топорам имеются в материалах мезолитических памятников Топыд-Нюр 2, 5 и 7 на р. Печоре.

Ключевые слова: европейский Северо-Восток, р. Ижма, многослойный археологический памятник, мезолит, ремонт, шлифованные рубящие орудия

A.V. VOLOKITIN, I.A. BUDZANIVSKY. NEW DATA IN THE INVESTIGATION OF ARCHAEOLOGICAL SITE VYLYS TOM 2 ON THE IZHMA RIVER

The archaeological multilayered site Vylys Tom 2 is situated on the right bank of the Izhma River, at the mouth area of its tributary – the Vylys Tom River. Artefacts are located in the sediments of the terrace's promontory, which is 10 m high. Excavations were carried out in 2010–2013 and 2015.

Four cultural layers are identified. The Early Iron Age finds are discovered in the contemporary forest soil. The Neolithic finds of the second cultural layer occurred in brown loam at the depth of 0.3–0.5 m. Mesolithic remains are found in the third and fourth cultural layers, which are part of thin humus sandy loam layers of alluvial soil strata at >2 m depth. The remains of fireplaces and butchering activities were found. The similarity of the inventories of the third and fourth layers is revealed. There is also similarity in the use of raw materials.

Radiocarbon dating was obtained from coal of these layers related to the end of the Boreal period of the Holocene: the 4th cultural layer - 8690 ± 90 14 C or 9730 ± 140 cal. (LU-7288), 8540 ± 70 14 C or 9530 ± 40 cal. (GIN-14594); the 3rd cultural layer - 8510 ± 70 14 C or 9500 ± 40 cal. (LU-7289), 7800 ± 90 14C (GIN-14593).

In the 4th cultural layer two ground axes from slate and a lot of flakes produced while remaking them were discovered. Some of the flakes and fragments were re-fitted to the axes, which allowed us to restore their initial form. But in the 3rd cultural layer only flakes produced while remaking ground tools were found. In the field season 2015 a large fragment of the ground axe was found on the surface of the terraces in the destroyed sediments. Its shape differs from that of the axes found in the 4th cultural layer. Nevertheless, using refitting we established its belonging to the 4th cultural layer. All three axes are similar to the axes of the Mesolithic sites Topyd-Nyur 2, 5, 7 on the Pechora river. This fact confirms the cultural relations of these sites and the 4th cultural layer of Vylys Tom 2 site on the Izhma river.

Keywords: European North-East, Izhma river, multilayered archaeological site, Mesolithic, refitting, ground axes

Археологический памятник Вылыс Том 2 был открыт А.В. Волокитиным в 2003 г. Он расположен на правом берегу р. Ижма, в 0,2 км выше по течению реки от впадения в нее р. Вылыс Том. Это южная окраина пос. Том Ижемского р-на Республики Коми (рис. 1). Культурные остатки памятника за-

ключены в отложениях мыса первой надпойменной террасы высотой 10 м. В результате боковой эрозии р. Ижма на данном участке произошло значительное разрушение 7-метровой поймы. Абразии подверглись также первые метры северо-западной оконечности мыса первой террасы (рис. 2).

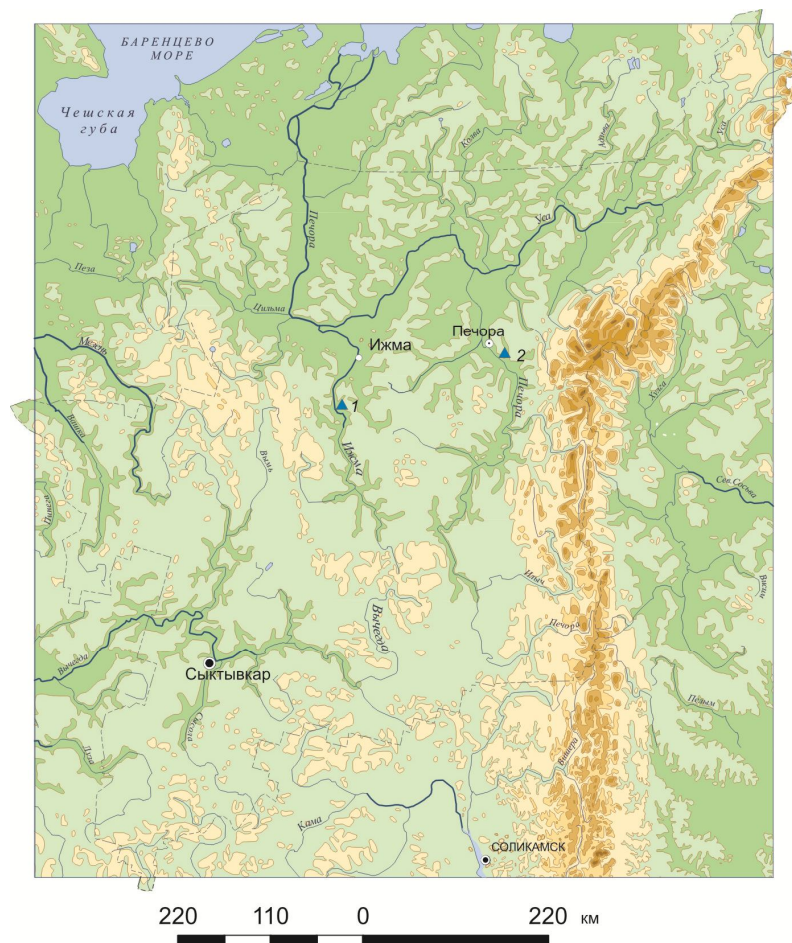


Рис. 1. Местоположение мезолитических памятников Вылыс Том 2 (1) и Топыд-Нюр 2, 5, 7 (2).



Рис. 2. Вид на мыс террасы и раскоп на археологическом памятнике Вылыс Том 2. Фото с запада, 2013 г.

Раскопочные работы на памятнике проведены в 2010–2013, 2015 гг. Всего к настоящему времени выявлено четыре культурных горизонта. Первый культурный горизонт, датируемый поздним периодом существования ананьинской общности раннего железного века (культурный тип Перный), т.е. VI – III вв. до н.э. [1], залегает в современной оглеенной лесной почве. Находки второго культурного горизонта, предварительно отнесенные к неолиту, расположены в верхах толщи коричневого суглинка на глубине 0,3–0,5 м от современной дневной поверхности. Находки первого и второго культурных горизонтов немногочисленны.

Третий и четвертый культурные горизонты (к.г.) выявлены на глубине более 2 м от современной дневной поверхности и связаны с гумусированными прослоями суглинка/супеси, между которыми залегают слои песка [2]. Вскрытая площадь нижних горизонтов составила 44 кв. м. По углям из этих горизонтов имеются радиоуглеродные даты, относящиеся к концу бореального периода голоцена [3]:

4 к.г. – 8690 ± 90 14С, или 9730 ± 140 кал. (ЛУ-7288), 8540 ± 70 14С, или 9530 ± 40 кал. (ГИН-14594); 3 к.г. – 8510 ± 70 14С, или 9500 ± 40 кал. (ЛУ-7289), 7800 ± 90 14С (ГИН-14593). Частично идентифицирован фаунистический материал этих горизонтов. Отмечены фрагменты костяных и роговых орудий.

Выявлено сходство третьего и четвертого горизонтов по каменному инвентарю и такой его особенности, как сырье. Распределение находок обоих горизонтов на раскопанной площади довольно компактное. Поэтому мы имеем достаточно случаев ремонта (рефиттинга, аппликаций). Их было бы еще больше, если бы северо-восточные части очагов, выявленных в обоих горизонтах, и прилегающее пространство не были бы нарушены во время установки, функционирования и последующего разрушения якоря (рис.3). В обиходе их называют «мертвяками». Данное устройство было установлено на мысу террасы полсотни лет назад во времена молевого сплава леса по реке. Оно представляло собой связку бревен, опущенную в глубокий котло-

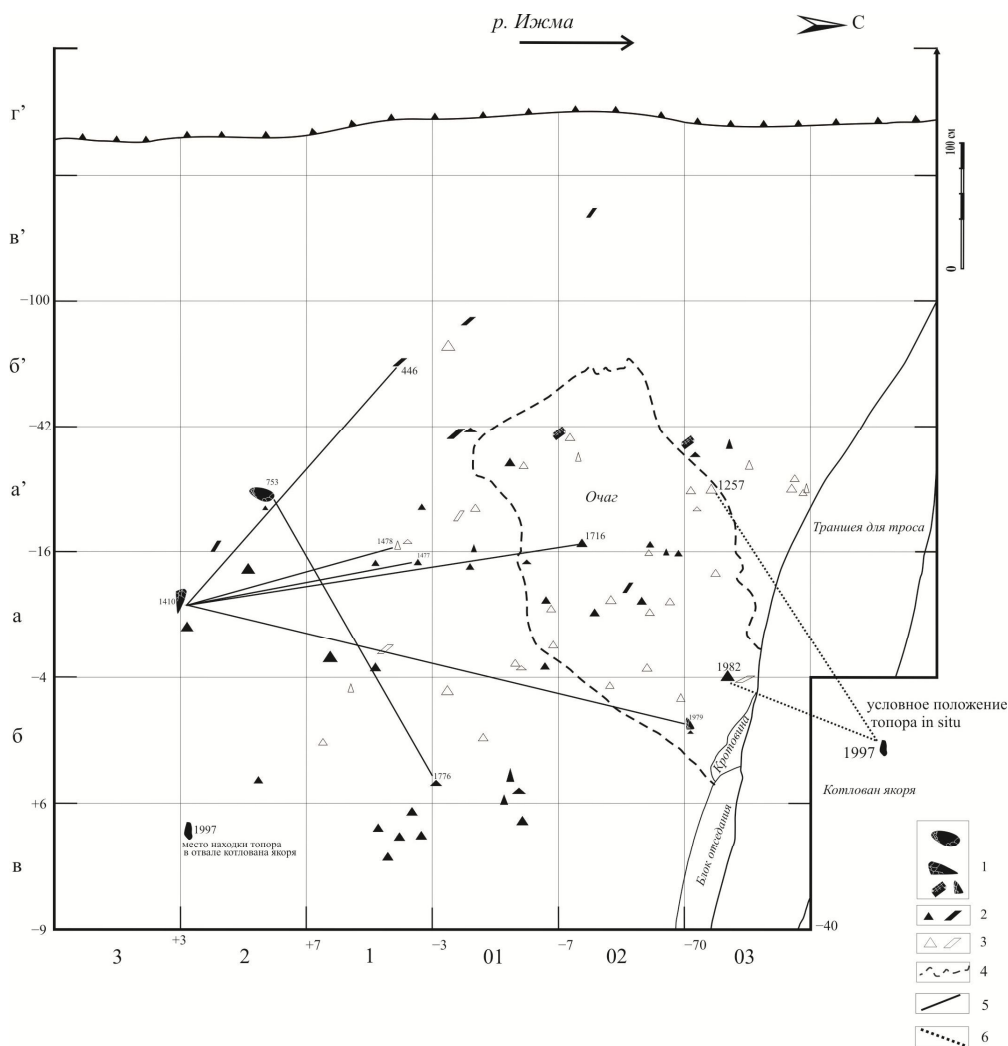


Рис. 3. Четвертый культурный горизонт археологического памятника Вылыс Том 2. План находок из сланца (доломатизированного известняка) с векторами ремонта. Условные обозначения: 1 – топоры и их обломки; 2 – отщепы и пластины со следами шлифовки; 3 – отщепы и пластины без шлифовки; 4 – границы кострища; 5 – векторы ремонта топоров, найденных в четвертом культурном горизонте; 6 – предполагаемые векторы топора, найденного в отвале котлована якоря.

ван. Посредством стального троса якорь держал цепочку бон, которые ограничивали фарватер лесосплава. Котлован и траншея для троса прорезали отложения террасы на глубину более 2 м и вынесли на поверхность вместе с грунтом культурные остатки. Именно такие находки были отмечены во время открытия памятника в 2003 г. на тропе, проходящей по отвалу котлована якоря.

В процессе раскопочных работ отвал котлована вскрывался с фиксацией находок на плане. В основном он был разобран в 2010–2012 гг. Однако в 2015 г. при расчистке поверхности площади, размеченной для вскрытия, в небольшой линзе грунта из котлована был обнаружен обломок шлифованного топора из сланца (доломатизированного известняка?). При этом во время нахождения топора практически на дневной поверхности террасы, в результате перепадов температур от него отделились морозобойные отщепы. Их всех удалось поместить на места отделения. Форма топора по некоторым признакам отличалась от двух шлифованных сланцевых топоров, найденных ранее в четвертом культурном горизонте данного памятника [4]. Он мог бы принадлежать и третьему культурному горизонту, в коллекции которого также присутствуют отщепы, снятые со шлифованных сланцевых орудий*.

Однако проведенные манипуляции (аплицирование) по подбору сланцевых отщепов третьего культурного горизонта, найденных за все годы исследований, результатов не принесли. И, напротив, к обломку топора из отвала были подобраны два отщепа из числа сланцевых находок, принадлежащих четвертому культурному горизонту. Оба – диаметром не более 2.0 см (рис. 4). Один из них – с фаса орудия, снят со стороны лезвия и имеет следы шлифовки на дорсальной поверхности. Второй отщеп снят в процессе подработки левого края орудия, следов шлифовки на нем нет. Оба отщепа отличаются от орудия-основы темно-коричневым цветом, который получили, находясь в очаге четвертого культурного горизонта, вернее в краевой его части (рис. 3).

Данный частный случай использования этой методики позволяет сделать более общие выводы. Три основные цели/направления ремонта (рефиттинга, аппликативного метода) каменных артефактов [5], а именно:

- 1) пространственная – выявление распространения изделий, полученных от одной разности сырья;
- 2) технологическая – реконструкция последовательности камнеобработки;

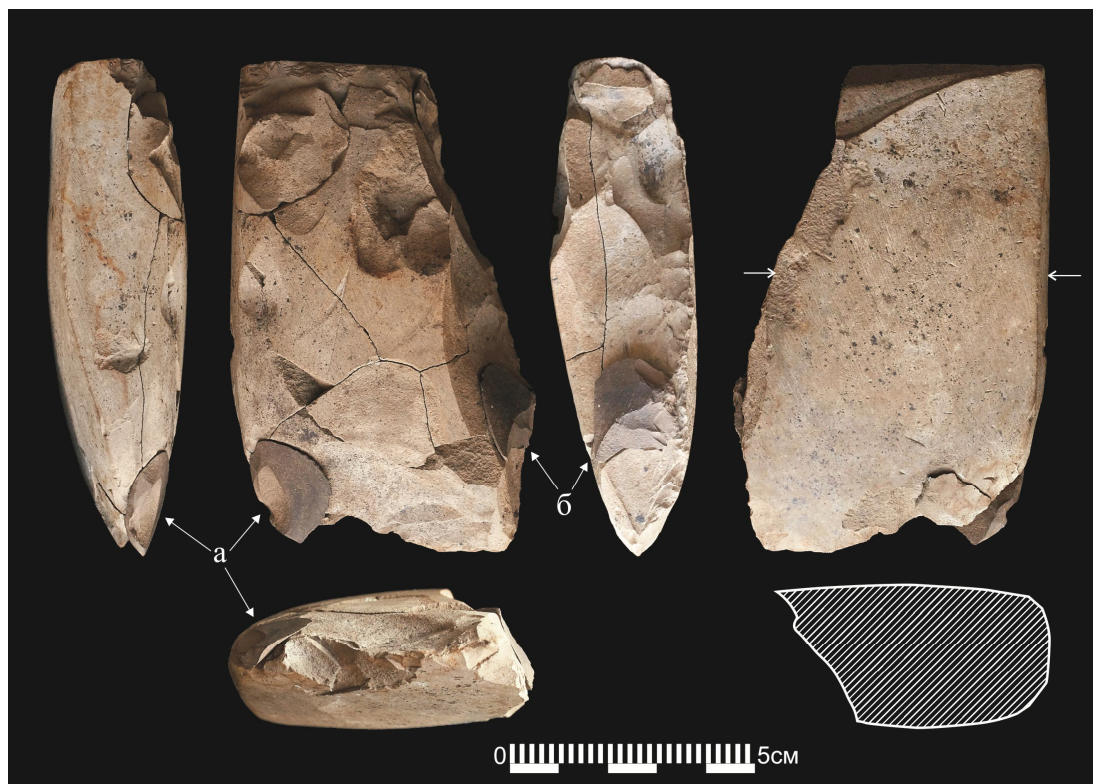


Рис. 4. Топор, обнаруженный в отвале котлована якоря, с аплицированными отщепами (а, б), найденными в четвертом культурном горизонте памятника Вылыс Том 2.

* Всего в третьем культурном горизонте насчитывается 31 находка из доломатизированного известняка (сланца). В четвертом горизонте таких находок – 84, в том числе два топора.

- 3) морфологическая – восстановление формы орудий, поврежденных в процессе использования и археологизации, а также намеренно фрагментированных; могут быть дополнены еще одной, в какой-то мере вспомогательной. Это установле-

ние стратиграфической принадлежности орудий (артефактов), покинувших по той или иной причине культурный слой (контекст).

У описываемого топора обломан обушок, облом был подправлен сколами по рабочему фасу. Сколами обработан, т.е. переоформлен и один из краев обломка топора. Первоначально топор был шлифован по всей поверхности. Это отличает его от ранее найденных топоров четвертого культурного горизонта. Помимо того, что те два орудия острообушные, они были изготовлены, как представляется, из одной плитки. Один фас у них плоский, а шлифовка частичная.** Обломок, найденный в отвале, имеет массивное сечение, оба его фаса слегка выпуклые, края скруглены. Причем со стороны рабочего, более выпуклого фаса прослеживаются плоские полосы шлифовки и даже небольшие ребра (рис. 4).

Для поиска аналогий с немногочисленными рубящими орудиями европейского Северо-Востока следует обратиться к материалам, полученным В.И. Канивцом на печорской мезолитической стоянке Топыд-Нюр 5 и расположенном неподалеку местонахождении Топыд-Нюр 2 [6]. Шлифованные орудия изготовлены из кремнистой опоки и алевролита. На стоянке Топыд-Нюр 5 с топора снимались отщепы, которые после раскопок были подобраны (ремонтаж) к орудью. Необходимо отметить, что на

раскопанной гораздо позднее в том же урочище мезолитической стоянке Топыд-Нюр 7 были также найдены отщепы из опоки со следами шлифовки, снятые с крупного орудия [7]. Найденные ранее в четвертом культурном горизонте памятника Вылыс Том 2 два острообушных топора [4] имеют прямую аналогию в материале стоянки Топыд-Нюр 5. Здесь же представлены рубящие орудия, сечение которых и особенности шлифовки сходны с топором номер 3 (назовем его так для удобства) из четвертого горизонта. Особо выделим в этом отношении крупное орудие из местонахождения Топыд-Нюр 2 [6]. Их сходство подтверждает и выполненная нами графическая реконструкция формы топора номер 3 из Вылыс Тома 2 (рис. 5).

Следует отметить, что и параллели в кремневой индустрии Топыд-Нюра 5 и Топыд-Нюра 7, с одной стороны, третьего и четвертого культурных горизонтов памятника Вылыс Том 2, с другой, в частности, приемы расчленения скребков, резцы-нуклеусы, также позволяют говорить об их сходстве. Радиоуглеродные датировки, полученные для стоянки Топыд-Нюр 7, к сожалению, вызывают сомнения [8]. Вместе с тем, есть основания утверждать, что мезолитические комплексы Вылыс Том 2 древнее печорских мезолитических памятников, изученных в урочище Топыд-Нюр.

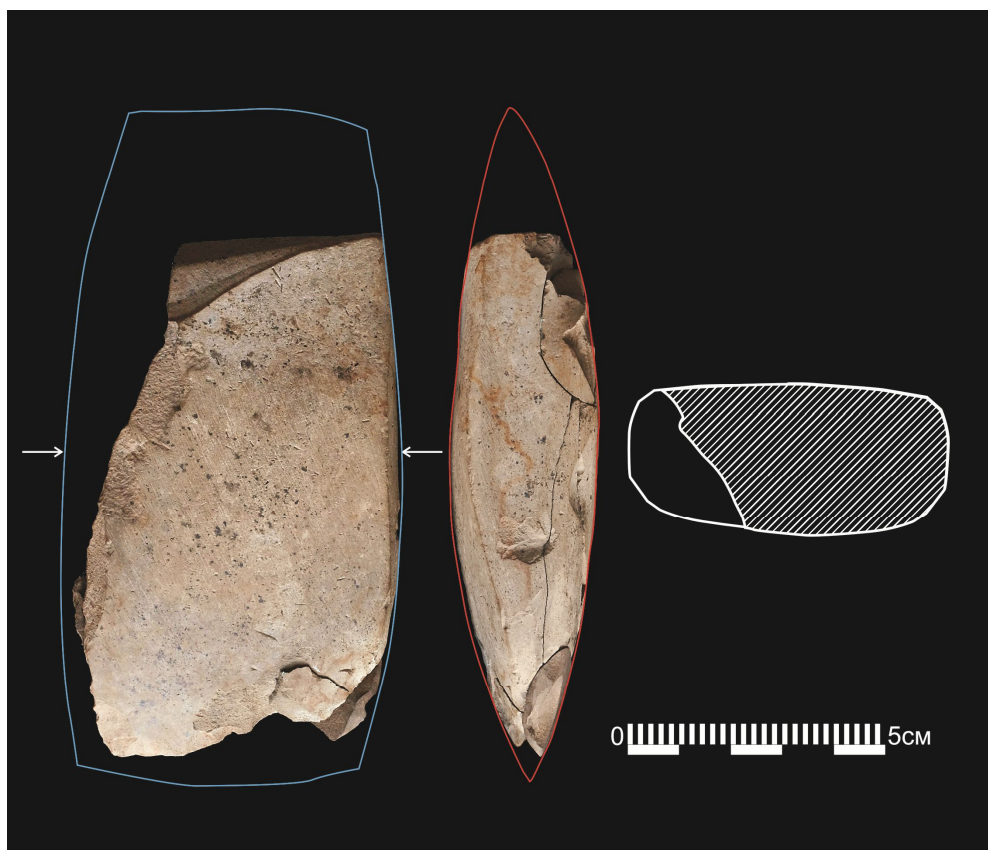


Рис. 5. Графическая реконструкция формы топора, представленного на рис. 4.

** Кстати, форма этих двух топоров также была восстановлена с помощью ремонтажа [4].

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-15-6-47 «Стратегии и практики ос-

воения и заселения Европейской Арктики: локальные и кросскультурные процессы в исторической динамике».

Литература

1. Ашихмина Л.И., Васкул И.О. Памятники ананьинской культурной общности // Археология Республики Коми. М.: ДиК, 1997. С. 314–348.
2. Волокитин А.В., Андреичева Л.Н., Зарецкая Н.Е. Геоархеологические исследования на р. Ижме: многослойная стоянка Вылыс Том 2 // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2013. № 8 (244). С. 13–18.
3. Волокитин А.В., Панин А.В., Арсланов Х.А. Многослойный археологический памятник Вылыс Том 2 и формирование долины р. Ижмы в голоцене // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. Вып. 3. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. С. 42–46.
4. Будзанивский И.А., Волокитин А.В. Топоры четвертого культурного горизонта многослойного памятника Вылыс Том 2 на Ижме // От Балтики до Урала: изыскания по археологии каменного века / ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2014. С. 169–173.
5. Волокитин А.В. О возможностях метода "связей" (Опыт выявления "комплекса-определителя" по материалам мезолитического памятника Парч I) // Минералы в материальной культуре древних уральских народов: информ. материалы. Свердловск, 1988. С. 49–53.
6. Канивец В.И. Мезолитические стоянки на Средней Печоре и Усе // Поселения каменного и медно-бронзового века на Печоре и Усе / Отв. редактор В.И.Канивец. Сыктывкар, 1973. С. 12. (МАЕСВ; Вып. IV).
7. Волокитин А.В. Особенности индустрий мезолитических памятников Топыд-Нюр 5 и 7а на Средней Печоре // Материальная и духовная культура населения европейского Северо-Востока / Отв. редактор Э.А. Савельева. Сыктывкар, 1987. С. 6–15. (Тр. ИЯЛИ. Вып. 40).
8. Волокитин А.В., Зарецкая Н.Е. Мезолит севера европейской России: соотношение радиоуглеродной и археологической хронологии // IV Северный археологический конгресс: Материалы конгресса (19–23 октября 2015, г. Ханты-Мансийск) / Отв. ред. Н.М. Чаиркина. Екатеринбург, 2015. С. 8–10.

References

1. Ashikhmina L.I., Vaskul I.O. Pamyatniki anan'inskoy kul'turnoy obshnosti [Sites of Ananyino cultural community] // Arkheologiya Respubliki Komi [Archaeology of the Komi Republic]. Moscow: DiK, 1997. P. 314–348.
2. Volokitin A.V., Andreicheva L.N., Zaretskaya N.E. Geoarkheologicheskie issledovaniya na r. Izhme: mnogocloynaya stoyanka Vylys Tom 2 [Geoarheological research in the Izhma river:

- The Multilayered site Vylys Tom 2] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS, 2013, No.8. P. 13–18.
3. Volokitin A.V., Panin A.V., Arslanov Kh.A. Mnogosloynny arheologitseskiy pamyatnik Vylys Tom 2 i formirovanie doliny r. Izhmy v golotsene [The Multilayered site Vylys Tom 2 and the Izhma river valley formation in the Holocene] // Evraziya v kaynozoe. Stratigrafiya, paleoekologiya, kul'tury [Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, paleoecology, culture]. Issue 3. Irkutsk: Irkutsk State Univ. Publ. 2014. P. 42–46.
4. Budzanivsky I.A., Volokitin A.V. Topory chetvertogo kul'turnogo gorizonta mnogoslainogo pamyatnika Vylys Tom 2 na Izhme [Axes from the 4rth Cultural Layer of the Multilayered Site Vylys Tom 2 on the Izhma River] // Ot Baltiki do Urals: izyskaniya po arheologii kamennogo veka [From the Baltic to the Urals: investigations in the archaeology of the Stone Age]. Syktyvkar, 2014. Inst. of Language, Literat. and History, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. P. 169–173.
5. Volokitin A.V. O vozmozhnostyah metoda "svyazey" (Opyt vyyavleniya "kompleksa-opredelitel'ya" po materialam mezoliticheskogo pamyatnika Parch I [On the possibilities of the method of "relations" (Identifying "determinant-complex" based on the Mesolithic site Parch I)] // Mineraly v material'noy kul'ture drevnih ural'skih narodov: informatsionnye materialy [Minerals in material culture of the ancient Ural peoples: information materials]. Sverdlovsk, 1988. P. 49–53.
6. Kanivets V.I. Mezoliticheskie stoyanki na sredney Pechore i Use [Mesolithic campsites on the Middle Pechora and Usa rivers] // Poseleniya kamennogo i medno-bronzovogo veka na Pechore i Use [Settlements of the Stone and Copper-Bronze Age on the Pechora and Usa]. Ed. V.I.Kanivets. Syktyvkar, 1973. P. 12. (MAESV. Issue 4).
7. Volokitin A.V. Osobennosti industriy mezoliticheskikh pamyatnikov Toyd-Nyur 5 i 7a na Sredney Pechore [Features of industries of Topyd Nyur-5 and 7a Mesolithic sites in the Middle Pechora] // Material'naya i dukhovnaya kul'tura naseleniya Evropeyskogo Severo-Vostoka [Material and spiritual culture of the population of the European Northeast]. Ed. E.A.Savelyeva. Syktyvkar, 1987. (Proc. of Inst. of Language, Literat. and History, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. Issue 40).
8. Volokitin A.V., Zaretskaya N.E. Mezolit severa evropeyskoy Rossii: sootnoshenie radiouglerodnoy i arkheologicheskoy hronologii [The Mesolithic of the North of European Russia: Correlation between radiocarbon and archaeological chronology] // IV Northern Archaeol. Congr. Proceedings. Khanti-Mansiisk, October 19–23, 2015. Ed. N.M.Chairkina. Ekaterinburg, 2015. P. 8–10.

Статья поступила в редакцию 28.06.2016.

ПЯТЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР ПО ПРОБЛЕМАМ СЕВЕРА

21–23 сентября 2016 г. в рамках научных мероприятий, посвященных 95-летию образования Республики Коми, в Институте социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН состоялся Пятый Всероссийский научный семинар «Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2016». Семинар был проведен при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (№ проекта 16-12-11501/16) и Правительства Республики Коми.

К научному мероприятию проявили интерес около 130 чел.* В оргкомитет поступило 113 заявок на доклады, прислано 94 статьи. К началу работы семинара был издан сборник материалов**.

Проведено пленарное заседание и семь «сквозных» научных сессий:

- Человеческий и трудовой потенциал северных регионов;
- Минерально-сырьевой и топливный потенциал северных территорий;
- Рациональное природопользование и экологическая безопасность;
- Условия устойчивого развития сельских территорий;
- Технические и экономические проблемы северной энергетики;
- Функционирование и развитие транспортных систем Севера;
- Проблемы экономического роста регионов Севера.

Всего представлено и обсуждено 40 докладов. В них было обосновано значение социально-экономических исследований в разработке и реализации стратегий развития северных и арктических районов (чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев); показана роль биотехнологий в решении социально-экономических и экологических проблем развития Европейского Севера (д.б.н. В.В. Володин); определены методические ориентиры модернизации биоресурсной экономики региона (к.геогр.н. Т.Е. Дмитриева), рассмотрены вопросы формирования инструментов реализации лесной политики на принципах устойчивого развития (д.э.н. Г.А. Князева), оценен редкометалльно-редкоземельный потенциал северных территорий России и обоснованы приоритеты его реализации (к.г.-м.н. Г.Б. Мелентьев), проанализированы уровень благосостояния населения северных регионов в условиях кризиса и влияние внутренних экономических факторов на демографические показатели (к.э.н. Ю.А. Гаджиев, к.геогр.н. В.И. Акопов, А.В. Смирнов, М.А. Шишкина), рассмотрено миграционное поведение молодежи как фактор формирования трудового потенциала и перспективы использования на Севере вахтовой формы организации труда (Н.Ю. Журавлев, О.М. Благодетелева), определены направления изучения морально-психологического состояния населения, укрепления потенциала коренных народов и организационно-методические подходы к инновационно-проектной деятельности в образовании (к.э.н. М.М. Стыров, к.э.н. А.А. Максимов, д.э.н. Н.М. Большаков, Л.Э. Еремеева), рассмотрены экономические и экологические ограничения перспективности некоторых нетрадиционных источников углеводородов и геотермальные ресурсы России как инновационный фактор опережающего развития (д.э.н. С.Л. Садов, к.г.-м.н. Г.Б. Мелентьев, В.М. Короткий), обоснованы пути совершенствования топливно-энергетического баланса регионов Европейского Севера России и энергетического обеспечения полярных районов Якутии (к.э.н. А.А. Калинина, к.э.н. В.П. Луканичева, к.т.н. В.Л. Гаврилов, Е.Г. Шепелева), проанализированы межрегиональные товарообменные процессы на Европей-

* В работе семинара приняли участие сотрудники Института исследований человека и общества Болгарской Академии наук, Института экономики Национальной академии наук Азербайджана, Днепровского национального университета им. О. Гончара, Восточноукраинского национального университета им. В. Даля (Северодонецк), Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, Отдела региональных экономических и социальных исследований Якутского научного центра СО РАН и Научно-исследовательского института региональной экономики Севера Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова (Якутск), Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (Иркутск), Института экономики УрО и Уральского государственного экономического университета РАН (Екатеринбург), Пермского филиала Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова (Пермь), Башкирского государственного университета (Уфа), Камского института гуманитарных и инженерных технологий (Ижевск), Института экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского НЦ РАН (Апатиты), Института социально-экономических проблем народонаселения РАН (Москва), Объединенного института высоких температур РАН (Москва), Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и Московского архитектурного института (Москва), Ухтинского государственного технического университета, Сыктывкарского государственного университета, Сыктывкарского лесного института, МКП «Жилкомсервис» (Сыктывкар), Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Коми, Общественной палаты Республики Коми, Института геологии Коми НЦ УрО РАН, Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН.

** Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2016: Материалы Пятого Всероссийского научного семинара (21–23 сентября 2016 г., Сыктывкар): в 2-х ч. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2016. Ч. 1. 392 с.; Ч.2. 348 с.

ском Севере России (д.э.н. Э.С. Куратова), показан опыт геохимического картирования природно-техногенных геозкосистем с целью оценки факторов горнопромышленного техногенеза и экологического ущерба (к.г.-м.н. Г.Б. Мелентьев, Е.Н. Малинина, Д.С. Ельчин, К.С. Полякова, А.В. Стулова), рассмотрены проблемы эффективности деятельности органов управления природопользованием и охраной окружающей среды (к.э.н. Г.Н. Харитонов), раскрыты вопросы устойчивого развития горнодобывающей промышленности в Арктике (к.э.н. Л.В. Иванова), обоснован вектор развития сельского хозяйства и устойчивого использования природного капитала лесов в рамках «зеленого роста» (к.э.н. А.С. Пономарева, В.А. Носков), произведена оценка экономической доступности продовольствия в северном регионе (к.э.н. М.Ю. Микушева), рассмотрены вопросы аварийности северной энергосистемы при геомагнитном шторме и совершенствования управления развитием энергетической инфраструктуры (к.т.н. М.И. Успенский, к.э.н. Л.В. Чайка), оценены резервы снижения потерь угля при обеспечении северных районов Якутии (к.т.н. В.Л. Гаврилов, В.И. Федоров, В.Е. Захаров), определены методологические подходы к оценке транспортной доступности территории (д.э.н. Н.М. Большаков, Л.Э. Еремеева, к.э.н. Е.Ю. Попов), рассмотрены проблемы выбора основных населенных пунктов при формировании опорной транспортной сети (И.В. Фомина, А.А. Шевелёва), обосновано применение транспортно-экономического баланса при формировании опорной транспортной сети Европейского и Приуралья Севера (к.т.н. П.А. Малащук), проанализированы современное состояние и перспективы развития воздушного транспорта в указанном регионе (д.э.н., д.т.н. А.Н. Киселенко, И.В. Фомина, А.А. Шевелёва), сделана оценка возможности применения в Арктике транспортных систем эстакадного типа (д.э.н., д.т.н. А.Н. Киселенко, к.э.н. Е.Ю. Сундуков), определены пути решения проблем на внутреннем водном транспорте Республики Коми (Н.А. Тарабукина, Д.Н. Дементьев), произведен анализ инновационной деятельности северных регионов России (к.э.н. Ю.А. Гаджиев, к.э.н. Т.С. Крестовских), предложена классификация северных регионов по показателям инновационного потенциала (к.э.н. Ю.А. Гаджиев, к.э.н. М.М. Стыров, к.э.н. Д.В. Колечков, Н.В. Шляхтина), рассмотрены источники формирования и направления расходования бюджетов городских округов и муниципальных районов Республики Коми (Е.Н. Тимушев), определены подходы к оценке развития лесного сектора в контексте «зеленой экономики» (к.э.н. М.А. Шишелов), рассмотрены достижения, проблемы и перспективы изучения экономической истории Республики Коми XX в. (д.и.н. М.А. Мацук).



Участники семинара в качестве особо актуальных отметили следующие положения:

- на Севере России, в том числе в Арктике, в первую очередь необходимо установить технологический, экономический, экологический и социальный порядок в уже существующих хозяйственных комплексах, а также заключить международные соглашения относительно ряда спорных арктических территорий, восстановить оборонный потенциал до уровня, адекватного арктическим военным силам НАТО. На первый план выходит организация науки и научно-технической подготовки новой индустриализации на основе технологий XXI в. Здесь сама система НИОКР играет пионерную роль в освоении и обустройстве территорий и становится своего рода новой индустрией;
- перспективы Севера и Арктики тесно связаны с новой парадигмой организации хозяйства, которая получила название «зеленая экономика». Она нацелена на снижение экологических рисков, переход на устойчивые модели производства и потребления, повышение благосостояния населения и укрепление социальной справедливости;

– во многих регионах Севера и Арктики достигнуты значительные успехи в области демографии (улучшение количественных и качественных характеристик рождаемости, снижение смертности и рост продолжительности жизни, снижение младенческой смертности, положительный естественный прирост населения), во многом обусловленные проводимой государственной демографической политикой. В то же время продолжает сохраняться устойчивая миграционная убыль, а в области естественного движения населения высока вероятность смены направления тенденций с позитивных на негативные. Сохранение позитивных демографических процессов связано главным образом с развитием физической и духовной культуры и организацией высокотехнологичной медицины;

– научный подход к прогнозу развития территорий с экстремальными и сложными природными условиями предполагает детальное рассмотрение форм расселения населения и форм организации труда. Особое внимание следует обратить на пространственный аспект организации социально-экономических систем с использованием кооперационных связей центров и окружающих их территорий на основе кластеров и других форм сетевого взаимодействия;

– расширение минерально-сырьевой базы горного производства во многом зависит от разработки и внедрения таких новых технологий, которые позволяют эффективно и длительное время работать на уже осваиваемых месторождениях и участках с труднообогатимыми, «упорными» рудами. Особое внимание следует обратить на технологию добычи, транспортировки и переработки нефти и газа. Торопливость ухода в новые места добычи полезных ископаемых чаще всего приводит к колоссальным потерям; чтобы снизить их уровень, желательно не только внедрять новые технологические методы, но и по государственному подходить к организации лицензирования хозяйственной деятельности на старых и новых месторождениях полезных ископаемых. С развитием горнорудного комплекса непосредственно связано производство композитов и строительных конструкций;

– для улучшения использования лесосырьевых ресурсов необходимы инвестиции в создание локальных производств по механической обработке древесины и глубокой химической переработке мелкотоварной древесины, порубочных остатков и недревесного сырья в районах интенсивной заготовки леса, имеющих выход на рынки России, ближнего и дальнего зарубежья;

– необходимы углубленные исследования, направленные на создание геоинформационных систем для оценки состояния и динамики почв и грунтов, в том числе многолетнемерзлых, в условиях климатической нестабильности; на реализацию единой государственной системы экологического мониторинга; на нормирование антропогенных воздействий и экологическую оценку состояния экосистем. Такого рода проблемы становятся особенно актуальными для Арктической зоны. В растительных сообществах оленьих пастбищ снижаются запасы лишайниковых кормов, увеличивают свое обилие кустарники, ускоряются процессы заболачивания. Возрастает уровень содержания в кормах, почвах и водах загрязнителей, в том числе тяжелых металлов. Актуальным становится научное обоснование комплексного решения проблемы обеспеченности оленеводческих хозяйств кормовой базой. Речь идет о фундаментальных исследованиях тундры как уникальной природной экосистемы. Возрастает значение водных биологических ресурсов. Развитие рыбоводства и увеличение объемов выращивания рыбы должно быть ориентировано на создание высокотехнологичных рыбоводных хозяйств. Ключевой проблемой развития сельского хозяйства северных регионов становится укрепление продовольственной безопасности и снятие угроз здоровью людей со стороны поставщиков недоброкачественных (химически вредных) продуктов. Производство экологически чистой продукции является крайней необходимостью и может быть организовано именно на сельскохозяйственных землях таежных территорий;

– все более актуальным становится решение задачи: как в социально-экономических условиях развития России с учетом климатического разнообразия ее регионов будет формироваться структура использования конечных видов энергии? Главным препятствием решения данной проблемы является очевидное несоответствие между высокой стоимостью электричества и топлива, предоставляемых домохозяйствам и производству, и относительно низким уровнем доходов большинства граждан нашей страны, а также низкой платежеспособностью предприятий. В последующие годы данный разрыв увеличился и теперь он представляет реальную угрозу экономической безопасности регионам России, особенно арктическим и северным;

– опережающее развитие транспортных систем на Севере и в Арктике по сравнению с другими отраслями хозяйства проявляется как закономерность. Но и при этом условии транспортная доступность многих периферийных населенных пунктов даже через 15–20 лет все еще будет ниже, чем в соседних (к югу лежащих) регионах; полноценная сетевая структура железных и автомобильных дорог не будет сформирована. Вместе с тем, линейно-узловая структура экономического пространства Севера и Арктики будет существенно модернизирована.

В завершение работы семинара участникам была организована экскурсия в с. Ыб с посещением Финно-угорского этнокультурного парка и местного краеведческого музея.

*Оргкомитет семинара
Сыктывкар, сентябрь 2016 г.*

ВАЛЕНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ ИВАНОВ



В ноябре этого года исполнилось 75 лет доктору экономических наук, заслуженному работнику Республики Коми **Валентину Александровичу Иванову** – ученому-экономисту, известному своими трудами в области аграрной экономики и ее адаптации к рыночным условиям.

Валентин Александрович родился 21 ноября 1941 г. в Тихвинском районе Ленинградской области. В 1965 г. окончил экономический факультет Ленинградского сельскохозяйственного института и по распределению приехал на родину своей супруги в Республику Коми. В 1965–1968 гг. служил в рядах Советской Армии, затем работал главным бухгалтером совхоза «Объячевский», старшим экономистом-контролером Министерства сельского хозяйства Коми АССР.

В 1968 г. В.А. Иванов поступил в очную аспирантуру Коми филиала АН СССР, по окончании которой в 1971 г. в Институте экономики АН СССР защитил кандидатскую диссертацию «Интенсификация сельского хозяйства и ее экономическая эффективность (на материалах совхозов Европейского Севера)». С тех пор трудовая биография Валентина Александровича неразрывно связана с Отделом экономики Коми филиала АН СССР, ныне Институтom социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН.

В своих работах В.А. Иванов углубил теоретическое содержание интенсификации, раскрыл ее факторы, разработал методику исчисления показателей, выявил закономерности и особенности процесса интенсификации сельского хозяйства на Северо-Западе Нечерноземной зоны РСФСР. Обосновал дальнейшее развитие и повышение эффективности интенсификации сельскохозяйственного производства, формы и методы ее стимулирования. По результатам исследований в 1988 г. во Всероссийском научно-исследовательском институте экономики сельского хозяйства защитил докторскую диссертацию «Экономические проблемы эффективности интенсификации сельскохозяйственного производства Северо-Запада РСФСР».

Более 20 лет Валентин Александрович возглавляет в Институте исследования по экономике аграрной сферы. Он отличается исключительной работоспособностью, является автором и соавтором свыше 200 научных работ, в числе которых почти 40 монографий, десятки статей в ведущих

российских научных журналах. В.А.Иванов внес значительный вклад в научное обоснование развития аграрного сектора зоны Севера и Арктики, основанного на использовании новых технологий и сбалансированном воспроизводстве ресурсного потенциала, совершенствовании форм, методов, направлений и эффективности государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей, а также в организацию агроэкономических исследований Севера, который ученым рассматривается как значительный резерв производства экологически чистых продуктов питания. Совместно с Институтom экономических проблем Кольского научного центра РАН и Институтom региональной экономики Севера Северо-Восточного федерального университета (г. Якутск) В.А.Ивановым обоснованы долгосрочные прогнозы агропромышленного комплекса северных территорий и социально-экономического развития коренных народов Севера. Им разработана концепция продовольственного обеспечения населения северных районов с учетом многоукладности аграрной экономики. В работах последних лет ученый предлагает пути и механизмы модернизации аграрного сектора северной сельской периферии, концептуальные подходы к управлению продовольственной безопасностью населения арктических и приарктических территорий европейского Северо-Востока.

Много лет Валентин Александрович занимается подготовкой специалистов для экономики Республики Коми. В 1999 г. при Сыктывкарском лесном институте им была организована кафедра экономики сельского хозяйства. В настоящее время В.А. Иванов читает курсы лекций, руководит курсовыми и дипломными проектами студентов, научными исследованиями аспирантов Института. Будучи человеком широкой души, Валентин Александрович щедро делится с молодыми сотрудниками своим опытом, научными идеями и житейской мудростью. Под его руководством защищено семь кандидатских диссертаций.

За плодотворную научную работу и активное участие в общественной жизни Валентин Александрович награжден Почетными грамотами АН СССР и Российской академии наук и профсоюза работников РАН, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Коми, Министерства образования Республики Коми.

От всей души поздравляем известного ученого, блестящего организатора, мудрого наставника и талантливого человека, Валентина Александровича Иванова, с юбилеем и желаем ему долгой, счастливой, творческой жизни!

Коллектив Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН



18 октября 2016 г. ушел из жизни замечательный человек, ведущий научный сотрудник Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, известный специалист в области развития социальной сферы региона, внесший значительный вклад в изучение путей и возможностей роста качества жизни населения, кандидат географических наук

ВАЛЕРИЙ ИШХАНОВИЧ АКОПОВ

Валерий Ишханович родился 9 августа 1940 г. в г. Баку. После школы он окончил техническое училище, работал столяром, служил в рядах Советской Армии. В 1971 г. после окончания географического факультета Ленинградского государственного университета вместе со своей семьей Валерий Ишханович приехал на работу в Сыктывкар. С тех пор более 45 лет его жизнь была неразрывно связана с Отделом

экономики Коми филиала АН СССР, ныне Институтотом социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН.

С первого дня работы в Коми научном центре В.И. Акопов окунулся в проблемы развития и территориальной организации сферы услуг республики. Валерий Ишханович разработал оригинальную методику оценки качества районных систем расселения и в 1987 г. на родном факультете защитил кандидатскую диссертацию, посвященную региональным проблемам развития и размещения предприятий непроизводственной сферы. Более 20 лет он руководил структурными подразделениями Института. В 1990-е гг. вместе со своим неизменным соавтором к.э.н. Юсифом Алимовичем Гаджиевым Валерий Ишханович активно занимался разработкой механизма новой социальной политики республики, что было крайне актуально в условиях перехода к рыночным отношениям. Ими были предложены конкретные меры по реформированию социальной сферы региона, разработана модель благосостояния населения. Под руководством В.И. Акопова выполнен цикл работ по экономической безопасности Республики Коми. В последние годы ученый вместе с творческим коллективом лаборатории финансово-экономических проблем занимался вопросами эффективности инвестиций в человеческий капитал с позиций совершенствования инновационно-инвестиционного развития северных регионов.

Валерий Ишханович был разносторонним человеком, его волновали также извечные вопросы поиска истины, смысла жизни, человеческого предназначения. Он всегда находился в эпицентре общественных событий: возглавлял объединенную народную дружину подразделений Коми филиала АН СССР, был членом методического совета системы политпросвещения, членом местного института, секретарем парткома. И на любой общественной работе, как и в научных исследованиях, главным объектом внимания В.И. Акопова был человек с его проблемами.

Валерий Ишханович останется в памяти светлым, открытым, отзывчивым и добрым человеком. Он пользовался уважением и любовью всего коллектива. До последних дней сохраняя интерес к жизни и открытую улыбку, он притягивал к себе молодых сотрудников, с которыми щедро делился накопленными знаниями и опытом и раскрывал секреты научного поиска.

Светлая память Валерию Ишхановичу Акопову – от всех, кто его знал и ценил.

*Коллектив Института социально-экономических
и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН*



Коллектив Института биологии Коми НЦ УрО РАН с глубоким прискорбием сообщает, что 26 декабря 2016 г. на 76-м году жизни после тяжелой продолжительной болезни скончался ведущий научный сотрудник отдела экологии животных доктор биологических наук, лауреат Государственной премии Республики Коми в области науки, заслуженный работник Республики Коми

АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЕСТАФЬЕВ

Алексей Александрович Естафьев – известный биолог, специалист в области орнитологии. Автор и соавтор более 212 работ, в том числе – 22 книг, из которых – 12 научных монографий и 10 научно-информационных изданий. Его научные труды известны не только отечественным зоологам, но и зарубежным исследователям.

Научные интересы А.А. Естафьева были связаны с исследованием орнитофауны европейского Северо-Востока России. Им впервые выявлены особенности современного состояния, установлены механизмы формирования и структура фауны птиц в условиях освоения природных ресурсов Севера, собраны обширные уникальные зоологические коллекции, имеющие важное значение для разработки фундаментальных проблем систематики и видообразования. Он внес значительный вклад в изучение птиц урбанизированных ландшафтов Республики Коми. В последние годы Алексей Александрович уделял особое внимание вопросам стратегии охраны фауны птиц в условиях хозяйственного освоения европейского Севера. Рекомендации по охране птиц неоднократно докладывались А.А. Естафьевым на международных и всероссийских конференциях, публиковались в региональных и специализированных сборниках, Красных книгах Республики Коми и Российской Федерации, озвучивались на региональном телевидении и в средствах массовой информации. До 2013 г. он являлся куратором по хищным птицам на европейском Севере, куратором по европейскому Северу России Международной рабочей группы по журавлям Евразии, членом Совета РФ «Журавли Евразии», членом Научно-технического совета по охране окружающей среды Северо-Западного региона.

Алексей Александрович принимал участие в создании научно-обоснованной системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми и Ненецкого автономного округа. На основе эколого-фаунистических исследований ученого подготовлен ряд аналитических записок, предложений и рекомендаций по состоянию и регламентации использования охотничьих ресурсов, охране редких видов и их местообитаний в региональные государственные природоохранные учреждения, в том числе в Управление по охране, контролю и регулированию использования охотничьих животных Республики Коми, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, Федеральную службу Республики Коми по ветеринарному надзору, Коми межрегиональное территориальное управление воздушного транспорта ФАВТ (Росавиация) и др.

А.А. Естафьев участвовал в подготовке высококвалифицированных кадров для Республики Коми. Результаты его научных исследований используются при чтении курсов лекций и практических занятий студентам биологического профиля («Охотничье-промысловая фауна Европейского Северо-Востока: состояние, хозяйственное значение» и др.).

А.А. Естафьев был награжден Почетными грамотами Совета Министров Республики Коми (1991 г.), Республики Коми (2001 г.), Российской академии наук и Профсоюза работников РАН (1999, 2009 гг.), УрО РАН (1997, 2012 гг.).

Мы глубоко скорбим о невосполнимой утрате. Память об Алексее Александровиче Естафьеве, добром и хорошем человеке, неутомимом исследователе, навсегда останется в наших сердцах.

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2016 г.

От редактора

- | | |
|---|-----------------|
| <i>А.М. Асхабов, А.В. Самарин, М.В. Гецен.</i> Академическая наука Республики Коми на современном этапе | №3(27) С. 6–14 |
| <i>И.Л. Жеребцов.</i> Коми: от области – к республике | №3(27) С. 15–22 |

Физико-математические науки

- | | |
|--|------------------|
| <i>В.Ю. Андрюкова, В.Н. Тарасов.</i> Уточненный метод расчета устойчивости оболочек вращения в осесимметричном случае | №1(25) С. 5–10 |
| <i>D.B. Efimov.</i> Determinants of generalized binary band matrices (<i>Д.Б. Ефимов.</i> Определение обобщенных бинарных ленточных матриц) | №4(28) С. 5–10 |
| <i>А.В. Жубр.</i> Обобщение одной конструкции Уитни | №2(26) С. 5–13 |
| <i>V.V. Kisil.</i> Remark on continued fraction, mobius transformations and cycles (<i>В.В. Кисиль.</i> Замечание о непрерывных дробях, преобразованиях Мебиуса и циклах) | №1 (25) С. 11–17 |
| <i>И.В. Костяков, В.В. Куратов.</i> Контракции супералгебр и неоднозначность диаграмм Дынкина | №4(28) С. 11–15 |

Химические науки

- | | |
|---|-----------------|
| <i>Е.М. Готлиб, Р.В. Кожевников, Д.Г. Милославский.</i> Динамические механические свойства ПВХ композиций, пластифицированных циклокарбонатами | №2(26) С. 14–18 |
| <i>П.А. Ситников, Ю.И. Рябков, А.Г. Белых, И.Н. Васенева, А.В. Кучин.</i> Физико-химические закономерности создания новых гибридных эпоксиполимерных нанокомпозитов с повышенными прочными характеристиками | №1(25) С. 18–22 |

Биологические науки

- | | |
|---|-----------------|
| <i>В.С. Артамонова, С.Б. Бортникова, А.В. Оплеухин.</i> Техногенное загрязнение почв подотвальными водами в районе угледобычи | №4(28) С. 38–45 |
| <i>М.А. Батурина, О.Н. Кононова, Е.Б. Фефилова, Л.Г. Хохлова, А.Н. Зиновьева.</i> Изученность водных беспозвоночных крупных рек Республики Коми (Печора и Вычегда) | №3(27) С. 42–53 |
| <i>С.В. Дёгтева, В.А. Канев, Е.Е. Кулюгина, В.А. Мартыненко, И.А. Козлова, Ю.А. Дубровский, Б.Ю. Тетерюк, Л.В. Тетерюк, Л.Н. Тикушева.</i> Флора сосудистых растений северной части национального парка «Югыд ва» | №4(28) С. 16–28 |
| <i>О.В. Дымова, И.В. Далькэ.</i> Фотосинтетические пигменты и CO ₂ -газообмен водных макрофитов в подзоне средней тайги | №1(25) С. 37–44 |
| <i>Н.М. Зимонина.</i> Роль почвенных водорослей в восстановлении нарушенного почвенно-растительного покрова районов угле-нефтедобычи Республики Коми | №2(26) С. 44–52 |
| <i>А.Г. Ивонин, Е.В. Пименов, В.А. Оборин, А.В. Чернядьев.</i> Морфофункциональные характеристики эритроцитов собаки при экстракорпоральном насыщении цефалоспориновыми антибиотиками | №4(28) С. 60–66 |
| <i>Д.А. Каверин, А.В. Пастухов, Е.В. Жангуров.</i> Особенности температурного режима светлосезонов северотаежных ландшафтов (европейский Северо-Восток России) | №1(25) С. 23–29 |
| <i>И.А. Кириллова.</i> Фенотипическая изменчивость <i>Cypripedium calceolus</i> L. (Orchidaceae) на северном пределе распространения | №4(28) С. 46–54 |
| <i>А.В. Коковкин, А.А. Братцев.</i> Водные ресурсы Республики Коми: их использование в прошлом, настоящем и будущем | №3(27) С. 35–41 |
| <i>Е.М. Лаптева, В.А. Безносиков, Е.В. Шамрикова.</i> Почвы и почвенные ресурсы Республики Коми: этапы исследований, итоги и перспективы | №3(27) С. 23–34 |
| <i>Е.Н. Мелехина, М.Ю. Маркарова, Е.М. Анчугова, Т.Н. Щемелинина, В.А. Канев.</i> Определение эффективности методов рекультивации загрязненных нефтью почв | №3(27) С. 61–70 |
| <i>Ж.Э. Михович, К.С. Зайнуллина, Г.А. Рубан.</i> Биология и экология цветения свербиги восточной (<i>Bunias orientalis</i> L.) на европейском Северо-Востоке | №2(26) С. 36–43 |
| <i>Е.Н. Патова, Е.Е. Кулюгина, А.С. Стенина, О.А. Лоскутова, Л.Н. Тикушева, В.В. Елсаков.</i> Изменение природных комплексов Большеземельской тундры и По- | |

лярного Урала в результате воздействия линейных сооружений газопровода «Бованенково–Ухта»	№3(27) С. 54–60
<i>О.В. Раскоша, Л.А. Башлыкова.</i> Генетические эффекты в соматических клетках мышей, подвергнутых хроническому γ -облучению в малых дозах, и у их потомков	№4(28) С. 55–59
<i>Л.А. Скупченко, А.Н. Пунегов, К.С. Зайнуллина.</i> Виды рода кизильник (<i>Cotoneaster</i> Medik.) при выращивании в среднетаежной подзоне Республики Коми	№1(25) С. 30–36
<i>С.Л. Смирнова, О.В. Суслوнова, И.М. Роцевская.</i> Пространственно-временные характеристики электрического поля предсердий у крыс с экспериментально вызванной легочной гипертензией	№4(28) С. 67–72
<i>В.В. Старцев, Е.В. Жангуров, А.А. Дымов.</i> Годовая динамика температур органо-генных горизонтов почв Приполярного Урала	№2(26) С. 28–35
<i>А.С. Стенина, С.И. Генкал, Г.В. Харитонова, Н.С. Коновалова, В.И. Ким.</i> Состав диатомовых водорослей в речных взвесах среднего Амура (Дальний Восток)	№4(28) С. 29–37
<i>О.В. Суслонова, И.М. Роцевская, А.А. Распутина.</i> Морфометрия желудочков сердца крыс линии НИСАГ в период раннего постнатального развития	№1(25) С. 45–50
<i>В.И. Циркин, А.Д. Ноздрачев, Ю.В. Коротаева.</i> Бета ₃ -адренорецепторы миокарда (обзор литературы)	№4(28) С. 73–85
<i>О.В. Юсупова, Л.М. Абрамова, О.А. Каримова.</i> Особенности организации популяций высокогорного эндема <i>Anemonastrum Biarmense</i> (JUZ.) Holub на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника	№2(26) С. 19–27
Геолого-минералогические науки	
<i>А.М. Асхабов.</i> Нанокластерная модель образования жидкой воды	№1(25) С. 62–67
<i>И.Н. Бурцев, О.Б. Котова, Д.В. Кузьмин, Д.О. Машин, И.А. Перовский, А.В. Погорядов, Д.А. Шушков.</i> Прототипы новых технологий для развития минерально-сырьевого комплекса Тимано-Североуральского региона	№3(27) С. 79–88
<i>Д.А. Бушнев, Н.С. Бурдельная, С.В. Лыков, И.Н. Бурцев.</i> Органическое вещество горючих сланцев Айювинского месторождения	№2(26) С. 53–58
<i>Н.Ю. Никулова, И.В. Козырева.</i> Вещественный состав и особенности формирования метапсаммитов хребта Оченырд (Полярный Урал)	№4(28) С.101–112
<i>Т.А. Пономарева, А.М. Пыстин.</i> Анализ физических свойств пород восточной зоны севера Урала	№1(25) С. 51–61
<i>А.М. Пыстин.</i> Ключевые вопросы геологии европейского Северо-Востока и Севера Урала	№3(27) С. 71–78
<i>О.В. Удортатина, В.А. Капитанова.</i> Геохронология пород субстрата и руд редко-металльно-редкоземельных месторождений и рудопроявлений на севере Урала и Тимане	№4(28) С. 85–101
Технические науки	
<i>С.М. Дуркин, А.И. Хасанов.</i> Разработка трудноизвлекаемых запасов – основная задача будущего	№1(25) С. 74–79
<i>А.А. Лютов, Ю.Г. Смирнов, Е.А. Лютова.</i> Оценка эффективности очистки пластовых вод от эмульгированных нефтепродуктов с применением системы магнитных частиц и магнитного поля	№1(25) С. 68–73
<i>М.И. Успенский.</i> Основные понятия и пути влияния геомагнитных штормов на электроэнергетическую систему (часть I)	№4(28) С. 112–124
Историко-филологические науки	
<i>Н.П. Безносова.</i> Изменение гендерной структуры населения Республики Коми в контексте социально-экономических трансформаций и войн (1920–1950-е гг.)	№2(26) С. 86–92
<i>А.А. Бровина.</i> Исторические ракурсы проблемы изучения производительных сил России в XIX – первой трети XX в.	№3(27) С. 89–94
<i>В.В. Власова.</i> Развитие старообрядческой традиции коми в советский период	№4(28) С.135–141
<i>Е.Е. Ермакова.</i> Медицинские практики в бытовой культуре коми юга Тюменской области	№4(28) С.142–154
<i>А.Г. Кузьмин, П.Д. Морозов.</i> Субкультура антифа как социально-политический феномен: опыт изучения в г.Сыктывкаре	№1(25) С. 97–103

<i>Т.И. Лахтионова.</i> Архивы Коми АССР в предвоенный период и в условиях Великой Отечественной войны (1938–1945 гг.)	№1(25) С. 90–96
<i>Н.Е. Плаксина.</i> Великопоженский скит в период правления Николая I	№2(26) С. 75–85
<i>А.Н. Ракин.</i> Обозначения лодки как компонент лексики рыболовства в коми языке	№1(25) С. 80–85
<i>М.П. Рощевский.</i> История становления и развития академической науки в Республике Коми	№3(27) С. 95–102
<i>Э.А. Савельева.</i> Погребения с монетами Кичилькосьского I могильника	№2(26) С. 59–74
<i>А.М. Таскаев.</i> Особенности уровня грамотности населения Коми автономной области по полу и возрасту по материалам Всесоюзной переписи населения 1926 г.	№4(28) С.125–135
<i>Е.А. Цыпанов.</i> Гриб дождевик и его названия в коми языке	№1(25) С. 86–89
Общественные науки	
<i>И.Н. Бурцев, Т.Е. Дмитриева, И.Г. Бурцева.</i> Перспективы индустриально-транспортного развития Республики Коми	№3(27) С. 121–128
<i>Т.Е. Дмитриева.</i> Эффективное пространство – фактор развития Республики Коми	№3(27) С. 111–120
<i>А.А. Калинина, В.П. Луканичева.</i> Энергетическая инфраструктура арктического города Воркута: проблемы, направления развития	№3(27) С. 129–133
<i>В.Н. Лаженцев.</i> Социально-экономическая география и региональная политика: северный аспект	№3(27) С.103–110
<i>Л.А. Попова.</i> Тенденции изменения количественных и качественных характеристик рождаемости в России и Республике Коми	№3(27) С. 144–153
<i>Т.В. Тихонова.</i> Экосистемные услуги: роль в региональной экономике и подходы к оценке	№3(27) С. 134–143
<i>И.В. Харионовская.</i> Особенности развития инфраструктуры лесного хозяйства в Республике Коми	№1(25) С. 104–111
Краткие сообщения	
<i>А.В. Волокитин, И.А. Будзанивский.</i> Новое в исследованиях археологического памятника Вылыс Том 2 на р.Ижда	№4(28) С.155–160
<i>А.В. Козловская, Н.Н. Потолицына, В.Д. Шадрина, Е.Р. Бойко.</i> Витамины и ферменты антиоксидантной системы в крови у женщин на Севере	№1(25) С. 112–115
<i>Е.Н. Прошкина, А.А. Москалев.</i> Изучение молекулярно-генетических механизмов старения и стрессоустойчивости организма на модели <i>Drosophila melanogaster</i>	№1(25) С. 116–120
Рецензии	
<i>В.В. Фаузер.</i> Рецензия на книгу: Н.М. Большаков, В.В. Жиделева, Л.А. Гурьева, Е.А. Рауш. «Кластеризация в современном образовании: методология и практика»/ Под науч. рук. Н.М. Большакова. СПб.: Издательство СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2016. 200 с.	№2(26) С. 93–94
<i>П.П. Котов, И.Л. Жеребцов, Д.И. Пинаевский.</i> Рецензия на книгу: «Гладилов Валентин Владимирович: страницы жизни в медицинском образовании (биография, воспоминания, работы по истории здравоохранения и медицинского образования в Республике Коми». Отв. ред. Б.М.Завьялов. Киров, 2015. 368 с.	№1(25) С. 121–122
Научная жизнь	
<i>А.М. Асхабов.</i> Юшкинские чтения – 2016	№2(26) С. 99–100
<i>М.В. Гецен, А.В. Самарин.</i> Межрегиональная научно-практическая конференция «Вклад академической науки в развитие производительных сил Республики Коми»	№3(27) С. 154–159
<i>Н.М. Игнатова.</i> VIII Всероссийский симпозиум с международным участием по исторической демографии	№3(27) С. 165–166
<i>В.М. Кудряшова, А.Н. Рассыхаев.</i> Рочев Юрий Герасимович (1936–1995)	№1(25) С. 123–124
<i>В.Н. Лаженцев.</i> Географические исследования и географическая реальность	№2(26) С. 96–98
<i>А.А. Льюров, П.Ю. Павлов.</i> Международная научная конференция «Исторический опыт и перспективы научного, научно-технического и культурного сотрудничества между Болгарией и Россией (на примере Республики Коми)»	№3(27) С. 162–164

<i>Н.П. Миронова.</i> Научно-практический семинар для молодых ученых и специалистов «Наука и бизнес в Республике Коми: точки соприкосновения»	№3(27) С. 160–161
<i>В.Я. Шумкин.</i> Почетный профессор Санкт-Петербургского государственного университета, археолог Столяр Абрам Давидович	№2(26) С. 101–102
<i>П.П. Юхтанов.</i> VIII Географические чтения им. В.А. Витязевой Коми республиканского отделения ВОО «Русское географическое общество (РГО)	№2(26) С.95
<i>Пятый Всероссийский научный семинар по проблемам Севера</i>	№4(28) С.161–163

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 1,5 печ.л.), оригинальные статьи (до 0,8 печ.л) и краткие сообщения (до 0,3 печ.л.) теоретического и экспериментального характера по проблемам естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, в том числе региональной направленности. Статьи должны отражать результаты законченных и методически правильно выполненных работ. К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни.

Направляя статью в наш журнал, Вы соглашаетесь с нашим **Положением о публикационной этике журнала** (на сайте журнала). Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, учитывая новизну, научную значимость и актуальность представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не рассматриваются.

Общие требования к оформлению рукописей

Статьи должны сопровождаться направлением научного учреждения, где была выполнена работа. В необходимых случаях должно быть приложено экспертное заключение. Организация, направляющая статью, как и автор(ы), несет ответственность за её научное содержание, достоверность и оригинальность приводимых данных. Изложение материала статьи должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть подписана всеми авторами (автором) с указанием (полностью) фамилии, имени, отчества, домашнего адреса, места работы, служебного и сотового телефонов и e-mail.

В редакцию подается рукопись статьи в двух экземплярах – на бумаге и на диске в редакторе WinWord под Windows. Математические статьи могут подаваться в редакторе TEX. Электронная и бумажная версии статьи должны быть идентичны. Электронный вариант рукописи может быть прислан по электронной почте на адрес редакционной коллегии: journal@presidium.komisc.ru. Текст должен быть набран на компьютере (шрифт Times New Roman, кегль 14) в одну колонку через 1,5 интервала на бумаге форматом А4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала должны быть не менее: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 25 мм. Количество иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должно превышать 5–7 шт., количество иллюстраций в кратких сообщениях – 2–3 шт.

Первая страница рукописи оформляется следующим образом: в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким (информированным) и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и города (для иностранных авторов – также страны). Ниже печатается электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал следует краткая аннотация (8–10 строк), в которой сжато и ясно описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова (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 быть независимым источником информации (пересказом статьи). В тех случаях, когда текст статьи поделен на разделы, автор может подобным образом разделить и текст аннотации. Редакция 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 подрисовочные подписи.

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 и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9–10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 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 оттенки заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

Математические символы, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

В тексте цитированную литературу необходимо приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии с примером (см. ниже). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

После Списка литературы размещается References – Пристатейный список литературы в транслите (на латинице) и в квадратных скобках перевод названия статьи и журнала на английский язык. References повторяет в полном объеме, с той же нумерацией Список литературы на русском языке, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются как в Списке литературы, так и в References.

Список литературы и References оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

Список литературы:

1. Иванов И.И. Название статьи // Название журнала. 2005. Т.41. № 4. С. 18–26.
2. Петров П.П. Название книги. М.: Наука, 2007. Общее число страниц в книге (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. Ivanov I.I. Nazvanie stat'i [Article title] // Nazvanie zhurnala [Journal title]. 2005. T.41. № 4. S. 18–26.
2. Petrov P.P. Nazvanie knigi [Book title]. M.: Nauka, 2007. Obshche chislo stranic v knige (naprimer, 180 s.) ili konkrernaya stranica (naprimer, S. 75.).
3. Kazakov K.K. Nazvanie dissertatsii [Dissertation title]: Dis. kand. biol. nauk. M.: Nazvanie instituta, 2002. 164 s.

При наличии большого количества авторов в списке литературы указываются все.

Для транслитерации списка литературы удобно использовать интернет-ресурс <http://translit.ru/>

При несоблюдении этих перечисленных правил статья не рассматривается редакционной коллегией, а возвращается авторам на доработку.

Все статьи проходят рецензирование и в случае необходимости возвращаются авторам на доработку. Рецензирование статьи закрытое. Возможно повторное и параллельное рецензирование. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактирования статьи. Статьи публикуются в порядке очередности, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а, следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегия не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 5–7 дней должен вернуть ее в редакционную коллегия или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и диски не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте**; нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;
- в числовых значениях **десятичные разряды отделяются запятой**;
- вставка символов **Symbol**.

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw, Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:

Ответственному секретарю редакционной коллегии

журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Надежде Валериановне Ладановой

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,

Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 209

Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212) 24-17-46

E-mail: journal@presidium.komisc.ru.

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ
Коми научного центра
Уральского отделения РАН

Вып. 4(28)

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 .
Формат бумаги 60x84¹/₈. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 21,5. Уч.-изд.л. 21. Тираж 300. Заказ № .
Свободная цена.

Подготовлено к изданию и отпечатано:
Редакционно-издательский отдел
Коми научного центра УрО РАН.
167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.

Адрес учредителя, издателя: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН,
167982, ГСП-2, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.