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

№1(29) **2017**

Главный редактор:

академик *А.М. Асхабов*

Редакционная коллегия:

д.м.н. *Е.Р. Бойко,* д.э.н. *Н.М. Большаков,*
к.г.-м.н. *И.Н. Бурцев,* к.и.н. *И.О. Васкул,* д.б.н. *В.В. Володин,*
д.б.н. *М.В. Гецен* (зам. главного редактора), д.ф.-м.н. *Н.А. Громов,*
д.б.н. *С.В. Дёгтева,* к.геогр.н. *Т.Е. Дмитриева,* д.и.н. *И.Л. Жеребцов,*
чл.-корр. РАН *А.В. Кучин,* д.г.-м.н. *О.Б. Котова,*
д.б.н. *Н.В. Ладанова* (отв. секретарь),
чл.-корр. РАН *В.Н. Лаженцев* (зам. главного редактора),
д.и.н. *П.Ю. Павлов,* к.г.-м.н. *А.М. Плякин,*
чл.-корр. РАН *И.М. Рощевская,* д.х.н. *С.А. Рубцова,*
к.и.н. *А.В. Самарин* (помощник главного редактора),
д.филол.н. *Г.В. Федюнева,* д.т.н. *Ю.Я. Чукреев,* д.б.н. *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. Матвеенко,* акад. *Г.А. Месяц,* чл.-корр. РАН *Е.В. Пименов,*
проф. *Д. Росина,* акад. *М.П. Рощевский,* 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 коммуникаций и охране культурного наследия. Свид. о регистрации средств массовой информации ПИ № ФС 77-26969 от 11 января 2007 г.

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

Science Journal

Founded in 2010
Published 4 times a year

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

PROCEEDINGS

OF THE KOMI SCIENCE CENTRE URAL BRANCH RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

№1(29) **2017**

Editor-in-chief:

academician *A.M. Askhabov*

Editorial Board:

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

Editorial Council:

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

Editorial Office:

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

The "Russian Post" catalogue subscription index 52047

ISSN 1994-5655

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.И. Пунегов, С.И. Колосов. Дифракция рентгеновских лучей в кристалле трапецеидального сечения 5

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Н.А. Секушин, М.С. Королева. Фазовый состав и электрические свойства марганецсодержащих титанатов висмута 11

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Б.Ю. Тетерюк. Синтаксономический обзор растительности водоемов бассейна реки Вычегда (европейский Северо-Восток России) 18

А.Н. Смирнова, К.С. Зайнуллина. Биоморфологическая характеристика некоторых видов рода Spiraea L. в культуре на европейском Северо-Востоке (Республика Коми) 28

Л.И. Инишева, С.Г. Маслов, Т.В. Дементьева, Е.В. Порохина, В.А. Дырин. Оценка органического вещества западносибирских торфов 36

Е.А. Колесник. Характеристика кластерной структуры возрастной динамики общих липидов у бройлерных кур 44

Н.В. Артеева, А.О. Овечкин, Я.Э. Азаров, М.А. Вайкшнорайте, Д.Н. Шмаков. Уменьшение амплитуды Т-волны в прекордиальных отведениях при экспериментальном сахарном диабете у кроликов (модельное исследование) 51

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

З.П. Юрьева, Л.Л. Шамсутдинова. Лохковские отложения Печоро-Колвинского авлакогена (стратиграфия, корреляция) 57

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

М.И. Успенский. Основные понятия и пути влияния геомагнитных штормов на электроэнергетическую систему (часть II) 72

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.А. Иванов. Керамика «ананьинских типов» в Прикамье и Предуралье 82

Ю.И. Бойко. Традиционные женские головные уборы лузско-летских коми 89

Л.Л. Карпова. О словесном ударении в нижнечепецком диалекте удмуртского языка 96

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

В.Н. Лаженцев. Междисциплинарный синтез и исследовательская программа (с примерами по географии Севера России) 102

В.И. Павленко, А.А. Дрегало, В.И. Ульяновский, С.Ю. Куценко, К.О. Малинина, С.М. Балицкая. Методологические особенности социально-экономических исследований Арктической зоны Российской Федерации 109

ЮБИЛЕИ 115

CONTENTS

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

V.I. Punegov, S.I. Kolosov. X-ray diffraction in a crystal with trapezoidal cross section..... 5

CHEMICAL SCIENCES

N.A. Sekushin, M.S. Koroleva. Phase composition and electrical properties of manganese-containing bismuth titanates.....11

BIOLOGICAL SCIENCES

B.Yu. Teteryuk. Syntaxonomical overview of vegetation of water bodies of the Vychegda river basin (European northeast of Russia).....18
A.N. Smirnova, K.S. Zainullina. Biomorphological characteristics of some species of the genus Spiraea L. in culture in the European northeast (Republic of Komi) 28
L.I. Inisheva, S.G. Maslov, T.V. Dementyeva, E.V. Porokhina, V.A. Dyrin. Estimation of organic matter of the West-Siberian peats 36
E.A.Kolesnik. Characteristics of cluster structure of the age dynamics of common lipids in broiler chickens 44
N.V. Arteeva, A.O. Ovechkin, Ya.E. Azarov, M.A. Vaikshnoraite, D.N. Shmakov. The precordial T-wave amplitude decrease in diabetes mellitus (model study).....51

GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

Z.P. Yuryeva, L.L. Shamsutdinova. The Lokhkovian deposits of the Pechora-Kolva aulacogen (stratigraphy, correlation) 57

TECHNICAL SCIENCES

M.I. Uspensky. Basic concepts and impact ways of geomagnetic storm on power system (Part II).....72

HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES

V.A. Ivanov. Ceramics of “Ananyino types” in the Kama and Urals region.....82
Yu.I. Boyko. Traditional women’s headwear of the Luza-Letka Komi.....89
L.L. Karpova. On word stress of the Lower Chepets dialect in the Udmurt language 96

SOCIAL SCIENCES

V.N. Lazhentsev. Geography of society, interdisciplinary approach and the research program (on the example of the North of Russia)..... 102
V.I. Pavlenko, A.A. Dregalo, V.I. Ulyanovsky, S.Yu. Kutsenko, K.O. Malinina, S.M. Balitskaya. Methodological features of socio-economic studies of the Arctic zone of the Russian Federation..... 109

ANNIVERSARIES 115

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 548.732

ДИФРАКЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ В КРИСТАЛЛЕ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

В.И. ПУНЕГОВ, С.И. КОЛОСОВ

Отдел математики, Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
vpunegov@dm.komisc.ru, kolos@dm.komisc.ru

В рамках рекуррентных соотношений рассмотрена динамическая дифракция рентгеновских лучей в латеральном кристалле трапецеидального сечения. На основе полученного решения проведено численное моделирование углового распределения интенсивности рентгеновского рассеяния. Выполнен сравнительный анализ результатов динамической дифракции и кинематического приближения. Показано, что для кристаллов малых размеров результаты динамической и кинематической дифракции совпадают. Для кристаллов больших размеров имеется заметное различие в угловом распределении интенсивностей рассеяния.

Ключевые слова: **динамическая дифракция рентгеновских лучей, латеральный кристалл с трапецеидальным сечением, кинематическое приближение, кривая дифракционного отражения, карта распределения интенсивности рассеяния в обратном пространстве**

V.I. PUNEGOV, S.I. KOLOSOV. **X-RAY DIFFRACTION IN A CRYSTAL WITH TRAPEZOIDAL CROSS SECTION**

Within the framework of recurrence relations the dynamical X-ray diffraction in the lateral crystal with trapezoidal cross section is considered. The boundary conditions of the considered problem are described in detail. It is shown that in the recurrence relations, when the crystalline media is absent, we are also to take into account the phase change in transmitted and reflected X-ray waves. Using the obtained solution, we performed a numerical simulation of the angular distribution of the X-ray scattering intensity. Rocking curves and reciprocal space maps (RSMs) from trapezoidal crystals of different lateral width were calculated. The relative analysis of dynamical and kinematical diffraction was made. It is shown that for the trapezoidal crystals with small lateral sizes the results of kinematical and dynamical diffraction are the same. The contours of equal intensity on RSMs become narrower with increasing of lateral crystal width. The directions of the inclined stripes on kinematical and dynamical RSMs are associated with the tilt angles of the trapezoidal crystal sides relative to the lower base of the trapezoid. For large lateral size crystals the rocking curve profile matches with the shape of the reflection Darwin curve.

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

Введение

Достижения методов литографии и селективного эпитаксиального роста кристаллов позволяют создавать разнообразные по форме латерально ограниченные структуры. Такие кристаллические системы используются для сверхбыстрых транзисторов, полупроводниковых лазеров и детекторов. Известно, что в планарных кристаллических слоях возникают упругие деформации в стыкующихся материалах, которые часто сопровождаются генерацией дислокаций, изгибом пластин и трещинами. Совсем недавно появились новые уникальные возможности создания латеральных структур. В работах [1,2] предложено устранить эти недостатки быстрой, низкотемпературной эпитаксией кристаллов германия и SiGe с использованием микронных по высоте колонн, выгравированных на Si (001) подложках. Такой метод 3D гетероэпитаксии позволяет заменить непрерывные пленки латерально ограниченными бездефектными кристаллами микронных размеров.

Как и в случае планарных систем, структурное совершенство 3D кристаллов может быть исследовано методом высокоразрешающей рентгеновской дифракции. Таким образом, в настоящее время становятся весьма актуальными расчеты рентгенов-

ской дифракции от латерально ограниченных кристаллических структур. В кинематическом приближении теории дифракции в кристаллах трапецеидального сечения со структурными дефектами и упругими деформациями разработаны в [3–6]. В работе [7] предложен алгоритм расчета дифракции рентгеновских лучей от многослойных латеральных кристаллических структур произвольного композиционного состава и формы.

В силу того, что 3D-кристаллы могут иметь микронные размеры, как правило, превышающие длину первичной экстинкции, то возникают сомнения о правомочности применения кинематического приближения. На основе уравнений Такаги разработаны методы расчета динамической дифракции от кристалла прямоугольного сечения [8]. Показано, что для узкого кристалла толщиной, существенно превышающей длину экстинкции, кривые дифракционного отражения (КДО), рассчитанные по формулам динамической дифракции, практически совпадают с КДО кинематического приближения. Позже для описания динамической рентгеновской дифракции в латерально ограниченном кристалле разработан подход, базирующийся на рекуррентных соотношениях [9,10]. В отличие от хорошо известных одномерных рекуррентных формул Дарвина [11], новые рекуррентные соотношения [9,10] относятся к задачам двумерной рентгеновской дифракции и позволяют рассчитывать карты распределения интенсивности рассеяния вблизи узла обратной решетки.

Цель данной работы — рассмотрение динамической дифракции рентгеновских лучей в кристалле трапецеидального сечения на основе рекуррентных соотношений [9,10], а также в сравнении полученных результатов с кинематическим приближением [3–6].

Динамическая дифракция в кристалле трапецеидального сечения

Сначала сделаем несколько предварительных замечаний. Пусть d — межплоскостное расстояние отражающих атомных плоскостей, для которых выполняется известный закон $2d\sin\theta_B = \lambda$, где θ_B — угол Брэгга, λ — длина волны падающего рентгеновского излучения. В работе [9,10] для описания дифракции на кристалле прямоугольного сечения использована модель Дарвина [11] с коэффициентами отражения и пропускания одной атомной плоскостью, бесконечной в латеральном направлении, поэтому такая модель для латерально ограниченных структур в какой-то степени является приближенной.

Дифракция рентгеновских лучей в континуальной среде зависит от Фурье-коэффициентов поляризуемости $\chi_g = -r_0\lambda^2 F_g/(\pi V_c)$, где F_g — структурный фактор, λ — длина волны падающего излучения, V_c — объем элементарной ячейки, $r_0 = e^2/(mc^2)$ — классический радиус электрона, e, m — заряд и масса электрона. Динамические коэффициенты $a_{0,h} = \pi\chi_{0,h}/(\lambda\sin\theta_B)$ в уравнениях Такаги характеризуют взаимодействие рентгеновских полей в латерально бесконечном кристалле единичной толщины, при этом амплитуды пропускания (рассеяния вперед) r_0 и отражения r_h от одной атомной плоскости в модели Дарвина связаны с этими коэффициентами как $r_{0,h} = a_{0,h}d$. Это означает, что в модели Дарвина вся электронная плотность континуальной среды, заключенная между соседними атомными плоскостями, сосредоточена в бесконечно тонкой атомной плоскости.

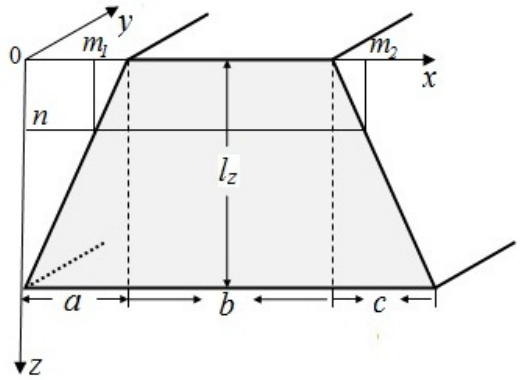


Рис. 1. Схематическое изображение кристалла трапецеидального сечения.

Fig. 1 Schematic representation of a trapezoidal cross-section crystal.

Рассмотрим для простоты симметричную дифракцию σ-поляризованного излучения на совершенном кристалле трапецеидального сечения (КТС) толщиной l_z, верхним основанием b, нижним основанием $a + b + c$ (рис. 1). При определенных изменениях параметров трапеция трансформируется в сечение прямоугольной ($a = c = 0$) или треугольной ($b = 0$) формы, а также в сечение в виде параллелограмма ($a = -c$). Пусть N_z — число атомных плоскостей в кристалле, вдоль a укладывается m_a разбиений Δx, вдоль b — m_b и вдоль c — m_c таких разбиений. Полное число разбиений вдоль оси x равно $M_x = m_a + m_b + m_c$. Пусть T_n^m — значение амплитуды проходящей волны непосредственно перед узлом $(m; n)$, S_n^m — соответствующее значение амплитуды отраженной волны. С учетом динамического рассеяния для отраженных S и проходящих T волн можно записать следующие рекуррентные соотношения [9]:

$$\begin{aligned} T_{n+1}^m &= t\,T_n^{m-1} + \bar{r}\,S_n^{m-1}, \\ S_n^m &= \bar{t}\,S_{n+1}^{m-1} + r\,T_{n+1}^{m-1}, \end{aligned} \qquad (1)$$

где $t = \bar{t} = (1 + r_0)\exp(i\varphi_d)$, $\bar{r} = r_{\bar{h}}\exp(i\varphi_d)$, $r = r_h\exp(i\varphi_d)$, $r_g \approx -i\chi_g\pi d/(\lambda\sin\theta_B)$ $(g = 0, h, \bar{h})$, $\varphi_d = i2\pi d/(\lambda\sin\theta_B)$.

Рекуррентные соотношения (1) определяют структуру динамического взаимодействия проходящих и отраженных рентгеновских волн. Для описания дифракции в кристалле заданной формы необходимо исходить из граничных условий.

Пусть на кристалл падает рентгеновский пучок под углом $\theta_1 = \theta_B + \Delta\theta_1$ к отражающим атомным плоскостям. При прохождении рентгеновских лучей, как в вакууме, так и в объеме кристалла происходит изменение фаз рентгеновских волн. За начало отсчета фазовых изменений выберем начало системы координат ($x = 0; z = 0$, рис. 1.). В этой точке амплитуда падающей волны T_0^0 равна единице. Для рент-

геновских волн, фронт которых ограничен вертикальной осью z, разность хода растет с ростом n по закону $nd\sin\theta_1$, а разность фаз вдоль вертикального направления изменяется как $\varphi^n_{z,in} = (2\pi/\lambda)nd\sin\theta_1$. Поэтому граничное условие сверху вниз вдоль оси z имеет вид $T^0_n = \exp(i\varphi^n_{z,in})$, где $n = 0, 1, 2, \ldots, N_z$. Для верхнего фронта рентгеновских волн, начинающегося от начала координат и распространяющегося вдоль оси x, разность хода растет с ростом номера узла m как $m\Delta x\cos\theta_1$, а разность фаз вдоль горизонтального направления изменяется по закону $\varphi^m_{x,in} = (2\pi/\lambda)m\Delta x\cos\theta_1$. Граничное условие на этом участке задается выражением $T^m_0 = \exp(i\varphi^m_{x,in})$, где $m = 0, 1, 2, \ldots, M_x$. При выше заданных граничных условиях распространение рентгеновских волн как в вакууме, так и в объеме кристалла может быть описано уравнениями (1) с учетом того, что в вакууме $r_g \equiv 0$. Поэтапно реализуя процедуру рекуррентных вычислений, изложенную в работе [9], необходимо ввести ограничения, связанные с границами раздела вакуум-кристалл. Так, например, рентгеновская волна, распространялась в вакууме до узла (n, m_1), имеет фазовые изменения, при этом амплитуды отраженных рентгеновских волн от атомных плоскостей как вперед, так и в направлении дифракции равны нулю (рис. 1). При этом вычисления производятся с использованием формулы $T^m_{n+1} = T^{m-1}_n \exp(i\varphi_d)$. Как только эта волна достигает границы кристалла, то с ростом n и m начинает полноценно «работать» рекуррентная процедура (1). Это продолжается до тех пор, пока, например, не будет достигнут узел (n, m_2), после чего в соотношениях (1) необходимо снова принять условие $r_g \equiv 0$ (рис. 1). Таким образом, вычисления проводятся по всем узлам прямоугольной решетки $M_x \times N_z$ с использованием границ раздела вакуум-кристалл. Подробный алгоритм вычислений изложен в работе [9].

В рассматриваемом случае кристалла трапецеидального сечения граничная задача сводится к следующей процедуре: если для всех $m = 0, 1, 2, \ldots, M_x$ выполняется условие

$$\frac{m_a}{N_z \operatorname{ctg}\theta_B} n \leqslant m \leqslant m_a + m_b + m_c\Big(1 - \frac{n}{N_z \operatorname{ctg}\theta_B}\Big),$$

тогда вычисления реализуются по рекуррентной процедуре (1), в противном случае в этих соотношениях следует принять $r_g \equiv 0$.

Для фиксированного угла падения рентгеновского пучка на кристалл под углом θ_1 в трехосевой дифракционной схеме регистрируются выходящие (дифракционные и проходящие) пучки под разными углами, например, θ_2. В этом случае возникают дополнительные фазовые изменения рентгеновских волн в вертикальной $\varphi^n_{z,S} = (2\pi/\lambda)[nd\sin\theta_2 - M_x\Delta x\cos\theta_2]$ и горизонтальной $\varphi^m_{x,S} = -(2\pi/\lambda)m\Delta x\cos\theta_2$ плоскостях для отраженной волны S. Процедура расчетов должна быть дополнена граничными условиями для выходящих из кристалла рентгеновских волн: $S^0_n = 0$, $S^m_{N_z} = 0$. Интенсивность отражения рентгеновской волны находится из соотношения

$$I_h(q_x, q_z) = |S(q_x, q_z)|^2 = \\ = \Big|\sum_{m=0}^{M_x} S^m_0 \exp(i\varphi^m_{x,S}) + \sum_{n=1}^{N_z} S^{M_x}_n \exp(i\varphi^n_{z,S})\Big|^2, \quad (2)$$

где амплитуды дифракционных рентгеновских волн S^0_n и $S^{M_x}_n$ вычисляются с помощью рекуррентных соотношений (1).

Кинематическая дифракция в кристалле трапецеидального сечения

В кинематическом приближении в уравнениях (1) следует принять $\bar{r} \equiv 0$ и $t = \exp(i\varphi_d)$, поскольку отсутствует процесс многократного рассеяния рентгеновских лучей из проходящей волны в дифракционный пучок и обратно (отсутствует первичная экстинкция) и интенсивность проходящего пучка остается неизменной. Здесь следует учесть весьма важное обстоятельство, связанное с тем, что в «кинематических» рекуррентных соотношениях учитываются преломление и поглощение проходящего рентгеновского пучка. В общепринятом понимании кинематического приближения эффектами поглощения и преломления, как правило, пренебрегают.

Амплитуда отраженной рентгеновской волны от трапецеидального кристалла в кинематическом приближении вблизи узла обратной решетки без учета поглощения и преломления проходящего рентгеновского пучка запишется в виде

$$E_h(q_x, q_z) = ia_h \int_0^{l_z} dz e^{iq_z z} \int_{\Omega_1(z)}^{\Omega_2(z)} dx e^{iq_x x}. \quad (3)$$

Пределы интегрирования в (3) для трапеции с верхним основанием b, нижним основанием $a+b+c$ и высотой l_z (рис. 1) для произвольной координаты z запишутся как: $\Omega_1(z) = (l_z - z)\frac{a}{l_z}$ и $\Omega_2(z) = a+b+\frac{c}{l_z}z$. Последовательно вычисляя интегралы в выражении (3), получаем аналитическое решение для амплитуды рентгеновского отражения от кристалла трапецеидального сечения в кинематическом приближении [5]:

$$E_h(q_x, q_z) = \frac{r_h N_z}{q_x}\Big[e^{iq_x\left(\frac{a+c}{2}+b\right)} \operatorname{sinc}\Big(\frac{q_z l_z + q_x c}{2}\Big) + \\ + \operatorname{sinc}\Big(\frac{q_z l_z - q_x c}{2}\Big)\Big], \quad (4)$$

где $\operatorname{sinc} x = \sin x/x$, толщина кристалла представлена как $l_z = N_z d$ и $r_h = a_h d$. Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей может быть вычислена по стандартной формуле

$$I_h(q_x, q_z) = |E_h(q_x, q_z)|^2. \quad (5)$$

Численное моделирование. Сравнение динамической и кинематической дифракции

Численное моделирование рентгеновской дифракции в кристалле кремния с трапецеидальным

сечением выполнено для (111) отражения σ-поляризованного CuK_α излучения. Толщина кристалла во всех расчетах составляла 3 μm, которая в два раза превышала длину первичной экстинкции ($l_{\mathrm{ext}} = 1{,}5\,\mu m$). Вычисления динамической дифракции проводились с использованием решения (2), кинематического приближения по формулам (4) и (5).

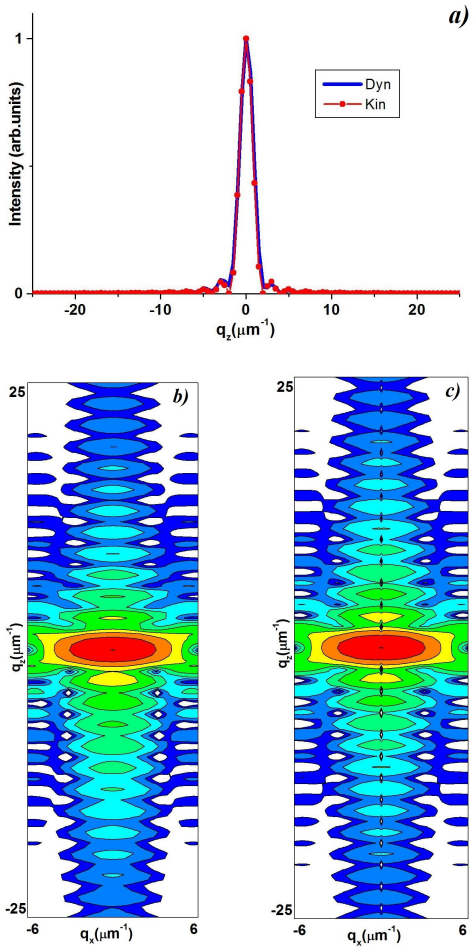


Рис. 2. Расчетные q_z-сечения (a) и RSM динамической (b) и кинематической (c) дифракции от КТС. $l_z = 3\,\mu m$; $a = b = c = 0{,}5\,\mu m$.

Fig. 2. Calculated q_z-section (a) and RSM of dynamical (b) and kinematical (c) diffraction from a trapezoidal cross-section crystal. $l_z = 3\,\mu m$; $a = b = c = 0{,}5\,\mu m$.

На рис.2 приведены результаты динамической и кинематической дифракции в «узком» КТС ($a = b = c = 0{,}5\,\mu m$), нижнее основание которого в два раза меньше толщины кристалла. Нетрудно видеть, что как кривые дифракционного отражения (КДО, рис. 2a), так и карты распределения интенсивности рассеяния в обратном пространстве (reciprocal space map (RSM)) динамической (рис. 2b) и кинематической (рис. 2c) дифракции практически совпадают. Здесь и на последующих картах контуры равной интенсивности представлены в логарифмическом масштабе, отношение интенсивностей соседних линий равно 0,273. Таким образом, для «узкого», хотя и толстого КТС, справедливо кинематическое приближение.

В последующих вычислениях кристаллы трапецеидального сечения также имели толщину $3\,\mu m$, а отрезки нижнего основания трапеции составляли $a = c = 3\,\mu m$. В численном моделировании изменялась длина верхнего основания трапеции b, при этом углы наклона сторон трапеции к нижнему основанию составляли $\alpha = \beta = 45$ угл. градуса (рис. 1).

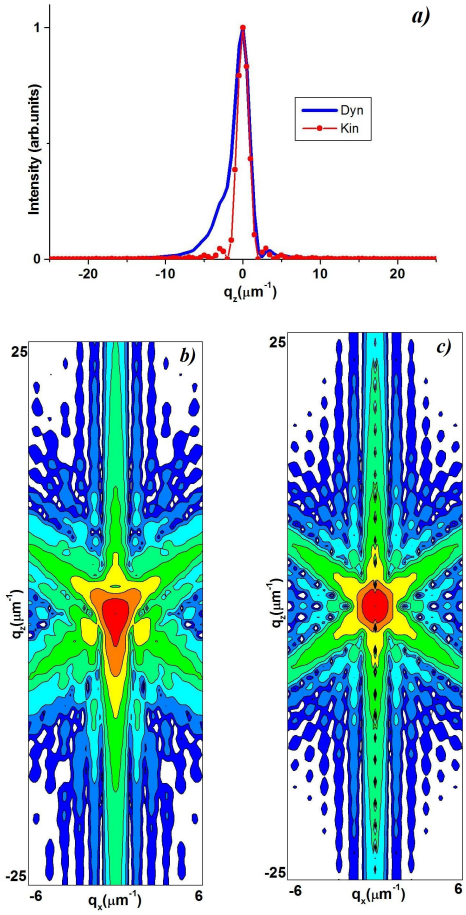


Рис. 3. Расчетные q_z-сечения (a) и RSM динамической (b) и кинематической (c) дифракции от КТС. $lz = 3\,\mu m$; $a = c = 3\,\mu m$; $b = 0\,\mu m$.

Fig. 3. Calculated q_z-section (a) and RSM of dynamical (b) and kinematical (c) diffraction from a trapezoidal cross-section crystal. $l_z = 3\,\mu m$; $a = c = 3\,\mu m$; $b = 0\,\mu m$.

Рис. 3 демонстрирует КДО (q_z-сечения) и RSM от кристалла треугольного сечения (верхнее основание $b = 0$) с нижним основанием $6\,\mu m$. В данном случае уже имеются отличия в расчетах динамической и кинематической дифракции. На профиле КДО, рассчитанным с использованием решения (2), появился «наплыв», характерный переходу от кинематического приближения к динамической дифракции (рис. 3a). Отличаются также динамическая и кинематическая карты RSM (рис. 3b,c). Направление наклонных полос на картах связано с углом наклона сторон КТС относительно нижнего основания трапеции. Отметим, что в отличие от динамической дифракционной картины распределение интенсивности на RSM в кинематическом случае имеет симметричный вид вдоль вертикального направления.

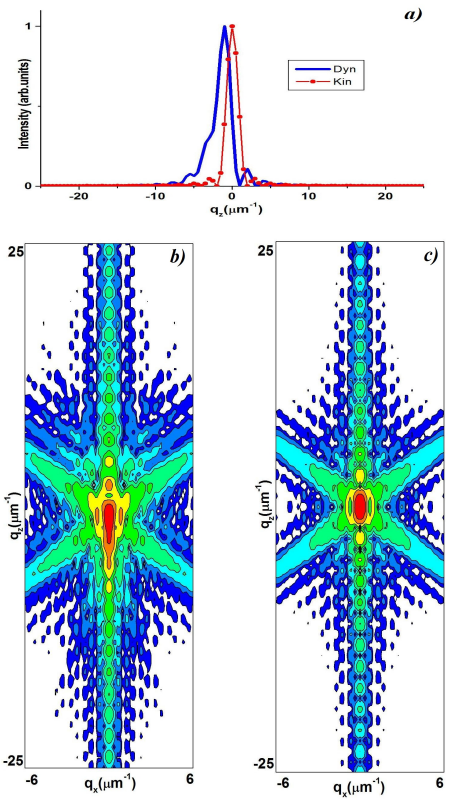


Рис. 4. Расчетные q_z-сечения (a) и RSM динамической (b) и кинематической (c) дифракции от КТС. $lz = 3\,\mu m$; $a = c = 3\,\mu m$; $b = 6\,\mu m$.

Fig. 4. Calculated q_z-section (a) and RSM of dynamical (b) and kinematical (c) diffraction from a trapezoidal cross-section crystal. $l_z = 3\,\mu m$; $a = c = 3\,\mu m$; $b = 6\,\mu m$.

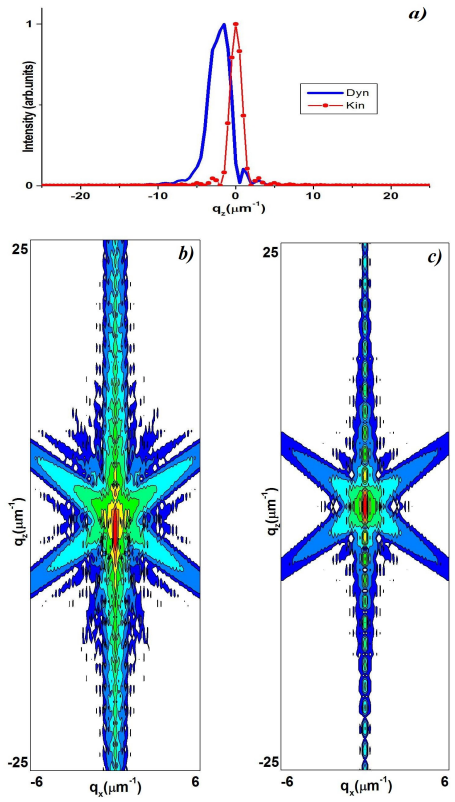


Рис. 5. Расчетные q_z-сечения (a) и RSM динамической (b) и кинематической (c) дифракции от КТС. $lz = 3\,\mu m$; $a = c = 3\,\mu m$; $b = 25\,\mu m$.

Fig. 5. Calculated q_z-section (a) and RSM of dynamical (b) and kinematical (c) diffraction from a trapezoidal cross-section crystal. $lz = 3\,\mu m$; $a = c = 3\,\mu m$; $b = 25\,\mu m$

На рис. 4 показаны результаты численного моделирования рентгеновской дифракции от КТС с верхним основанием $b = 6\,\mu m$, соответственно нижнее основание трапеции составляет $12\,\mu m$. Из-за преломления рентгеновских лучей КДО динамического рассеяния сдвигается влево, при этом «наплыв» интенсивности увеличивается.

В случае широкого кристалла ($b = 25\,\mu m$) профиль КДО, рассчитанный по рекуррентным соотношениям, уже имеет контуры дарвиновской кривой отражения (рис. 5a). Динамическая карта RSM характеризуется не только сдвигом максимума интенсивности вдоль q_z направления, но и из-за первичной экстинкции, т. е. более сильного взаимодействия рентгеновских квантов со средой, становится и более широкой в вертикальном направлении (рис. 5b,c).

Заключение

Принципиальной особенностью разработанного подхода является возможность расчетов кривых дифракционного отражения и карт RSM от латеральных кристаллов с трапецеидальным сечением в рамках более общей динамической дифракции. Следует также подчеркнуть, что изложенный в работе метод позволяет рассматривать динамическую дифракцию рентгеновских лучей от кристаллов с произвольной формой поперечного сечения. Это является весьма важным аспектом, поскольку в современных технологических условиях методами литографии и селективного роста создаются рельефные структуры различного вида. Следующим шагом будет развитие теории динамической дифракции в латерально ограниченных кристаллах с упругими деформациями кристаллической решетки, а также с учетом статистически распределенных структурных дефектов. Изложенный метод рекуррентных соотношений будет весьма полезен не только в задачах рентгеновской или нейтронной оптики, но и в оптике фотонных и жидких кристаллов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (проект 15-9-1-13) и РФФИ (проекты №17-02-00090 и № 16-43-110350).

Литература

1. *Scaling Hetero-Epitaxy from* Layersto Three-Dimensional Crystals / C.V. Falub, H. von Känel, F. Isa, R. Bergamaschini, A. Marzegalli, D. Chrastina, G. Isella, E. Müller, P. Niedermann, L. Miglio // Science. 2012. Vol. 335. P. 1330–1334.
2. *3D heteroepitaxy of mismatched* semiconductors on silicon / C.V. Falub, T. Kreiliger, F. Isa, A.G. Taboada, M. Meduňa, F. Pezzoli, R.

Bergamaschini, A. Marzegalli, E. Müller, D. Chrastina, G. Isella, A. Neels, P. Niedermann, A. Dommann, L. Miglio, H. von Känel // Thin Solid Films. 2014. Vol. 557. P. 42–49.

3. *Пунегов В.И., Канев В.В.* Кинематическая теория рентгеновской дифракции на неидеальной латерально ограниченной эпитаксиальной структуре // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2004. № 1. С. 15–17.
4. *Пунегов В.И., Колосов С.И., Павлов К.М.* К теории дифракции рентгеновских лучей на латеральном кристалле с упруго изогнутыми атомными плоскостями // Письма в ЖТФ. 2006. Т. 32. Вып. 18. С. 65–72.
5. *Пунегов В.И., Колосов С.И.* Теория дифракции рентгеновских лучей на неидеальном кристалле трапецеидального сечения // Кристаллография. 2007. Т.52. № 2. С. 215–222.
6. *Пунегов В.И.* Теория рассеяния рентгеновских лучей на латеральных структурах. Сыктывкар: СыктГУ, 2007. 220 с.
7. *Пунегов В.И., Максимов А.И., Колосов С.И., Павлов К.М.* К расчету дифракции рентгеновских лучей от многослойных латеральных кристаллических структур произвольных композиционного состава и формы // Письма в ЖТФ. 2007. Т. 33. Вып. 3. С. 64–71.
8. *Колосов С.И., Пунегов В.И.* Методы численного интегрирования уравнений Такаги-Топена для кристалла прямоугольного сечения // Кристаллография. 2005. Т. 50. С. 401–406.
9. *Punegov V.I. Kolosov S.I., Pavlov K.M.* Darwin's approach to X-ray diffraction on lateral crystalline structures // Acta Cryst. A. 2014. Vol. 70. P. 64–71.
10. *Punegov V.I., Kolosov S.I., Pavlov K.M.* Bragg-Laue X-ray dynamical diffraction on perfect and deformed lateral crystalline structures // J. Appl. Cryst. 2016. Vol. 49. P. 1190–1202.
11. *Darwin C.G.* The Theory of X-Ray Reflexion. Part II // Philos. Mag. 1914. Vol. 27. P. 675–691.

References

1. *Scaling Hetero-Epitaxy from* Layersto Three-Dimensional Crystals / C.V. Falub, H. von Känel, F. Isa, R. Bergamaschini, A. Marzegalli, D. Chrastina, G. Isella, E. Müller, P. Niedermann, L. Miglio // Science. 2012. Vol. 335. P. 1330–1334.
2. *3D heteroepitaxy of mismatched* semiconductors on silicon / C.V. Falub, T. Kreiliger, F. Isa, A.G. Taboada, M. Meduňa, F. Pezzoli, R. Bergamaschini, A. Marzegalli, E. Müller, D. Chrastina, G. Isella, A. Neels, P. Niedermann, A. Dommann, L. Miglio, H. von Känel // Thin Solid Films. 2014. Vol. 557. P. 42–49.
3. *Punegov V.I., Kanev V.V.* Kinematicheskaja teorija rentgenovskoj difrakcii na neideal'noj lateral'no ogranichennoj jepitaksial'noj strukture // Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovanija. [Kinematic theory of x-ray diffraction on nonideal laterally limited epitaxial structure // Surface. X-ray, synchrotron and neutron studies]. 2004. No 1. P. 15–17.
4. *Punegov V.I., Kolosov S.I., Pavlov K.M.* K teorii difrakcii rentgenovskih luchej na lateral'nom kristalle s uprugo izognutymi atomnymi ploskostjami [To the theory of diffraction of x-rays on the lateral crystal with elastically curved atomic planes] // Pis'ma v ZhTF. 2006. Vol. 32. No. 18. P. 65–72.
5. *Punegov V.I., Kolosov S.I.* Teorija difrakcii rentgenovskih luchej na neideal'nom kristalle trapeceidal'nogo sechenija [Theory of x-ray diffraction on nonideal crystal of trapezoidal cross-section // Crystallography] // Kristallografija. 2007. Vol. 52. No. 2. P. 215–222.
6. *Punegov V.I.* Teorija rassejanija rentgenovskih luchej na lateral'nyh strukturah. [The theory of scattering of x-rays on the lateral structures] Syktyvkar: SyktGU, 2007. 220 p.
7. *Punegov V.I., Maksimov A.I., Kolosov S.I., Pavlov K.M.* K raschetu difrakcii rentgenovskih luchej ot mnogoslojnyh lateral'nyh kristallicheskih struktur proizvol'nyh kompozicionnogo sostava i formy [To the calculation of the diffraction of x-rays from multilayer lateral crystalline structures of arbitrary composition and shape] // Pis'ma v ZhTF. 2007. Vol. 33. No. 3. P. 64–71.
8. *Kolosov S.I., Punegov V.I.* Metody chislennogo integrirovanija uravnenij Takagi-Topena dlja kristalla prjamougol'nogo sechenija [Methods for the numerical integration of Takagi-Topen equations for the crystal of rectangular cross-section] // Kristallografija. 2005. Vol. 50. P. 401–406.
9. *Punegov V.I. Kolosov S.I., Pavlov K.M.* Darwin's approach to X-ray diffraction on lateral crystalline structures // Acta Cryst. A. 2014. Vol. 70. P. 64–71.
10. *Punegov V.I., Kolosov S.I., Pavlov K.M.* Bragg-Laue X-ray dynamical diffraction on perfect and deformed lateral crystalline structures // J. Appl. Cryst. 2016. Vol. 49. P. 1190–1202.
11. *Darwin C.G.* The Theory of X-Ray Reflexion. Part II // Philos. Mag. 1914. Vol. 27. P. 675–691.

Статья поступила в редакцию 26.01.2017.

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

544.6.018.462

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАРГАНЕЦ-СОДЕРЖАЩИХ ТИТАНАТОВ ВИСМУТА

Н.А. СЕКУШИН, М.С. КОРОЛЕВА

Институт химии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
sekushin-na@chemi.komisc.ru

Проведен синтез твердофазным методом титанатов висмута, содержащих различное количество марганца. Методом электронной микроскопии и элементного анализа установлено, что основной фазой является пирохлор. В образцах с большим количеством допанта обнаружены включения MnO_2, слоистого перовскита $Bi_4Mn_{0.4}Ti_{2.6}O_{13}$ и соединения $BiMn_{1.1}Ti_{0.7}O_{5.6}$. При малых концентрациях Mn формируются пористые (17 %) однофазные образцы со структурой пирохлора, химическим составом $Bi_2Mn_{0.2}Ti_2O_{9-\delta}$. Исследование электрических свойств этих образцов методом импеданс-спектроскопии показало, что при температурах выше 460 °С и частоте около 10 кГц наблюдается инверсия мнимой части импеданса. Это явление было объяснено ионизацией газа в порах.

Ключевые слова: **пирохлор, марганецсодержащие титанаты висмута, импеданс-спектроскопия, эквивалентные схемы, пористость, ионизационные потери в диэлектриках**

N.A. SEKUSHIN, M.S. KOROLEVA. **PHASE COMPOSITION AND ELECTRICAL PROPERTIES OF MANGANESE-CONTAINING BISMUTH TITANATES**

Manganese-containing bismuth titanate solid solutions were obtained by the ceramic technique over a wide range of compositions. It was found by means of electron microscopy and elemental analysis that the main phase in all samples is a pyrochlore. Inclusions of MnO_2, layered perovskite structure $Bi_4Mn_{0.4}Ti_{2.6}O_{13}$ and unknown compounds $BiMn_{1.1}Ti_{0.7}O_{5.6}$ were detected in samples with a high content of mangane. Single-phase samples with pyrochlore structure are formed at low concentrations of manganese. All samples have considerable porosity. The method of impedance spectroscopy shows that all samples are the electron – ionic conductors. At increasing of Mn content the conductivity of the samples grows, conductivity activation energy decreases. Samples hodograph impedance with a minimum content of Mn at temperatures above 460° C and frequency of about 10 kHz demonstrates unusual behavior. In particular, the imaginary part of the impedance within one decade of frequency goes to the lower half of the complex plane. The inversion of the imaginary part of the impedance is explained by ionization of gas in the pores.

Keywords: **pyrochlore, bismuth manganese titanate, impedance spectroscopy, equivalent circuit, porosity, ionization losses in dielectrics**

Введение

В последние годы ведутся активные исследования твердых растворов Bi_2O_3-Nb_2O_5-M_2O_3/MO (M – Cu, Mg, Cr, Fe, Mn и другие d-элементы). Интерес к этим мультифункциональным материалам обусловлен их уникальными электрофизическими свойствами. В частности, данные соединения могут образовывать структуру пирохлора, которая способна сохраняться при варьировании примесей в широких пределах, что позволяет плавно регулировать электрические характеристики материала [1–5]. Данные соединения при температурах более 500°С приобретают кислородно-ионную проводимость, что делает их перспективными для использования в кислородных насосах и газочувствительных датчиках. Наиболее подробно были изучены ниобаты висмута, содержащие медь и магний. В частности, у двух соединений этого типа обнаружена инверсия мнимой части импеданса (отрицательная емкость) [6, 7].

Титанат висмута $Bi_2Ti_2O_7$ также может формировать структуру пирохлора, которая является термодинамически неустойчивой. Температура распада этой структуры составляет от 500 до 670 °С [8–10]. Стабилизировать структуру, как и в случае ниобатов висмута, можно за счет введения примесей. В работе [11] было показано, что допирование

$Bi_2Ti_2O_7$ атомами Fe приводит к образованию устойчивой структуры пирохлора, в которой атомы примеси попадают преимущественно в подрешетку Bi. При введении атомов Mn в титанат висмута также формируется устойчивая структура пирохлора, обладающая смешанной электронно-ионной проводимостью.

Настоящая работа является фактически продолжением исследования [12], где определена структура марганецсодержащих титанатов висмута с помощью рентгенофазового анализа, исследованы магнитные и электрические свойства соединений, изучено распределение атомов Mn по катионным позициям структуры пирохлора. На основании полученных результатов был сделан вывод о присутствии относительно небольшой ионной проводимости и об отсутствии поляризационного сопротивления.

В представленной работе проведено более детальное исследование методом импеданс-спектроскопии (ИС) электрических свойств образцов, осуществлено построение эквивалентной электрической схемы (ЭЭС), исследована макроструктура образцов методом электронной микроскопии и выполнено определение локального элементного состава фаз с помощью энерго-дисперсионного микроанализа.

Экспериментальная часть

Твердые растворы $Bi_2Mn_xTi_2O_{9-\delta}$ получены методом твердофазного синтеза. Исходный состав готовили смешиванием порошков оксидов Bi_2O_3: Mn_2O_3:TiO_2 в пропорции 1 : *x* : 2, где *x* варьировали от 0,15 до 0,9. Все оксиды имели степень чистоты не ниже 99,98%. Перед прессованием дисков смесь оксидов прокаливали при температуре 650 °С в течение 6 ч. Формовка дисков осуществлялась в пресс-форме диаметром 14 мм при давлении 5 МПа. Полученные образцы далее обжигали при температурах 850 °С (10 ч), 1000 °С (20 ч) и 1100 °С (16 ч).

В настоящей работе исследованы три типа образцов с разным содержанием марганца в составе шихты: Bi_2O_3:0,15Mn_2O_3:2TiO_2 (образец № 1); Bi_2O_3:0,5Mn_2O_3:2TiO_2 (образец № 2); Bi_2O_3:0,9Mn_2O_3: 2TiO_2 (образец № 3).

Для изучения электрических свойств использован метод ИС. Измерения выполнены с помощью Фурье анализатора отклика Z-1000P в частотном диапазоне 100 Гц – 1 МГц, при температурах (*t*) 20 – 500 °С. Образцы имели форму дисков диаметром 13,5 мм и толщиной 3 – 4 мм. На обе стороны образцов были нанесены серебряные электроды. Оптимальное соотношение между полезным сигналом и шумом достигнуто при воздействии на образцы переменным потенциалом амплитудой 100 мВ.

Наиболее интересные результаты получены при исследовании образца 1, имеющего минимальное содержание Mn. У этого твердого раствора проводимость и емкость слабо зависят от частоты вплоть до температуры 400 °С. При более высоких температурах отмечено усиление шумов и обнаружено необычное поведение частотных зависимостей емкости $C_u(\omega)$ и проводимости $\sigma_u(\omega)$ (рисунки 1 и 2). Подстрочный индекс «u» использован для обозначения величин, измеренных для параллельной схемы замещения. Шумы в основном наблюдаются на зависимости $C_u(\omega)$ при ω < 30 кГц (рис. 1а). При более высоких частотах шумы отсутствуют, что позволило пронаблюдать увеличение емкости C_u до 100 пФ. Проводимость, напротив, при увеличении частоты уменьшилась (рис. 1б). Обнаруженные явления не соответствуют резисторно (*R*)-конденсаторным (*C*) системам, электрическая емкость которых должна падать, а проводимость расти по мере увеличения частоты.

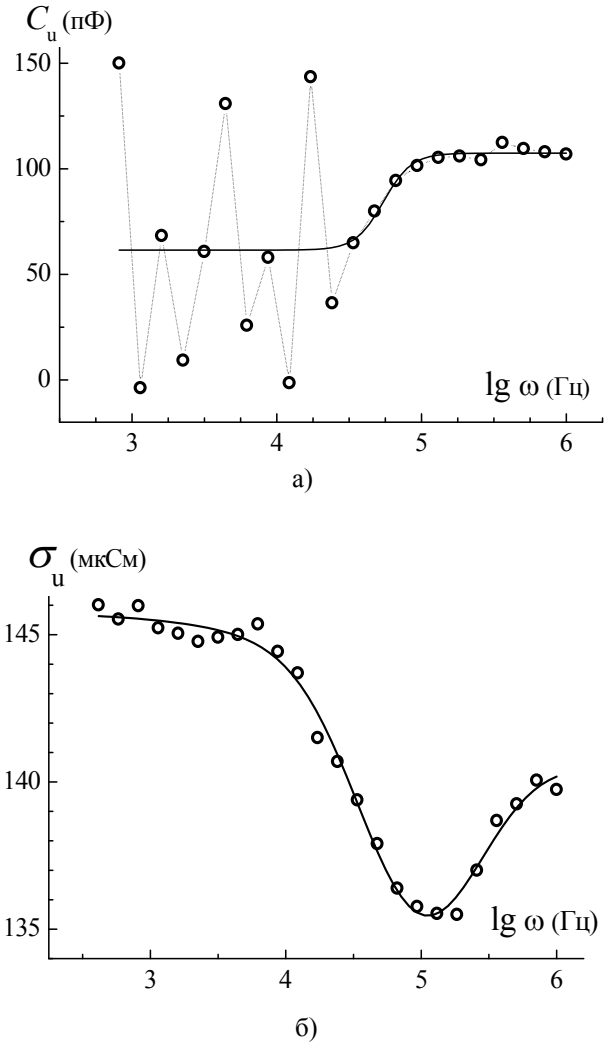


Рис. 1. Частотные зависимости емкости (а) и проводимости (б) образца № 1 при t = 420 °С.

Fig. 1. The frequency dependences of the capacitance (a) and conductivity (b) of sample No. 1 at t = 420° C.

При *t* > 460 °С наблюдается значительное снижение уровня шума, что позволило провести измерения емкости в более широком частотном интервале. На кривой $C_u(\omega)$ на частоте около 10 кГц обнаружен минимум, уходящий в нижнюю полуплоскость, что в рамках линейных электрических моделей можно объяснить появлением индуктив-

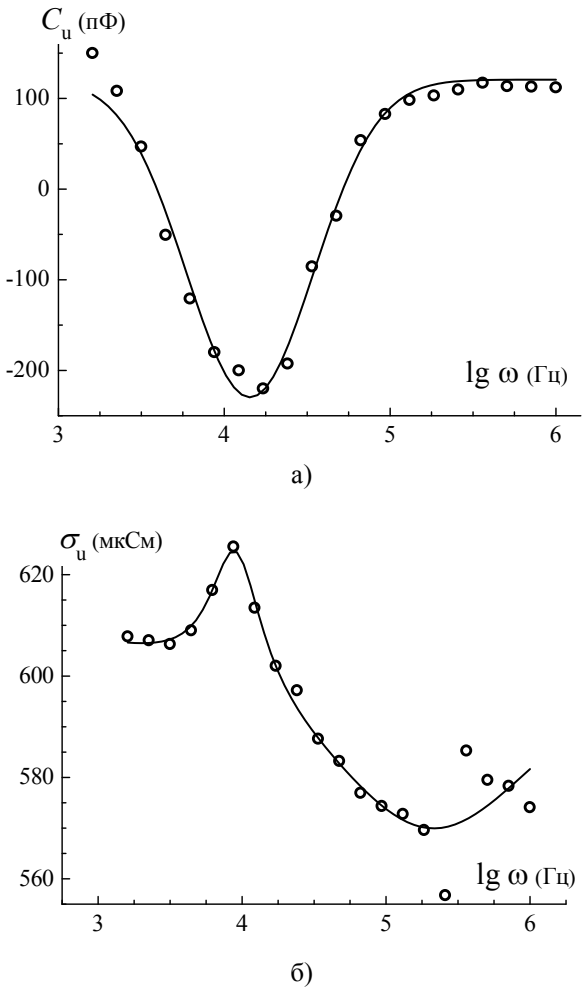


Рис. 2. Частотные зависимости емкости (а) и проводимости (б) образца № 1 при t = 500 °С.

Fig. 2. The frequency dependences of the capacitance (a) and conductivity (b) of sample No. 1 at t = 500° C.

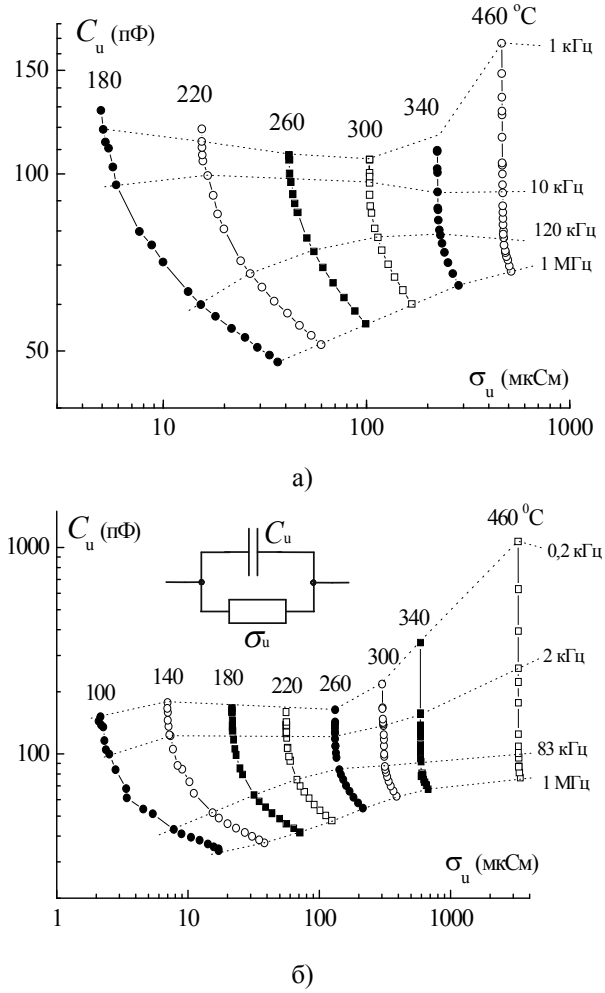


Рис. 3. Зависимости емкости от проводимости в логарифмическом масштабе образца № 2 (а) и образца № 3 (б). Приведена имитирующая образец параллельная схема замещения.

Fig. 3. Representation of impedance spectra of samples № 2 (a) and № 3 (b) in the logarithmic coordinates of capacitance (C_u) – conductivity (σ_u). The sample parallel equivalent circuit is shown.

ной составляющей в импедансе образца (рис. 2а). Зависимость $\sigma_u(\omega)$ испытывает скачкообразное падение, при этом на краях ступеньки присутствуют небольшие экстремумы (рис. 2б).

Полученные для образца № 1 электрические характеристики являются уникальными, поскольку отрицательные емкости у ионопроводящих образцов регистрируют либо при частотах более 100 кГц, либо при частотах порядка единиц Гц [13].

Исследование электрических свойств образцов № 2 и № 3 методом ИС показало, что частотные и температурные зависимости их емкости и проводимости не имеют каких-либо существенных отклонений от обычных характеристик (рис. 3). Построение импедансных данных в координатах C_u - σ_u позволяет на одном графике разместить всю информацию об электрических свойствах материала. Прерывистые линии на этих графиках можно назвать изочастотами, так как они соединяют точки равной частоты. Соответственно, кривые $C_u(\sigma_u)$ являются изотермами. Как изотермы, так и изочастоты не пересекаются и не имеют резких изломов. Такой вид кривых $C_u(\sigma_u)$ характерен для диэлектрических и полупроводниковых материалов, которые при увеличении температуры не имеют каких-либо фазовых переходов. При высоких t зависимость $\sigma_u(\omega)$ постепенно ослабевает, что указывает на рост сквозной проводимости.

Для более полного анализа экспериментальных данных с помощью программы ZView подобрана наиболее адекватная эквивалентная схема для образцов № 2 и № 3 (рис. 4а). В эквивалентную схему вошли два резистора R_s и R_p, а также элемент постоянной фазы (*CPE*), импеданс которого рассчитывают по формуле [13]: $Z_{CPE} = \frac{1}{T_{CPE}(j\omega)^P}$, где j – мнимая единица; P – константа, задающая сдвиг фазы; T_{CPE} – константа, формально равная модулю комплексной проводимости при ω = 1. При повышении температуры параметры P и T_{CPE} пре-

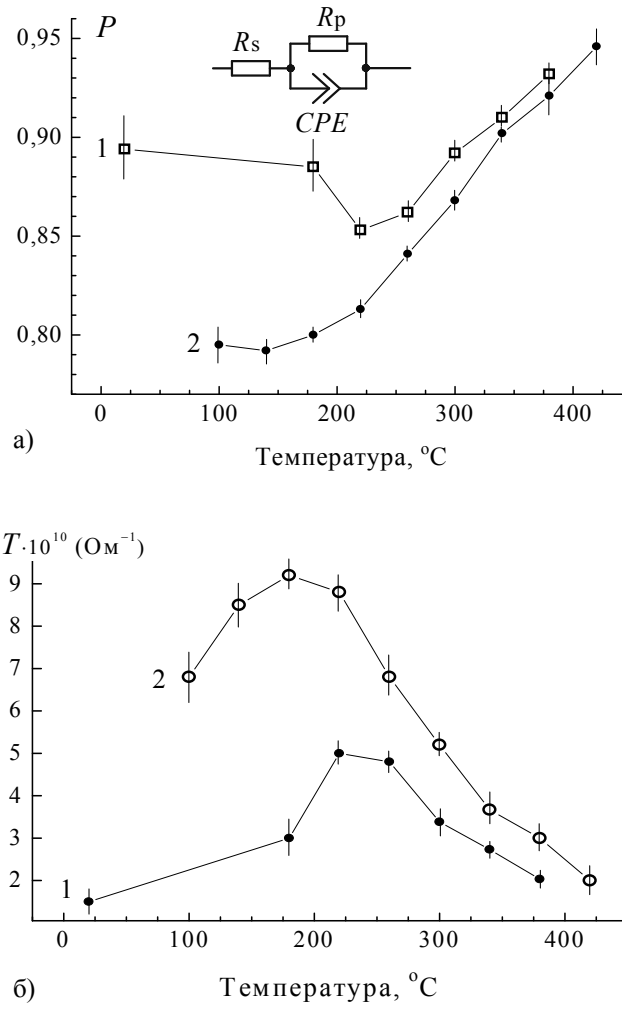


Рис. 4. Зависимости параметра P (а) и T_{CPE} (б) от температуры для образцов № 2 (1) и № 3 (2). Приведена эквивалентная схема образцов, содержащая два резистора и элемент постоянной фазы CPE.

Fig. 4. The temperature dependences of the parameters P (a) and T_{CPE} (b) of samples № 2 (1) and № 3 (2). The samples equivalent circuit is shown consisting of two resistors and a constant phase element CPE.

терпевают изменения (рис. 4). Для идеальной емкости параметр $P = 1$, а для идеальной индуктивности $P = -1$. Если $1 > P > 0$, то образец является пространственно распределенным релаксатором с непрерывным распределением постоянных времени релаксации. Из эквивалентной схемы по формуле $\sigma_0 = (R_s + R_p)^{-1}$ можно определить электрическую проводимость объемной части образцов. Результаты расчета σ_0 для всех материалов приведены на рис. 5 в виде кривых Аррениуса.

Экспериментальные точки на рис. 5 аппроксимированы прямыми линиями по методу наименьших квадратов для интервала температур 260 °C ≤ t ≤ 500 °C. Из тангенса угла наклона линий определены энергии активации проводимости (E_a), которые составили следующие величины: обр. №1 – (0,69 ± 0,01) эВ; обр. №2 – (0,578±0,006) эВ; обр. №3 – (0,49 ± 0,01) эВ . Полученные значения E_a совпадали с данными из работы [12]. Таким образом, при увеличении концентрации Mn в титанате висмута E_a уменьшается, а сквозная проводимость σ_0 увеличивается. Значительный рост низкочастотной емкости при t > 300 °C (рис. 3) можно объяснить ионно-миграционной поляризацией, связанной с ростом подвижности анионов кислорода [12].

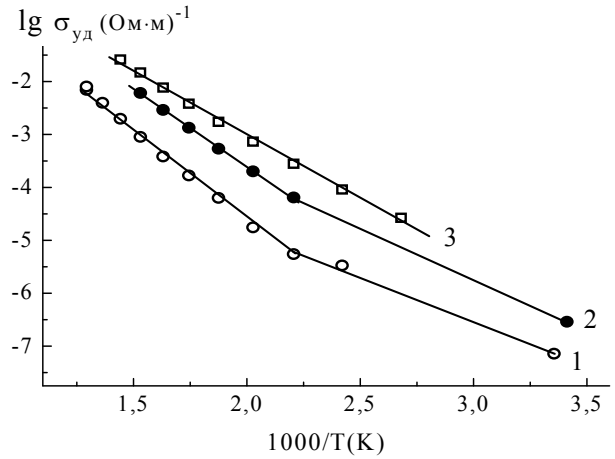


Рис. 5. Температурные зависимости удельной проводимости ($\sigma_{уд}$) в Аррениусовом масштабе образцов № 1 (1), № 2 (2) и № 3 (3).

Fig. 5. Temperature dependences of the conductivity (σ_{ud}) of samples № 1 (1), № 2 (2) and № 3 (3) on the Arrhenius scale.

Из электрофизических измерений невозможно установить причину необычных электрических свойств образца № 1. Рентгенофазовый анализ, выполненный в работе [12], показал, что у всех образцов основной фазой является структура типа пирохлора. В настоящей работе была получена дополнительная информация методами электронной микроскопии (VEGA 3 SBU) и элементно-дисперсионного микроанализа.

В результате обработки электронно-микроскопических изображений установлено, что образец №1 является однофазным, при этом фаза пирохлора имеет химическую формулу $Bi_2Mn_{0,22}Ti_{2,10}O_{13,20}$. Пористость составляет около 17% (рис. 6). Образцы № 2 и № 3 являются неоднофазными. Фаза пирохлора в обоих случаях имеет химическую формулу $Bi_2Mn_{0,4}Ti_2O_{9-\delta}$ и занимает 75 – 90 % объема образцов, пористость составляет 5 – 7 %. Следует также отметить, что в образцах № 2 и № 3 присутствуют частицы MnO_2 и MnO, а также две некубические фазы титаната висмута.

Обсуждение результатов

Необычное поведение пористого однофазного образца № 1 в переменном электрическом поле можно объяснить ионизационными потерями, которые нередко наблюдаются в пористых диэлектриках в сильных электрических полях [14]. Известно об этом явлении достаточно немного. В заполненных газом замкнутых порах при определенных условиях может возникнуть процесс, аналогичный тлеющему газовому разряду, что приводит к увеличению

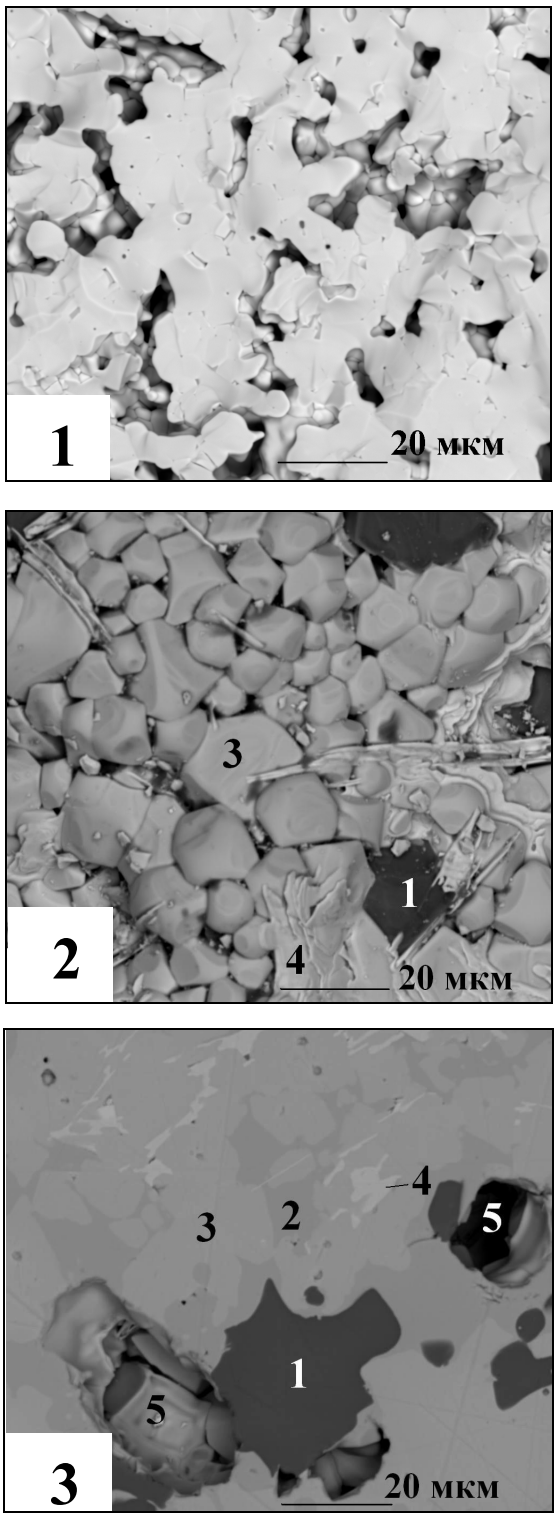


Рис. 6. Электронно-микроскопические изображения скола образца № 1; необработанной поверхности образца № 2 и шлифа образца № 3: 1 – MnO_2, 2 – $BiMn_{1.1}Ti_{0.7}O_{5.6}$, 3 – $Bi_2Mn_{0.4}Ti_2O_{9-\delta}$ (пирохлор), 4 – $Bi_4Mn_{0.4}Ti_{2.6}O_{13}$ (слоистый перовскит), 5 – мезопоры.

Fig. 6. Electron microscopic image of cleavage surface of sample No. 1; untreated surface of sample No. 2; thin section of sample No.3: 1 – MnO_2; 2 – $BiMn_{1.1}Ti_{0.7}O_{5.6}$; 3 – $Bi_2Mn_{0.4}Ti_2O_{9-\delta}$ (pyrochlore); 4 – $Bi_4Mn_{0.4}Ti_{2.6}O_{13}$ (layered perovskite); 5 – mesopores.

тангенса угла диэлектрических потерь в несколько раз. Известно, что на вольтамперной характеристике (ВАХ) газоразрядной трубки, измеряемой при нарастании и снижении напряжения, присутствует гистерезис. Он связан с тем, что потенциал зажигания разряда в несколько раз выше потенциала его гашения. На рис. 7 приведены простейшая эквивалентная схема активного элемента с гистерезисом (*а*) и его вольтамперная характеристика (*б*).

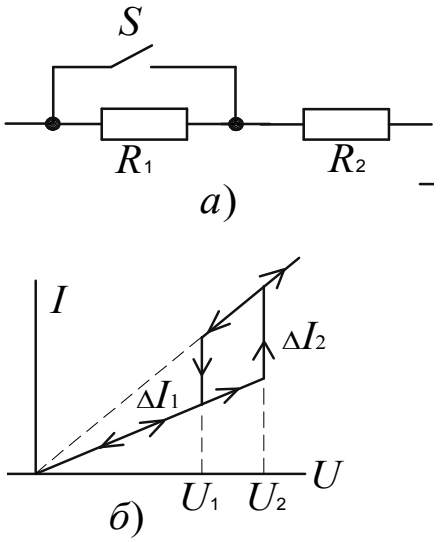


Рис. 7. Эквивалентная схема (*а*) и вольтамперная характеристика (*б*) нелинейного активного двухполюсника с гистерезисом.

Fig. 7. Equivalent circuit (a) and volt-ampere characteristics (b) of the non-linear active two-terminal network with hysteresis.

Гистерезисную петлю на ВАХ можно моделировать с помощью выключателя *S*, который при напряжении U_2 замыкает контакты, что приводит к шунтированию резистора R_1 и скачку тока на величину ΔI_2. При последующем снижении напряжения до U_1 происходит размыкание контакта, при этом ток уменьшается на ΔI_1. В результате на ВАХ образуется гистерезис, при котором обход петли идет против часовой стрелки. Такие гистерезисы будем обозначать типом А. Представленная на рис. 7а эквивалентная схема позволяет также моделировать гистерезисный элемент, при котором обход петли осуществляется по часовой стрелке. В этом случае при низком напряжении контакт замкнут. Его необходимо разомкнуть при напряжении U_2, а замкнуть при – U_1. В результате мы получаем модель элемента с гистерезисом типа Б, у которого обход петли осуществляется по часовой стрелке. Следует отметить, что у линейных двухполюсников с индуктивностями на ВАХ будет присутствовать гистерезис типа А, имеющий форму эллипса. У емкостных двухполюсников на ВАХ будет присутствовать гистерезис типа Б также в виде эллипса. В обоих случаях эллипсы охватывают начало координат. При этом возникают участки, на которых ток и напряжение направлены в разные стороны. Это означает, что эти реактивные элементы дважды за период отдают

энергию во внешнюю цепь. В модели гистерезисного элемента на рис. 7а отсутствует обмен энергией с внешней цепью. В этой связи целесообразно изучить реакцию импедансметра на такие образцы.

Рассмотрим кратко принцип работы импедансметра. При исследовании электрических свойств материалов на образец поступает переменный потенциал синусоидальной формы и регистрируется мгновенный электрический ток. Блок обработки сигналов накапливает данные и затем определяет вещественную (Re I_1) и мнимую (Im I_1) составляющие амплитуды первой гармоники тока. Полученное значение I_1 считается истинным током через образец, что позволяет рассчитать C_u и σ_u образца. Импедансметр не регистрирует последующие гармоники тока. Следовательно, он не может отличить линейный образец от нелинейного.

В работе [15] нами были рассчитаны комплексные амплитуды первой гармоники тока для нескольких систем с гистерезисами, аналогичными изображенным на рис. 7. Было, в частности, показано, что мнимую составляющую амплитуды первой гармоники тока во всех случаях можно рассчитать по следующей простой формуле:

$$\mathrm{Im}I_1 = \pm\frac{2S}{\pi a},$$

где a – амплитуда входного сигнала, S – площадь гистерезисной петли.

В приведенной формуле знак «–» относится к гистерезисам типа А, а знак «+» к гистерезисам типа Б.

Фазовый сдвиг I_1 по отношению к подаваемому на образец потенциалу находим по следующей формуле:

$$\varphi = arctg\frac{\mathrm{Im}I_1}{\mathrm{Re}I_1}.$$

Таким образом, в случае гистерезиса А I_1 будет отставать по фазе от напряжения, что характерно для индуктивных систем. В случае Б I_1 будет опережать напряжение по фазе, что присуще для конденсаторных систем. Из проведенных в работе [15] расчетов следует, что измеренные с помощью импедансметра электрические характеристики материалов являются, строго говоря, «кажущимися», и далеко не всегда совпадают с истинными величинами. Самым известным примером является регистрация отрицательных емкостей, а иногда и отрицательных проводимостей. В монографии [13] приведено большое количество импеданс-спектров с инверсией мнимой части импеданса при частотах порядка единиц герц. Этот эффект объясняют электродным процессом, при котором электрическая энергия обратимо переходит в химическую. Эта реакция идет с некоторым запаздыванием, вследствие чего ток отстает по фазе от напряжения. Следовательно, в ЭЭС необходимо вводить отрицательную емкость.

Возвращаясь к обнаруженному в настоящей работе эффекту, можно утверждать, что при частоте 10 кГц и температуре выше 400 °С в пористом образце № 1 идет процесс с гистерезисом на ВАХ типа А. Наиболее вероятной причиной является ионизация газа, заполняющего поры. В пользу этого указывает также наличие сильных шумов, которые могут быть вызваны соударениями ионов со стенками пор. При более высоких температурах движение зарядов приобретает более устойчивый характер, что приводит к снижению шума. При частотах в сотни кГц плазма, вероятно, не успевает формироваться. В результате гистерезис типа А на ВАХ при высоких частотах отсутствует. У образцов №2 и №3 инверсия знака емкости не обнаружена, что можно объяснить значительно меньшей пористостью этих соединений.

Выводы

Методами электронной микроскопии и энергодисперсионного микроанализа изучены фазовый и химический составы образцов. Обнаружены два устойчивых соединения со структурой пирохлора, имеющие химические формулы: $Bi_2Mn_{0.4}Ti_2O_{9-\delta}$ и $Bi_2Mn_{0.22}Ti_{2.10}O_{9-\delta}$. При введении в шихту избыточного количества MnO_2 часть оксида не вступает в реакцию. Все полученные материалы обладают пористостью, которая максимальна у образца № 1 с минимальным содержанием Mn (17%).

Исследование электрических свойств методом ИС показало, что при увеличении содержания Mn сквозная проводимость материалов повышается, а энергия активации проводимости падает. Установлено, что электрические свойства пористого образца №1 не соответствуют *RC* - модели. При $t \geq 460$ °С обнаружены инверсия знака емкости в пределах одной декады частоты в районе 10 кГц, а также значительные шумы при частотах менее 1 кГц, что объясняется ионизационными явлениями в газе, находящемся в порах.

Выражаем благодарность ведущему научному сотруднику института И.В.Пийр за предоставленные образцы и обсуждение полученных результатов. Исследования выполнены с использованием оборудования Центра Коллективного Пользования (ЦКП) «Химия» Института химии Коми НЦ УрО РАН.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (15-03-09173 А).

Литература

1. *Subsolidus phase* equilibria and properties in the system Bi_2O_3:$Mn_2O_{3\pm x}$:Nb_2O_5 / T.A.Vanderah, M.W.Lufaso, A.U.Adler, I.Levin, J.C.Nino, V.Provenzano, P.K. Schenck // J. Solid State Chem. 2006. Vol. 179. P. 3467–3477.
2. *Phase formation*, crystal chemistry, and properties in the system Bi_2O_3–Fe_2O_3–Nb_2O_5 / M.W.Lufaso, T.A.Vanderah, I.M.Pazos, I.Levin, R.S.Roth, J.C.Nino, V.Provenzano, P.K. Schenck // J. Solid State Chem. 2006. Vol. 179. P. 3900–3910.
3. *The disordered structures* and low temperature dielectric relaxation properties of two misplaced-displacive cubic pyrochlores found in the Bi_2O_3–$M^{II}O$–Nb_2O_5 (M = Mg, Ni) systems / H.B.Nguyen, L.Norén, Y.Liu, R.L.Wi-

thers, X.Wei, M.M.Elcombe // J. of Solid State Chem. 2007. Vol. 80. P. 2558–2565.
4. *Piir I.V., Prikhodko D.A., Ignatchenko S.V., Schukariov A.V.* Preparation and structural investigations of the mixed bismuth niobates, containing transition metals // Solid State Ionics. 1997. Vol. 101–103. P. 1141–1146.
5. *Radosavljevic I., Evans J.S.O., Sleight A.W.* Synthesis and structure of pyrochlore-type bismuth titanate // J. Solid State Chem. 1998. Vol. 136. P. 63–66.
6. *Секушин Н.А.* Моделирование электрических свойств $BiMg_{0,25}Cu_{0,75}NbO_5$ со смешанной электронно-ионной проводимостью//Известия РАН. Неорганические материалы. 2008. Т. 44. № 7. С. 860 – 866.
7. *Секушин Н.А., Пийр И.В.* Синтез, структура и релаксационные процессы в ионно-проводящей керамике $Bi_2Mg_{1-x}Cu_xNb_2O_9$ // Электрохимия. 2011. Т.47. № 6. С. 757–765.
8. *Hector A.L., Wiggin S.B.* Synthesis and structural study of stoichiometric $Bi_2Ti_2O_7$ pyrochlore // J. Solid State Chem. 2004. Vol. 177. P. 139–145.
9. *Roberto Esquivel-Elizondo J., Hinojosa B.B., Nino J.C.* $Bi_2Ti_2O_7$: it is not what you have read // Chemistry Mater. 2011. Vol. 23(22). P. 4965–4974.
10. *Shoemaker D.P., Seshadri R., Hector A.L. et al.* Atomic displacements in the charge ice pyrochlore $Bi_2Ti_2O_6O'$ studied by neutron total scattering // Physial Review 2010. Vol. 81. P. 144113-1-144113-9.
11. *Синтез, структура и импеданс-спектры* железосодержащих титанатов висмута/И.В.Пийр, М.С. Королева, Н.А. Секушин, В.Э. Грасс, Ю.И. Рябков // Электрохимия. 2013. Т. 49. № 8. С. 909–914.
12. *Bismuth manganese titanate:* Crystal structure and properties / I.V.Piir, N.A.Sekushin, V.E.Grass, Y.I.Ryabkov, N.V.Chezhina, S.V.Nekipelov, V.N.Sivkov, D.V.Vyalikh // Solid State Ionics. 2012. Vol. 225. P. 464–470.
13. *Barsoukov E., Macdonald J.R.* Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment and Application. Hoboken, New Jersey. Wiley – Interscience. 2005. 606 p.
14. *Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М.* Электротехнические материалы. М.: Энергоатомиздат, 1985. 303 с.
15. *Секушин Н.А.* Импеданс электрохимической ячейки, имеющей гистерезисы на вольтамперной характеристике // Электрохимия. 2011. Т. 47. № 12. С. 1374–1380.

References

1. *Vanderah T.A., Lufaso M.W., Adler A.U. et al.* Subsolidus phase equilibria and properties in the system Bi_2O_3:$Mn_2O_{3\pm x}$:Nb_2O_5 // J. Solid State Chem. 2006. Vol. 179. P. 3467-3477.
2. *Lufaso M.W., Vanderah T.A., Pazos I.M. et al.* Phase formation, crystal chemistry, and properties in the system Bi_2O_3–Fe_2O_3–Nb_2O_5 // J. Solid State Chem. 2006. Vol. 179. P. 3900–3910.
3. *Nguyen H.B., Norén L., Liu Y. et al.* The disordered structures and low temperature dielectric relaxation properties of two misplaced-displacive cubic pyrochlores found in the Bi_2O_3–$M^{II}O$–Nb_2O_5 (M = Mg, Ni) systems // J. Solid State Chem. 2007. Vol. 80. P. 2558–2565.
4. *Piir I.V., Prikhodko D.A., Ignatchenko S.V., Schukariov A.V.* Preparation and structural investigations of the mixed bismuth niobates containing transition metals // Solid State Ionics. 1997. Vol. 101–103. P. 1141–1146.
5. *Synthesis and structure* of pyrochlore-type bismuth titanate / I. Radosavljevic, J.S.O. Evans, A.W. Sleight // J. Solid State Chem. 1998. Vol. 136. P. 63–66.
6. *Sekushin N.A.* Modelirovanie elektricheskikh svoistv $BiMg_{0,25}Cu_{0,75}NbO_5$ so smeshannoi electronno-ionnoi provodimostyu [Modeling of electrical properties of $BiMg_{0,25}Cu_{0,75}NbO_5$ with mixed ionic-electronic conductivity]//Inorganic Materials. 2008. Vol. 44. No 7. P. 756–761.
7. *Sekushin N.A., Piir I.V.* Sintez, struktura I relaksatsionnie process v ionno-provodyashei keramike $Bi_2Mg_{1-x}Cu_xNb_2O_9$ [Synthesis, structure, and relaxation processes in $Bi_2Mg_{1-x}Cu_xNb_2O_9$ ion conducting ceramics] // Russian J. of Electrochemistry. 2011. Vol. 47. No. 6. P.709–716.
8. *Hector A.L., Wiggin S.B.* Synthesis and structural study of stoichiometric $Bi_2Ti_2O_7$ pyrochlore // J. Solid State Chem. 2004. Vol. 177. P. 139–145.
9. *Roberto Esquivel-Elizondo J., Hinojosa B.B., Nino J.C.* $Bi_2Ti_2O_7$: it is not what you have read // Chemistry Mater. 2011. Vol. 23(22). P. 4965–4974.
10. *Shoemaker D.P., Seshadri R., Hector A.L., Llobet A., Proffen Th., Fennie C.J.* Atomic displacements in the charge ice pyrochlore $Bi_2Ti_2O_6O'$ studied by neutron total scattering//Physical Review. 2010. Vol. 81. P. 144113-1-144113-9.
11. *Sintez, struktura* I impedans-spektry zhelezosoderzhashikh titanatov bismuta [Synthesis, structure and impedance spectra of iron-containing bismuth titanates] / I.V. Piir, M.S. Koroleva, N.A. Sekushin, V.E Grass, Yu.I. Ryabkov. // Russian J. of Electrochemistry. 2013. Vol. 49. No 8. P.815–821.
12. *Piir I.V., Sekushin N.A., Grass V.E., Ryabkov Y.I. et al.* Bismuth manganese titanate: Crystal structure and properties // Solid State Ionics. 2012. Vol. 225. P. 464–470.
13. *Barsoukov E., Macdonald J.R.* Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment and Application. Hoboken, New Jersey. Wiley – Interscience. 2005. 606 p.
14. *Bogoroditsky N.P, Pasynkov V.V, Tareev B.M.* Elektrotehnicheskie materiali [Electrotechnical materials]. Moscow: Energoatomisdat, 1985. 303 p.
15. *Sekushin N.A.* Impedans elektrohimicheskoi yacheiki, imeyushei gisterezisy na voltampernoi kharakteristike [Impedance of electrochemical cell with hysteresis effects in voltammeric characteristics//Russian J. of Electrochemistry. 2011. Vol. 47. No. 12. P. 1374–1380.

Статья поступила в редакцию 07.12.2016.

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 581.9:574.58 (282.247.133)

СИНТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОЁМОВ БАССЕЙНА РЕКИ ВЫЧЕГДА (ЕВРОПЕЙСКИЙ СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)

Б.Ю.ТЕТЕРЮК

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

Территория бассейна лежит в широтных пределах 59°55′ – 64°30′ с.ш., долготных 46°30′ – 56°10′ в.д. Основная его часть расположена в подзоне средней тайги и лишь р. Вымь в верховьях частично протекает по северотаежной подзоне. Синтаксономия высшей водной и прибрежно-водной растительности бассейна р. Вычегда разработана на основе принципов эколого-флористической классификации в соответствии с общими установками направления Браун-Бланке. К настоящему моменту ценотическое разнообразие высшей водной и прибрежно-водной растительности бассейна р. Вычегда представлено 81 ассоциацией и тремя неранговыми сообществами из 22 союзов, 9 классов эколого-флористической классификации растительности: ***Platyhypnidio–Fontinalietea antipyreticae*** (2 асс.), ***Lemnetea*** (10 асс.), ***Potametea*** (30 асс. и 1 сооб.), ***Phragmito–Magno-Caricetea*** (30 асс. и 1 сооб.), ***Montio–Cardaminetea*** (1 асс.), ***Agrostidetea stoloniferae*** (1 асс.), ***Littorelletea*** (2 асс.), ***Isoëto–Nano-Juncetea*** (1 сооб.), ***Bidentitea tripartitae*** (4 асс.).

Ключевые слова: **синтаксономия, высшая водная и прибрежно-водная растительность, бассейн реки Вычегда**

B.YU. TETERYUK. SYNTAXONOMICAL OVERVIEW OF VEGETATION OF WATER BODIES OF THE VYCHEGDA RIVER BASIN (EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA)

The aim of our study was to reveal coenotical diversity of higher aquatic and semi-aquatic vegetation in the basin of the Vychegda river. The study area lies in latitude 59°55′ – 64°30′ , longitude 46°30′ – 56°10′. The main part of the area is located in the middle taiga subzone; only upper reaches of the Vym′ river are located in the northern taiga subzone. Coenotical structure was analyzed based on more than 2500 geobotanical descriptionss of aquatic and semi-aquatic vegetation made during 1999-2015. Syntaxonomy was made based on Braun-Blanquet classification [13–15]. By the moment, coenotical diversity of higher aquatic and semi-aquatic vegetation in the Vychegda river basin includes 81 associations and three not classified communities from 22 unions and 9 classes of floristic classification: **Platyhypnidio–Fontinalietea antipyreticae** (2 ass.), **Lemnetea** (10 ass.), **Potametea** (30 ass. and 1 comm.), **Phragmito–Magno-Caricetea** (30 ass. and 1 comm.), **Montio–Cardaminetea** (1 ass.), **Agrostidetea stoloniferae** (1 ass.), **Littorelletea** (2 ass.), **Isoëto–Nano-Juncetea** (1 comm.), **Bidentitea tripartitae** (4 ass.).

Keywords: **syntaxonomy, aquatic and helophyte vegetation, the Vychegda river basin**

В результате экстенсивных гидробиологических исследований, произведенных на Северо-Востоке европейской части России в середине прошлого столетия, получены начальные сведения о растительном покрове водоёмов и водотоков бассейна р. Вычегда [1–3]. Однако эти данные не позволяют составить сколько-нибудь целостное представление о его водной и прибрежно-водной растительности. Наши работы в бассейне Вычегды положили начало планомерному изучению состава и структуры растительного покрова водоёмов и водотоков Северо-Востока Европейской России [4–8].

Цель настоящей статьи – показать ценотическое разнообразие высшей водной и прибрежно-водной растительности бассейна р. Вычегда на современном этапе его изученности.

Краткая характеристика бассейна р. Вычегда

Река Вычегда – правый, главный приток р. Северная Двина. Свое начало она берет в равниной болотистой местности у восточных отрогов Южного Тимана. Абсолютная высота района истока ~230 м. В Северную Двину Вычегда впадает у г. Котлас. Её общая длина – 1130 км, площадь водосбора – 121 тыс. км^2. Главные притоки – реки Сысола (левый приток, длина – 487 км, площадь водосбора – 17,2 тыс. км^2) и Вымь (правый приток, длина – 499 км, площадь водосбора – 25,6 тыс. км^2). Средняя густота речной сети – 0,62 км/км^2. В пойме Вычегды насчитывается ~ 2 тыс. озер, суммарная площадь водного зеркала которых составляет более 8,5 тыс. га [2, 9].

Территория бассейна лежит в широтных пределах 59°55′−64°30′ с.ш., долготных – 46°30′−56°10′ в.д. Основная часть бассейна расположена в подзоне средней тайги, и лишь р. Вымь в верховьях частично протекает по северотаежной подзоне.

Материал и методы

Основой для анализа ценотической структуры явились более 2500 полных геоботанических описаний водной и прибрежно-водной растительности, выполненных автором в период с 1999 по 2015 г.

В целях равномерного обследования изучаемой территории использована сетка «Атласа флоры Европы» [10]. Работы проведены в 32 квадратах из 41, т.е. в 75% от их общего количества. В каждом изученном квадрате размером 50×50 км обследованы по возможности все типы водных объектов.

Описания выполнены с учётом методических рекомендаций, разработанных для изучения растительности водоёмов и водотоков [11−12].

Синтаксономия высшей водной и прибрежно-водной растительности бассейна р. Вычегда разработана на основе принципов эколого-флористической классификации в соответствии с общими установками направления Браун-Бланке [13−15].

Классификационная схема выполнена в соответствии с «Международным кодексом фитосоциологической номенклатуры» [16].

Для корректного отображения ценотической структуры растительного покрова водоёмов и водотоков бассейна и учета современных тенденций в синтаксономии высшей водной растительности были привлечены основные литературные источники с первоописаниями синтаксонов [17−34].

Принятые сокращения: кл. – класс, пор. – порядок, с. – союз, асс.− ассоциация, сооб. – безранговое сообщество, д.в. – диагностический вид(ы), д.т. – диагностический таксон(ы), к.в. – константный вид(ы).

Продромус
высшей водной и прибрежно-водной растительности бассейна р. Вычегда

Кл. ***Platyhypnidio−Fontinalietea antipyreticae*** Philippi 1956

Сообщества водных и околоводных мохообразных.

С. ***Fontinalion antipyreticae*** W. Koch 1936

Сообщества, произрастающие в условиях постоянного увлажнения.

Асс. ***Fontinalietum antipyreticae*** Greter 1936

Д.в.: *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. (дом.).

Сообщества *F. antipyretica* проточных светлых вод.

Асс. ***Leskeo−Leptodictyetum riparii*** v. Krus. ex v. Hübschm. 1953

Д. в. *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst. (дом.).

Сообщества *L. riparium* проточных светлых вод.

Кл. ***Lemnetea*** de Bolós et Masclans 1955

Сообщества свободно плавающих (не укореняющихся) на поверхности воды или в её толще растений (плейстофитов).

С. ***Lemnion minoris*** de Bolós et Masclans 1955

Сообщества мелких плейстофитов, плавающих на поверхности воды и в её приповерхностном слое.

Асс. ***Lemnetum minoris*** von Soó 1927

Д. в.: *Lemna minor* L.

Сообщества *L. minor.*

Асс. ***Lemno−Spirodeletum polyrhizae*** W. Koch 1954

Д. в.: *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.

Сообщества *S. polyrhiza.*

Асс. ***Lemnetum trisulcae*** den Hartog 1963

Д. в.: *Lemna trisulca* L.

Сообщества *L. trisulca.*

Асс. ***Lemno minoris-Riccietum fluitantis*** Šumberová et Chytrý in Chytrý 2011

Д. в.: *Riccia fluitans* L.

Сообщества *R. fluitans.*

Асс. ***Ricciocarpetum natantis*** Tüxen 1975

Д. в.: *Ricciocarpos natans* (L.) Corda

Сообщества *R. natans.*

С. ***Hydrocharition morsus-ranae*** (Pass. 1964) Westhoff et den Held 1969

Сообщества столонно-розеточных плейстофитов.

Асс. ***Hydrochritetum morsus-ranae*** van Langendonck 1935

Д. в.: *Hydrocharis morsus-ranae* L.

Сообщества *H. morsus-ranae*.

Асс. ***Stratiotetum aloides*** Miljan 1933

Д. в.: *Stratiotes aloides* L.

Сообщества *S. aloides*.

С. ***Ceratophyllion demersi*** den Hartog et Segal 1964

Сообщества погружённых бескорневых гидатофитов.

Асс. ***Lemno−Ceratophylletum demersi*** (Hilbig 1971) Pass. 1995

Д. в.: *Ceratophyllum demersum* L. (дом.).

К. в.: *Lemna minor, L. trisulca*.

Сообщества *Ceratophyllum demersum* с участием свободно плавающих видов.

Асс. ***Potamo–Ceratophylletum demersi*** (Hild et Renhelt 1965) Pass. 1995

Д. в.: *Ceratophyllum demersum* L. (дом.).

К. в.: *Potamogeton natans* L., *P. perfoliatus* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith.

Сообщества *Ceratophyllum demersum* с участием укореняющихся гидатофитов.

С. ***Utricularion vulgaris*** Pass.1964

Сообщества пузырчаток.

Асс. ***Lemno minoris−Utricularietum vulgaris*** Soy 1947 (рис. 1).

Рис. 1. Асс. ***Lemno minoris–Utricularietum vulgaris*** Soy 1947

Fig. 1. Ass. ***Lemno minoris–Utricularietum vulgaris*** Soy 1947

Д. в.: *Utricularia vulgaris* L.

Сообщества *U. vulgaris*.

Кл. ***Potametea*** Klika in Klika et Novak 1941

Сообщества пресноводных укореняющихся гидрофитов с плавающими на поверхности воды и/или в её толще листьями.

С. ***Nymphaeion albae*** Oberd. 1957

Сообщества растений с плавающими на поверхности воды листьями.

Асс. ***Nymphaeetum candidae*** Miljan 1958

Д. в.: *Nymphaea candida* J. Presl (дом., содом.).

Сообщества *Nymphaea candida* озёрных водоёмов с илистыми грунтами.

Асс. ***Potamo−Nupharetum luteae*** Müller et Görs 1960 (рис. 2).

Д. в.: *Nuphar lutea* (L.) Smith (дом.), *Potamogeton natans*

Сообщества *Nuphar lutea* стоячих вод.

Асс. ***Scirpo lacustris−Nupharetum luteae*** Kipr. 2008

Рис. 2. Асс. ***Potamo–Nupharetum luteae*** Müller et Görs 1960

Fig. 2. Ass. ***Potamo–Nupharetum luteae*** Müller et Görs 1960

Д. в.: *Nuphar lutea* (дом.), *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla (син.: *Scirpus lacustris* L.)

Сообщества *Nuphar lutea* проточных вод.

Асс. ***Nupharetum spennerianae*** Teteryuk et Solomeshch 2003

Д. т.: *Nuphar* × *spenneriana* Gaudin

Сообщества *N.* × *spenneriana* стоячих и медленно текучих вод.

Асс. ***Nupharetum pumilae*** Miljan 1958

Д. в.: *Nuphar pumila* (Timm) DC

Сообщества *Nuphar pumila* стоячих вод.

Асс. ***Potametum natantis*** Hild 1959

Д. в.: *Potamogeton natans*

Сообщества *P. natans* стоячих и слабопроточных вод.

Асс. ***Potamo natantis–Polygonetum amphibii*** Knapp et Stoffers 1962

Д. т.: *Persicaria amphibia* (L.) S.F.Gray f. *natans* (Michx.) Munshi et Javeid

Сообщества *Persicaria amphibia* f. *natans* участков стоячих и слабопроточных водоёмов с плотными песчаными грунтами.

С. ***Potamion pectinati*** (W. Koch 1926) Oberd. 1957

Сообщества, полностью погруженных в воду растений.

Асс. ***Potametum graminei*** Lang 1967

Д.в.: *Potamogeton gramineus L.* (дом.).

Сообщества *P. gramineus* L. мелководных с медленным течением участков речных плёсов.

Асс. ***Potametum lucentis*** Hueck 1931

Д.в.: *Potamogeton lucens* L. (дом.).

Сообщества *P. lucens* прибрежных участков речных плёсов и стариц.

Асс. ***Potametum perfoliati*** Miljan 1933

Д.в.: *Potamogeton perfoliatus* L. (дом.).

Сообщества *P. perfoliatus* мелководных стоячих и слабопроточных участков речных плёсов, озёр и стариц.

Асс. ***Potametum praelongi*** Hild 1959

Д.в.: *Potamogeton praelongus* Wulf. (дом.).

Сообщества *P. praelongus* сравнительно глубоководных участков озёр и стариц.

Асс. ***Elodeo-Potametum alpini*** (Podb. 1967) Pass. 1994

Д. в.: *Potamogeton alpinus* Balb. (дом.) (син.: *P. tenuifolius* Raf.).

Сообщества *P. alpinus* мелководных стоячих и слабопроточных участков речных плёсов, озёр и стариц с богатыми органикой грунтами.

Асс. ***Elodeetum canadensis*** Nedelcu 1967

Д. в.: *Elodea canadensis* Michx. (дом.).

Сообщества *Elodea canadensis* слабопроточных водоёмов, подверженных в той или иной степени антропогенному евтрофированию.

Асс. ***Potamo pectinati−Myriophylletum spicati*** Rivas Goday1964

Д. в.: *Myriophyllum spicatum* L.

Сообщества *M. spicatum* слабопроточных участков речных плёсов.

Асс. ***Potametum pectinati*** Carstensen ex Hilbig 1971

Д. в.: *Potamogeton pectinatus* L. (дом.).

Сообщества *P. pectinatus* мелководных слабопроточных участков водотоков с плотными грунтами.

Асс. ***Potametum zizii*** Černohous et Husák 1986 (рис. 3).

Рис. 3. Асс. ***Potametum zizii*** Černohous et Husák 1986

Fig. 3. Ass. ***Potametum zizii*** Černohous et Husák 1986

Д. т.: *Potamogeton* × *angustifolius* J. Presl (дом.) (син.: *P.* × *zizii* Mert. et W.D.J. Koch).

Сообщества *P.* × *zizii* = *P.*× *angustifolius* мелководных проточных участков водотоков.

Асс. ***Potametum trichoidis*** Tüxen 1974

Д. в.: *Potamogeton trichoides* Cham. et Schlecht. (дом.).

Сообщества *P. trichoides* защищённых от ветра участков стоячих водоёмов с илистыми грунтами.

Асс. ***Potametum pusilli*** von Soó 1927

Д. в.: *Potamogeton pusillus* L. (дом.).

Сообщества *P. pusillus* мелководных защищённых от ветра участков озёрных водоёмов с илистыми грунтами.

Асс. ***Potametum friesii*** Tomaszewicz ex Šumberová in Chytrý 2011

Д. в.: *Potamogeton friesii* Rupr. (дом.).

Сообщества *P. friesii* мелководных защищённых от ветра участков озёрных водоёмов с илистыми грунтами.

Асс. ***Myriophyllo spicati–Potametum compressi*** Chepinoga et al. 2013

Д. в.: *Potamogeton compressus* L. (дом.).

Сообщества *P. compressus* защищённых от ветра участков озёрных водоёмов с илистыми грунтами.

Асс. ***Potametum obtusifolii*** (Sauer 1937) Neuhäusl 1959

Д. в.: *Potamogeton obtusifolius* Mert. et W.D.J. Koch (дом.).

К. в.: *P. natans, Nuphar lutea*.

Сообщества *P. obtusifolius* мелководных защищённых от ветра участков озёрных водоёмов с илистыми грунтами.

Асс. ***Potametum berchtoldii*** Krasovskaja 1959

Д. в.: *Potamogeton berchtoldii* Fieb. (дом.).

Сообщества *P. berchtoldii* мелководных участков озёрных водоёмов с илистыми, песчано-илистыми грунтами.

Асс. ***Myriophylletum verticillati*** Gaudet ex Šumberová in Chytrý 2011

Д. в.: *Myriophyllum verticillatum* L.

Сообщества *M. verticillatum* мелководных участков озёрных водоёмов с илистыми грунтами.

Асс. ***Myriophylletum sibirici*** Taran 1995

Д. в.: *Myriophyllum sibiricum* Kom.

Сообщества *M. sibiricum* мелководных участков озёрных водоёмов с илистыми грунтами.

С. ***Batrachion fluitans*** Neuhäusl 1959

Сообщества проточных вод.

Асс. ***Charo asperae-Potametum filiformis*** Spence 1964

Д. в.: *Potamogeton filiformis* Pers.

Сообщества *P. filiformis* речных мелководий.

Асс. ***Fontinali-Batrachietum kaufmannii*** A. Bobrov 2001

Д. т.: *Batrachium kaufmannii* (Clerc) V. Krecz., *Fontinalis antipyretica* L. ex Hedw. var. *gracilis* (Lindb.) Schimp.

Сообщества *Batrachium kaufmannii* речных перекатов и стремнин.

Асс. ***Potametum meinshausenii*** A. Bobrov 2001

Д. т.: *Potamogeton* × *fennicus* Hagstr. (син. *P.* × *meinshausenii* Juz.)

Сообщества *P.* × *fennicus* проточных холодных вод.

Асс. ***Potametum nitentis*** W. Koch 1926

Д. т.: *Potamogeton* ×*nitens* Web.

Сообщества *P.* ×*nitens* проточных вод

Сооб. ***Potamogeton × sparganiifolius***

Д. т.: *Potamogeton* × *sparganiifolius* Laest ex Fr.

Сообщества *P. ×sparganiifolius* проточных вод.

С. ***Batrachion aquatilis* Pass. 1964**

Сообщества стоячих вод.

Асс. ***Lemno−Callitrichetum palusrtis*** A.Bobrov et Chemeris 2006

Д. в.: *Callitriche palustris* L.

Сообщества *Callitriche palustris* на сезонно обсыхающих мелководьях с песчано-илистыми/илистыми отложениями.

Асс. ***Callitrichetum hermaphroditicae*** Černohous et Husák 1986

Д. в.: *Callitriche hermaphroditica* L.

Сообщества *Callitriche hermaphroditica* на сезонно обсыхающих мелководьях с песчано-илистыми, илистыми отложениями.

Кл. ***Phragmito−Magno-Caricetea*** Klika in Klika et Novak 1941

Прибрежно-водные и околоводные сообщества прикреплённых ко дну и возвышающихся над водой растений (гелофитов).

С. ***Phragmition australis*** W. Koch 1926

Сообщества высокотравных гелофитов крупных водных объектов.

Асс. ***Phragmitetum australis*** Savič 1926

Д.в.: *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

Сообщества *Ph. australis*.

Асс. ***Schoenoplectetum lacustris*** Chouard 1924 (рис. 4).

Рис. 4. Асс. ***Schoenoplectetum lacustris*** Chouard 1924

Fig. 4. Ass. ***Schoenoplectetum lacustris*** Chouard 1924

Д. в.: *Schoenoplectus lacustris*

Сообщества *S. lacustris* преимущественно речных экотопов.

Асс.***Typhetum angustifoliae*** Pignatti 1953

Д. в.: *Typha angustifolia* L.

Сообщества *T. angustifolia*.

Асс.***Typhetum latifoliae*** Nowiński 1930

Д. в.: *Typha latifolia* L.

Сообщества *T. latifolia*.

Асс. ***Scolochloetum festucaceae*** Rejewski 1977

Д. в.: *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link.

Сообщества *S. festucacea.*

Асс. ***Equisetetum fluviatilis*** Nowiński 1930

Д. в.: *Equisetum fluviatile* L.

Сообщества *E. fluviatile*.

С. ***Nardosmion laevigatae*** Klotz et Kock 1986

Сообщества высокотравных гелофитов проточных водоёмов.

Асс. ***Nardosmietum laevigatae*** Klotz et Kock 1986

Д. в.: *Petasites radiatus* (J.F.Gmel.) Holub

Сообщества *P. radiatus* речных прибрежных мелководий на каменистых, гравийных и песчаных грунтах.

Сообщ. ***Caltha palustris***

Д. в.: *Caltha palustris* L.

Ценозы *Caltha palustris.*

С. ***Glycerio−sparganion*** Br.-Bl. et Sissingh in Boer 1942

Сообщества мелких гелофитов небольших водных объектов.

Асс. ***Glycirietum fluitans*** Nowiński 1930

Д. в.: *Glyceria fluitans* (L.) R.Br.

Сообщества *G. fluitans*.

С. ***Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae*** Passarge 1964

Сообщества вегетативно-подвижных малолетников заиленных мелководий.

Асс. ***Sagittario−Sparganietum emersi*** Tüxen 1953

Д. в.: *Sagittaria sagittifolia* L. и *Sparganium emersum* Rehm.

Сообщества *Sagittaria sagittifolia* и *Sparganium emersum*.

Асс. ***Sparganietum emersi*** Mirkin, Gogoleva et Kononov 1985

Д. в.: *Sparganium emersum* Rehm.

Сообщества *Sparganium emersum*.

Асс. ***Sparganietum microcarpi*** Weber 1976

Д. в.: *Sparganium microcarpum* (Neum.) Raunk.

Сообщества *S. microcarpum*.

Асс. ***Eleocharito palustris–Hippuridetum vulgaris*** Pass. 1964

Д. в.: *Hippuris vulgaris* L.

Сообщества *H.vulgaris*

Асс. ***Eleocharitetum palustris*** Savič 1926

Д. в.: *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult.

Сообщества *E. palustris*.

Асс. ***Eleocharito palustris−Agrostitetum stoloniferae*** Denisova in Iljina et al. 1988

Д. в.: *Agrostis stolonifera* L.

Сообщества *Agrostis stolonifera* на низких обсыхающих берегах водотоков и водоёмов.

Асс. ***Butometum umbellati*** Philippi 1973

Д. в.: *Butomus umbellatus* L.

Сообщества *B. umbellatus*.

Асс. ***Oenantho aquaticae–Rorripetum amphibiae*** Lohmeyer 1950

Д. в.: *Rorippa amphibia* (L.) Bess.

Сообщества *Rorippa amphibia*.

Асс. ***Alopecuro-Alismatetum plantaginis-aquaticae*** Bolbrincer 1984

Д. в : *Alisma plantago-aquatica* L.

Сообщества *Alisma plantago-aquatica* с мелкотравными гелофитами.

Асс. ***Naumburgietum thyrsiflorae*** Kipr. et Lashch. 2000

Д.в.: *Naumburgia thyrsiflora* (L.) Reichenb.

Сообщества *N. thyrsiflora.*

С. ***Magno-Caricion elatae*** W. Koch 1926

Крупноосоковые и крупнотравные сообщества, произрастающие в условиях длительного (постоянного) обводнения или в местообитаниях с близким залеганием грунтовых вод.

Асс. ***Equiseto fluviatilis-Caricetum rostratae*** Rübel 1912

Д. в.: *Carex rostrata* Stokes

Сообщества *C. rostrata* сырых берегов и прибрежных мелководий.

Асс. ***Galio palustris−Caricetum rhynchophysae*** A. Bobrov et Chemeris 2006

Д. в.: *Carex rhynchophysa* C.A.Mey.

Европейские сообщества *C. rhynchophysa*.

С. ***Magno-Caricion gracilis*** Géhu 1961

Крупноосоковые и крупнотравные сообщества, произрастающие в условиях непродолжительного обводнения или в местообитаниях с близким залеганием грунтовых вод, как правило, на минеральных грунтах.

Асс. ***Caricetum gracilis*** Savič 1926

Д. в.: *Carex acuta* L.

Сообщества *C. acuta.*

Асс. ***Caricetum aquatilis*** Savič 1926

Д. в.: *Carex aquatilis* Wahlenb.

Сообщества *C. aquatilis* сырых берегов и прибрежных мелководий.

Асс. ***Caricetum vesicariae*** Chouard 1924

Д. в.: *Carex vesicaria* L.

Сообщества *C. vesicaria* сырых, богатых органикой берегов и прибрежных мелководий.

Асс. ***Phalaridetum arundinaceae*** Libbert 1931

Д. в.: *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch.

Околоводные сообщества *Ph. arundinacea*.

Асс. ***Calamagrostidetum purpureae*** Taran 1995

Д. в.: *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin.

Сыролуговые околоводные сообщества *C. purpurea*.

Асс. ***Lythretum salicaria*** Teteryuk 2012

Д. в.: *Lythrum salicaria* L.

Сыролуговые ценозы *L. salicaria*.

Асс. ***Carici aquatilis−Comaretum palustris*** Taran 1995

Д. в.: *Comarum palustre* L., *Carex aquatilis.*

Крупноосоково-сабельниковые сообщества на минеральных грунтах либо маломощных торфяниках без признаков длительного подтопления.

С. ***Carici-Rumicion hydrolapathi*** Pass. 1964

Сообщества вегетативно-подвижных сплавинообразующих многолетников на органических субстратах.

Асс. ***Calletum palustris*** Vanden Bergen 1952

Д. в.: *Calla palustris* L.

Прибрежно-водные сплавинные сообщества *C. palustris*.

Асс.***Comaretum palustre*** Markov et al. 1955

Д. в.: *Comarum palustre* L.

Прибрежно-водные сплавинные сообщества *C. palustris*.

Асс.***Menyanthetum trifoliatae*** Steffen 1933

Д. в.: *Menyanthes trifoliata* L.

Прибрежно-водные сплавинные сообщества *M. trifoliate.*

Кл. ***Montio−Cardaminetea*** Br.-Bl. et Tüxen ex Klika et Hadač 1944

Сообщества выходов грунтовых вод и мелких водотоков.

С. ***Caricion remotae*** Kästner 1940

Сообщества ключей со слабоизвестковыми водами.

Асс. ***Cardaminetum amarae*** Rübel 1912

Д. в.: *Cardamine amara* L.

Сообщества *C. amara* на затенённых пологом леса экотопах.

Кл. ***Littorelletea uniflorae*** Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff et al. 1946

Мелкотравные подводные сообщества укореняющихся гидрофитов пресноводных водоёмов.

С. ***Littorellion uniflorae*** W. Koch 1926

Сообщества мелких многолетников.

Асс. ***Isoëtetum echinosporae*** W. Koch ex Oberd.1957

Д. в.: *Isoëtes echinospora* Durieu

Подводные ценозы *I. echinospora*

С. ***Eleocharition acicularis*** Pietsch ex Dierßen 1975

Сообщества мелких амфибийных вегетативно-подвижных многолетних трав.

Асс. ***Limosello-aquaticae-Eleocharitetum acicularis*** Wendelberger-Zelinka 1952

Д.в.: *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult.

Ценозы с доминированием (содоминированием) *E. acicularis.*

Кл. ***Isoëto-Nano-Juncetea*** Br.-Bl. et Tüxen ex Br.-Bl. et al. 1952

Сообщества отмельных эфемеров.

С. ***Eleocharition ovatae*** Philippi 1968

Сообщества одно-и-малолетников периодически обсыхающих местообитаний.

Сообщ. ***Limosella aquatica***

Д. в.: *Limosella aquatica* L.

Ценозы с доминированием (содоминированием) *L. aquatica.*

Кл. ***Bidentitea tripartitae*** Tüxen et al. ex von Rochow 1951

Синантропные сообщества с преобладанием однолетников нарушаемых переувлажнённых местообитаний.

С. ***Bidention tripartitae*** Nordhagen 1940 ex Klika et Hadač 1944

Сообщества преимущественно однолетних видов по сырым низким берегам и обсыхающим мелководьям.

Асс. ***Bidentetum tripartitae*** Miljan 1933

Д. в.: *Bidens tripartita* L.

Сообщества *B. tripartita.*

Асс. ***Bidentetum cernuae*** Slavnić 1951

Д. в.: *Bidens cernua* L.

Сообщества *B. cernua.*

Асс. ***Polygonetum hydropiperis*** Pass. 1965

Д. в.: *Persicaria minor* (Huds.) Opiz , *Persicaria hydropiper* (L.) Spach

Сообщества *P. minor* и/или *P. hydropiper*.

Асс. ***Alopecuretum aequalis*** Müller 1975

Д. в.: *Alopecurus aequalis* Sobol.

Сообщества *A. aequalis*.

Кл. ***Agrostidetea stoloniferae*** Oberdorfer et Th. Müller in Th. Müller 1961 ex Görs 1968

Пионерные сообщества вегетативно подвижных травянистых многолетников сырых местообитаний.

С. ***Potentilion anserinae*** Tüxen 1947

Сообщества открытых местообитаний.

Асс. ***Ranunculo repentis−Agrostitetum stoloniferae*** Oberdorfer et al. 1967

Д. в.: *Agrostis stolonifera* L., *Ranunculus repens* L.

Сообщества *A. stolonifera* L. с *R. repens* прибрежных периодически обсыхающих мелководий.

К настоящему моменту ценотическое разнообразие высшей водной и прибрежно-водной растительности бассейна р. Вычегда представлено 81 ассоциацией и тремя неранговыми сообществами из 22 союзов, девяти классов эколого-флористической классификации растительности: ***Platyhypnidio−Fontinalietea antipyreticae*** (2 асс.), ***Lemnetea*** (10 асс.), ***Potametea*** (30 асс. и 1 сооб.), ***Phragmito−Magno-Caricetea*** (30 асс. и 1 сооб.), ***Montio−Cardaminetea*** (1 асс.), ***Agrostidetea stoloniferae*** (1 асс.), ***Littorelletea*** (2 асс.), ***Isoëto−Nano-Juncetea*** (1 сооб.), ***Bidentitea tripartitae*** (4 асс.).

В распределении синтаксонов водной и прибрежно-водной растительности в пределах бассейна наблюдается определённая закономерность.

Для верховьев малых и средних рек, берущих свое начало на Тиманском кряже со светлыми водами и со средней и повышенной минерализацией воды на каменистых обсыхающих мелководьях, характерно широкое распространение сообществ асс. ***Nardosmietum laevigatae***, на перекатах и стремнинах обычны ценозы асс. ***Fontinali−Batrachietum kaufmannii*** и с. ***Fontinalion antipyreticae***. На участках тихой воды с илистыми и песчано-гравийными грунтами вдоль берегов, а нередко и по всему руслу, распространены сообщества асс. ***Schoenoplectetum lacustris***, реже асс. ***Charo asperae-Potametum filiformis.*** На стремнинах часто можно встретить сообщ. ***Potamogeton × sparganiifolius.*** В небольших «карманах» русла нередки ценозы ***Potametum graminei.*** По берегам наибольшее распространение имеют сообщества асс. ***Caricetum gracilis***, ***Phalaridetum arundinaceae.*** На участках заиленных мелководий обычны ценозы асс. ***Equisetetum fluviatilis*** и ***Eleocharitetum palustris***. Аналогичную структуру имеет растительный покров верховьев левых притоков Вычегды, берущих своё начало на сглаженных Северных увалах. Отличительной их особенностью является отсутствие сообществ, образованных *Nardosmia laevigata*, и увеличение доли сообществ с участием *Spar-ganium emersum*, но на перекатах и быстринах также обычны ценозы асс. ***Fontinali−Batrachietum kaufmannii,*** а на предперекатных участках – асс. ***Schoenoplectetum lacustris***. На плесах с илистыми и песчано-илистыми грунтами вдоль берегов нередки сообщества асс. ***Potamo−Nupharetum luteae***.

В среднем течении Вычегды активно меандрирует её пойма, и нижние участки пойм её притоков богаты различного рода водоёмами. Реки со спокойным слабым течением. В них преобладают подвижные песчаные грунты. Воды нейтральные до слабокислых со средней или низкой минерализацией. Здесь в растительном покрове водных объектов заметно большую роль играют сообщества, образованные гидрофитами с погруженными и плавающими на поверхности воды листьями – сообщества союзов ***Potamion pectinati*** и ***Nymphaeion albae***. Этому способствует высокая степень озерности поймы средней Вычегды [2]. Наиболее распространенными являются ассоциации ***Potamo-Nupharetum luteae, Potametum natantis, Potametum perfoliati, Sagittario−Sparganietum emersi, Phalaridetum arundinaceae, Caricetum aquatilis, Equiseto fluviatilis–Caricetum rostratae, Equisetetum fluviatilis, Carici aquatilis−Comaretum palustris.*** В мелководных водоемах, испытывающих антропогенную нагрузку, довольно обычны сообщества асс. ***Lemnetum minoris***. Нередки сплошные заросли асс. ***Stratiotetum aloides***. Совершенно своеобразен растительный покров реликтовых озер. Здесь отмечено присутствие сообществ с доминированием *Scolochloa festucacea, Isoëtes echinospora* и *Lythrum salicaria.*

Водная и прибрежно-водная растительность бассейна нижнего течения Вычегды сосредоточена в большей степени в притоках Вычегды и в водоёмах её поймы. Для этого участка Вычегодского бассейна характерно широкое распространение в составе сообществ антропохоров – *Typha latifolia*, *Elodea canadensis*, *Potentilla anserina* L., *Agrostis stolonifera*. Площади образуемых ими сообществ весьма велики. Нередко ценозы асс. ***Stratiotetum aloides, Elodeetum canadensis***, ***Hydrochritetum morsus-ranae***, ***Lemnetum minoris***, чередуясь между собой, занимают всю акваторию озера. В качестве характерных сообществ для пойменных мелководных водоёмов нижней Вычегды с илистыми грунтами и слабой минерализацией воды следует отметить сообщества асс. ***Nymphaeetum candidae, Lemno minoris−Utricularietum vulgaris, Myriophyllo spicati–Potametum compressi, Potamo−Nupharetum luteae, Potametum perfoliati.*** В реках часты ***Potametum graminei, Potamo−Nupharetum luteae*** (в прибрежных мелководьях), сообщ. ***Potamogeton × sparganiifolius.*** Также в качестве характерной особенности ценотической структуры растительного покрова водоёмов нижней Вычегды следует отметить широкое распространение на речных и старичных мелководьях с илистыми и песчано-илистыми грунтами сообществ асс. ***Sparganietum microcarpi,*** образованных редким для Республики Коми видом.

Заключение

Представленная синтаксономическая система отражает современное состояние изученности высшей водной и прибрежно-водной растительности крупного речного бассейна на европейском Северо-Востоке России – бассейна Вычегды. Присутствие в данной системе девяти классов синтаксонов свидетельствует о практически полном охвате гидроморфных экотопов обследованной территории. В то же время требуется дополнительное внимание к ещё не достаточно изученным в регионе сообществам водных мохообразных (кл. ***Platyhypnidio−Fontinalietea antipyreticae***), пузырчатковых ценозов (с. ***Utricularion vulgaris***) в особенности болотных водоёмов. Слабо изучены сообщества антропогенных гидроэкотопов (кл. ***Bidentitea tripartitae***), сырых нарушенных местообитаний (кл. ***Agrostidetea stoloniferae***), ключей (кл. ***Montio−Cardaminetea***) и пойменного эфемеретума (кл. ***Isoëto−Nano-Juncetea***). Ввиду недостаточной изученности в районе исследований глубоких озёр с прозрачными водами мало сведений о сообществах класса ***Littorelletea***.

В распределении синтаксонов водной и прибрежно-водной растительности по территории бассейна наблюдается определённая закономерность, связанная с ландшафтно-экологическими условиями.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Программы Президиума РАН № 15-12-4-43.

Литература

1. *Болотова В.М.* Флора и растительность водоемов // Производительные силы Коми АССР. Растительный мир. Т.III. Ч.1. М.: Изд-во АН СССР, 1954.С.263−321.
2. *Зверева О.С.* Особенности биологии главных рек Коми АССР. Л.: Наука, 1969. 279 с.
3. *Постовалова Г.Г.* О распространении высших водных растений в пределах Северо-Востока европейской части СССР // Ареалы растений флоры СССР. Л., 1969. С. 84−119.
4. *Тетерюк Б.Ю.* Водная и прибрежно-водная растительность озера Донты (Республика Коми)// Растительность России. 2008. № 12. С. 53–73.
5. *Тетерюк Б.Ю.* Структура свободноплавающей растительности (класс Lemnetea) бассейна р. Вычегда // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 12 (118). С. 61−64.
6. *Тетерюк Б.Ю.* Водная и прибрежно-водная растительность озера Ямозеро (Республика Коми) // Растительность России. 2011. №19. С. 101−116.
7. *Тетерюк Б.Ю.* Флора и растительность древних озёр европейского Северо-Востока России. СПб.:Наука, 2012. 237 с.
8. *Тетерюк Б.Ю., Соломещ А.И.* Синтаксономия водной и прибрежно-водной растительности озера Синдор (Республика Коми) // Растительность России. 2003. № 4. С. 78–89.
9. *Атлас* по климату и гидрологии Республики Коми. М.,1997. 116 с.
10. *Atlas* Florae Europaeae. Helsinki, 1972. 121 p.
11. *Катанская В.Д.* Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР. Методы изучения. Л., 1981. 187 с.
12. *Бобров А.А., Чемерис Е.В.* Описание растительных сообществ в водоемах и водотоках и подходы к их классификации методом Браун-Бланке // Гидроботаника: Методология и методы: Материалы Школы по гидроботанике. Рыбинск, 2003. С. 105–117.
13. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Наука о растительности (история и состояние основных концепций). Уфа: Гилем, 1998. 413 с.
14. *Braun-Blanquet J.* Übersicht der Pflanzengesellschaften Rätiens (III) // Vegetatio. 1949. № 1 (fasc. 4–5). S. 283–316.
15. *Westhoff V., van den Maarel E.* The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities. Ed. R.H.Whittaker. The Hague. 1978. P. 287−399.
16. *Weber H. E., Moravec J., Theurillat J.-P.* International code of phytosociological nomenclature. 3rd ed. // J.Veg. Sci. Vol. 11. № 5. 2000. P. 739−768.
17. *Koch W.* Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordostschweiz//Jb. St. Gallischen Naturwiss. Ges. Bd. 61. T. 2. 1926. S. 1− 144.
18. *Марков М.В., Беляева В., Попова Н.К.* Растительность водоемов пойм рек Волги и Камы в пределах Татарской АССР // Уч.зап. Казанского ун-та. Т.115. Кн.5. Казань, 1955. С. 111−152.
19. *Oberdorfer E.* Süddeutsche Pflanzengesellschaften // Pflanzensoziologie. Bd. 10. Jena. 1957.564 S.
20. *Oberdorfer E.* Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I. Stuttgart, 1977. 311 S.
21. *Den Hartog C., Segal S.* A new classification of the water-plant communities//Acta bot. Neerlandica 1964. Vol. 13. № 3. P.367−393.
22. *Passarge H.* Zur Syntaxonomie mitteleuropäische Nymphaeiden-Gesellschaften // Tuexenia. № 12. 1992a. P.257−273.
23. *Passarge H.* Mitteleuropäische Potamogetonetea I // Phytocoenologia. Vol.20. № 4. 1992b. P.489−527.
24. *Passarge H.* Mitteleuropäische Potamogetonetea II // Phytocoenologia. Vol. 24. № 4. 1994. P.337−367.
25. *Passarge H.* Mitteleuropäische Potamogetonetea III// Phytocoenologia. Vol.26. №2. 1996a. P.129−177.
26. *Passarge H.* Pflanzengesellschaften Nordostdeutschland. I. Hydro- und Therophytosa. Berlin−Stuttgart: J.Cramer Verlag, 1996b. 298 p.
27. *Passarge H.* Pflanzengesellschaften Nordostdeutschland. II. Helocyperosa und Caespitosa. Berlin−Stuttgart: J.Cramer Verlag, 1999. 451 p.
28. *Schaminée J.H.J., Weeda E.J., Westhoff V.* De vegetatie van Nederland Deel 2. Plantenge meenschappen van watere, moerassen en natte

heiden. Uppsala, Leiden: Opulus press, 1995. 360 p.
29. *Бобров А.А.* Растительные сообщества речных перекатов и стремнин Верхнего Поволжья // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2001. Т.106. Вып.1. С.18–28.
30. *Бобров А.А., Чемерис Е.В.* Синтаксономический обзор растительных сообществ ручьёв, малых и средних рек Верхнего Поволжья // Матер. VI Всерос. Школы-конференции по водным макрофитам «Гидроботаника 2005». Рыбинск, 2006. С. 116–130.
31. *Киприянова Л.М.* Растительность реки Бердь и её притоков // Растительность России. 2008. № 12. С. 21–38.
32. *Чепинога В.В.* Флора и растительность водоёмов Байкальской Сибири. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 468 с.
33. *Чепинога В.В., Росбах С.А.* Водная растительность класса Lemnetea на территории Байкальской Сибири // Растительность России. 2012. № 21. С. 106–123.
34. *Chytrý M.* (ed). Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace. Praha, 2011. 828 s.

References

1. *Bolotova V.M.* Flora i rastitel'nost' vodoemov [Flora and vegetation of reservoirs] // Proizvoditel'nye sily Komi ASSR. Rastitel'nyj mir [Productive forces of the Komi ASSR. Plant world]. Vol.III. Pt.1. Moscow: USSR Ac.Sci. Publ., 1954. P. 263–321.
2. *Zvereva O.S.* Osobennosti biologii glavnyh rek Komi ASSR [Peculiarities of biology of the main rivers of the Komi ASSR]. Leningrad: Nauka, 1969. 279 p.
3. *Postovalova G.G.* O rasprostranenii vysshih vodnyh rastenij v predelah Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR [On expansion of higher aqutic plants within the northeast of the European part of the USSR] // Arealy rastenij flory SSSR [Areas of flora of the USSR]. Leningrad, 1969. P. 84–119.
4. *Teteryuk B.Yu.* Vodnaja i pribrezhno-vodnaja rastitel'nost' ozera Donty (Respublika Komi) [Aquatic and helophyte vegetation of Donty lake (Komi Republic)]//Rastitel'nost' Rossii [Vegetation of Russia]. 2008. No. 12. P. 53–73.
5. *Teteryuk B.Yu.* Struktura svobodnoplavajushhej rastitel'nosti (klass Lemnetea) bassejna r. Vychegda [Structure of free-floating vegetation (Lemnetea class) of the Vychegda river basin] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bull. of Orenburg State Univ.]. 2010. No. 12 (118). P. 61–64.
6. *Teteryuk B.Yu.* Vodnaja i pribrezhno-vodnaja rastitel'nost' ozera Jamozero (Respublika Komi) [Aquatic and helophyte vegetation of Yamozero lake (Komi Republic)] // Rastitel'nost' Rossii [Vegetation of Russia]. 2011. No. 19. P. 101– 116.
7. *Teteryuk B.Yu.* Flora i rastitel'nost' drevnih ozjor evropejskogo Severo-Vostoka Rossii [Flora and vegetation of ancient lakes of the European northeast of Russia]. St.Petersburg: Nauka, 2012. 237 p.
8. *Teteryuk B.Yu., Solomeshch A.I.* Sintaksonomija vodnoj i pribrezhno-vodnoj rastitel'nosti ozera Sindor (Respublika Komi) [Syntaxonomy of aquatic and helophyte vegetation of Sindor lake (Komi Republic)] // Rastitel'nost' Rossii [Vegetation of Russia]. 2003. No. 4. P. 78–89.
9. *Atlas po klimatu* i gidrologii Respubliki Komi [Atlas on climate and hydrology of the Komi Republic]. Moscow, 1997. 116 p.
10. *Atlas Florae* Europaeae. Helsinki, 1972. 121 p.
11. *Katanskaya V.D.* Vysshaja vodnaja rastitel'nost' kontinental'nyh vodojomov SSSR. Metody izuchenija [Higher aquatic vegetation of continental reservoirs of the USSR. Methods of investigation]. Leningrad, 1981. 187 p.
12. *Bobrov A.A, Chemeris E.V.* Opisanie rastitel'nyh soobshhestv v vodoemah i vodotokah i podhody k ih klassifikacii metodom Braun-Blanke [Description of plant communities in reservoirs and streams and approaches for their classification by Braun-Blanquet method] // Gidrobotanika: Metodologija i metody: Materialy Shkoly po gidrobotanike [Hydrobotany: methodology and approaches: materials of Hydrobotany School]. Rybinsk, 2003. P. 105–117.
13. *Mirkin B.M., Naumova L.G.* Nauka o rastitel'nosti (istorija i sostojanie osnovnyh koncepcij) [The science on vegetation (history and condition of the basic concepts)]. Ufa: Gilem, 1998. 413 p.
14. *Braun-Blanquet J.* Übersicht der Pflanzengesellschaften Rätiens (III) // Vegetatio. 1949. N 1 (fasc. 4–5). P. 283–316.
15. *Westhoff V., van den Maarel E.* The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities. Ed. R.H.Whittaker. The Hague. 1978. P. 287–399.
16. *Weber H. E., Moravec J., Theurillat J.-P.* International code of phytosociological nomenclature. 3rd ed. // J.Veg. Sci. 2000. Vol. 11. No. 5. P. 739–768.
17. *Koch W.* Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordostschweiz//Jb. St. Gallischen Naturwiss. Ges. Bd. 61. T. 2. 1926. P. 1– 144.
18. *Markov M.V., Belyaeva V., Popova N.K.* Rastitel'nost' vodoemov pojm rek Volgi i Kamy v predelah Tatarskoj ASSR [Vegetation of floodplains of the Volga and Kama river basins within the Tatar ASSR] // Uch.zap. Kazanskogo un-ta [Sci.notes of Kazan Univ.]. Vol. 115. Book 5. Kazan, 1955. P. 111–152.
19. *Oberdorfer E.* Süddeutsche Pflanzengesellschaften // Pflanzensoziologie. Bd. 10. Jena, 1957. 564 s.
20. *Oberdorfer E.* Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I. Stuttgart, 1977. 311 s.
21. *Den Hartog C., Segal S.* A new classification of the water-plant communities//Acta bot. Neerlandica. Vol. 13. No. 3. 1964. P. 367–393.

22. *Passarge H.* Zur Syntaxonomie mitteleuropäische Nymphaeiden-Gesellschaften // Tuexenia. № 12. 1992a. P.257–273.
23. *Passarge H.* Mitteleuropäische Potamogetonetea I// Phytocoenologia. Vol. 20. № 4. 1992b. P.489–527.
24. *Passarge H.* Mitteleuropäische Potamogetonetea II // Phytocoenologia. Vol. 24. № 4. 1994. P.337–367.
25. *Passarge H.* Mitteleuropäische Potamogetonetea III// Phytocoenologia. Vol.26. №2. 1996a. P.129–177.
26. *Passarge H.* Pflanzengesellschaften Nordostdeutschland. I. Hydro- und Therophytosa. Berlin–Stuttgart: J.Cramer Verlag, 1996b. 298 p.
27. *Passarge H.* Pflanzengesellschaften Nordostdeutschland. II. Helocyperosa und Caespitosa. Berlin–Stuttgart: J.Cramer Verlag, 1999. 451 p.
28. *Schaminée J.H.J., Weeda E.J., Westhoff V.* De vegetatie van Nederland Deel 2. Plantengemeenschappen van watere, moerassen en natte heiden. Uppsala, Leiden: Opulus press, 1995. 360 p.
29. *Bobrov A.A.* Rastitel'nye soobshhestva rechnyh perekatov i stremnin Verhnego Povolzh'ja [Plant communities of rapids of the Upper Volga] // Bull. MOIP. Dept. of Biol. 2001. Vol.106. Issue 1. P. 18–28.
30. *Bobrov A.A., Chemeris E.V.* Sintaksonomicheskij obzor rastitel'nyh soobshhestv ruch'jov, malyh i srednih rek Verhnego Povolzh'ja [Syntaxonomical overview of plant communities of streams and small and middle rivers of the Upper Volga] // Mater. VI Vseros. Shkolykon-ferencii po vodnym makrofitam «Gidrobotanika 2005» [Materials of the 6th all-Russia school-conf. on water macrophytes "Hydrobotany 2005"]. Rybinsk, 2006. P. 116–130.
31. *Kipriyanova L.M.* Rastitel'nost' reki Berd' i ejo pritokov [Vegetation of the Berd river and its tributaries] // Rastitel'nost' Rossii [Vegetation of Russia]. 2008. No. 12. P. 21–38.
32. *Chepinoga V.V.* Flora i rastitel'nost' vodojomov Bajkal'skoj Sibiri [Flora and vegetation of reservoirs of Baikal Siberia] // Irkutsk: V.B. Sochava Inst. of Geography Publ., Siberian Br., RAS. 2015. 468 p.
33. *Chepinoga V.V., Rosbakh S.A.* Vodnaja rastitel'nost' klassa Lemnetea na territorii Bajkal'skoj Sibiri [Aquatic vegetation (Lemnetea) of water bodies of Baikal Siberia] // Rastitel'nost' Rossii [Vegetation of Russia]. 2012. No. 21. P. 106–123.
34. *Chytrý M. (ed).* Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace. Praha, 2011. 828 p.

Статья поступила в редакцию 28.07.2016.

УДК 582.711.711-14:631.529(470.13)

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА SPIRAEA L. В КУЛЬТУРЕ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

А.Н. СМИРНОВА, К.С. ЗАЙНУЛЛИНА

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

В статье дана биоморфологическая характеристика девяти интродуцированных видов рода *Spiraea* L. при культивировании на Севере. Виды отличаются высокими декоративными качествами:разнообразием формы и размеров кустов и листьев, сроками начала и продолжительности цветения, различными размерами, формой и окраской соцветий. Показано, что сезонный ритм развития растений в новых условиях – периоды вегетации и роста побегов – соответствует природно-климатическим условиям подзоны средней тайги. Растения изученных видов характеризуются высокой зимостойкостью, устойчивостью и долговечностью в культуре, ежегодным цветением и плодоношением с формированием семян высокого качества. У большинства видов отмечена высокая всхожесть семян. Все перечисленные характеристики позволяют рекомендовать изученные виды рода *Spiraea* для использования в декоративном садоводстве северного региона.

Ключевые слова: **виды *Spiraea* L., интродукция, биоморфологическая характеристика, фенология, зимостойкость, период вегетации, всхожесть семян, декоративные качества**

A.N. SMIRNOVA, K.S. ZAINULLINA. **BIOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOME SPECIES OF THE GENUS SPIRAEA L. IN CULTURE IN THE EUROPEAN NORTHEAST (REPUBLIC OF KOMI)**

The study of biology peculiarities of nine Spiraea species under cultivation in the middle-taiga subzone of the Republic of Komi showed that their seasonal rhythm of development matches the climatic conditions of the introduction region. The studied species start to vegetate in the early to mid-May and finish in late September-early October. Plants have high winter hardiness (I and II points), which is due to the early termination of shoot growth in mid- to late July, and their timely lignification.
It is noted that cultivated species of the genus Spiraea in the Botanical garden have annual bloom, various species differ in the timing and duration of flowering, size, shape and color of inflorescences. Fruiting of plants is regular, with the formation of high-grade seeds. Most species show high seed germination, continuing at least for two years, from 68% to 91%. It is also shown that in the second year of storage, seed germination increased on average by 7-8%. Biomorphological features of seeds of species of the genus Spiraea L. indicate the possibility of seed propagation and characterize the high degree of adaptation of plants to the climatic conditions of the North.
All the above mentioned characteristics such as seasonal rhythm of development, high winter hardiness, decorative qualities, indicators of flowering and fruiting allow to recommend the investigated species of the genus Spiraea for use in ornamental horticulture of the Northern region.

Keywords: **species of *Spiraea* L., introduction, biomorphological characteristics, phenology, winter hardiness, vegetation period, seeds germination, decorative qualities**

Введение

Для развития декоративного садоводства в северных городах интерес для интродукции представляют виды рода спирея *Spiraea* L. семейства *Rosaceae*. Спиреи – листопадные кустарники, не требовательны к почвенным условиям, растут быстро, светолюбивы, засухо- и газоустойчивы, зимостойки, рано зацветают (на второй-третий год), цветут в разные сроки, хорошо формуются, сохраняют декоративность долгие годы, редко повреждаются болезнями и вредителями [1–3]. Спиреи по праву считаются универсальными декоративными растениями благодаря многообразию видов и сортов,

неприхотливости, цветению с ранней весны до конца лета, и могут успешно выращиваться в северных регионах России [4]. В мире насчитывается около 90 видов *Spiraea*, распространенных в умеренной зоне Северного полушария [5, 6], во флоре Республики Коми встречается всего один вид *S. media* Francz Schmidt – спирея средняя [7]. С целью испытания новых видов в условиях северного региона и внедрения в практику озеленения в дендрарии Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН собрана коллекция родового комплекса *Spiraea* L. Она насчитывает 40 видов, форм и сортов рода, привлеченных в интродукцию в разные годы из ботанических садов России и ближнего зарубежья, преимущественно семенами, а также в виде саженцев.

Цель настоящей работы – дать биоморфологическую характеристику девяти видам рода *Spiraea* из трех различных секций при культивировании в новых условиях и отобрать наиболее перспективные виды для зеленого строительства.

Материал и методы

Исследования проводили в дендрарии Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН, расположенном в среднетаёжной подзоне Республики Коми [8].

Объектами изучения послужили растения десяти образцов девяти видов рода *Spiraea* (табл. 1). Описания видов в тексте приведены по секциям [5, 6], в пределах каждой секции латинские названия даны по алфавиту.

Фенологические наблюдения проводили в 2013–2016 гг. по стандартным методам, применяемым в ботанических садах [3, 9, 10]. Отмечены средние даты начала фенофаз, с ошибкой среднего. Зимостойкость интродуцированных растений определяли по VII-балльной шкале, разработанной в Главном ботаническом саду АН СССР [11].

Для изучения морфометрических характеристик отбирали только полноценные семена, собранные с растений осенью 2013 г. Размеры семян измеряли под бинокуляром с измерительной сеткой (25 шт. в каждом образце). Для определения всхожести семена проращивались согласно ГОСТу 13056.6-97 [12]. Предварительно они замачивались в течение 24 ч. в воде. Проращивание семян проводили в лабораторных условиях при комнатной температуре (18–25ºС) в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге. Одна часть семян проращивалась весной 2014 г., вторая – весной 2015 г., соответственно через 6 и 18 мес. после хранения. Математическая обработка данных проводилась по рекомендациям Н.Г. Зайцева [9] с использованием программы MS Excel.

Результаты исследований

Виды спиреи отнесены различными авторами к трем секциям [5, 6] **–** *Chamaedrion* Ser., *Calospira* C. Koch. и *Spiraria* Ser.

Виды секции *Chamaedrion* Ser. – кустарники, цветущие весной и в начале лета. Цветки белые, соцветия щитковидные или зонтиковидные, развивающиеся из почек двулетних побегов [5]. Форма

Таблица 1

Происхождение образцов видов рода Spiraea

Table 1

The origin of the samples of species of the genus Spiraea

№	Название	Природный ареал	Происхождение образца
	Секция *Chamaedrion* Ser.		
1.	*Spiraea chamaedryfolia* L. – спирея дубровколистная	Евр. часть, Сибирь, Ср. Азия, Д. Восток	1939 г., Липецк (семена)
2.	*S. media* F. Schmidt – с. средняя (образец 1)*	Евр. часть, Сибирь, Ср. Азия, Д. Восток, Республика Коми	1938 г., местная флора, Сыктывдинский р-н (саженцы)
3.	*S. media* F. Schmidt – с. средняя (образец 2)*	То же	2008 г., местная флора, Интинский р-н (саженцы)
4.	*S.trilobata* L. – с. трехлопастная	Сибирь, В. Азия	1975 г., Москва (семена)
	Секция *Calospira* C. Koch.		
5.	*S. beauverdiana* Schneid. – с.Бовера	В. Сибирь, Д. Восток, Япония, Китай, Сев. Америка	1975 г., Архангельск (семена)
6.	*S. betulifolia* Pall. – с. березолистная	В. Сибирь, Д. Восток, Япония, Китай	1960 г., Ленинград (семена)
7.	*S. corymbosa* Raf. – с. щитконосная	Сев. Америка	1975 г., Москва (семена)
	Секция *Spiraria* Ser.		
8.	*S. humilis* A. Pojark. – с. низкая	В. Сибирь, Д. Восток, Сахалин	1975 г., Архангельск (семена)
9.	*S. latifolia* (Ait.) Borkh. – с. широколистная	Сев. Америка	1975 г., Архангельск (семена)
10.	*S. salicifolia* L. – с. иволистная	Ср. Европа, Сибирь, Д. Восток, Монголия, Китай, Япония, Корея, Сев. Америка	1978 г., Рига (семена)

*Примечание: здесь и далее по тексту образцы 1 и 2 *S. media* будут обозначены как о.1 и о.2.

кустов – шаровидная или раскидистая, высота от 1,3 до 2 м. Продолжительность периода роста годичных побегов составляет от 57 до 68 дней, окончание роста побегов отмечено в I-II декадах июля. Период цветения в условиях Ботанического сада две–три недели в июне-июле. Эти виды цветут и плодоносят ежегодно, часть из них в дендрарии дают самосев. Используются в одиночных и групповых посадках, стриженых и неформованных изгородях. В озеленении г. Сыктывкара и пригородов чаще используется *S. chamaedryfolia* (фото 1).

Фото 1. Spiraea chamaedryfolia в озеленении Сыктывкара (фото Л.Г. Мартынова).

Photo 1. Spiraea chamaedryfolia in landscaping of Syktyvkar (photo by L. G. Martynov).

***Spiraea chamaedryfolia* L. –** спирея дубровколистная. Распространена на обширной территории, от Восточной Европы до Дальнего Востока.

В дендрарии много растений, выращенных из семян репродукции Липецкой опытной селекционной станции (г. Липецк) и позже размноженных вегетативно. Форма куста шаровидная, побеги прямостоячие, изгибаются к земле под тяжестью соцветий. Листья продолговато-эллиптические, до 5 см длиной и 2 см шириной, ярко-зеленые, осенью имеют красивую желтую окраску. Высота растений до 2,2 м, диаметр кроны – до 2 м. Вегетация начинается с 06.05±3, заканчивается 22.09±4 дней. Соцветия – полушаровидные щитки, диаметром до 4 см, распускание цветков в соцветии – от периферии к центру. Цветки белые, диаметром до 1,5 см, в одном соцветии до 20 цветков. На одном побеге расположено до 12 соцветий, преимущественно в верхней его части. Цветет в июне, с 08.06±6 по 25.06±7 дней, средняя продолжительность цветения 18 дней. Семена созревают в конце сентября. Зимостойкость I балл – растения не обмерзают. Используется в живых изгородях.

***S. media* F. Schmidt –** с. средняя. Это бореальный евроазиатский вид, широко распространен в долинах рек и ручьев, встречается группами на лесных опушках, в подлеске лиственных и смешанных лесов. Цветки белые, в многоцветковых полушаровидных щитках [8].

В Ботаническом саду изучено два образца *S. media*. Образец 1 – привлечен к интродукции еще в 1938 г. саженцами из местной флоры Сыктывдинского р-на Республики Коми. Форма куста овально-шаровидная, побеги прямостоячие. Листья эллиптические или продолговато-яйцевидные, с редким опушением по нижней стороне, длиной до 4 см и шириной до 1,5 см. Высота растений до 1,9 м, диаметр кроны до 1,6 м. Начало вегетации – с 06.05±3, окончание – 21.09±3 дня. Соцветия – полушаровидные щитки, диаметром до 5 см, расположены в верхней части побегов в количестве от 7 до 12 штук. Цветки белые, диаметром до 0,8 см, в одном соцветии до 25 цветков (фото 2). Цветение обильное. Цветет в начале июня, с 03.06±5 по 14.06±5 дней, средняя продолжительность цветения 11 дней. Семена созревают в конце августа – начале сентября. Зимостойкость I балл.

Образец 2 – привлечен к интродукции в 2008 г. саженцами из местной флоры Интинского р-на Республики Коми. Побеги прямостоячие. Высота растений до 0,8 м, диаметр кроны – до 0,5 м. Листья до 3 см длиной и до 1,2 см шириной. Небольшие размеры растений этого образца, вероятно, связаны с их интродукцией из северного района республики и более молодым возрастом. Вегетация этого образца начинается с 05.05±3, заканчивается 20.09±3 дня. Соцветия – полушаровидные щитки, диаметром до 4,5 см, от 5 до 10 соцветий на побег. Цветки белые, диаметром до 0,7 см, в одном соцветии до 20 цветков. Цветет раньше предыдущего образца, в конце мая – начале июня, с 30.05±3 по 11.06±4 дня, средняя продолжительность цветения 13 дней. Семена созревают в конце августа – начале сентября. Зимостойкость I балл. Можно использовать в групповых и одиночных посадках.

Фото 2. Spiraea media.

Photo 2. Spiraea media.

***S. trilobata* L. –** с. трехлопастная. Распространена в Сибири, Средней Азии, Китае и Корее. В дендрарии несколько растений, выращенных из семян репродукции Главного ботанического сада (г. Москва). Средняя высота растений до 0,9 м, диаметр кроны до 0,8 м. Форма куста раскидистая, побеги тонкие, изогнутые, расположены каскадно. От остальных видов отличается необычной формой

округлых трехлопастных листьев до 3 см длиной и шириной, часто курчавых по краю. Окраска листьев на верхних побегах осенью оранжево-красная, на нижних – желто-оранжевая. Вегетация начинается с 12.05±2, заканчивается 08.10±3 дня. Цветение более позднее и продолжительное, чем у других видов этой секции. Цветки чисто белые, диаметром до 0,8 см, в выпуклых зонтиках. В одном соцветии диаметром до 4 см – до 30 цветков (фото 3). На одном побеге насчитывается до 22 соцветий, расположенных почти по всему побегу, до средней его части. Цветет в июне-июле, с 16.06±3 по 08.07±4 дня, средняя продолжительность цветения 23 дня. Семян образует мало, они созревают в конце сентября. Зимостойкость I балл, за исключением зимнего периода 2015/16 г., когда у растений отмечено подмерзание верхушек однолетних побегов, что соответствует II баллам зимостойкости. Этот кустарник обладает наиболее высокими декоративными качествами – формой куста, побегов и листьев, обильным и продолжительным цветением. Рекомендуется преимущественно для одиночных посадок на фоне газона.

Фото 3. Spiraea trilobata.
Photo 3. Spiraea trilobata.

Эти виды из секции *Chamaedrion* Ser. относятся к первой группе – рано- или весеннецветущих видов. Цветочные почки растений закладываются почти по всей длине прошлогодних побегов. Ежегодная обрезка этих кустарников не рекомендуется, так как это неизбежно приведет к удалению цветочных почек, и растения в год обрезки не зацветут. Обрезаются ежегодно весной лишь концы подмерзших побегов, а осенью производится санитарная обрезка с удалением старых и сухих побегов. Периодическая обрезка «на пень» дает сильное развитие поросли из спящих почек у корневой шейки. Затем из молодой поросли формируют куст, оставляя только наиболее сильные побеги, а остальные удаляют.

Виды секции *Calospira* C. Koch. – кустарники шаровидной или раскидистой формы, цветущие в начале и середине лета. Цветки белые или розовые, собранные в сложные соцветия – щитковидные метелки, ширина которых превосходит длину. Соцветия развиваются из почек двулетних побегов и расположены на концах коротких боковых веточек [5]. В условиях дендрария высота кустов, имеющих раскидистую или шарообразную форму, не превышает 0,8–0,9 м. Рост побегов продолжается от 60 до 65 дней и завершается во II декаде июля. Период цветения две–три недели – с конца июня до середины июля. Ежегодно цветут и плодоносят. Могут использоваться в одиночных, групповых посадках и низких бордюрах. В озеленении региона практически не используются.

***S. beauverdiana* Schneid.** – с. Бовера. В природе вид распространен в Сибири, на Дальнем Востоке, Америке. Растения культивируются в Ботаническом саду более 40 лет, выращены из семян репродукции дендросада СевНИИЛХ (г. Архангельск). Средняя высота кустов – 0,8 м (максимальная – 0,9 м), диаметр до 1,2 м. Размеры растений при интродукции выше, чем в природных местообитаниях, что отмечают и другие авторы [10,13]. Форма куста раскидистая, рыхлая. Листья эллиптические или овальные, до 2 см в ширину и до 4 см в длину, осенью приобретают красивую желто-оранжево-красную окраску. Вегетация происходит с 13.05±3 по 05.10±5 дней. Цветки молочно-белого цвета, диаметром до 0,9 см, в густых щитковидных соцветиях диаметром до 5 см на концах побегов. Цветки в щитке раскрываются от центра к периферии. В одном соцветии насчитывается до 70 цветков (фото 4). Цветет в июне-июле, с 18.06±3 по 09.07±7 дня, средняя продолжительность цветения 22 дня. Семена созревают в конце сентября. Зимостойкость I балл. Рекомендуется для одиночных и групповых посадок, низких бордюров.

Фото 4. Spiraea beauverdiana.
Photo 4. Spiraea beauverdiana.

***S. betulifolia* Pall. –** с. березолистная. Растения выращены из семян репродукции Ботанического сада БИН АН СССР им. В.Л. Комарова, г. Ленинград (Санкт-Петербург). Высота кустов до 0,8 м, диаметр – до 1,0 м. Форма кустов шаровидная. Листья от широкоовальных до эллиптических, крупные – до 7 см в длину и до 4 см в ширину, осенью имеют ярко-желтую окраску. Начало вегетации – с 08.05±5, окончание – 01.10±5 дней. Цветки белые с

желтоватым или зеленоватым оттенком, диаметром до 1,0 см, в сложных щитках. Соцветия диаметром до 4 см насчитывают до 30 цветков, расположены на верхушках побегов. Цветет в июне-июле, с 22.06±4 по 09.07±5 дней, средняя продолжительность цветения 19 дней. Семена созревают в начале октября. Зимостойкость I балл. Рекомендуется для одиночных, рядовых и групповых посадок.

***S. corymbosa* Raf. –** с. щитконосная. Ареал вида – Северная Америка. В дендрарии культивируются растения, выращенные из семян репродукции Главного ботанического сада. Высота растений до 0.9 м, диаметр кроны – до 0.8 м. Форма куста шаровидная. Листья от округлых до овальных, до 5 см длиной и до 4 см шириной. Вегетация начинается с 09.05±3, заканчивается 03.10±2 дня. Цветки кремовые или молочно-белые, диаметром до 0,9 см, в щитковидных соцветиях до 6 см в диаметре. В одном соцветии до 60 цветков (фото 5). Цветет в июне, с 18.06±6 по 07.07±5 дней, средняя продолжительность цветения 20 дней. Семена созревают в конце сентября. Зимостойкость I балл. Рекомендуется для групповых посадок.

Фото 5. Spiraea corymbosa.

Photo 5. Spiraea corymbosa.

К секции *Spiraria* Ser. относятся кустарники, цветущие преимущественно в конце лета и осенью. Цветки розовые, пурпуровые или белые, собраны в продолговатые, пирамидальные, цилиндрические или овально-цилиндрические метелки, длина которых почти равна или значительно превосходит ширину. Соцветия развиваются на концах побегов данного года [5]. Кусты указанных видов обычно имеют прямостоячую форму, высотой от 0,8 до 1,8 м. Рост побегов завершается в III декаде июля, продолжительность периода роста побегов от 70 до 75 дней. В условиях дендрария цветут в среднем 1-1,5 месяца, в июле–августе. Ежегодно цветут и плодоносят. Рекомендуются для солитеров, групповых посадок, стриженых изгородей. Наиболее часто в озеленении городов и районов республики используются виды *S. humilis*, *S. salicifolia*.

***S. humilis* A. Pojark. – с**. низкая.В природе она изредка встречается в Якутии, чаще на Дальнем Востоке: в Приморском и Хабаровском краях. Растения данного образца выращены из семян репродукции Архангельского дендросада. Средняя высота растений – 0,8 м (максимальная 0,9 м), что также выше, чем в природных условиях [5,13], диаметр кроны до 0,9 м. Форма куста компактная. Листья широкоэллиптической или яйцевидной формы, длиной до 6 см и шириной до 3 см. Вегетация начинается с 12.05±3 и продолжается до 05.10±4 дней. Цветки яркие светло-розовые, диаметром до 0,7 см. Соцветия – рыхлые овальные или средне-пирамидальные метелки, диаметром до 4 см и длиной до 11 см. Распускание цветков в соцветии – сверху вниз, в одном соцветии до 130 цветков (фото 6). Цветет с конца июня до середины августа, с 28.06±6 по 13.08±7 дней, средняя продолжительность цветения 47 дней. Семена созревают в начале октября. Зимостойкость I балл. Рекомендуется для низких бордюров, групповых посадок.

***S.latifolia* (Ait.) Borkh. –** с. широколистная. В природе растет в Северной Америке. Растения в количестве более 10 экземпляров выращены из семян репродукции Архангельского дендросада. Высота растений до 1,5 м, диаметр кроны до 1,1 м.

Фото 6. Spiraea humilis.

Photo 6. Spiraea humilis.

Форма куста прямостоячая. Листья широкоэллиптические или обратнояйцевидные, до 7 см длиной и 3 см шириной, сизоватые снизу. Растения начинают вегетировать с 12.05±2 и заканчивают 04.10±5 дней. Цветки бледно-розовые, диаметром до 1,0 см. Соцветия крупные, рыхлые широкопирамидальные метелки, диаметром до 8 см и длиной до 14 см, количество цветков в соцветии достигает 180 штук (фото 7). Цветет с середины июля до начала сентября, с 15.07±5 по 03.09±8 дней, средняя продолжительность цветения 55 дней. Семена созревают в начале октября. Зимостойкость I балл. Рекомендуется для живых изгородей.

***S. salicifolia* L. – с**. иволистная. В природе произрастает в Европе, Сибири, на Дальнем Востоке, в Китае, Корее, Японии и на западе Северной Америки. Растения этого образца выращены из семян репродукции Ботанического сада Академии наук Латвийской ССР (г. Рига). Высота растений до 1,7 м, диаметр кроны до 1,2 м. Форма куста прямо-

Фото 7. Spiraea latifolia.
Photo 7. Spiraea latifolia.

стоячая. Листья длинно-эллиптические или широко ланцетные, до 8 см длиной и до 2 см шириной. Вегетация происходит с 08.05±3 по 05.10±5 дней. Цветки насыщенно розового цвета, диаметром до 0,9 см. Соцветия плотные цилиндрические или овально-цилиндрические метелки, диаметром до 4 см, длиной до 9 см. Количество цветков в одном соцветии до 140 штук. Цветет в июле – августе, с 09.07±3 по 14.08±5 дней, средняя продолжительность цветения 37 дней. Семена созревают в начале октября. Зимостойкость I балл. Рекомендуется для групповых посадок.

Виды секций *Calospira* C. Koch. и *Spiraria* Ser. относятся ко второй группе – поздно- или летнецветущим. Их обрезают ежегодно ранней весной, в начале вегетации растений. Побег укорачивают до хорошо развитых почек, удаляя одновременно прошлогодние соцветия. Мелкие и слабые побеги удаляют совсем. После сильной обрезки образуются более мощные побеги. Поскольку растения образуют корневую поросль, они в целом долговечны. После четвертого года можно ежегодно обрезать верхнюю часть на высоте 30 см от земли, либо на желаемую высоту для формирования куста или изгороди. Периодически кусты срезают «на пень» для омоложения.

Обсуждение результатов

Все изученные виды *Spiraea* характеризуются устойчивостью и долговечностью в условиях культуры на Севере, не теряют декоративные качества после многих лет культивирования. Известно, что растения, относительно рано начинающие вегетацию и рано ее заканчивающие, обладают типом сезонного развития, наиболее благоприятным для интродукции на Севере европейской части России, так как температурный фактор здесь находится в минимуме. Этот признак можно использовать при отборе видов, перспективных для интродукции в северном регионе [14]. Растения всех представленных видов *Spiraea* в условиях Ботанического сада начинают вегетировать в I–II декадах мая. Наиболее рано наступает вегетация у «аборигенного вида» *S. media*, что соответствует началу вегетации большинства местных видов. Период от распускания почек до начала роста побегов короткий и составляет 2–5 дней. Все виды заканчивают рост побегов в середине – конце июля. Вегетация заканчивается в конце сентября – начале октября. В среднем период вегетации видов составляет 140–150 дней, что соответствует продолжительности вегетационного периода в районе наблюдений. Своевременное окончание сезонных процессов роста и вегетации обеспечивает высокую зимостойкость изученных видов. Цветение у видов спиреи приходится на летние месяцы, суммарная продолжительность цветения изученных видов составляет почти 100 дней. Самое раннее начало цветения отмечено также у *S. media*, в конце мая у образца 2. Продолжительность цветения видов секции *Chamaedrion* Ser. от 11 до 18 дней, за исключением *S. trilobata,* растянутое цветение у видов секции *Spiraria* Ser. – до двух месяцев. Самое позднее начало и окончание цветения отмечено у *S. latifolia*. Все виды ежегодно плодоносят.

Плоды спиреи – многолистовки (многосемянные листовки), раскрывающиеся вначале по внутреннему, а позднее и по наружному швам. Размеры плодов варьируют незначительно, составляя до 6 мм в длину и до 2 мм в ширину. После просушивания плодов семена легко высыпаются из них. Семена плоские, удлиненные или ланцетовидные, коричневые, мелкие. Размеры семян и их форма отличаются у видов разных секций: самые мелкие, овальной формы семена отмечены у видов секции *Chamaedrion* Ser., длиной до 1,8 мм, шириной до 0,5 мм; у видов из секции *Calospira* C. Koch. семена крупнее, удлиненно-овальной формы, до 2,2 мм длиной и 0,5 мм шириной; самые крупные семена у видов секции *Spiraria* Ser., длиной до 2,7 мм, шириной до 0,4 мм, линейно-ланцетной формы. Известно, что размер семян – довольно стабильный признак, который мало подвержен варьированию при изменяющихся условиях среды [15]. Семена всходят без стратификации. Для получения новых растений предпочтителен весенний посев в ящики в условиях теплицы, поскольку всходы очень мелкие и нежные. В дендрарии у некоторых видов отмечен самосев, наиболее обильный у *S.chamaedryfolia* L., причем под пологом кустов обнаружены сеянцы от самосева различного возраста. Семена созревают и начинают высыпаться через 1,5–2,5 месяца после цветения. Сбор семян проводят, когда листовки уже побурели, но еще не раскрылись. В табл. 2 приведены посевные качества семян видов спиреи.

У растений *S. trilobata* L. всхожесть определить не удалось, так как количество собранных семян в пробе оказалось недостаточно. Хотя семян у растений этого вида образуется мало, они фертильные – в коллекции имеются молодые растения данного вида, выращенные нами из семян собственной репродукции.

Самая высокая всхожесть семян обнаружена у растений *S. corymbosa*, 85–91%, низкая – у семян *S. media* (образец 1), но при этом на второй год хранения она выросла у этого образца почти в два раза (табл. 2). Активное прорастание семян изучен-

Таблица 2

Посевные качества семян видов рода Spiraea (сбор 2013 г.)

Table 2

Sowing qualities of seeds of species of the genus Spiraea (seeds collected in 2013)

Название вида	Всхожесть семян, %		Период прорастания, дни	
	I	II	I	II
Spiraeabea uverdiana	68,3±1,8	77,5±3,5	8-9	7-8
S.betulifolia	72,3±2,0	84,8±3,0	6-7	6-7
S.chamaedryfolia	80,5±1,8	86,5±2,0	8-9	7-8
S.corymbosa	84,5±1,5	91,3±2,0	5-6	5-6
S.humilis	83,5±1,3	90,0±3,0	9-10	8-9
S.latifolia	82,8±1,8	90,3±2,0	7-8	6-7
S.media (о. 1 – Сыктывдинский район)	25,8±1,5	49,8±3,8	9-10	9-10
S. media (о. 2 – Интинский район)	78,7±2,0	84,3±3,0	9-10	9-10
S.salicifolia L.	81,8±1,8	89,8±3,5	9-10	8-9

Примечание: I – через 6 мес. хранения, II – через 18 мес. хранения.

ных видов наблюдалось с 7 по 10 сутки проращивания. Наиболее быстрым и дружным прорастанием характеризовались семена *S. corymbosa*, *S. betulifolia*, *S. latifolia*. Растянутым по времени отмечалось прорастание семян *S. humilis*, *S. media*, *S. salicifolia* (до 10 дней), хотя их всхожесть была также высокой. Несмотря на растянутый период цветения и позднее созревание семян у растений *S. latifolia*, этот вид также характеризуется высокой всхожестью семян. Регулярное плодоношение является важнейшим показателем адаптации интродуцентов к новым условиям произрастания.

Заключение

Изучение особенностей биологии девяти видов спиреи в условиях культуры в среднетаежной подзоне Республики Коми показало, что их сезонный ритм развития соответствует климатическим условиям района интродукции. Исследуемые виды начинают вегетацию в начале – середине мая и заканчивают в конце сентября – начале октября. Растения имеют высокую зимостойкость (I–II балла), что объясняется ранним окончанием роста побегов – в середине – конце июля, и своевременным их одревеснением.

При культивировании видов рода *Spiraea* в Ботаническом саду наблюдалось их ежегодное цветение. Разные виды отличаются по срокам начала и продолжительности цветения, размерам, форме и окраске соцветий. Плодоношение регулярное, с формированием полноценных семян. У большинства видов отмечена высокая всхожесть семян, сохраняющаяся в течение, как минимум, двух лет, от 68 до 91%. Показано также, что на второй год хранения всхожесть семян повысилась в среднем на 7–8%. Биоморфологические показатели семян данных видов рода *Spiraea* L. свидетельствуют о возможности семенного размножения и характеризуют высокую степень приспособленности растений к климатическим условиям Севера.

Все перечисленные выше характеристики: сезонный ритм развития, высокая зимостойкость, декоративные качества, показатели цветения и плодоношения, позволяют рекомендовать изученные виды спирей для использования в декоративном садоводстве северного региона.

Литература

1. *Александрова М.С.* Спиреи. М.: Кладезь-букс, 2009. 32 с.
2. *Мартынов Л.Г.* Особенности роста, развития и зимостойкость некоторых видов Spiraea L. в условиях среднетаежной подзоны Коми АССР // Новые виды растений в культуре на Севере. Сыктывкар, 1980. С. 146–153. (Тр. Коми филиала АН СССР; № 47).
3. *Скупченко Л.А., Скроцкая О.В.* Интродукция видов рода таволга (Spiraea L.) в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми // Создание и сохранение коллекции полезных растений и выявление путей их адаптации к условиям Севера. Сыктывкар, 2006. С. 75–93. (Труды Коми научного центра УрО Российской АН, № 179).
4. *Смирнова З.И., Рябченко М.Г.* Использование декоративных растений рода спирея (Spiraea L.) в озеленении // Проблемы современной дендрологии: Материалы Межд. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР П.И. Лапина. М., 2009. С. 504–508.
5. *Деревья и кустарники СССР*. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. Т. III. М.-Л., 1954. 872 с.
6. *Колесников А.И.* Декоративная дендрология. М., 1974. 703 с.
7. *Флора Северо-Востока* европейской части СССР. Т. III. Л., 1976. 296 с.
8. *Скупченко Л.А., Мишуров В.П., Волкова Г.А., Портнягина Н.В.* Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми (итоги работы Ботанического сада за 50 лет). Т. III. СПб.: Наука, 2003. 213 с.
9. *Зайцев Г.Н.* Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981. 120 с.
10. *Лучник З.И.* Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. М., 1970. 656 с.
11. *Древесные растения* Главного ботанического сада АН СССР. М.: Наука,1975. 547 с.
12. *ГОСТ 13056.6-97.* Семена деревьев и кустарников (Метод определения всхожести). М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. 31 с.
13. *Бонюк З.Г.* Таволги (Spiraea L.). Киев: ВПЦ Киевский университет, 2008. 248 с.
14. *Лапин П.И.* Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюллетень Главного ботанического сада. 1967. Вып. 65. С. 13–18.
15. *Мишуров В.П., Зайнуллина К.С.* Интродукция видов рода кострец на Севере. СПб.: Наука, 1998. 124 с.

References

1. *Aleksandrova M.S.* Spirei [Spiraea]. Moscow: Kladez'-Books, 2009. 32 p.
2. *Martynov L.G.* Osobennosti rosta, razvitija i zimostojkost' nekotoryh vidov Spiraea L. v uslovijah srednetaezhnoj podzony Komi ASSR [The features of growth, development and winter hardiness of some species of Spiraea L. under the conditions of the middle taiga subzone of the Komi ASSR] // Novye vidy rastenij v kul'ture na Severe. [New species of plants in culture in the North]. Syktyvkar, 1980. P. 146–153. (Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, № 47).
3. *Skupchenko L.A., Skrotskaya O.V.* Introdukcija vidov roda tavolga (Spiraea L.) v uslovijah srednetaezhnoj podzony Respubliki Komi [Introduction of species of the genus meadowsweet (Spiraea L.) under the conditions of the middle taiga subzone of the Komi Republic] // Sozdanie i sohranenie kollekcii poleznyh rastenij i vyjavlenie putej ih adaptacii k uslovijam Severa [The creation and preservation of collections of useful plants and identifi-cation of ways of adapting them to the conditions of the North]. Syktyvkar. 2006. (Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, № 179). P. 75–93.
4. *Smirnova Z.I., Ryabchenko M.G.* Ispol'zovanie dekorativnyh rastenij roda spireja (Spiraea L.) v ozelenenii [The using of ornamental plants of the genus Spiraea (Spiraea L.) in landscaping]//Problemy sovremennoj dendrologii [Problems of modern dendrology]: Materials of Inter. Sci. Conf. dedicated to the 100th birth anniversary of P.I.Lapin, USSR Ac. Sci. Corresponding member. Moscow, 2009. P. 504–508.
5. *Derev'ja i kustarniki SSSR.* Dikorastushhie, kul'tiviruemye I perspektivnye dlja introdukcii [Trees and shrubs of the USSR. Wild, cultivated and perspective for the introduction]. Vol. III. Moscow-Leningrad, 1954. 872 p.
6. *Kolesnikov A.I.* Dekorativnaja dendrologija [Decorative dendrology]. Moscow, 1974. 703 p.
7. *Flora Severo-Vostoka* evropejskoj chasti SSSR [Flora of the North-East of the European part of the USSR]. Vol. III. Leningrad, 1976. 296 p.
8. *Skupchenko L.A., Mishurov V.P., Volkova G.A., Portnyagina N.V.* Introdukcija poleznyh rastenij v podzone srednej tajgi Respubliki Komi (itogi raboty botanicheskogo sada za 50 let) [Introduction of useful plants in the middle taiga subzone of the Komi Republic (the outcome of the Botanical Garden for 50 years)]. Vol. III. St.Peterburg: Nauka, 2003. 213 p.
9. *Zaitsev G.N.* Fenologija drevesnyh rastenij [Phenology of woody plants]. Moscow: Nauka, 1981. 120 p.
10. *Luchnik Z.I.* Introdukcija derev'ev i kustarnikov v Altajskom krae [Introduction of trees and shrubs in the Altai region]. Moscow, 1970. 656 p.
11. *Drevesnye rastenija* Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR [Woody plants of the Main Botanical Garden of the Academy of Sciences of the USSR]. Moscow: Nauka, 1975. 547 p.
12. *GOST 13056.6-97.* Semena derev'ev i kustarnikov (Metod opredelenija vshozhesti) [Seeds of trees and shrubs (Method for determination of germination)]. Moscow: IPK Standards Publ., 1998. 31 p.
13. *Bonyuk Z.G.* Tavolgi (Spiraea L.) [Meadowsweet (Spiraea L.)]. Kiev: Kiev Univ., 2008. 248 p.
14. *Lapin P.I.* Sezonnyj ritm razvitija drevesnyh rastenij i ego znachenie dlja introdukcii [Seasonal rhythm of woody plants and its significance for the introduction] // Bull. of the Main Bot. Garden. 1967. Issue 65. P. 13–18.
15. *Mishurov V.P., Zainullina K.S.* Introdukcija vidov roda kostrec na Severe [Introduction of species of the genus Brome in the North]. St.Petersburg: Nauka, 1998. 124 p.

Статья поступила в редакцию 21.11.2016.

УДК 631.445.12 (47)

ОЦЕНКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЗАПАДНОСИБИРСКИХ ТОРФОВ

Л.И. ИНИШЕВА*, С.Г. МАСЛОВ**, Т.В. ДЕМЕНТЬЕВА*, Е.В. ПОРОХИНА*, В.А.ДЫРИН*

** Томский государственный педагогический университет, г. Томск*
***Томский политехнический университет, г. Томск*
inisheva@mail.ru, maslovsg@tpu.ru, agroecol@yandex.ru

Цель данной работы – изучение фракционно-группового состава органического вещества (ОВ), фракционного состава азота торфов и обоснование критериев оценки свойств ОВ торфов. В составе ОВ западносибирских торфов по сравнению с торфами других регионов отмечено повышенное содержание липидов. Общее содержание гумусовых кислот (ГК) в торфах низинного типа возрастает в ряду: травяно-моховая группа – моховая группа – древесная группа – древесно-травяная – травяная группа. Группы торфов низинного типа характеризуются повышенным содержанием азота. Состав азота в торфах подтверждает ведущую роль ботанического состава в распределении азотистых соединений. Проведенный корреляционный анализ показал, что среди всех исследуемых параметров состава ОВ торфов значимыми являются: сумма ГК, содержание липидов, отношение C/N, содержание углеводов. Это дает основание считать их наиболее существенными и рассматривать как возможные параметры агрохимической классификации торфов.

Ключевые слова: **торф, Западная Сибирь, органическое вещество, корреляционный анализ, значимые параметры, классификация торфов**

L.I. INISHEVA, S.G. MASLOV, T.V. DEMENTYEVA, E.V. POROKHINA, V.A. DYRIN. **ESTIMATION OF ORGANIC MATTER OF THE WEST-SIBERIAN PEATS**

The aim of this work is to study the fractional-group composition of peats OM (organic matter), the fractional composition of peat nitrogen and substantiation of criteria for the evaluation of properties of peats OM. For characterization of the composition of peats OM 140 samples were selected. Every type of peat on the botanical composition is represented by peat test sample of 6-19 samples.
In the samples the botanical composition and the degree of peat decomposition [GOST 28245.2-89], ash content [GOST 11306-83], fractional composition of nitrogen according to Shconde-Koroleva method, fractional-group composition of OM according to V.V.Ponomareva and T.A.Nikolaeva were determined.
It was found that in the composition of OM of the West Siberian peats higher content of lipids was noted in comparison with peats from other regions. The total content of humic acids (HA) in low-mire peats increases as follows: grass-moss group – moss group- wood group - wood-grass - grass group. Groups of low-mire peats are characterized by higher content of nitrogen. The composition of nitrogen in peats confirms the leading role of the botanical composition in the distribution of nitrogenous compounds.
Correlation analysis showed that among all the investigated parameters of OM composition of peats significant are: amount of HA, lipid content, ratio C/N, carbohydrate content. This gives grounds to regard them as most significant and to consider them as possible parameters of agrochemical classification of peats.

Keywords: **peat, West Siberia, organic substance, correlation analysis, significant parameters, classification of peats**

Введение

Современная стратегия развития биотехнологий, например, в сельском хозяйстве, была определена А.А. Жученко как химико-техногенная [1]. В результате такой стратегии сельскохозяйственная отрасль, базирующаяся на использовании практически неисчерпаемых и безопасных ресурсов энергии Солнца и атмосферы, превратилась к началу XXI в. в источник загрязнения природной среды

(химические удобрения, пестициды, мелиоранты). На повестке дня стоит задача вернуться к экологически рациональному ведению сельского хозяйства, а с научных позиций – к системной методологии научных исследований, как это отметил Г.П. Гамзиков [2]. Одним из источников природного сырья, позволяющего получить для сельского хозяйства экологически чистую продукцию (ветеринарные препараты для животноводства, биостимуляторы и ростовые вещества, средства защиты растений и др.), является торф [3].

Много внимания торфам и торфяным почвам было уделено В.Н. Ефимовым и его учениками [4,5 и др.]. Важное положение В.Н.Ефимова [6] о том, что разные ботанический состав и экологические условия торфообразования являются основной причиной широкого варьирования химического состава органического вещества торфов, должно получить дальнейшее развитие. Состав и свойства торфов изменяются в широких пределах [7]. Особенности ботанического состава торфов Западной Сибири позволили выделить ряд видов торфа, не встречающихся на Европейской территории России: согровый, лиственничный, пихтовый, осоково-злако-вый, сосново-осоковый и др. [8]. Всего в пределах Западно-Сибирской равнины обнаружено 115 видов торфа, в том числе 74 вида низинного, 25 переходного и 16 верхового типа [9]. Если учесть еще два основных показателя, которые влияют на качество торфа – зольность и степень разложения, то число комбинаций торфа, различающихся по свойствам, уже будет более 3500. Первое и единственное наиболее полное исследование отличий химического состава торфов Западной Сибири от торфов европейского региона России представлено в работе [10]. Так, было выявлено, что западносибирские торфа как верхового, так и низинного типа имеют повышенную зольность, при этом степень их разложения несколько ниже европейских аналогов, что связано с резко континентальными условиями торфообразования и пониженной активностью биохимических процессов.

Исследования фракционно-группового состава органического вещества (ОВ) торфов с учетом ботанического состава малочисленны [6, 11, 12, 13], выполнены с использованием разных методов анализа и не всегда могут быть сравнимы. Слабо изучен вопрос о влиянии ботанического состава на структуру ОВ торфов. Вместе с тем такие исследования представляют значительный интерес с позиций оценки качества торфов и их рационального использования. Поэтому целью данной работы было поставлено изучение фракционно-группового состава ОВ, фракционного состава азота торфов и обоснование критериев оценки свойств ОВ торфов.

Материал и методы

Для характеристики состава ОВ торфов отобрано 140 образцов, принадлежащих к 12 видам, включая все виды представительных для Томской области торфов низинного типа (древесный, древесно-осоковый и древесно-травяной, осоковый, травяной, осоково-гипновый, гипновый), а также репрезентативные виды торфов верхового типа (фускум, комплексный, сфагновый мочажинный, пушицево-сфагновый, шейхцериевый). Каждый вид торфа по ботаническому составу представлен выборкой из 6–19 образцов.

В образцах определяли ботанический состав и степень разложения [ГОСТ 28245.2-89], зольность [ГОСТ 11306-83], фракционный состав азота по методу Шконде-Королевой [14], фракционно-групповой состав углерода по В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой [15].

Результаты исследований

Содержание воскосмол (также битумы или липиды, включающие парафины, воска, смолы, масла и асфальтены) в исследуемых торфах в зависимости от их ботанического состава изменяется в пределах 0,9 – 30,9% от общего углерода (Собщ). По сравнению с липидами, содержащимися в торфах европейской территории (от 1 до 18%) [16], исследуемые торфа более обогащены липидами. Верховые виды торфов содержат их в 1,5 – 2 раза больше, в низинных видах торфов – не более 8,5% липидов в средних значениях. Следует отметить, что в содержании этой фракции наблюдаются наибольшие различия между торфами верхового и низинного типов (табл.1).

Легкогидролизуемый углерод (ЛГ) в исследуемых торфах изменяется в пределах 0,8 – 20,8 % от Собщ. Наименьшее значение определено в низинной древесно-травяной группе, наибольшее – в верховой моховой группе торфов. Торфа травяно-моховой и моховой групп обоих типов имеют содержание ЛГ примерно в два раза выше по сравнению с остальными торфами, что объясняется повышенным содержанием гемицеллюлозы моховых растений торфообразователей. Содержание ЛГ в торфах не зависит от их степени разложения и зольности, что было установлено корреляционным анализом.

Содержание трудногидролизуемого углерода (ТГ) в исследуемых торфах изменяется от 0,9 до 47,0 % от Собщ. Средние значения по группам торфа колеблются в пределах 4,7–14,7%. В целом низким содержанием ТГ веществ характеризуется торф низинного типа, повышенным – торф верхового типа. Если сравнить закономерности содержания ТГ и ЛГ в разных группах торфов, то можно заметить их взаимозависимость. Это и понятно, поскольку как ЛГ, так и ТГ вещества характеризуют обогащенность торфа углеводами. Углеводы усваиваются микрофлорой в первую очередь, и, следовательно, содержание ЛГ и ТГ как параметров, характеризующих доступность микробиологическому разрушению, могут служить критерием оценки качества торфа при его использовании.

Гумусовые вещества – это постоянная составная часть торфа. И в этом заключается принципиальное отличие ОВ торфа от ОВ растений-торфообразователей, в которых гумусовые вещества отсутствуют. Общее содержание гуминовых кислот (ГК) в торфе служит показателем степени гумификации ОВ торфа. Их содержание в торфах

Таблица 1

Содержание отдельных компонентов органического вещества торфов, % от общего углерода

Table 1

Content of separate components of peats organic matter, % from total carbon

Группа, вид торфа	Выборка	Воскосмолы		Сумма гуминовых кислот		Свободные гуминовые кислоты		Легкогидролизуемые вещества	
		экстремумы / среднее	дисперсия	экстремумы / среднее	дисперсия	экстремумы / среднее	дисперсия	экстремумы / среднее	дисперсия
Тип низинный									
Группа древесная	18	3,3-8,5 / 5,8	1,7	17,8-34,4 / 25,0	5,5	2,7-12,0 / 5,6	2,4	3,4-7,9 / 4,7	1,1
Группа древесно-травяная	19	0,9-13,1 / 6,8	2,3	13,0-37,8 / 26,3	7,1	3,3-21,7 / 8,1	5,2	0,8-8,5 / 5,0	1,8
Вид древесно-травяной	14	0,9-13,1 / 6,8	2,7	–	–	3,3-21,7 / 9,3	5,6	–	–
Группа травяная	35	1,9-30,9 / 7,8	4,5	7,0-41,3 / 26,2	6,7	–	–	–	–
Вид травяной	19	1,9-30,9 / 8,5	5,9	19,1-41,3 / 28,1	6,1	3,8-23,3 / 10,0	6,7	2,3-9,5 / 5,4	2,2
Вид осоковый	16	4,5-10 / 7,0	1,7	7,0-32,4 / 24,0	6,8	3,3-9,1 / 5,6	1,8	2,2-12,4 / 7,7	2,7
Группа травяно-моховая	14	4,4-10,5 / 6,7	1,7	5,7-31,5 / 18,9	7,2	2,5-9,0 / 5,2	2,0	6,9-14,5 / 11,1	2,7
Группа моховая (гипновый)	14	4,2-9,2 / 6,1	1,2	9,9-35,6 / 21,2	21,2	1,8-8,4 / 4,3	2,0	7,7-13,5 / 10,5	1,6
Тип верховой									
Группа травяная	4	14,2-21,4 / 17,8	3,0	13,3-30,2 / 21,1	7,2	3,9-14,9 / 9,7	5,3	2,9-8,4 / 5,7	2,8
Вид пушицево-сфагновый	12	7,8-15,6 / 11,5	2,6	7,4-31,8 / 16,8	8,7	2,8-12,6 / 6,6	3,4	6,1-19,2 / 11,0	5,0
Группа травяно-моховая	14	7,8-15,6 / 11,8	2,5	7,4-31,8 / 17,0	8,3	2,8-12,6 / 6,6	3,3	6,1-19,2 / 10,5	4,8
Группа моховая	19	5,4-25,1 / 11,6	4,5	5,2-32,1 / 14,0	6,3	2,2-10,7 / 5,5	2,3	6,2-20,8 / 13,7	4,0
Вид фускум	6	5,4-15,7 / 10,3	4,7	5,2-13,9 / 10,9	3,1	2,2-5,3 / 4,1	1,1	6,2-14,0 / 11,9	3,0
Вид комплексный	8	8,4-14,9 / 11,7	2,5	7,4-22,7 / 15,4	5,7	3,4-10,7 / 6,5	2,9	7,3-17,3 / 12,5	2,9

“–“ – нет данных

изменяется от 5,2 до 41,3% от Собщ. Степень варьирования этого показателя составляет: 22 – 36% для торфов низинного типа и 28 – 52% – для торфов верхового типа. Максимальное содержание ГК отмечается в низинной древесно-травяной и травяной группах торфов, в которых средняя степень разложения достигает 26 – 31%. Особенно высоким средним содержанием ГК отличаются торфа низинной травяной группы. Из этой закономерности выпадает осоковый торф, в котором при достаточно высокой степени разложения (27,5%) среднее содержание ГК значительно ниже среднего значения для травяной группы и не превышает 24%. Это под-тверждает ведущую роль растений-торфообразова-телей при трансформации растительных остатков, в частности, гумификации. По-видимому, доля веществ, из которых в дальнейшем образуются гуминовые кислоты, в составе растительных остатков осоки ниже, чем в других видах торфов травяной группы.

Для низинной травяно-моховой и моховой групп характерно невысокое содержание ГК – в среднем 19,9–21,1% , что, очевидно, обусловлено влиянием моховых торфообразователей. Отсюда можно предположить, что в низинном типе торфа общее содержание ГК в большей степени определяется ботаническим составом, чем степенью разложения торфа.

Представляет интерес изучение особенностей распределения отдельных фракций ГК в зависимости от ботанического состава торфа. Во фракциях ГК исследуемых торфов на долю первой фракции (ГК1) приходится около 30 %, на долю второй (ГК2) – до 10, на долю третьей фракции (ГКЗ) – 60 %. ГК1 определяет “актуальную” физиологическую активность торфов, поэтому остановимся на анализе этой фракции.

Содержание свободных ГК1 в торфах изменяется в широких пределах (табл.1). Низинный торф содержит больше ГК1, чем верховой. Исключение составляет верховой шейхцериевый торф. Заслуживают внимание близкие средние значения содержания ГК1 в моховых торфах верхового и низинного типов и травяно-моховых торфах обоих типов. Это свидетельствует о том, что накопление данной фракции ГК не связано с трофностью сре-

ды, в которой происходит образование торфа, а обусловлено иными причинами, например, исходным составом растительных остатков или особенностями водного режима болотного фитоценоза, отлагающего данный торф.

Выше приведенные результаты позволяют отметить своеобразие ОВ западносибирских торфов. Особое место занимает верховой шейхцериевый торф с максимальной для типа степенью разложения. Его фракционный состав существенно отличается от торфов верхового типа повышенным содержанием ГК и низким – углеводов при высоких значениях липидов. Торф верховой моховой группы с самой низкой степенью разложения имеет самое низкое содержание ГК и самое высокое – углеводов при среднем содержании свободных ГК и высоком содержании липидов. Торф верховой травяно-моховой группы по составу ОВ занимает промежуточное положение. Для торфов низинного типа характерно повышенное содержание ГК и пониженное – липидов, однако в целом содержание липидов в западносибирских торфах намного выше, чем в аналогичных торфах европейской территории России.

Вместе с тем необходимо учитывать, что интенсивность микробиологической деструкции ОВ торфов зависит также от содержания валового азота и доступности микрофлоре азотных соединений. Фракционный состав азотного фонда торфов и торфяных почв изучали многие ученые [11, 17–20 и др.]. На долю самых устойчивых компонентов ОВ торфов, гумусовых кислот и лигнина приходится соответственно 40–50 % и 23–34% валового азота [21]. На высокую устойчивость азота в целом в почвах Западной Сибири указывают Т.П. Славнина и Г.П.Гамзиков [22,23].

Рассмотрим фракционный состава азота. Абсолютные величины содержания фракций (в мг/кг) на абсолютно сухое вещество (а.с.в) торфа характеризуют общие запасы азота каждой фракции, а доля каждой из фракций в общем азоте (% от Nобщ) позволяет оценить степень устойчивости азотных соединений к биохимической деструкции. Для краткости изложения соответствующие показатели будем называть абсолютным и относительным содержанием формы азота. В исследуемых торфах общее содержание азота изменяется в пределах 0,5–3,2 %. Низинный тип торфа содержит 0,7–3,2%, верховой 0,5–2,1%. Наиболее обогащена азотом низинная травяная группа торфов (в среднем 2,2%), затем следует древесная (1,9%) и моховая (1,4%). Низинные древесно-травяная и травяно-моховая группы торфов занимают промежуточное положение. В верховых торфах содержание общего азота намного меньше (табл. 2).

Минеральные соединения азота, имеющие максимальную подвижность и являющиеся непосредственным источником азотного питания растений, составляют 1–2% от общего азота в низинных и 1,5–8% в верховых торфах и обычно не превышают 100 мг/кг а.с.в. Причем величины среднего содержания минерального азота по группам торфов разного ботанического состава не различаются. Минеральный азот представлен в основном аммиачными и нитратными соединениями, для которых характерна значительная сезонная изменчивость, и поэтому не может рассматриваться как параметр, связанный с генезисом торфа.

Относительное содержание легкогидролизуемого азота (Nлг) составляет в среднем 9,8% для низинного типа торфов и 8,5% – для верхового. Различия интервалов варьирования (соответственно 0,5–28,8% и 0,7–18,0%) и средних значений по типам торфов несущественны, в то время как группы торфов разного ботанического состава имеют более выраженные различия. Самым низким относительным содержанием Nлг выделяется фускум-торф в верховом типе и осоковый торф в низинном типе. Самое высокое значение этого показателя имеет торф низинной моховой группы, а также торф травяно-моховых групп обоих типов. Это характеризует их азот потенциально более подвижным.

Абсолютное содержание Nлг изменяется от 6 до 429 мг/кг. Общие закономерности в его изменении аналогичны изменениям содержания Nлг, хотя торфа разных типов по средним значениям Nлг различаются более существенно. Низинный торф в среднем содержит 185,1, а верховой торф – всего 105 мг/кг. Особенно низким содержанием Nлг выделяется фускум-торф – не более 64 мг/кг. Однако есть и некоторые отличия. Несмотря на более низкую долю Nлг в торфах верховой травяной группы по сравнению с торфами верховой травяно-моховой группы, по абсолютному содержанию Nлг торфа верховой травяной группы существенно превышают его содержание в травяно-моховой группе торфов. Среднее содержание Nлг по этим группам составляет соответственно 147 и 127 мг/кг. Среди торфов низинного типа высоким содержанием Nлг отличается торф травяной группы – в среднем 221 мг/кг, в то время как его доля в общем азоте для травяной группы – наименьшая в низинном типе. Близким содержанием Nлг характеризуются торфа моховой и древесной групп, в то время как по относительному содержанию этой фракции торфа низинной моховой группы существенно превосходят древесную, что выделяет его азот как более доступный.

Таким образом, содержание Nлг в торфе, выраженное в абсолютных и относительных величинах, дает разное представление об уровне содержания азотных соединений, составляющих ближний резерв азота, и по-разному отражает закономерности его распределения в зависимости от ботанического состава. Наиболее подвижен азот торфов низинной моховой группы, наименее – верховой моховой.

Трудногидролизуемый азот в средних значениях составляет 5,2–9,4 % от Nобщ, уступая по содержанию Nлг. Существенных различий в содержании Nтг по типам торфов не выявлено, однако для торфов низинного типа характерен больший разброс данных, о чем свидетельствует и величина коэффициента вариации. Верховые торфа отлича-

Таблица 2

Фракционный состав азота в торфах разного ботанического состава, % от общего азота

Table 2

Fractional structure of nitrogen in peats with different botanical composition,% from total nitrogen

Группа, вид торфа	Выборка	Общий азот		Легкогидролизуемый азот, % от общего		Трудногидролизуемый азот, % от общего		Негидролизуемый азот, % от общего		C/N*
		экстремумы / среднее	дисперсия	экстремумы / среднее	дисперсия	экстремумы / среднее	дисперсия	экстремумы / среднее	дисперсия	
Тип низинный										
Группа древесная	18	1,5-2,8 / 1,9	0,3	5,5-14,0 / 9,0	1,9	1,5-18,2 / 8,2	3,9	66,9-89,4 / 80,8	5,2	23,8
Группа древесно-травяная	19	0,9-2,8 / 2,0	0,5	2,5-15,5 / 8,8	2,9	0,4-17,9 / 6,1	4,7	65,1-90,7 / 83,5	5,9	20,3
Вид древесно-травяной	14	1,1-2,8 / 2,0	0,5	5,1-15,5 / 9,1	2,6	0,4-17,9 / 6,0	5,4	65,1-90,7 / 83,2	6,9	20,9
Группа травяная	35	0,9-3,2 / 2,2	0,4	3,0-18,0 / 9,2	2,8	0,6-12,1 / 5,7	2,7	74,7-90,1 / 83,5	3,6	19,3
Вид осоковый	16	0,8-2,8 / 2,1	0,5	4,6-14,0 / 8,6	2,5	1,0-12,1 / 6,3	2,7	78,1-88,9 / 83,7	4,0	19,9
Вид травяной	19	1,5-3,2 / 2,2	0,4	3,0-18,0 / 9,6	3,1	0,6-10,8 / 5,2	2,8	74,7-90,1 / 83,4	4,0	18,7
Группа травяно-моховая	14	0,7-2,9 / 1,7	0,75	0,5-28,4 / 10.3	6,3	2,6-13,7 / 6,5	3,7	55,9-90,3 / 81,2	8,3	22,1
Группа моховая (гипновый)	14	0,7-2,3 / 1,4	0,5	7,1-2,8 / 13,4	6,1	0,6-14,8 / 9,4	4,3	50,6-90,6 / 75,1	10,8	26,6
Тип верховой										
Вид шейхцериевый	4	1,9-2,1 / 1,9	0,1	5,9-9,0 / 7,4	1,2	4,7-6,9 / 5,8	0,9	84,0-87,8 / 85,0	1,8	26,8
Вид пушицево-сфагновый	12	0,5-2,0 / 1,2	0,4	3,5-1,0 / 11,0	3,7	1,9-14,4 / 6,6	3,8	53,5-91,0 / 75,1	9,5	48,1
Группа травяно-моховая	14	0,5-2,0 / 1,2	0,4	3,5-1,0 / 10,3	3,9	1,9-14,4 / 6,6	3,6	53,7-91,0 / 76,4	9,4	46,0
Группа моховая	19	0,5-1,9 / 1,0	0,4	0,7-17,7 / 7,5	3,5	3,6-11,7 / 6,7	2,4	72,4-85,8 / 80,4	4,0	56,3
Вид фускум	6	0,5-0,8 / 0,6	0,1	0,7-11,0 / 6,1	3,4	4,8-11,7 / 8,7	2,6	76,2-85,8 / 79,5	3,6	77,6
Вид комплексный	8	0,6-1,9 / 1,1	0,4	3,4-17,7 / 9,2	4,6	3,6-10,3 / 6,4	2,1	72,4-84,0 / 79,5	4,9	51,7

* – отношение углерода к азоту.

ются близкими средними значениями Nтг. В торфах низинного типа прослеживается увеличение доли Nтг от травяной группы к древесной и моховой. Низинная древесная группа торфов обладает самым высоким содержанием азота как в относительном, так и в абсолютном выражениях, достигая максимальных величин – 391 мг/кг.

Преобладающим соединением азота в исследуемых торфах является очень стойкая фракция негидролизуемого азота, достигающая 50,6–91,0 % от общего азота в разных торфах. Высокий процент негидролизуемой фракции определяется преобладанием среди азотсодержащих веществ торфов малоподвижных, труднодоступных растениям и микроорганизмам соединений, прежде всего, гумусовой природы.

Абсолютное содержание негидролизуемого азота изменяется в пределах 292–2499 мг/кг. Пониженным содержанием негидролизуемого азота отличаются моховая и травяно-моховая группы торфов обоих типов. Самое низкое абсолютное содержание негидролизуемого азота характерно для торфов верховой моховой и травяно-моховой групп (837–1005 мг/кг). К этому же уровню приближается низинный торф моховой группы – в среднем 1094 мг/кг. Травяные группы обоих типов имеют наибольшее абсолютное содержание негидролизуемого азота – в среднем 1689–1897 мг/кг. Выявляется общая закономерность: моховые торфа содержат меньше негидролизуемого азота, чем травяные, а верховые – меньше, чем низинные.

Особого внимания заслуживает степень обогащенности ОВ азотом, оцениваемая по величине C/N, поскольку известно, что она указывает на биохимическую устойчивость ОВ. Согласно Т.Т.Ефремовой [13], при C/N более 14 торфяные почвы характеризуются очень низкой биохимической устойчивостью, в этом случае самая слабая обогащенность торфа азотом отмечается для верховой моховой группы торфов (в среднем 56), самая высокая – для низинной травяной группы (C/N 19; табл. 2). Еще более резко выражены межвидовые различия: фускум-торф в среднем имеет отношение C/N 11,6; низинный осоковый торф – 18,7. В целом, вер-

ховой торф имеет более широкое отношение C/N, чем низинный торф, а моховая группа больше, чем травяная.

О существовании связей между отдельными свойствами торфов известно давно. Наиболее полные исследования корреляционных связей между свойствами торфов были проведены И.И.Лиштваном и Н.Т.Королем [24]. Этими авторами были исследованы корреляционные связи между 25 характеристиками торфов. Результаты послужили основой для разработки используемой в настоящее время промышленной классификации торфяного сырья [25], а также методики расчета отдельных свойств торфа по его ботаническому составу на основе уравнений регрессии [26]. Были выявлены наиболее существенные параметры ОВ торфа, на основе которых возможно классифицировать торф по агрохимическому качеству. С этой целью выполнен корреляционный анализ для определения функциональных связей между переменными, характеризующими состав ОВ торфа. В расчет были включены все 140 образцов торфов по 38 признакам, характеризующим фракционный состав углерода, азота, а также общетехнические и агрохимические свойства торфов. Степень сопряженности между признаками оценивали по коэффициентам детерминации, достоверность коэффициента корреляции – с помощью критерия Стьюдента.

Проведенный корреляционный анализ показал, что содержание групп ОВ, определенное с использованием метода Пономаревой-Николаевой [15], в целом имеет те же закономерности, что и описанные И.И. Лиштваном и Н.Т.Королем [24] с использованием метода Инсторфа группового анализа ОВ. Большинство выявленных связей имеют низкие коэффициенты корреляции; зависимости для верховых и низинных торфов различаются. Расчеты показали, что среди всех исследуемых параметров состава ОВ относительно независимыми друг от друга и влияющими на значения других свойств торфов являются следующие: сумма ГК, содержание липидов, отношение C/N, содержание углеводов.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что по сравнению с торфами других регионов в составе ОВ западносибирских торфов отмечено повышенное содержание липидов. Общее содержание ГК в торфах низинного типа возрастает в ряду травяно-моховая группа – моховая группа – древесная группа – древесно-травяная – травяная группа. Группы торфов низинного типа характеризуются повышенным содержанием азота. Анализ состава азота в торфах подтверждает ведущую роль ботанического состава в распределении азотистых соединений по фракциям, на что ранее указывали В.Н.Переверзев [27] и др. Выявленные различия фракционного состава азота характеризуют разную подвижность и гидролизуемость азотсодержащих соединений торфов разного ботанического состава и в общих чертах согласуются с различиями фракционно-группового состава ОВ. Среди верховых торфов выделяется шейхцериевый вид, который обогащен азотом. По фракционному составу азота шейхцериевый торф приближается к низинным видам торфов.

Проведенный корреляционный анализ показал, что среди всех исследуемых параметров состава ОВ торфов значимыми являются: сумма ГК, содержание липидов, отношение C/N, содержание углеводов. Это дает основание считать их наиболее существенными и рассматривать как возможные параметры агрохимической классификации торфов.

Сибирь могла бы стать мировым экспортером торфяной продукции, так как она представляет собой крупнейший регион мира по торфу – 39% мировых запасов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ №174).

Литература

1. *Жученко А.А.* Сельское хозяйство XXI века// Агрохимический вестник. 1998. № 3. С.24–35.
2. *Гамзиков Г.П.* Системный комплексный подход в агрохимических исследованиях биогенных элементов в агроценозах (на примере азота)// Агрохимия. 2014. № 8. С. 3–16.
3. *Савельев В.М.* Состояние торфяной отрасли и перспективы развития // Торфяная отрасль России на рубеже XXI века: проблемы и перспективы. Тверь, 1999.С. 122–130.
4. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат, 1986. 264 с.
5. *Ефимов В.Н., Лунина Н.Ф.* Изменение состава органического вещества торфяных почв за 70 лет сельскохозяйственного освоения // Почвоведение. 1986. №7. С.79–88.
6. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы. М.: Россельхозиздат, 1980. 120 с.
7. *Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А.* Физика и химия торфа. М.: Недра, 1989. 304 с.
8. *Торфяные ресурсы мира* / В.В.Марков, А.С. Оленин, Л.А. Оспенникова, Е.И. Скобеева, П.И. Хорошев. М.:Наука, 1988. 384 с.
9. *Классификация торфов* и торфяных залежей Западной Сибири/П.Г.Матухин, В.Г.Матухина, И.П.Васильев, Л.С.Михантьева, Г.И.Попова, В.Д.Марков, Л.А.Оспенникова, Л.И.Скобеева // Проблемы комплексного изучения, рационального использования, структура геологической службы по торфу и сапропелю. Н.Новгород, 1999. С.141–146.
10. *Классификация растительного* покрова и видов торфа Центральной части Западной Сибири/ Мингео РСФСР, трест "Геолторфразведка". М., 1975. 150 с.
11. *Широких П.С.* Органическое вещество и соединения азота в низинных торфяных почвах с различным ботаническим составом // Сиб. вестник сельскохозяйственной науки. 1981. № 1. С.16–20.
12. *Бамбалов Н.Н.* Минерализация и трансформация органического вещества торфяных почв

при их сельскохозяйственном использовании (на примере торфяных почв Белоруссии): дис... д-ра с.-х. наук. Минск, 1983. 497 с.
13. *Ефремова Т.Т.* Гумус и структурообразование в лесных торфяных почвах Западной Сибири: автореф. дис ... д-ра биол.наук. Новосибирск, 1990. 48 с.
14. *Замятина Б.Б.* Методы определения азота в почве // Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С.94–95.
15. *Пономарева В.В., Николаева Т.А.* Методы изучения органического вещества в торфоболотных почвах//Почвоведение. 1961. № 5. С. 88–95.
16. *Каталог образцов* торфа и сапропеля коллекции треста "Геолторфразведка". М., 1974. 400 с.
17. *Маль С.С.* Углеводы и азотсодержащие вещества торфа. Минск: Наука и техника, 1982. 231 с.
18. *Ефимов В.И., Царенко В.П.* Органическое вещество и азот торфяных почв// Почвоведение. 1992. № 10. С.40–48.
19. *Бамбалов Н.Н., Янковская Н.С.* Фракционный состав азотного фонда органических удобрений и растений-торфообразователей // Агрохимия. 1994. № 7–8. С. 55–62.
20. *Синькевич Е.И.* Ресурсы азота осушаемых торфяных почв Европейского Севера // Почвоведение. 1997. № 2. С. 240–246.
21. *Ефимов В.И., Царенко В.П.* Органическое вещество и азот торфяных почв// Почвоведение. 1992. № 10. С.40–48.
22. *Славнина Т.П.* Азот в почвах элювиального ряда. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1978. 391 с.
23. *Гамзиков Г.П.* Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: СО РАСХН, 2013. 790 с.
24. *Лиштван И.И., Король Н.Т.* Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 320 с.
25. *Торфяные ресурсы СССР.* М.: Мингео РСФСР, 1982. 352 с.
26. *Методические указания* по анализу торфа и торфяной продукции. Л., 1980. 82 с.
27. *Переверзев В.Н.* Биохимия гумуса и азота почв Кольского полуострова. Л., 1987. 303 с.

References

1. *Zhuchenko A.A.* Sel'skoe xozyajstvo XXI veka [Agriculture of the XXI century] // Agroximicheskij vestnik [Agrochemical Bull.]. 1998. No. 3. P. 24–35.
2. *Gamzikov G.P.* Sistemny'j kompleksny'j podxod v agroximicheskix issledovaniyax biogenny'x e'lementov v agrocenozax (na primere azota) [System integrated approach in agrochemical research of biogenic elements in agrocenoses (on the example of nitrogen)] // Agrohimiya [Agrochemistry]. 2014. No. 8. P. 3–16.
3. *Savelyev V.M.* Sostoyanie torfyanoj otrasli i perspektivy' razvitiya [The state of the peat industry and prospects of development]// Torfyanaya otrasl' Rossii na rubezhe XXI veka: problemy' i perspektivy' [Peat industry in Russia at the turn of the XXI century: problems and prospects]. Tver, 1999. P. 122-130.
4. *Efimov V.N.* Torfyany'e pochvy' i ix plodorodie. [Peat soils and their fertility]. Leningrad: Agropromizdat, 1986. 264 p.
5. *Efimov V.N., Lunina N.F.* Izmenenie sostava organicheskogo veshhestva torfyany'x pochv za 70 let sel'skoxozyajstvennogo osvoeniya [Changes in the composition of organic matter of peat soils for 70 years of agricultural reclamation]// Pochvovedenie [Eurasian soil Science]. 1986 . No. 7. P. 79–88.
6. *Efimov V.N.* Torfyany'e pochvy' [Peat soils]. Moscow: Rosselkhozizdat, 1980. 120 p.
7. *Lishtvan I.I., Bazin E.T., Gamayunov N.I., Terentyev A.A.* Fizika i ximiya torfa [Physics and chemistry of peat] Moscow: Nedra, 1989. 304 p.
8. *Markov V.V., Olenin A.S, Ospennikova L.A., Skobeeva E.I., Khoroshev P.I.* Torfyany'e resursy' mira [Peat resources of the world]. Moscow:Nauka, 1988. 384 p.
9. *Matukhin P.G., Matukhina V.G., Vasilyev I.P., Mikhantyeva L.S., Popova G.I., Markov V.D., Ospennikova L.A., Skobeeva L.I.* Klassifikaciya torfov i torfyany'x zalezhej Zapadnoj Sibiri [Classification of peats and peat deposits of West Siberia]// Problemy' kompleksnogo izucheniya, racional'nogo ispol'zovaniya, struktura geologicheskoj sluzhby' po torfu i sapropelyu [Problems of integrated study, rational use, structure of the geological survey on peat and sapropel]. N.Novgorod, 1999. P.141–146.
10. *Klassifikaciya rastitel'nogo* pokrova i vidov torfa Central'noj chasti Zapadnoj Sibiri [Classification of vegetation cover and types of peat in the Central part of West Siberia] / Mingeo RSFSR, trest "Geoltorfrazvedka". Moscow, 1975. 150 p.
11. *Shirokikh P.S.* Organicheskoe veshhestvo i soedineniya azota v nizinny'x torfyany'x pochvax s razlichny'm botanicheskim sostavom [Organic matter and nitrogen compounds in eutrophic peat soils with different botanical composition]// Sib.Vestnik s-x nauki [Siberian Bull. of Agricultural Science]. 1981. No. 1. P. 16–20.
12. *Bambalov N.N.* Mineralizaciya i transformaciya organicheskogo veshhestva torfyany'x pochv pri ix sel'skoxozyajstvennom ispol' zovanii (na primere torfyany'x pochv Belorussii) [Mineralization and transformation of organic matter of peat soils in agricultural use (on the example of peat soils of Belarus)]. Diss. ... Dr.Sci. (Agriculture). Minsk, 1983. 497 p.
13. *Efremova T.T.* Gumus i strukturoobrazovanie v lesny'x torfyany'x pochvax Zapadnoj Sibiri [Humus and structure formation in forest peat soils of West Siberia]: Abstract of Diss. ... Dr. Sci. (Biology). Novosibirsk, 1990. 48 p.
14. *Zamyatina B.B.* Metody' opredeleniya azota v pochve [Methods for determination of nitrogen in soil] // Agroximicheskie metody' issledovaniya pochv [Agrochemical methods of soil investigation]. Moscow: Nauka, 1975. P. 94–95.
15. *Ponomareva V.V., Nikolaeva T.A.* Metody' izucheniya organicheskogo veshhestva v torfo-bo-

lotny'x pochvax [Methods of studying organic substance in peat-bog soils] // Pochvovedenie [Eurasian soil Science]. 1961. No. 5. P. 88–95.
16. *Katalog obrazcov* torfa i sapropelya kollekcii tresta "Geoltorfrazvedka" [Catalogue of samples of peat and sapropel of collection of "Geoltorfrazvedka" (Peat Geological Exploration) trust]. Moscow, 1974. 400 p.
17. *Mal' S.S.* Uglevody' i azotsoderzhashhie veshhestva torfa [The carbohydrates and nitrogen-containing substances of peat]. Minsk: Nauka i tehnika [Science and technology], 1982. 231 p.
18. *Efimov V.I., Tsarenko V.P.* Organicheskoe veshhestvo i azot torfyany'x pochv [Organic matter and nitrogen in peat soils] // Pochvovedenie [Eurasian soil Science]. 1992. No. 10. P. 40–48.
19. *Bambalov N.N., Yankovskaya N.S.* Frakcionny'j sostav azotnogo fonda organicheskix udobrenij i rastenij-torfoobrazovatelej [Fractional composition of nitrogen fund of organic fertilizers and peat-forming plants] // Agrohimiya [Agrochemistry]. 1994. No. 7–8. P. 55–62.
20. *Sin'kevich E.I.* Resursy' azota osushaemy'x torfyany'x pochv Evropejskogo Severa [The resources of nitrogen in drained peat soils of the European North] // Pochvovedenie [Eurasian soil Science]. 1997. No. 2 . P. 240–246.
21. *Efimov V.I., Tsarenko V.P.* Organicheskoe veshhestvo i azot torfyany'x pochv [Organic matter and nitrogen in peat soils] // Pochvovedenie [Eurasian soil Science]. 1992. No. 10. P. 40–48.
22. *Slavnina T.P.* Azot v pochvax e'lyuvial'nogo ryada [Nitrogen in soils of eluvial range]. Tomsk: Tomsk Univ. Publ., 1978. 391 p.
23. *Gamzikov G.P.* Agroximiya azota v agrocenozah [Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses]. Novosibirsk, Russian Acad. of Agricult. Sci., Siberian Branch, 2013. 790 p.
24. *Lishtvan I.I., Korol' N.T.* Osnovny'e svojstva torfa i metody' ih opredeleniya [Basic properties of peat and methods for their determination]. Minsk: Nauka i tehnika [Science and technology], 1975. 320 p.
25. *Torfyany'e resursy'* SSSR [Peat resources of the USSR]. Moscow: Mingeo RSFSR, 1982. 352 p.
26. *Metodicheskie ukazaniya* po analizu torfa i torfyanoj produkcii [Methodical instructions on peat analysis and peat products]. Leningrad, 1980. 82 p.
27. *Pereverzev V.N.* Biohimiya gumusa i azota pochv Kol'skogo poluostrova [Biochemistry of humus and nitrogen in soils of the Kola peninsula]. Leningrad, 1987. 303 p.

Статья поступила в редакцию 04.05.2016.

УДК 591.1:577.12.056.017.64:636.52

ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРЫ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ ОБЩИХ ЛИПИДОВ У БРОЙЛЕРНЫХ КУР

Е.А. КОЛЕСНИК

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, Уральский филиал, г. Челябинск
evgeniy251082@mail.ru

Представлены результаты кластерного анализа модели взаимосвязей в изменениях концентраций триглицеридов, неэтерифицированных жирных кислот, общего холестерина, неэтерифицированного холестерина, этерифицированного холестерина и фосфолипидов, определяемых методом тонкослойной хроматографии в сыворотке крови (в ммоль/л) бройлерных кур *Gallus gallus* (Linnaeus, 1758) кросса Hubbard F15 в раннем постнатальном онтогенезе (P1, P7, P23, P42). Отмечена гомеостатическая роль функциональных соотношений неэтерифицированных жирных кислот и фосфолипидов у цыплят-бройлеров в технологической среде жизнедеятельности.

Ключевые слова: **общие липиды, неэтерифицированные жирные кислоты, фосфолипиды, кластерный анализ, гомеостазис, бройлерные цыплята**

E.A. KOLESNIK. CHARACTERISTICS OF CLUSTER STRUCTURE OF THE AGE DYNAMICS OF COMMON LIPIDS IN BROILER CHICKENS

Presented are the results of the study by the method of cluster analysis of the model of relationships in changes of concentrations of triglycerides (TG), non-esterified fatty acids (NEFA), total cholesterol (TC), non-esterified cholesterol (NEC), esterified cholesterol (EC) and phospholipids (PL) defined by the thin layer chromatography method in blood serum (in mmol/L) of broiler chickens *Gallus gallus* (Linnaeus, 1758) of cross Hubbard F15 in the early postnatal ontogenesis (P1, P7, P23, P42) as well as with the calculation of their relations: $\frac{EC}{NEC}$, membrane pool of cholesterol: $\frac{NEC}{PL}$, $\frac{PL}{NEFA}$ and the calculation of metabolic potential of non-esterified fatty acids ($PM_{(NEFA)}$) according to the following proportional formula in conventional units:

$$PM_{(NEFA)} = \frac{(\frac{EC}{NEC}) + (TG + PL)}{NEFA} \times 100\% \cdot$$

Thus, during the age period P1 – P42 two centroids of linkage in the cluster, or the center of gravity of the correlation weight relationship of the elements constituting the cluster – phospholipids and non-esterified fatty acids which are known as binders of lipids metabolism and lipoproteins are identified. In the pool of total cholesterol the unesterified cholesterol is determined by integrating form. As a result, it was found that on the background of relatively stable dynamics of the values EC and TG the concentration of NEFA increased, therefore in P1 – P42 in broiler chickens physiological adaptation processes occurred. Thus, despite the active synthetic reactions from P1 with a peak to P23 (from P7 to P23 for EC/NEC increased by 71%, $P<0,01$; from P1 to P23 $PM_{(NEFA)}$ increased by 318%, $P<0,001$) in the implementation of the highest body weight gain and adaptations of the studied interval P1 – P42, at the age of P23 membrane cholesterol pool comes to stabilize. To summarize it can be generalized that during adaptogenesis in the transition of the biosystem from entropy to negentropy or from necessary disorder to ordering (adaptation) with the final stabilization of the concentrations of the major metabolic elements and energy, in response to the regular influence of dissimilar conditions of exogenous environment – a temporarily (time spent on the adaptive reactions) increasing number of freedom degrees provides an increase of capabilities of the organism to complementarily react to permanent impact of environmental factors, that is, to sum it up, to physiologically adapt to the conditions of life.

Thus, the role of functional interrelations of total lipids in adaptive homeostasis of broiler chickens in the technological environment of vital activity has been characterized.

Keywords: **total lipids, non-esterified fatty acids, phospholipids, cluster analysis, homeostasis, broiler chickens**

Введение

Адаптационные способности организма можно охарактеризовать уровнем реализации метаболитно-энергетических возможностей, обеспечивающих: а) фактическое сохранение гомеостазиса за счёт удовлетворения витальных потребностей и компенсаторных реакций, которые являются следствием взаимодействия организма с факторами среды жизнедеятельности; б) резервное аккумулирование трофических ресурсов, дающих основу пролонгации гомеостаза [1– 4].

Так, неонатальный онтогенез организма кур-бройлеров *Gallus gallus* (Linnaeus, 1758), происходящий в вынужденном балансировании между конституциональными стратегиями адаптации к технологической окружающей среде и сравнительно дискретной совокупностью процессов гипертрофированного роста и условно нормального развития [3, 5, 6], в качестве энерго-пластических субстратов и сигнально-гуморальных факторов существенно задействует классы липидов и их производные [6–8]. Среди них наибольшее клиническое значение получили неэтерифицированные жирные кислоты – как биохимические маркёры физиологического состояния [9, 10], так и непосредственно продуктивности животного организма [6, 11]. Подклассы фосфолипидов – маркёры напряжённости и эффективности метаболизма [6, 8], обеспеченности макроэргическими молекулами аденозиндифосфата и аденозинтрифосфата (АТФ) вследствие регуляторной роли кардиолипинов и фосфатидилинозитолов в синтетической окислительно-восстановительной цепи митохондрий [12, 13], а также пропорциональные соотношения неэтерифицированных жирных кислот, фосфолипидов, форм холестерина и триглицеридов – показатели физиологических, патологических и промежуточных, зависящих от нормы реакции основ адаптогенеза, процессов в организме [12, 14].

При этом среди позвоночных животных в физиолого-биохимических процессах обмена веществ липиды имеют особое значение для класса птиц. В эмбриональном периоде пернатых они являются основным питательным запасом, обеспечивающим организм энергией, пластическими элементами и на первые сутки постнатального онтогенеза вплоть до полной атрезии желточного мешка. Немаловажна роль неэтерифицированных жирных кислот в сохранении гомойотермности птиц, так как данные липиды служат основным источником энергии окислительно-восстановительных процессов метаболизма, и таким образом участвуют в поддержании гомеостазиса развивающегося организма животных [5].

Поэтому актуальными являются вопросы особенностей динамики липидов в ходе роста и развития птицы. Репрезентативным модельным объектом для данных исследований могут служить бройлерные цыплята, ведущие свою жизнедеятельность в относительно искусственных условиях окружающей среды [3, 5].

Необходимо отметить, что в биологических, экологических и медицинских изысканиях такой метод вариационной статистики, как кластерный анализ, позволяет наиболее наглядно отразить результаты исследования, даёт возможность иерархической классификации полученных данных, исходя из математических эвклидовых корреляционных связей. По данным авторов [9, 15–17], многомерный математический метод кластерного анализа служит кибернетическим алгоритмом распознавания иерархической структуры соотношений циркулирующих метаболитов. То есть является инструментарием для установления возможных причинно-следственных взаимосвязей с уровнем их значимости между компонентами обмена веществ организма.

В связи с этим, цель данной работы – идентификация и интерпретация структуры взаимосвязей в динамике общих липидов по результатам кластерного анализа с оценкой их соотношений в раннем постнатальном онтогенезе кур-бройлеров.

Материал и методы

Эксперименты проведены в соответствии с нормами гуманного обращения с животными, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/EEC) и Хельсинкской декларации.

Опытная часть работы выполнена на ООО «Чебаркульская птица» (Чебаркульский район Челябинской области).

Объектом исследования служили бройлерные цыплята кросса Hubbard F15, из которых в цехе выращивания (клеточное содержание), согласно принципу сбалансированных групп, сформировали четыре группы (n=10 в каждой), возраст птицы по группам – P1, P7, P23, P42 (сутки постнатального онтогенеза).

Кормление и содержание подопытной птицы осуществляли с соблюдением зоогигиенических норм.

Материалом исследований служила кровь, которую получали путем декапитации птицы в 1- и 7-суточном возрасте и прижизненно, пункцией подкрыльцовой вены у 23- и 42-суточных цыплят. В сыворотке крови определяли биохимические пока-

затели (в ммоль/л): триглицериды (ТГ), неэтерифицированные жирные кислоты (НЭЖК), общий холестерин (ОХС), неэтерифицированный холестерин (НЭХС), этерифицированный холестерин (ЭХС), фосфолипиды (ФЛ) – методом тонкослойной хроматографии на пластинах *Silufol* («Kavalier», Чехия) [18] с вычислением их соотношений: ($\frac{ЭХС}{НЭХС}$, мембранного пула холестерина: $\frac{НЭХС}{ФЛ}$, по А.Н. Климову и Н.Г. Никульчевой [14]), $\frac{ФЛ}{НЭЖК}$ [3] и расчётом метаболитного потенциала неэтерифицированных жирных кислот ($ПМ_{(НЭЖК)}$) по следующей пропорциональной формуле, в условных единицах:

$$ПМ_{(НЭЖК)} = \frac{(\frac{ЭХС}{НЭХС})+(ТГ+ФЛ)}{НЭЖК} \times 100\% \text{ [3, 6].}$$

Для идентификации структуры взаимосвязей в динамике общих липидов раннего постнатального онтогенеза кур-бройлеров был применён многомерный метод математического анализа данных (*multivariate exploratory techniques*) – кластерный анализ (*cluster analysis*) [8, 9, 15] – с использованием программы «Statistica, version 8.0». Кластеризацию липидов производили иерархическим агломеративным методом минимальной дисперсии – древовидной кластеризацией (*tree-clustering*) [8, 9, 15]. Вычисление кластерного расстояния между характеристиками классов липидов осуществляли по функции расстояния – евклидовой метрики (*euclidean distances*) [8, 9, 15]. Древовидную кластеризацию общих липидов выполняли по правилу взвешенного попарного среднего (*weighted pair-group average*) [8, 9, 15]. Идентификацию функциональных групп липидов в раннем неонатальном онтогенезе бройлерных кур определяли методом двухвходовой кластеризации (*two-way joining*) [8, 16, 17] по совокупности наблюдений – классов липидов и переменных – возрастных периодов: Р1, Р7, Р23, Р42. Степень и достоверность различий для полученных результатов вычисляли с помощью параметрического t-критерия Стьюдента в программе «Statistica, version 8.0».

Результаты и обсуждение

Бройлерные куры в раннем неонатальном онтогенезе во взаимодействии с технологическими условиями среды жизнедеятельности реализуют компенсационные реакции гипертрофией печени и сердца, направленной на обеспечение интенсивного роста мышечной массы цыплят [19, 20].

Так, за возрастной период Р1 – Р42 были определены два центроида связи в кластере, иначе, центра тяжести корреляционного веса взаимосвязи элементов, составляющих кластер [15, с. 77], – фосфолипиды и неэтерифицированные жирные кислоты (рис. 1, 2; табл. 1), которые известны как связующие компоненты метаболизма липидов и липопротеинов [5, 6, 8, 14]. В пуле общего холестерина интегрирующей формой установлен неэтерифицированный холестерин (рис. 1, 2; табл. 1).

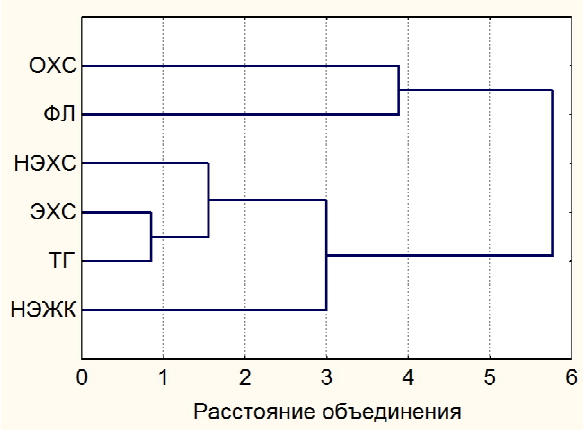


Рис. 1. Кластеризация общих липидов сыворотки крови в раннем постнатальном онтогенезе бройлерных цыплят кросса Hubbard F15: ОХС – общий холестерин, ФЛ – фосфолипиды, НЭХС – неэтерифицированный холестерин, ЭХС – этерифицированный холестерин, ТГ – триглицериды, НЭЖК – неэтерифицированные жирные кислоты. Применен метод минимальной дисперсии; для кластеризации использовали метод взвешенного попарного среднего с определением евклидова расстояния.

Fig. 1. Clustering of total lipids of blood serum during early postnatal ontogenesis of Hubbard F15 broiler chickens: (ОХС) – total cholesterol, (ФЛ) – phospholipids, (НЭХС) – non-esterified cholesterol, (ЭХС) – esterified cholesterol, (ТГ) – triglycerides, (НЭЖК) – non-esterified fatty acids. The minimum dispersion method was applied; clustering was based on the weighted pair-group average method including calculation of euclidean distance.

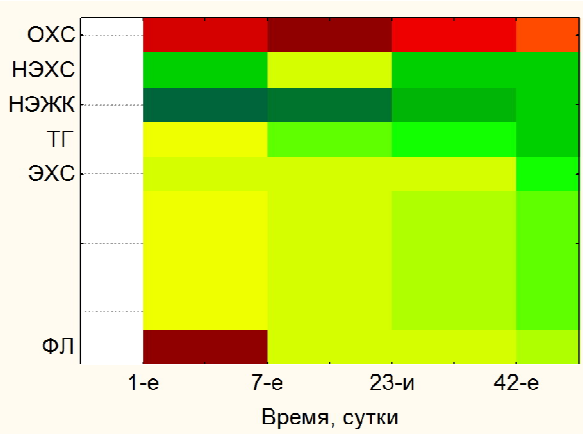


Рис. 2. Цветное отображение кластеризации общих липидов сыворотки крови в раннем постнатальном онтогенезе бройлерных цыплят кросса Hubbard F15. Обозначения как на рис. 1. Использован метод двухвходовой кластеризации. Спектральные градации обозначают каждый отдельный подкласс общих липидов в структуре выделенных кластеров.

Fig. 2. Color scheme of clustering of total lipids of blood serum during early postnatal ontogenesis of Hubbard F15 broiler chickens. Designations are as in Fig. 1. The two-way clustering method was applied. The spectral gradations indicate each separate subclass of total lipids in the structure of the identified clusters.

Таблица 1

Евклидово расстояние на дендрограмме, отражающей кластеризацию общих липидов сыворотки крови у бройлерных кур кросса Hubbard F15 в раннем постнатальном онтогенезе

Table 1

Euclidean distance on the dendrogram representing clustering of total lipids of blood serum in Hubbard F15 broiler chickens during early postnatal ontogenesis

Показатель	ТГ	НЭЖК	ОХС	НЭХС	ЭХС	ФЛ
ТГ	0,00	3,27	5,15	1,44	0,85	3,07
НЭЖК	3,27	0,00	7,92	2,57	3,56	6,11
ОХС	5,15	7,92	0,00	5,79	4,52	3,88
НЭХС	1,44	2,57	5,79	0,00	1,67	4,34
ЭХС	0,85	3,56	4,52	1,67	0,00	3,04
ФЛ	3,07	6,11	3,88	4,34	3,04	0,00

Действительно, по данным М.В. Цветковой и др. [21], в миокарде в норме НЭЖК являются основным энергетическим ресурсом.

А.О. Пятибрат и соавторы [22] отмечают, что существенный рост продолжительных физических нагрузок у человека сопровождался достоверным возрастанием концентрации НЭЖК в крови в два – три раза. Это объяснимо ролью НЭЖК в неформированном, в отличие от глюкозы, но стабильном и пролонгированном обеспечении скелетной и сердечной мускулатуры энергетическими субстратами АТФ [23].

Как было установлено, на фоне относительно стабильной динамики величин ЭХС в возрастах Р1, Р7, Р23 и их достоверном снижении в периоде Р42 (p<0,01) повышалась концентрация НЭЖК (табл. 2), в то же время уровень ТГ не был стабильным, концентрация триглицеридов достоверно и практически линейно снижалась от Р1 к Р42 (p<0,01). Таким образом, показана разновекторная направленность динамики ТГ, с одной стороны, и НЭЖК, с другой (табл. 2). При этом, учитывая выше отмеченную роль неэтерифицированных жирных кислот с фосфатидами в животном организме и полученные результаты кластерного анализа (табл. 1; рис. 1, 2), можно отметить гомеостатический характер циркуляции НЭЖК и фосфолипидов в иерархии пула общих липидов у цыплят-бройлеров в периоде Р1 – Р42. По данным авторов [14], отношение ЭХС и НЭХС может служить физиологическим показателем активности анаболических процессов на уровне обмена липопротеинов, т.е. связей липидного и белкового звеньев совокупного обмена веществ. Действительно, можно подчеркнуть, учитывая установленные критические периоды раннего онтогенеза бройлерных кур в периоды Р1 – Р7 и Р23 – Р42 [3, 6], что на нестабильном фоне пиков снижения и роста концентраций классов липидов – форм холестерина и триглицеридов, участвующих в покрытии витальных потребностей организма, такие ключевые звенья метаболизма, как НЭЖК и ФЛ, имея относительно стабильный тренд изменения концентраций, дают ведущую направленность обмена липидов, способствуя гомеостатическому балансу в организме развивающихся животных.

Так, при активных синтетических реакциях от Р1 с пиком к Р23 и общей стабилизацией обмена к Р42 [3, 6], соотношение ЭХС/НЭХС (показатель мембранно-клеточного пула холестерина [14]) снижалось с Р1 по Р7 до 70%, с максимальным четырёхкратным сокращением в периоде Р23 – Р42, а период с Р7 по Р23 возрастало на 71%, p<0,01; от Р1 к Р23 $ПМ_{(НЭЖК)}$ повышался на 318%, p<0,001 (см. табл. 2).

Следовательно, по результатам определения динамики концентраций НЭЖК, ФЛ и ТГ с формами холестерина, а также учёту ранее полученных данных исследованного интервала Р1 – Р42 [3, 6], можно отметить: при наиболее высоком приросте массы тела в возрасте Р23 (49,98±0,11 г/сут, p<0,001 [3]) начинает стабилизироваться мембранный пул холестерина (табл. 2), т.е. при наиболее

Таблица 2

Динамика общих липидов и их индексов в сыворотке крови бройлерных кур кросса Hubbard F15 в раннем постнатальном онтогенезе (n=10), M±m

Table 2

Dynamics of total lipids and their indices in blood serum of Hubbard F15 broiler chickens during early postnatal ontogenesis (n=10), M±m

Показатель	Возраст, сутки			
	1	7	23	42
ТГ, ммоль/л	3,26±0,11	2,68±0,12*	2,45±0,09*	1,94±0,17**
НЭЖК, ммоль/л	0,64±0,02	0,85±0,04*	1,74±0,15***	1,89±0,17***
ОХС, ммоль/л	5,06±0,07	6,04±0,32*	4,93±0,20	4,36±0,08**
НЭХС, ммоль/л	2,0±0,18	3,03±0,11**	1,86±0,10	1,98±0,17
ЭХС, ммоль/л	3,08±0,02	3,02±0,23	3,07±0,06	2,37±0,08**
ФЛ, ммоль/л	6,06±0,30	3,11±0,19***	3,07±0,03***	2,94±0,33***
ЭХС/НЭХС, усл. ед.	1,66±0,16	0,99±0,06**	1,69±0,09	0,41±0,11**
НЭХС/ФЛ, усл. ед.	0,33±0,03	0,98±0,05***	0,69±0,12**	0,67±0,05***
ФЛ/НЭЖК, усл. ед.	9,52±0,40	3,73±0,20***	1,93±0,23***	1,66±0,14***
$ПМ_{(НЭЖК)}$, усл. ед.	5,89±0,27	12,60±0,69***	24,61±2,72***	30,53±2,29***

Примечание: *–p<0,05; **–p<0,01; ***–p<0,001 по t - критерию при сравнении с суточным возрастом.

интенсивных приспособительных реакциях в третьей декаде [3, 6] сохраняются относительная структурно-функциональная целостность и стабильность мембранных элементов клеточно-тканевых составляющих развивающегося организма.

Выводы

Таким образом, в совокупной системе онтогенетического адаптогенеза и его процессах реципрокно взаимодействуют биосистема как первая составляющая со второй компонентой – системой окружающей среды, имеющей собственные факторы воздействия [1, 2, 4]. Так, приспособление животного организма к относительно искусственным условиям в целях сохранения жизнедеятельности на цитофизиологическом уровне характеризуется нестабильностью концентраций ключевых липидных метаболитов в обмене веществ, что находит биофизическое отражение во втором законе термодинамики, согласно которому любая физическая система постепенно стремиться к материально-энергетической неупорядоченности, т.е. энтропии [1, 24]. Иначе, на термодинамическом уровне неравновесность биосистемы, находящейся в основе энтропии, имеет свою меру, а именно, по П.К. Анохину – «число степеней свободы» [25], т.е. мерой в этом случае является нестабильность динамики системообразующих метаболитов [1, 24]. При этом, собственно в ходе адаптогенеза, в процессе перехода биосистемы от энтропии к негэнтропии или от необходимой неупорядоченности к упорядоченности (адаптации) с итоговой стабилизацией концентраций основных элементов обмена веществ и энергии, в ответ на регулярное влияние разнородных условий экзогенной среды – временно (время затрачиваемое на адаптационные реакции) возрастающее число степеней свободы обеспечивает увеличение возможностей организма животного комплементарно реагировать на перманентное воздействие факторов окружающей среды, т.е. в итоге, физиологически приспосабливаться к условиям жизнедеятельности.

Следовательно, искомая совокупная динамика общих липидов является показателем гомеостазиса с положительными физиологическими эффектами в раннем постнатальном онтогенезе у бройлерных кур.

Литература

1. *Казначеев В.П.* Биосистема и адаптация // Доклад на II сессии Научного совета АН СССР по проблемам прикладной физиологии человека. Новосибирск, 1973. 75 с.
2. *Кулаев Б.С.* Эволюция гомеостазиса в биологическом пространстве – времени / Отв. ред. Л.М.Чайлахян. М.: Научный мир, 2006. 232 с.
3. *Колесник Е.А., Дерхо М.А.* Комплексная оценка роли гормональных и метаболических факторов в процессах роста и развития у цыплят-бройлеров // Проблемы биологии продуктивных животных. 2015. № 4. С. 72–81.
4. *Малов Ю.С.* Гомеостаз – основное свойство живого организма // Медицина XXI век. 2007. № 5 (6). С. 74–81.
5. *Scanes C.G.* Update on mechanisms of hormone action – focus on metabolism, growth and reproduction // In: Scanes C.G. (Ed.). Hormones and Metabolism in Poultry. InTech. Publ., 2011. P. 111–132.
6. *Kolesnik E.A., Derkho M.A.* Clinical diagnostics of adaptive resources of the broiler chicks' organism // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9 (29). P. 1–7 (doi: 10.17485/ijst/2016/v9i29/89335).
7. *Колесник Е.А.* Возрастная динамика холестерина в обмене веществ бройлерных цыплят // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 7. С. 12–15.
8. *Колесник Е.А., Дерхо М.А.* О кластерной системе фосфолипидов в онтогенезе бройлерных цыплят // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 2. С. 217–224 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217rus, doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217eng).
9. *Ali M.M., Mudge S.M.* Cluster Analysis in Lipid Biomarker Studies: A Case of the Clyde Sea // Sains Malaysiana. 2006. № 35 (2). P. 41–47.
10. *Dietary lipid during* late-pregnancy and early-lactation to manipulate metabolic and inflammatory gene network expression in dairy cattle liver with a focus on PPARs//H.Akbar, E.Schmitt, M.A.Ballou, M.N.Corrка, E.J.DePeters, J.J. Loor // Gene Regulation and Systems Biology. 2013. №7. P. 103–123 (doi: 10.4137/GRSB.S12005).
11. *Seidavi A.* Classification and biochemical biodiversity of twenty silkworm varieties based on total cholesterol, triglycerides, high density lipoprotein (HDL) cholesterol, low density lipoprotein (LDL) cholesterol, total lipase and lipids // African Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2011. Vol. 5(23). P. 2537–2545 (doi: 10.5897/AJPP11.272).
12. *Ефременко Ю.Р., Королева Е.Ф.* Новые возможности в исследовании белково-липидного обмена в диагностике осложнений метаболического синдрома // Вестник Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского. 2012. № 2 (3). С. 187–190.
13. *Скулачев В.П.* Энергетика биологических мембран. М.: Наука, 1989. 564 с.
14. *Климов А.Н., Никульчева Н.Г.* Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения. СПб.: Питер Ком, 1999. 512 с.
15. *Cluster Analysis* / B.S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl. – 5th ed. // John Wiley and Sons, Ltd. Publication, 2011. 346 p. (doi: 10.1002/9780470977811).
16. *Kowalkowski T., Cukrowska E.M., Mkhatshwa B.H., Buszewski B.L.* Statistical characterisation of water quality in Great Usuthu River (Swaziland) // Journal of Environmental Science and Health Part A. 2007. № 42. P. 1065–1072 (doi: 10.1080/10934520701418557).

17. *Pietrzak K., Twarużek M., Czyżowska A., Kosicki R., Gutarowska B.* Influence of silver nanoparticles on metabolism and toxicity of moulds // Acta biochimica Polonica. 2015. Vol. 62. № 4. P. 851–857 (doi: 10.18388/abp.2015_1146).
18. *Шаршунова М., Шварц В., Михалец С.* Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии. Т. 1 / Под ред. В.Г. Березкина, С.Д. Соколова. М., 1980. 296 с.
19. *Тельцов Л.П., Столяров В.А., Сковородин Е.Н.* Значение критических фаз в развитии органов // Морфофункциональный статус млекопитающих и птиц. Симферополь, 1995. С. 10–11.
20. *Силенок А.В.* Периодичность развития организма и сердца у бройлеров кросса «Смена-7» в условиях ОАО птицефабрика «Снежка» (Брянская область) // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 272–275.
21. *Цветкова М.В., Хирманов В.Н., Зыбина Н.Н.* Роль неэтерифицированных жирных кислот в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний // Артериальная гипертензия. 2010. Т. 16. № 1. С. 93–103.
22. *Особенности изменений* гомеостаза у лиц с различными генотипами генов-регуляторов метаболизма в экстремальных условиях / А.О.Пятибрат, С.Б.Мельнов, А.С.Козлова, А.В.Апчел, Е.Д.Пятибрат, П.Д. Шабанов // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2015. № 3 (51). С. 103–108.
23. *Спирт холестерин,* биологическая роль на ступенях филогенеза, механизмы ингибирования синтеза стерола статинами, факторы фармакогеномики и диагностическое значение холестерина липопротеинов низкой плотности / В.Н. Титов, М.Ю.Котловский, А.А.Покровский, О.С.Котловская, А.В.Оседко, О.Я.Оседко, Н.М.Титова, Ю.В.Котловский, А.М.Дыгай // Клиническая лабораторная диагностика. 2015. № 4. С. 4–13.
24. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации: Пер. с англ. В.Ф.Пастушенко / Под ред. Ю.А. Чизмаджева. М.: Мир, 1979. 512 с.
25. *Анохин П.К.* Философские аспекты теории функциональной системы. Избр. тр. / Ответ. ред. Ф.В. Константинов, Б.Ф. Ломов, В.Б. Швырков; АН СССР, Ин-т психологии. М.: Наука, 1978. 399 с.

References

1. *Kaznacheev V.P.* Biosistema i adaptacija [Biosystem and adaptation] // Doklad na II sessii Nauchnogo soveta AN SSSR po problemam prikladnoj fiziologii cheloveka [Report at the II session of the USSR Ac. Sci. Scientific Council on problems of applied physiology]. Novosibirsk, 1973. 75 p.
2. *Kulaev B.S.* Jevoljucija gomeostazisa v biologicheskom prostranstve – vremeni [Evolution of homeostasis in the biological space – time]/ Ed. L.M. Chailakhyan. Moscow: Science World, 2006. 232 p.
3. *Kolesnik E.A., Derkho M.A.* Kompleksnaja ocenka roli gormonal'nyh i metabolicheskih faktorov v processah rosta i razvitija u cypljat-brojlerov [Comprehensive evaluation of the role of hormonal and metabolic factors acting during growth and development in broiler chickens] // Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh [Problems of Productive Animals Biology]. 2015. No. 4. P. 72–81.
4. *Malov Yu.S.* Gomeostaz – osnovnoe svojstvo zhivogo organizma [Homeostasis – a basic property of a living organism] // Medicina XXI vek [Medicine XXI century]. 2007. No. 5 (6). P. 74–81.
5. *Scanes C.G.* Update on mechanisms of hormone action – focus on metabolism, growth and reproduction // In: Scanes C.G. (Ed.). Hormones and Metabolism in Poultry. InTech. Publ., 2011. P. 111–132.
6. *Kolesnik E.A., Derkho M.A.* Clinical diagnostics of adaptive resources of the broiler chicks' organism // Indian J. of Science and Technology. 2016. Vol. 9 (29). P. 1–7 (doi: 10.17485/ijst/2016/v9i29/89335).
7. *Kolesnik E.A.* Vozrastnaja dinamika holesterina v obmene veshhestv brojlernyh cypljat [Age dynamics of cholesterol in broiler chickens metabolism] // Bull. of N.I.Vavilov Saratov State Agrarian Univ.]. 2014. No. 7. P. 12–15.
8. *Kolesnik E.A., Derkho M.A.* O klasternoj sisteme fosfolipidov v ontogeneze brojlernyh cypljat [About cluster system of phospholipids in ontogenesis of broiler chickens] // Sel'skohozjajstvennaja biologija [Agricultural Biology]. 2015. Vol. 50. No. 2. P. 217–224 (doi: 10. 15389/agrobiology.2015.2.217rus, doi: 10. 15389/agrobiology.2015.2.217eng).
9. *Ali M.M., Mudge S.M.* Cluster Analysis in Lipid Biomarker Studies: A Case of the Clyde Sea // Sains Malaysiana. 2006. No. 35 (2). P. 41–47.
10. Dietary lipid during late-pregnancy and early-lactation to manipulate metabolic and inflammatory gene network expression in dairy cattle liver with a focus on PPARs // *H. Akbar, E. Schmitt, M.A. Ballou, M.N. Corrka, E.J. DePeters, J.J. Loor.* // Gene Regulation and Systems Biology. 2013. No. 7. P. 103–123 (doi: 10.4137/GRSB.S12005).
11. *Seidavi A.* Classification and biochemical biodiversity of twenty silkworm varieties based on total cholesterol, triglycerides, high density lipoprotein (HDL) cholesterol, low density lipoprotein (LDL) cholesterol, total lipase and lipids // African J. of Pharmacy and Pharmacology. 2011. Vol. 5(23). P. 2537–2545 (doi: 10.5897/AJPP11.272).
12. *Efremenko Yu.R., Koroleva E.F.* Novye vozmozhnosti v issledovanii belkovo-lipidnogo obmena v diagnostike oslozhnenij metabolicheskogo sindroma [New possibilities in the study of protein-lipid metabolism in the diag-

nosis of metabolic syndrome complications] // Bull. of N.I.Lobachevsky State Univ. of Nizhni Novgorod]. 2012. No. 2 (3). P. 187–190.
13. *Skulachev V.P.* Jenergetika biologicheskih membrane [Energy of biological membranes]. Moscow: Nauka, 1989. 564 p.
14. *Klimov A.N., Nikul'cheva N.G.* Obmen lipidov i lipoproteidov i ego narushenija [Exchange of lipids and lipoproteins and its disorders]. St. Petersburg: Piter Kom, 1999. 512 p.
15. *Cluster Analysis* / B.S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl. 5th ed. // John Wiley and Sons, Ltd. Publication, 2011. 346 p (doi: 10.1002/9780470977811).
16. *Kowalkowski T., Cukrowska E.M., Mkhatshwa B.H., Buszewski B.L.* Statistical characterisation of water quality in the Great Usuthu River (Swaziland) // J. of Environmental Science and Health. Part A. 2007. No. 42. P. 1065–1072 (doi: 10.1080/10934520701418557).
17. *Pietrzak K., Twarużek M., Czyżowska A., Kosicki R., Gutarowska B.* Influence of silver nanoparticles on metabolism and toxicity of moulds // Acta biochimica Polonica. 2015. Vol. 62. No. 4. P. 851–857 (doi: 10.18388/abp.2015_1146).
18. *Sharshunova M., Shvarts V., Mikhalets S.* Tonkoslojnaja hromatografija v farmacii i klinicheskoj biohimii [Thin-layer chromatography in pharmacy and clinical biochemistry]. Vol. 1 / Eds. V.G. Berezkina, S.D. Sokolova. Moscow, 1980. 296 p.
19. *Tel'tsov L.P., Stolyarov V.A., Skovorodin E.N.* Znachenie kriticheskih faz v razvitii organov. Morfofunkcional'nyj status mlekopitajushhih i ptic [The value of the critical phases in the development of organs. Morphological and functional status of mammals and birds]. Simferopol, 1995. P. 10–11.
20. *Silenok A.V.* Periodichnost' razvitija organizma i serdca u brojlerov krossa «Smena-7» v uslovijah OAO pticefabrika «Snezhka» (Brjanskaja oblast') [The periodicity of development of the body and heart in broilers of cross «Smena-7» in conditions of poultry farm «Snezhka» (Bryansk region)] // Bull. of Bryansk State Univ. 2011. No. 4. P. 272–275.
21. *Tsvetkova M.V., Khirmanov V.N., Zybina N.N.* Rol' nejeterificirovannyh zhirnyh kislot v patogeneze serdechno-sosudistyh zabolevanij [The role of non-esterified fatty acids in the pathogenesis of cardiovascular diseases] // Arterial'naja gipertenzija [Arterial Hypertension]. 2010. Vol. 16. No. 1. P. 93–103.
22. *Pyatibrat A.O., Mel'nov S.B., Kozlova A.S., Apchel A.V., Pyatibrat E.D., Shabanov P.D.* Osobennosti izmenenij gomeostaza u lic s razlichnymi genotipami genov-reguljatorov metabolizma v jekstremal'nyh uslovijah [Character of homeostasis changes in persons with different genotypes of metabolism regulator genes under extreme conditions] // Bull. of the Russian Academy of Military Medicine]. 2015. No. 3 (51). P. 103–108.
23. *Titov V.N., Kotlovsky M.Yu., Pokrovsky A.A., Kotlovskaya O.S., Osedko A.V., Osedko O.Ya., Titova N.M., Kotlovsky Yu.V., Dygai A.M.* Spirt holesterin, biologicheskaja rol' na stupenjah filogeneza, mehanizmy ingibirovanija sinteza sterola statinami, faktory farmakogenomiki i diagnosticheskoe znachenie holesterina lipoproteinov nizkoj plotnosti [The spirit cholesterol, biological role at stages of phylogenesis, mechanisms of inhibition of synthesis of sterol by statins, factors of pharmacogenomics and diagnostic significance of cholesterol of lipoproteins of low density] // Klinicheskaja laboratornaja diagnostika [Clinical laboratory diagnostics]. 2015. No. 4. P. 4–13.
24. *Nikolis G., Prigozhin I.* Samoorganizacija v neravnovesnyh sistemah. Ot dissipativnyh struktur k uporjadochennosti cherez fluktuacii [Self-organization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to ordering through fluctuations] / Translated from English by V.F.Pastushenko. Ed. Yu.A. Chizmadzhev. Moscow: Mir, 1979. 512 p.
25. *Anokhin P.K.* Filosofskie aspekty teorii funkcional'noj sistemy : izbr. tr. [Philosophical aspects of the functional system theory: selected works] / Eds. F.V. Konstantinov, B.F. Lomov, V.B. Shvyrkov; USSR Ac. Sci., Inst. of Psychology. Moscow: Nauka, 1978. 399 p.

Статья поступила в редакцию 01.11.2016.

УДК 616.072-7

УМЕНЬШЕНИЕ АМПЛИТУДЫ Т-ВОЛНЫ В ПРЕКОРДИАЛЬНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ У КРОЛИКОВ (МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Н.В. АРТЕЕВА*, А.О. ОВЕЧКИН*,**, Я.Э. АЗАРОВ*,**, М.А. ВАЙКШНОРАЙТЕ*, Д.Н. ШМАКОВ*

**Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*
*** Медицинский институт ФГБУ ВО "СГУ им. Питирима Сорокина", г. Сыктывкар*
j.azarov@gmail.com

Данная работа является продолжением предыдущего исследования коллектива авторов [1], посвященного изучению связи между уменьшением апикобазального градиента реполяризации в желудочках сердца и уменьшением амплитуды *T*-волны в грудных отведениях у кроликов с экспериментальным сахарным диабетом. В свете новых экспериментальных данных моделирование показало, что однотипные изменения *T*-волны в грудных отведениях при сахарном диабете могут быть связаны как с уменьшением общей дисперсии реполяризации (разницей во времени между наиболее ранним и наиболее поздним окончанием реполяризации в желудочках сердца), так и с изменением последовательности реполяризации.

Ключевые слова: **гетерогенность реполяризации, сахарный диабет, амплитуда Т-волны, Т-вектор, моделирование**

N.V. ARTEEVA, A.O. OVECHKIN, YA.E. AZAROV, M.A. VAIKSHNORAITE, D.N. SHMAKOV. **THE PRECORDIAL T-WAVE AMPLITUDE DECREASE IN DIABETES MELLITUS (MODEL STUDY)**

This work continues our previous study [1] on the relationship between the reduced apicobasal gradient of ventricular repolarization and the decrease of *T*-wave amplitude in the chest leads in rabbits with experimental diabetes mellitus. The possible reasons for *T*-wave flattening observed in diabetes mellitus were studied in the framework of a mathematical model based on the new experimental data. The simulations showed that the precordial *T*-waves of the same polarity but of the reduced amplitude observed in diabetes mellitus may be caused by the decrease of the total dispersion of repolarization (i.e. the time difference between the earliest and the latest end of repolarization in the heart ventricles) as well as by the changed repolarization sequence with the normal dispersion of repolarization. Thus, the *T*-wave changes are not indicative of the alternans in the repolarization process. At the same time, the magnitude and the direction of the resulting repolarization vector (*T*-vector) reliably reflect the dispersion and the general sequence of ventricular repolarization.

Keywords: **repolarization heterogeneity, diabetes mellitus, *T*-wave amplitude, *T*-vector, simulation**

Сахарный диабет (СД) изменяет процессы реполяризации сердца, в первую очередь за счет увеличения длительности потенциалов действия (ДПД) [2, 3]. На кардиоэлектрическом поле эти изменения отражаются в виде уменьшения амплитуды *T*-волны [4–6], удлинения интервала *QT* [6–8] и изменения направления результирующего вектора реполяризации (*T*-вектора) [9]. Значительное изменение направления *T*-вектора является предиктором внезапной сердечной смерти [10].

Исследования сердца кролика при экспериментальном СД выявили неоднородные изменения ДПД в базальных и апикальных отделах желудочков, приводящие к значительному уменьшению и даже инверсии апикобазального градиента ДПД [11], который в норме является у кролика преобладающим. Модельное исследование [1] показало, что в результате уменьшения апикобазального градиента ДПД и соответствующего сокращения общей дисперсии реполяризации снижается амплитуда *T*-волны в грудных отведениях. Помимо уменьшения апикобазального градиента, в желудочках сердца кролика с СД наблюдали также значительное увеличение переднезаднего градиента ДПД,

при этом величина общей дисперсии реполяризации могла сохраняться на прежнем уровне [12]. Было сделано предположение, что подобное перераспределение градиентов реполяризации в желудочках сердца также может быть причиной снижения амплитуды *T*-волны в грудных отведениях.

Задача настоящего исследования – выявить возможные причины снижения амплитуды *T*-волны в рамках математической модели электрической активности желудочков сердца кролика, основанной на экспериментальных данных.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в рамках компьютерной модели желудочков сердца кролика [1, 13, 14]. Последовательность активации модели и распределение ДПД в норме и при СД задавали на основе экспериментальных данных [14], морфологию потенциалов действия – с помощью модели потенциала действия желудочкового миоцита кролика [15].

При моделировании распределения ДПД в желудочках в норме преобладал апикобазальный градиент ДПД, величина переднезаднего и межжелудочкового градиентов была относительно невелика (рис. 1, А). Поскольку экспериментальные данные [11, 12] показали, что при СД увеличивается переднезадний и уменьшается апикобазальный градиент ДПД, для изучения механизма изменения *T*-волны в этих условиях было смоделировано два крайних сценария изменений реполяризации миокарда. Первый сценарий состоял в том, что апикобазальный градиент уменьшался приблизительно вдвое, а переднезадний – многократно возрастал и становился преобладающим; при этом величина общей дисперсии реполяризации сохранялась на прежнем уровне (рис. 1, Б). Согласно второму сценарию, апикобазальный градиент в правом желудочке уменьшался до нуля, а в левом – даже инвертировался. Остальные градиенты при этом оставались практически без изменений; величина общей дисперсии реполяризации сокращалась (рис. 1, В). Трансмуральный градиент ДПД в модели в соответствии с экспериментальными данными составлял 8–15 мс [14]. Последовательность активации во всех модельных экспериментах была одинаковой (рис. 2), поскольку у кроликов с экспериментальным СД (стаж 1–2 месяца) различий в активации по сравнению с нормой обнаружено не было [10].

На основе смоделированной последовательности реполяризации желудочков вычисляли кардиоэлектрические потенциалы на поверхности тела, а также суммарный вектор реполяризации (*T*-вектор), являющийся интегральной пространственно-амплитудной характеристикой электрического генератора сердца [1, 14].

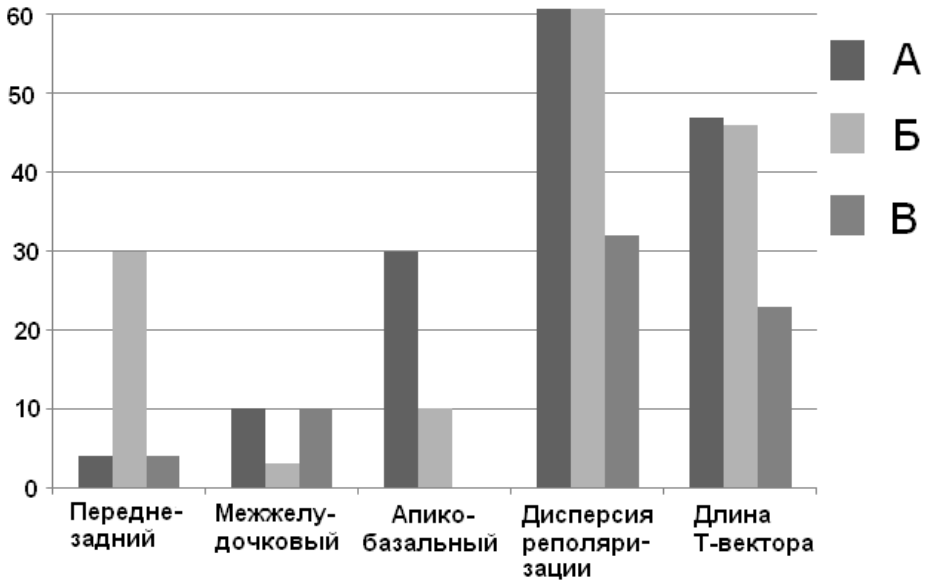


Рис. 1. Величина градиентов ДПД, дисперсия реполяризации и длина суммарного *T*-вектора в модели желудочков сердца кролика в норме (А) и при СД (Б – увеличение переднезаднего и уменьшение остальных градиентов ДПД, В – уменьшение апикобазального градиента ДПД). *Величина градиентов ДПД и дисперсии реполяризации указана в мс, длина T-вектора – в условных единицах.*

Fig. 1. The magnitudes of action potential duration gradients ("переднезадний" – anterior-posterior gradient, "межжелудочковый" – interventricular gradient, "апикобазальный" – apicobasal gradient), dispersion of repolarization ("дисперсия реполяризации") and *T*-vector length ("длина *T*-вектора ") in the model of rabbit heart ventricles in normal conditions (A) and diabetes mellitus (Б – increase of anterior-posterior gradient and decrease of other gradients, B – decrease of apicobasal gradient). *The magnitudes of action potential duration gradients and dispersion of repolarization are given in ms, the magnitudes of T-vector length – in conventional units.*

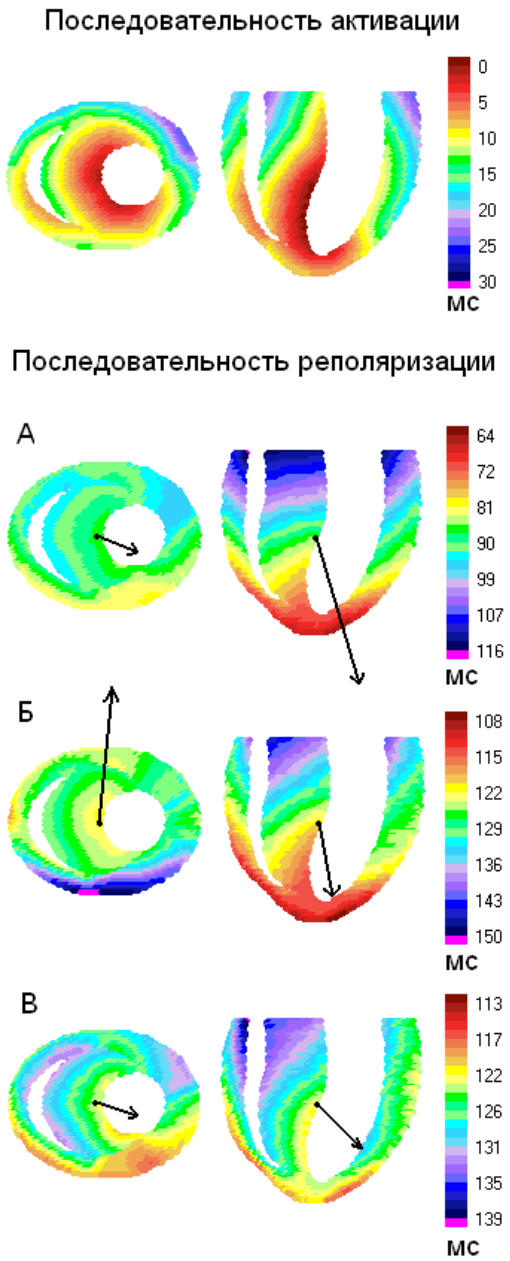


Рис. 2. Последовательности активации и реполяризации в модели желудочков сердца кролика.
Показаны трансверсальный и фронтальный срезы модели. А – норма, Б – увеличение переднезаднего и уменьшение остальных градиентов ДПД, В – уменьшение апикобазального градиента ДПД. *Все величины указаны в мс. Стрелками показаны трансверсальные и фронтальные проекции Т-вектора в момент пика Т-волны.*

Fig. 2. The sequence of activation and repolarization of rabbit heart ventricles.
The transversal and frontal projections of the model are shown. A – normal conditions, Б – increase of anterior-posterior gradient and decrease of other gradients, B – decrease of apicobasal gradient. *All values are given in ms. The transversal and frontal projections of T-vector at the T-peak moment are shown with arrows.*

Изменения в амплитуде *Т*-волны анализировали в модифицированных прекордиальных отведениях *J1–J6* [6]. Данная схема расположения отведений (рис. 3), соответствующая проекциям области основания (*J1–J3*) и верхушки (*J4–J6*) сердца, хорошо отображает апикобазальный градиент реполяризации. Кроме того, анализировали изменения в распределении потенциала на поверхности туловища и в направлении и величине суммарного вектора реполяризации.

Результаты и обсуждение

Моделирование кардиоэлектрического поля кролика в период реполяризации желудочков в норме. В модели в норме, так же как и по экспериментальным данным, более ранняя реполяризация имела место в вентральных и апикальных областях модели, более поздняя – в дорсальных и базальных (рис. 2, А). Соответственно, суммарный *Т*-вектор был направлен вперед и вниз (рис. 2, А). Смоделированное распределение потенциала на поверхности туловища было краниокаудальным, оба экстремума находились на вентральной поверхности грудной клетки (рис. 3, А).

Моделирование кардиоэлектрического поля кролика в период реполяризации желудочков при сахарном диабете. При увеличении переднезаднего и уменьшении остальных градиентов ДПД последовательность реполяризации в продольном направлении не изменилась (от верхушки к основанию), но в поперечном стала противоположной: от дорсальной поверхности – к вентральной (рис. 2, Б). Дисперсия реполяризации осталась примерно такой же, как в норме. Направление суммарного *Т*-вектора по сравнению с нормой значительно изменилось: его апикобазальная составляющая уменьшилась примерно вдвое, а переднезадняя – поменяла знак, многократно возросла и стала доминирующей (рис. 2, Б); при этом длина *Т*-вектора осталась приблизительно такой же, как в норме. Изменение направления *Т*-вектора сопоставимо с изменениями, наблюдавшимися на векторкардиограмме у людей с СД [2]. Экстремумы потенциала на поверхности туловища сместились, причем положительный экстремум переместился на дорсальную поверхность, распределение потенциала трансформировалось из краниокаудального в вентродорсальное (рис. 3, Б). Поскольку величина общей дисперсии реполяризации и, соответственно, длина суммарного *Т*-вектора не изменились по сравнению с нормой (рис. 1, Б), величина экстремумов потенциала также практически не изменилась. Однако, несмотря на значительные изменения в распределении потенциала, полярность *Т*-волны в модифицированных прекордиальных отведениях не изменилась, а амплитуда *Т*-волны в этих отведениях уменьшалась примерно в два раза за счет смещения линии нулевого потенциала (рис. 3, Б). Подобное снижение амплитуды *Т*-волны наблюдали у людей с СД [5, 9] и у кроликов с экспериментальным СД [6].

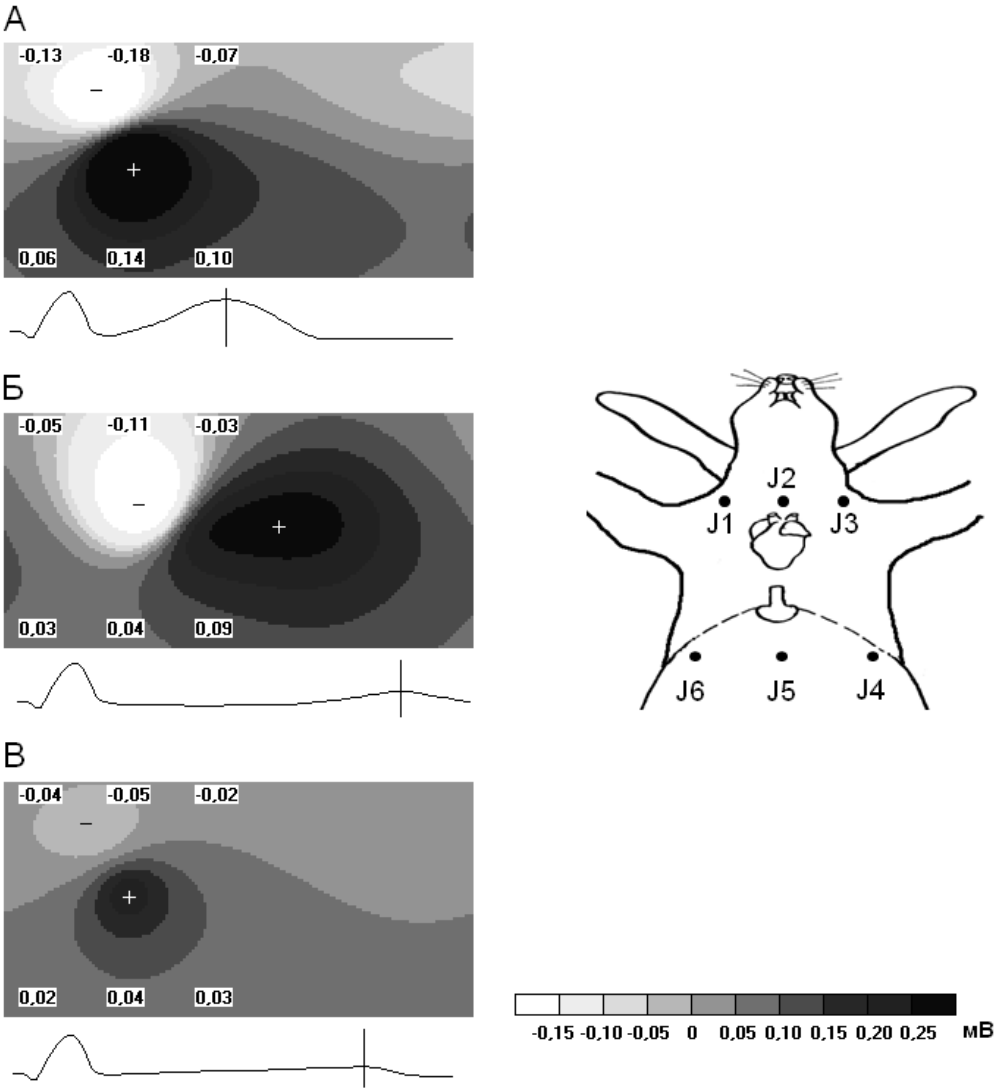


Рис. 3. Смоделированное распределение потенциала на поверхности туловища кролика в момент пика *T*-волны в норме (А) и при СД (Б – увеличение переднезаднего и уменьшение остальных градиентов ДПД, В – уменьшение апикобазального градиента ДПД).
Знаками «+» и «–» обозначены экстремумы потенциала. Величина потенциала в точках, соответствующих модифицированным прекордиальным отведениям J1–J6, указана в мВ. Внизу каждой карты показана электрокардиограмма в отведении J5 (мечевидный отросток) с маркером времени. Справа приведена схема расположения модифицированных прекордиальных отведений J1–J6 на вентральной поверхности грудной клетки кролика. Показаны проекции сердца, мечевидного отростка, нижнего края реберной дуги.

Fig. 3. The body surface potential distribution of a rabbit at the *T*-peak moment simulated for normal conditions (A) and diabetes mellitus (Б – increase of anterior-posterior gradient and decrease of other gradients, B – decrease of apicobasal gradient).
The dark zone corresponds to positive potentials, the light zone – to the negative ones. Potential extrema are marked by the signs "+" and "-". The potential magnitudes in the points corresponding to the modified precordial leads J1-J6 are given in mV. At the bottom of each map the ECG in lead J5 with a time marker is given. In the right part of the figure the location of the modified precordial leads J1-J6 on the ventral surface of rabbit thorax is shown.

При уменьшении апикобазального градиента ДПД последовательность реполяризации в модели была та же, что и в норме: от вентральной поверхности к дорсальной и от верхушки к основанию (рис. 2, В), но дисперсия реполяризации сократилась приблизительно вдвое (рис. 1, В). Направление суммарного *T*-вектора почти не изменилось по сравнению с нормой, однако длина его существенно (приблизительно в два раза) уменьшилась, за счет снижения его апикобазальной составляющей (рис. 1, В и рис. 2, В). Соответственно, распределение потенциала на поверхности туловища осталось практически неизменным, но амплитуды потенциалов были понижены на всей поверхности туловища (рис. 3, В). В частности, амплитуда *T*-волны в модифицированных прекордиальных отведениях снизилась примерно вдвое (рис. 3, В), что соответствует экспериментальным данным [5, 6, 9].

Заключение

Согласно результатам моделирования, снижение амплитуды *T*-волны в грудных отведениях при сохранении ее полярности может быть связано как с уменьшением общей дисперсии реполяризации при той же последовательности реполяризации, так и с изменением последовательности реполяризации при сохранении величины ее дисперсии. Таким образом, характер изменений *T*-волны не позволяет однозначно судить об изменениях в процессе реполяризации. В то же время величина суммарного *T*-вектора (аналогичного вектору, описывающему векторкардиографическую *T*-петлю) объективно отражает дисперсию реполяризации в желудочках сердца, а направление *T*-вектора – общую последовательность реполяризации.

Литература

1. *Артеева Н.В., Овечкин А.О., Азаров Я.Э. и др.* Изменение кардиоэлектрического поля при уменьшении апико-базального градиента реполяризации (модельное исследование) // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2014. Вып. 3(19). С. 83–88.
2. *Lengyel C., Varry A., Tábori K. et al.* Combined pharmacological block of I(Kr) and I(Ks) increases short-term QT interval variability and provokes torsades de pointes // Br. J. Pharmacol. 2007. Vol. 151. P. 941–951.
3. *Magyar J., Rusznák Z., Szentesi P. et al.* Action potentials and potassium currents in rat ventricular muscle during experimental diabetes // J. Mol. Cell. Cardiol. 1992. Vol. 24. P. 841–853.
4. *Zdárská D., Pelísková P., Charvát J. et al.* ECG body surface mapping (BSM) in type 1 diabetic patients // Physiol. Res. 2007. Vol. 56. № 4. P. 403–410.
5. *Koivikko M.L., Karsikas M., Salmela P.I. et al.* Effects of controlled hypoglycaemia on cardiac repolarisation in patients with type 1 diabetes // Diabetologia. 2008. Vol. 51. № 3. P. 426–435.
6. *Овечкин А.О., Фрелих Ю.К., Кустышева О.М., Азаров Я.Э.* Новый подход к электрокардиографической диагностике нарушений реполяризации миокарда желудочков у больных сахарным диабетом // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2013. Вып. 2(14). С. 50–53.
7. *Ewing D.J., Boland O., Neilson J.M. et al.* Autonomic neuropathy, QT interval lengthening, and unexpected deaths in male diabetic patients // Diabetologia. 1991. Vol. 34. № 3. P. 182–185.
8. *Veglio M., Borra M., Stevens L.K., et al.* The relation between QTc interval prolongation and diabetic complications // Diabetologia. 1999. Vol. 42. № 1. P. 68–75.
9. *Voulgari C., Pagoni S., Tesfaye S., et al.* The spatial QRS-T angle: implications in clinical practice // Curr. Cardiol. Rev. 2013. Vol. 9. № 3. P. 197–210.
10. *Zhang Z.M., Prineas R.J., Case D.Am. et al.* Comparison of the prognostic significance of the electrocardiographic QRS/T angles in predicting incident coronary heart disease and total mortality // J. Cardiol. 2007. Vol. 100. № 5. P. 844–849.
11. *Azarov J.E., Ovechkin A.O., Vaykshnorayte M.A. et al.* Ventricular epicardial repolarization pattern in diabetic rabbits // Conference: Experimental Biology Meeting Location: San Diego, CA Date: APR 21-25, 2012. Vol. 26. FASEB JOURNAL.
12. *Ovechkin A.O., Vaykshnorayte M.A., Sedova K.A. et al.* Esmolol abolishes repolarization gradients in diabetic rabbit hearts // Exp. Clin. Cardiol. 2014. Vol. 20. P. 3780–3793.
13. *Arteeva N.V., Antonova N.A., Roshchevskaya I.M. et al.* 3-D anisotropic computer model of canine heart ventricles' activation // In: Preda I, editor. Electrocardiology'98. Singapour-New Jersey-London-Hong Kong: World Sci. 1999. P.51–54.
14. *Arteeva N.V., Goshka S.L., Sedova K.A. et al.* What does the T(peak)-T(end) interval reflect? An experimental and model study // J. Electrocardiol. 2013. Vol. 46. № 4. P. 296.
15. *Mahajan A., Shiferaw Y., Sato D. et al.* A rabbit ventricular action potential model replicating cardiac dynamics at rapid heart rates // Biophys. J. 2008. Vol. 94. № 2. P. 392–410.

References

1. *Arteeva N.V., Ovechkin A.O., Azarov Ya.E. et al.* Izmenenie kardioelektricheskogo polya pri umen'chenii apiko-bazalnogo gradients repolyarizacii (modelnoe issledovanie) [The changes of cardiac electric field caused by the decreasing of the apicobasal repolarization gradient (a model study)] //Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. 2014. Issue 3(19). P. 83-88.
2. *Lengyel C., Varry A., Tábori K. et al.* Combined pharmacological block of I(Kr) and I(Ks) increases short-term QT interval variability and provokes torsades de pointes // Br. J. Pharmacol. 2007. Vol. 151. P. 941-951.
3. *Magyar J., Rusznák Z., Szentesi P. et al.* Action potentials and potassium currents in rat ventricular muscle during experimental diabetes // J. Mol. Cell. Cardiol. 1992. Vol. 24. P. 841-853.
4. *Zdárská D., Pelísková P., Charvát J. et al.* ECG body surface mapping (BSM) in type 1 diabetic patients // Physiol. Res. 2007. Vol. 56. № 4. P. 403-410.
5. *Koivikko M.L., Karsikas M., Salmela P.I. et al.* Effects of controlled hypoglycaemia on cardiac repolarisation in patients with type 1 diabetes // Diabetologia. 2008. Vol. 51. № 3. P. 426-435.
6. *Ovechkin A.O., Frelikh Yu.K., Kustysheva O.M., Azarov Ya.E.* Novii podkhod k elektrokardiograficheskoi diagnostike narushenii repolyarizacii miokarda zheludochkov u bolnykh sakharnym diabetom [The new approach to elec-

trocardiographic diagnostics of repolarization disturbances of ventricular myocardium in patients with diabetes mellitus] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. 2013. Issue 2(4). P. 50–53.

7. *Ewing D.J., Boland O., Neilson J.M. et al.* Autonomic neuropathy, QT interval lengthening, and unexpected deaths in male diabetic patients // Diabetologia. 1991. Vol. 34. № 3. P. 182–185.
8. *Veglio M., Borra M., Stevens L.K. et al.* The relation between QTc interval prolongation and diabetic complications // Diabetologia. 1999. Vol. 42. № 1. P. 68–75.
9. *Voulgari C., Pagoni S., Tesfaye S. et al.* The spatial QRS-T angle: implications in clinical practice // Curr. Cardiol. Rev. 2013. Vol. 9. № 3. P. 197–210.
10. *Zhang Z.M., Prineas R.J., Case D.Am. et al.* Comparison of the prognostic significance of the electrocardiographic QRS/T angles in predicting incident coronary heart disease and total mortality // J. Cardiol. 2007. Vol. 100. № 5. P. 844–849.
11. *Azarov J.E., Ovechkin A.O., Vaykshnorayte M.A. et al.* Ventricular epicardial repolarization pattern in diabetic rabbits // Conference: Experimental Biology Meeting Location: San Diego, CA Date: APR 21-25, 2012. FASEB JOURNAL Vol. 26.
12. *Ovechkin A.O., Vaykshnorayte M.A., Sedova K.A. et al.* Esmolol abolishes repolarization gradients in diabetic rabbit hearts // Exp. Clin. Cardiol. 2014. Vol. 20. P. 3780–3793.
13. *Arteeva N.V., Antonova N.A., Roshchevskaya I.M., et al.* 3-D anisotropic computer model of canine heart ventricles' activation // In: Preda I, editor. Electrocardiology'98. Singapour-New Jersey-London-Hong Kong: World Sci. 1999. P.51–54.
14. *Arteeva N.V., Goshka S.L., Sedova K.A. et al.* What does the T(peak)-T(end) interval reflect? An experimental and model study // J. Electrocardiol. 2013. Vol. 46. № 4. P. 296.
15. *Mahajan A., Shiferaw Y., Sato D. et al.* A rabbit ventricular action potential model replicating cardiac dynamics at rapid heart rates // Biophys. J. 2008. Vol. 94. № 2. P. 392–410.

Статья поступила в редакцию 14.10.2016.

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 551.734.42:552.52:552.55 (470.11)

ЛОХКОВСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПЕЧОРО-КОЛВИНСКОГО АВЛАКОГЕНА (СТРАТИГРАФИЯ, КОРРЕЛЯЦИЯ)

З.П. ЮРЬЕВА*, Л.Л. ШАМСУТДИНОВА**

*г. Архангельск
**ООО «Тимано-Печорский научно-исследовательский центр», г. Ухта
yurzp@atknet.ru

В статье изложены результаты исследований нижнедевонских отложений. Для лохковских отложений Печоро-Колвинского авлакогена характерно разнообразие фаций, различие мощностей, что отражает палеорельеф в условиях нестабильного тектонического режима. В разрезах Колвинского и Печоро-Кожвинского мегавалов лохковский трансгрессивно-регрессивный циклит представлен фациями открытого шельфа и лагун. На территории Денисовского прогиба развиты преимущественно терригенные лохковские отложения. Для распознавания синхронных подразделений в разрезах Печоро-Колвинского авлакогена использованы литологические и геофизические корреляционные, биозональная последовательность по остракодам, которые были определены в северо-восточных разрезах Тимано-Североуральского региона. Установлено сходство строения лохковских трансгрессивно-регрессивных циклитов авлакогена и Варандей-Адзьвинской структурно-тектонической зоны.

Ключевые слова: **Печоро-Колвинский авлакоген, нижний девон, лохковский ярус, фация, циклит, корреляционный репер, остракодовые комплексы**

Z.P. YURYEVA, L.L. SHAMSUTDINOVA. **THE LOKHKOVIAN DEPOSITS OF THE PECHORA-KOLVA AULACOGEN. (STRATIGRAPHY, CORRELATION)**

The paper contains a short observation of the Lower Devonian deposits study of the Pechora-Kolva aulacogen. The Kolva and Pechora-Kozhva megaswells, the Denisov depression represent the aulacogen in the contemporary tectonic plan. Facial diversity, thickness variations are typical of the Lokhkovian deposits of the Pechora-Kolva aulacogen. The thikness of deposits varies from 1509 meters to the pinching out in the paleouplifts. In the sections of the Kolva and Pechora-Kozhva megaswells the Lokhkovian transgressive-regressive cycles are represented by open shelf facies with rich faunal assemblages (Ovinparma horizon) and by lagoon facies with a poor complex of fauna (Sotchemkyrta horizon). In the Denisov depression the Lokhkovian terrigenous sediments are developed. The stratigraphic schemes with facies types and zones of their development are shown. For the stratigraphic schemes the lithology characteristics and diagrams of geophysical log characteristics (electric log, gamma-ray log, borehole gauging) were used.
The geophysical and lithological datum determined in the reference section of the Timan-North Urals region were used for recognition of the synchronous units in the Pechora-Kolva aulacogen sections. The formation of the transgressive-regressive sedimentary cycles are interrupted by events which are the basic event marks: Pridoli-Lochkov, early-late Ovinparma, late Ovinparma–Sotchemkyrta. The ostracodes fauna in view of their multiplicity and euryfaciality appeared to be most useful for the correlation. The ostracode biozone succession in the Pridoli-Lochkov interval was developed. The biostratigraphyc ostracode subdivigions correspond to sedimentary macrocycles: *Kloedenellitina margaritae - Parabairdiacypris ovatus, Orthocypris dissidentius - Sulcocavellina ovinparmica*, *Welleriella ventriumbonata*. The ostracode complexes correspond to the framework of lithological and geophysical correlation datum. On the basis of lithological, geophysical and biostratigraphical data the lateral change of Lochkovian deposits of the Pechora-Kolva aulacogen was traced. The similitude of transgressive-regressive cycles composition of the Varandey-Adzva structural zone and the aulacogen was established.

Keywords: **Pechora-Kolva aulacogen, Lower Devonian, Lokhkovian Stage, facies, cyclite, correlation datum, ostracode complexes**

На территории Печоро-Колвинского авлакогена (ПКА) лохковские отложения фациально различны. Смена фаций наблюдается при сопоставлении литологических и геофизических характеристик. Цикличное строение лохковских осадочных толщ определяет возможность сопоставлять их не только в пределах авлакогена. Циклостратиграфический анализ с использованием региональных коррелятивных уровней и биостратиграфических данных установил сходство строения лохковских разрезов ПКА с разрезами северо-восточной части Тимано-Печорской плиты. Выявленные седиментационные циклиты впервые сопоставлены с остракодовыми биостратиграфическими подразделениями, известными в лохковских отложениях Тимано-Североуральского региона.

Тектоническая зональность

Значительные изменения глубин залегания нижнедевонских отложений, различия мощностей и литолого-фациального характера свидетельствуют о сложном тектоническом развитии западного района Тимано-Печорской плиты в течение каледонского этапа тектогенеза. Печоро-Колвинский авлакоген является наиболее сложно построенным районом на территории плиты. По поверхности фундамента авлакоген представляет собой обширный прогиб, разбитый серией разломов на ряд ступенчатых блоков [1]. На ордовикско-раннедевонском этапе становления Тимано-Печорского седиментационного бассейна тектонические движения носили преимущественно нисходящий характер. В конце силура – раннем девоне в пределах современного ПКА проявилась фаза рифтинга с резкой дифференциацией территории на серию грабенов и приподнятых блоков, группирующихся вдоль Припечорской и Восточно-Колвинской зон разломов. Разломы контролировали участки активного прогибания в силурийско-раннедевонское время. В течение среднедевонско-триасового этапа развития седиментационного бассейна тектонические движения различной степени интенсивности отразились на полноте разрезов осадочных образований нижнего девона [2]. На приподнятых блоках ПКА мощность нижнедевонских отложений значительно сокращена. В районе Болванского свода полностью размыты нижнепалеозойские образования. К концу среднегерцинской стадии тектогенеза, в период от раннего визе по раннеартинское время, в результате структурной инверсии вдоль крупных разломов по бортам прогибов авлакогена сформировались Печоро-Кожвинский и Колвинский мегавалы [3]. Мегавалы представляют собой системы кулисообразно сочленяющихся друг с другом валов. Денисовский прогиб также осложнён инверсионными валами [4]. В целом, система разрывных нарушений определяет сложную клавишную структуру Печоро-Колвинской рифтогенной зоны. С разрывными нарушениями, которые ограничивают с запада Печоро-Колвинский авлакоген, совпадает современная западная граница распространения нижнедевонских отложений. В краевых частях рифтовой зоны отмечаются максимальные мощности нижнего девона [5].

Краткая история и методы изучения лохковских отложений

Изученность Печоро-Колвинского авлакогена неравнозначна. Наибольшее число разрезов лохковских отложений вскрыто в южной части Колвинского мегавала. Ранее проведённые исследования были нацелены на выделение отдельных пачек, свит и определение стратиграфических объёмов подразделений. Начало изучения лохковских отложений авлакогена было положено Л.И. Филипповой в 1968 г. с описания мощной толщи в разрезе Колвинского мегавала (скв.7 Усинская). В 70–80-е гг. XX в. Н.Б. Рассказова изучала разнофациальные отложения в разрезах мегавала. При сопоставлении скважинных геофизических характеристик лохковских отложений использован биостратиграфический метод. Исследование комплексов брахиопод проводила А.И. Першина, остракод – Г.В. Солопекина, спорово-пыльцевые комплексы изучала В.Ф. Сеннова.

В процессе подготовки региональной стратиграфической схемы нижнего девона для Северо-Восточного субрегиона (Тимано-Печорской области) (1989 г.) Н.Б. Рассказовой была установлена хатаяхинская свита, стратотип которой включает интервалы разрезов скважин 69, 67 и 72 Возейские. Разрез лохковского яруса на Усинской площади составлен из интервалов разрезов скважин 6, 7, 9, 12. На основании комплексов брахиопод А.И.Першина подтвердила развитие овинпармских отложений на территории южной части современного Колвинского мегавала [6]. В глинистых известняках в скв. 12 Усинская определены брахиоподы *Mesodouvillina subinterstrialis* (Kozl.), *Protathyris praecursor* Kozl., которые распространены в борщёвском и чортковском горизонтах Подолии, вайгачском горизонте о-ва Вайгач, овинпармском горизонте западного склона Северного и Приполярного Урала. Отмечено литологическое изменение лохковских отложений по разрезу Колвинского мегавала – смена известняковых разностей на глинисто-доломитовые. При изучении морского терригенно-карбонатного типа разреза нижнего девона в пределах Колвинского мегавала и юга Печорской гряды (Печоро-Кожвинского мегавала) установлен его объём, включающий овинпармский и сотчемкыртинский горизонты. Определена регрессивная направленность седиментации. В западном направлении в нижнедевонских отложениях отмечалось усиление содержания грубого терригенного материала [7].

Целевым назначением сверхглубокой скв. 1 Колвинская (скв. 1-СГ) было уточнено геологическое строение глубокозалегающих осадочных толщ ордовика, силура и нижнего девона [8]. Достигнув глубины 7057 м в Харьягинской палеовпадине, скважина вскрыла нижнесилурийские отложения и установила самую большую на территории Тимано-Печорской плиты мощность лохковского яруса – 1509 м.

В Денисовском прогибе в разрезе скв.1 Ванейвисская терригенные красноцветные отложения

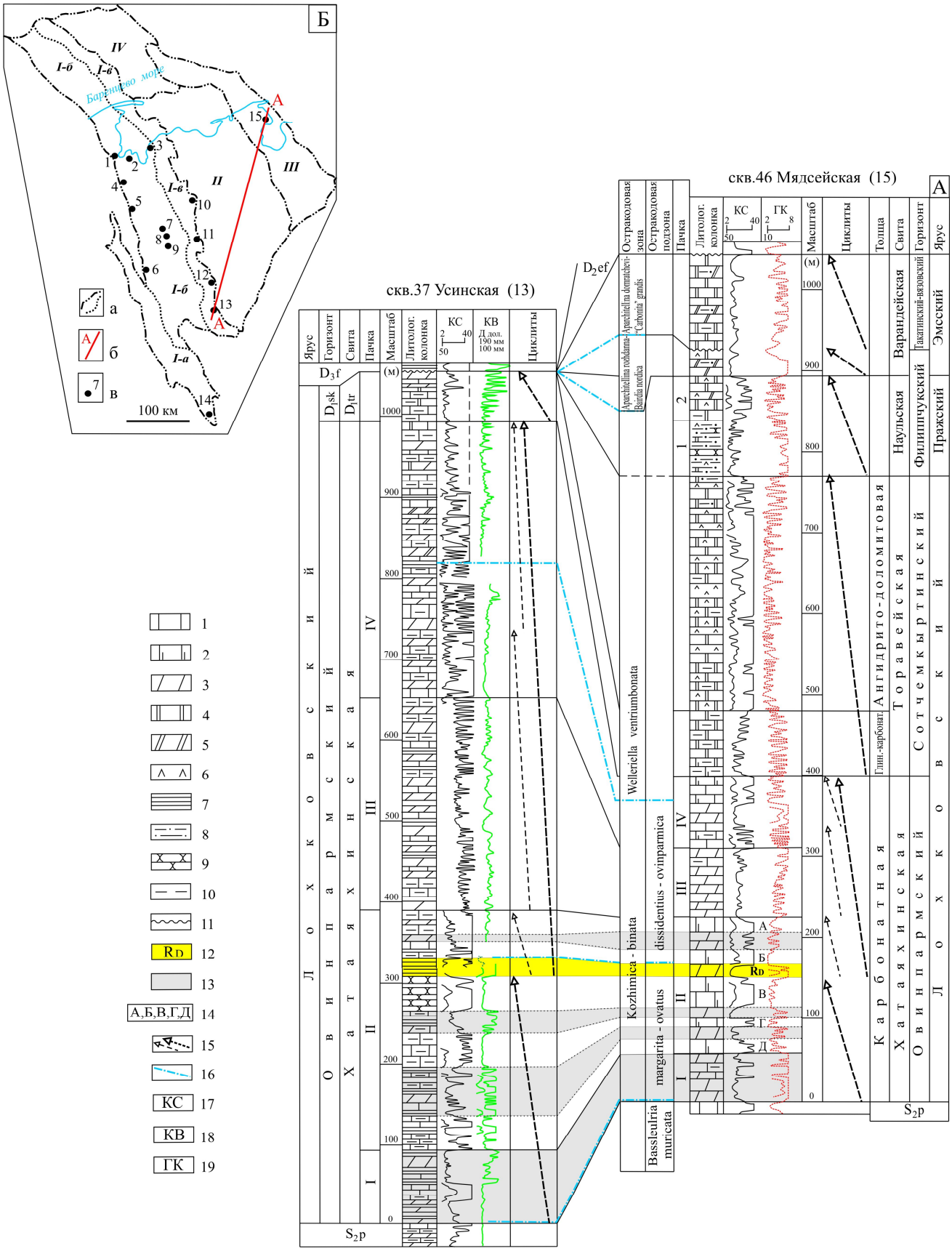


Рис. 1. А – Сопоставление нижнедевонских отложений восточной части Варандей-Адзьвинской структурно-тектонической зоны и южной части Колвинского мегавала (по линии А-А). 1–10 – породы: 1 – известняки, 2 – известняки доломитизированные, 3 – мергели, 4 – доломиты, 5 – доломиты сильноглинистые, 6 – ангидриты, 7 – аргиллиты, 8 – алевролиты, 9 – песчаники, 10 – глинистость пород; 11 – стратиграфическое несогласие; 12 –13 – реперные глинистые пласты пачки II: 12 – региональный пласт (R_D), 13 – реперные

глинистые пласты; 14 – индексы карбонатных пластов; 15 – трансгрессивно-регрессивные циклиты; 16 – границы остракодовых зон; 17–19 – диаграммы геофизических исследований скважин: 17 – кажущееся сопротивление пород, 18 – кавернометрия, 19 – гамма-каротаж.
Б – Схема тектонического районирования северо-восточной части Тимано-Печорского региона [1]. а – границы тектонического районирования: I – Печоро-Колвинский авлакоген: I-а – Печоро-Кожвинский мегавал, I-б – Денисовский прогиб, I-в – Колвинский мегавал; II – Хорейверская впадина; III – Варандей-Адзьвинская структурно-тектоническая зона; IV – Русская моноклиналь; б – линия сопоставления нижнедевонских отложений; в – площади: 1 – Кумжинская, 2 – Восточно-Василковская, 3 – Западно-Хыльчуюская, 4 – Восточно-Ванейвисская, 5 – Северо-Шапкинская, 6 – Южно-Юрьяхинская, 7 – Верхнелайская, 8 – Северо-Командиршорская, 9 – Мишваньская, 10 – Инзырейская, 11 – Харьягинская, скв. 1 Колвинская сверхглубокая, 12 – Возейская, 13 – Усинская, 14 – Югидская и Кыртаельская, 15 – Мядсейская.

Fig. 1. A – Correlation of the Lower Devonian deposits between the eastern part of the Varandey-Adzva Structural-Tectonic Zone and the southern part of the Kolva Megaswell (line A-A). 1–10 – rocks: 1 – limestones, 2 – dolomitic limestones, 3 – marls, 4 – dolomites, 5 – highly clayey dolomites, 6 – anhydrites, 7 – argillites, 8 – siltstones, 9 – sandstones, 10 – argillous rocks, 11 – stratigraphic disconformity; 12–13 – clayey mark beds of the packet II: 12 – regional bed (R_D), 13 – clayey mark beds; 14 – indexes of carbonate beds, 15 – transgressive-regressive cycles; 16 – boundaries of ostracode zones; 17-19 – well logs: 17 – apparent resistivity of rocks, 18 – caliper logging, 19 – gamma-ray log.
Б – The tectonic zoning chart of the north-eastern part of the Timan-Pechora region [1]. a - boundaries of the tectonic zoning: I - Pechora-Kolva Aulacogen: I-a – Pechora-Kozhva Megaswell, I-б – Denisov Trough, I-в – Kolva Megaswell; II – Khoreyver Depression; III – Varandey-Adzva Structural-Tectonic Zone; IV – Russian Monocline; б – the correlation line of the Lower Devonian deposits; в – areas: 1 – Kumzha, 2 – Vostochno-Vasilkovo, 3 – Zapadno-Khylchuyu, 4 – Vostochno-Vaneyvis, 5 – Severo-Shapkin, 6 – Yuzhno-Yuryakha, 7 – Verkhnelaya, 8 – Severo-Komandirshor, 9 – Mishvan, 10 – Inzyrey, 11 – Kharyaga, superdeep well Kolva 1, 12 – Vozey, 13 – Usa, 14 – Yugid and Kyrtael, 15 – Myadsey.

нижнего девона впервые описаны в 1976 г. Вскрытый интервал нижнедевонских отложений Н.Б.Рассказова предложила включить в местную стратиграфическую схему в качестве стратотипа ванейвисской свиты, соответствующей сотчемкыртинскому горизонту [9]. Исследования керна скв. 21 Северо-Шапкинская подтвердили информацию о развитии сотчемкыртинских отложений в северной части Денисовского прогиба (1978 г.). В 1981 г. скв. 8 Кумжинская вскрыла толщу терригенных пород (584 м), которая в местной стратиграфической схеме принята в качестве стратотипа кумжинской свиты и соответствует овинпармскому горизонту.

В решении вопросов стратиграфии представления о седиментационной цикличности были заложены в XIX в. Геологической цикличности посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных исследователей. И в настоящее время метод анализа цикличности осадочных формирований является актуальным. Этот метод был использован специалистами Института геологии Коми НЦ УрО РАН при изучении особенностей строения нижнедевонских отложений Колвинского мегавала [10]. Границами четырёх выделенных регрессивно-трансгрессивных секвенций приняты резкие смены отложений, которые по литологическим признакам представляются поверхностями эрозии.

Метод циклостратиграфического анализа объективен для исследования разнофациальных отложений. Он предусматривает использование литологических и геофизических коррелятивов. Реперные уровни установлены в опорном разрезе на территории Варандей-Адзьвинской структурно-тектонической зоны (ВАСЗ) [11]. Синхронизировать циклиты помогают глинистые реперы (рис. 1). При выделении реперных уровней основой послужили диаграммы геофизических исследований скважин (ГИС): кажущееся сопротивление пород, гамма-каротаж и кавернометрия. Результаты детального анализа таксономического состава фаунистических и палинологических сообществ обосновывают рубежи в эволюции обстановок осадконакопления, которые связаны с эвстатическими колебаниями уровня моря, тектоническими и другими факторами. Фаунистические сообщества оказываются чувствительными к небольшим изменениям условий среды обитания, вызванным относительно малоамплитудными и быстрыми изменениями глубины бассейна [12].

Нижняя граница лохковского яруса

Нижняя часть лохковского яруса повсеместно представлена глинистыми отложениями. Залегающий ниже гребенской горизонт фациально выдержан в разрезах Колвинского мегавала. Он сложен известняками, мергелями и аргиллитами. Известняки серые, тонко- и среднезернистые, неравномерно глинистые, комковатые, с линзовидным распределением органогенного материала. Мергели плитчатые, горизонтально и линзовидно-слоистые. Аргиллиты темно-серые с зеленоватым оттенком, известковистые. В верхней части гребенского горизонта сверхглубокой скв.1 Колвинская отмечено тонкое субгоризонтальное и линзовидное переслаивание известняков и аргиллитов. В карбонатной массе неравномерно распределены обломки брахиопод, иглокожих, остракод, мшанок [8]. Возраст пород гребенского горизонта в южном разрезе Колвинского мегавала (скв. 1 Чедтыйская) подтвержден комплексом брахиопод: *Atrypella* cf. *linguata* Buch., *A.* ex. gr. *scheii* (Holt.), *A. insignae grebenensis* Nik., *Collarothyris* ex. gr. *canaliculata* Wen. (определения Ю.А. Юдиной) и остракод: *Signetopsis* cf. *enormis* Zenkova, *Eokloedenia* aff. *bacata* Abushik, *Calcaribeyrichia* sp. ind., *Gannibeyrichia* sp. ind., *Cavellina* aff. *concinna* Neckaja (определения Л.Л. Шамсутдино-

вой). Залегающие выше осадочные формирования содержат остракоды биостратиграфического подразделения *Kloedenellitina margaritae – Parabairdia cypris ovatus*, характерного для нижней части лохковского яруса Тимано-Североуральского региона.

В Денисовском прогибе подошву нижнего девона вскрыли несколько скважин. В разрезе скв. 8 Кумжинская граница силура и девона довольно уверенно определена не только по геофизическим показателям (глубина – 4482 м). В инт. 4494–4500 м в глинистых алевритовых известняках определены костные остатки пржидольских позвоночных: *Katoporus tricavus* Gross, *Goniporus alatus* Gross, *Logania cuneata* Gross, *Poracanthodes punctatus* Brotzen, *Gomphonchus hoppei* Gross, *G. sandelensis* Pander.

Биостратиграфические данные должны сопровождать корреляцию разрезов. Использование только геофизических и литологических критериев может привести к неверному принятию и границ, и, соответственно, стратиграфического объёма осадочных формирований. В разрезе скв. 1 Восточно-Ванейвисская при описании керна в интервале 4900–4932 м обращено внимание на переслаивание известняков, алевролитов и песчаников. В керне отмечены слои песчаниковых (9–35 см) и карбонатных (до 0,25 см) брекчий. Ходы илоедов в алевритовых и карбонатных разностях выполнены псаммитовым материалом (рис. 2–1). Свидетелями субаэральной обстановки служат трещины усыхания на поверхностях наслоения песчаников. Известняки и известковистые песчаники содержат фауну брахиопод плохой сохранности, остракоды, обрывки мшанок. Ю.А. Юдина определила брахиоподы, характерные для гребенского горизонта: *Howellella* ex gr. *parvula* Tschern. et Yak., *Collarothyris* sp. (инт. 4900–4912 м). Вариант провести границу силурийской системы по кровле пачки брекчированных пород, воспринятой как регрессивная часть гребенского горизонта, не был принят. Выше пачки с брекчированными породами,в известняках верхней части следующего седиментационного циклита (инт. 4792–4900 м), определены гребенские остракоды *Clavofabellilna* aff. *uralensis* Zenkova, *Cavellina* ex gr. *kubensis* Zenkova (инт. 4808–4816 м). Граница силурийской и девонской систем в скв. 1 Восточно-Ванейвисская принята на глубине 4792 м.

Но граница девона и силура не столь резка в южных разрезах Денисовского прогиба. Кровельные верхнесилурийские карбонаты обогащены глинистым материалом. Породы содержат гребенские брахиоподы: *Howellella* cf. *pseudogibbosa* Nik., *Collarothyris* ex gr. *canaliculata* T. Modz. (скв. 500 Верхнелайская, инт. 4753–4799 м). Глинистые фации нижнедевонской базальной пачки I в основном выдержаны, содержат брахиоподы *Protathyris* cf. *praecursor* Kozl. (скв. 500 Верхнелайская, инт. 4680–4684 м).

Овинпармский горизонт

В нижнедевонских разрезах Колвинского мегавала, на Возейской и Усинской площадях, Л.И. Филиппова выделила свиты и пачки, получившие индексы D_1А (пачки 0, I, II,) и D_1Б (III и IV) [13]. В составе свиты D_1А преобладают глинистые породы, которые в нижней и верхней частях чередуются с известняками, в свите D_1Б – известняки. Встречаются прослои доломита, их число увеличивается вверх по разрезу. В верхней ее части преимущество имеют доломиты с гнёздами ангидрита. В неопубликованных материалах, используемых в практике геологоразведочных работ, пачка IV подразделяется на три части в соответствии с изменением литологического состава пород. Нижняя из них относится к овинпармскому горизонту, а две верхние – к сотчемкыртинскому (рис. 3).

Для Колвинского мегавала разрез овинпармского горизонта (хатаяхинской свиты) в скв. 37 Усинская (830 м) принят в качестве опорного. Его строение по литолого-фациальной и геофизической характеристикам весьма сходно с овинпармскими разрезами северо-востока Тимано-Печорского региона (рис. 1). При этом используется номенклатура пачек, принятая для опорного разреза ВАСЗ. Пачку I (50–93 м) слагают серые карбонатно-глинистые породы: аргиллиты, мергели, глинистые известняки, слойки глнистого доломита. В пачке II чередуются пласты известняков, мергелей и аргиллитов. Отмечаются пласты песчаников. Глинистые породы преобладают в пачке III. Трёхчленное строение имеет пачка IV, которую слагают известняки, мергели, вторичные доломиты. Расчленение овинпармских разрезов Колвинского мегавала на предлагаемые авторами пачки проводится довольно уверенно. В связи с различием литолого-фациальных характеристик лохковских отложений авлакогена объективным способом корреляции может быть прослеживание осадочных циклитов.

Пачка I, как трансгрессивная часть нижнеовинпармского циклита, литологически регионально выдержана, возраст её пород определён по находкам позвоночных, типичных для лохковского яруса: *Corvaspis* sp., *Turinia pagei* (Pawrie), *Boreania minima* Kar.-Tal., *Nostolepis* cf. *arctica* Vieth, *N.* cf. *multicostata* Vieth, *N. athleta* Valiuk, *N. minima* Valiuk, *Gomphonchus sandelensis* (Pand.), *Cheiracanthoides borealis* Valiuk., *Canadalepis linguiformis* Vieth, *Poracanthodes porosus* Brotzen (скв. 205 Инзырейская, инт. 4577 – 4585 м; определения В.Н. Каратаюте-Талимаа, Ю. Валиукевичуса). В этом же интервале Г. Вайтекунене установила раннедевонский спорово-пыльцевой комплекс: *Archaeozonotriletes* cf. *chulus* (Cramer) Rich. et Listervar. *chulus* Rich et McGregor, *Synorisporites* cf. *verrucatus* Rich. et Lister, *Lophotriletes minor* Kedo, *Retuzotriletes* cf. *goensis* Leleet Streel, *Perotriletes microbaculatus* Rich. Et Lister, *Deltoidospora* (*Leiotriletes*) cf. *microdeltoidus* (McGregor). Пачка II в разрезах Колвинского мегавала объединяет мелководные карбонатные и карбонатно-терригенные отложения. Пласты известняков, которые характеризуются высокими значениями кажущегося сопротивления, перемежаются с глинистыми пластами. Регрессивную часть нижнеовинпармского циклита представляют песчаники кварцевые серые и буровато-серые, тонко- и мелкозер-

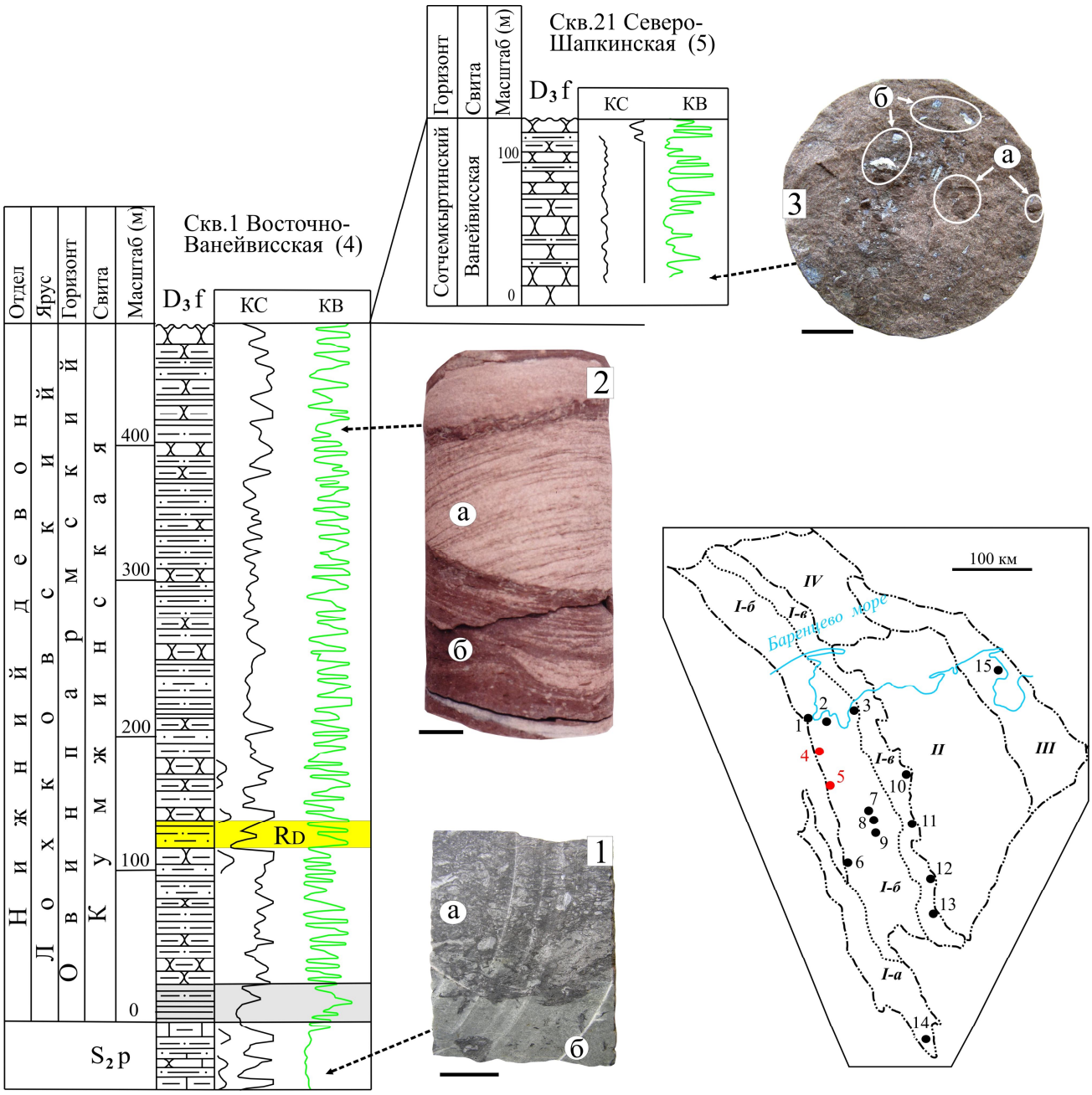


Рис. 2. Литологическая характеристика пржидольских и лохковских отложений Денисовского прогиба. 1–3 – фотографии керна пород (масштабная линия 1 см): 1: а – аргиллит алевритовый с ходами роющих организмов, б – песчаник известковый (скв. 1 Восточно-Ванейвисская, 4928 м); 2: а – песчаник, б – алевролит глинистый, окрашен гидроокислами железа (скв. 1 Восточно-Ванейвисская, 4394 м); 3: песчаник, окрашен гидроокислами железа, а – включения глинистых пород, б – остатки ихтиофауны (скв. 21 Северо-Шапкинская, 4253 м). Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 2. The lithological description of the Pridoli and Lokhkovian deposits of the Denisov Trough. 1-3 –photos of rock cores (scale line 1 cm): 1: a – silty argillite with nereite tracks, б – calcareous sandstone (well 1 Vostochno-Vaneyvis, 4928 m); 2: a – sandstone, б – clayey siltstone dyed with hydrous ferric oxide (well 1 Vostochno-Vaneyvis, 4394 m); 3: sandstone dyed with hydrous ferric oxide, a – clayey rocks inclusions, б – remains of fish fauna (well 21 Severo-Shapkin, 4253 m). See Fig. 1 for the rest of the legend.

нистые, известковистые (пласты 10–45 м). В более глубоководных морских фациях этот уровень представлен карбонатными породами.

Начало позднеовинпармской трансгрессии отражает глинистый пласт R_D (скв. 37 Усинская, инт. 3656–3676 м), который залегает выше песчаного пласта. На диаграммах ГИС его характеризуют низкие значения кажущегося сопротивления, высокие значения гамма-активности и положительное отклонение кривой естественной поляризации. Он уверенно прослеживается в стратиграфически полных овинпармских разрезах Колвинского мегавала,

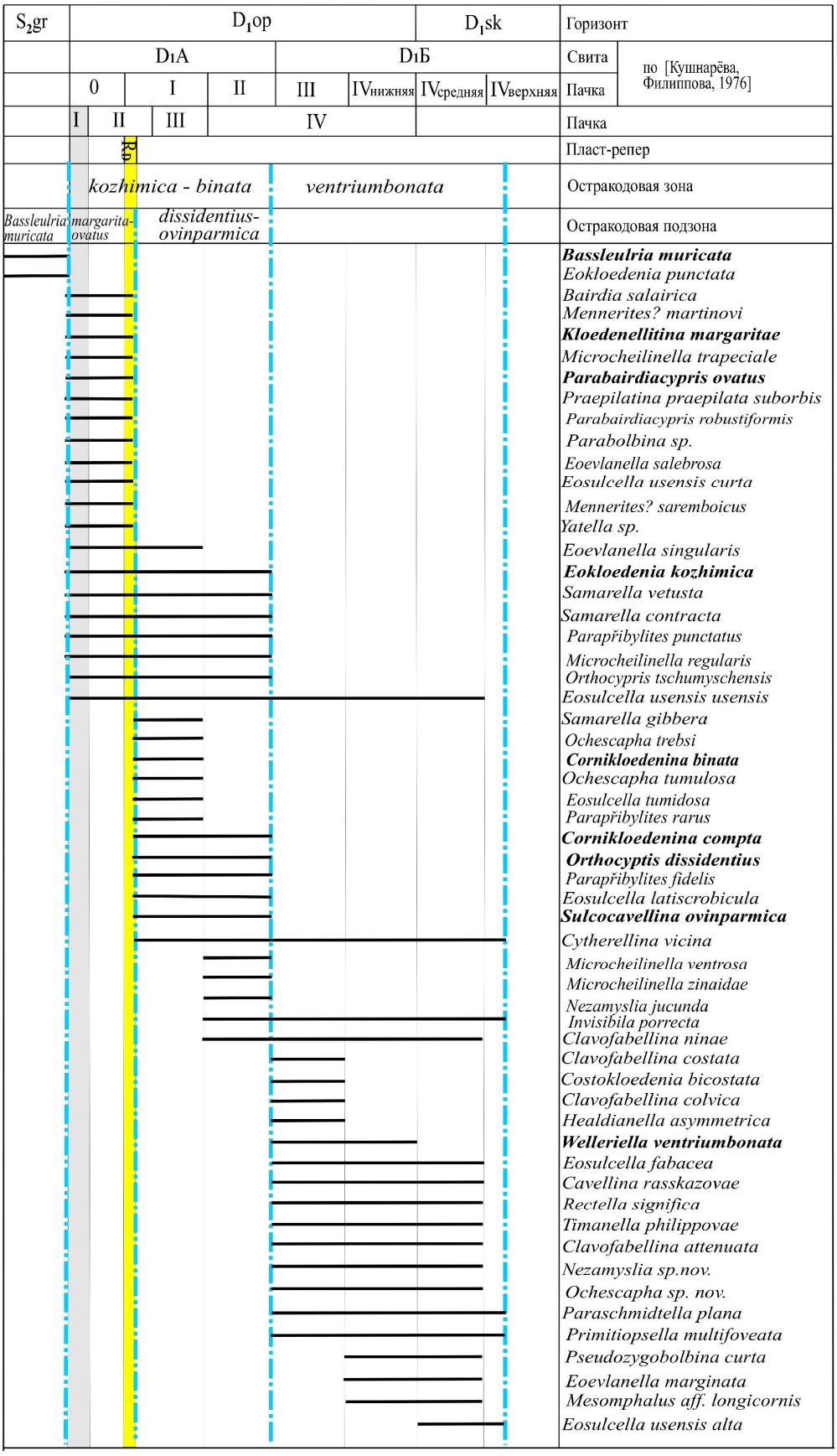


Рис. 3. Распространение остракод в разрезах лохковского яруса Колвинского мегавала (жирным шрифтом выделены виды-индексы).

Fig. 3. Occurrence of ostracodes in the Lokhkovian Stage sections of the Kolva Megaswell (species-indexes are in bold type).

является основным региональным репером в овинпармских отложениях Тимано-Печорского региона. Верхнеовинпармский трансгрессивно-регрессивный циклит делится на циклиты меньшего ранга, трансгрессивными частями которых служат интервалы глинистых отложений пачек III и IV.

Основная часть лохковского разреза сверхглубокой скв. 1 Колвинская (1110 м) относится к овинпармскому горизонту. Присутствие глинистого материала в отложениях увеличено, но расчленение его на пачки и циклиты проводится довольно уверенно. С помощью репера R_D определяется изменение мощности овинпармских отложений на палеоподнятиях (рис. 4). В скв. 205 Инзырейская она невелика – 173 м. На южном склоне Инзырейского палеоподнятия в скв. 206 овинпармские отложения вскрыты на глубину 460 м. Попытки сравнить их и построить сводный разрез палеоподнятия оказались безуспешными, пока не были подключены результаты биостратиграфического анализа. Представления о седиментологических циклитах и границах развития остракодовых комплексов, установленных в полных лохковских разрезах, убедили в том, что на палеоподнятии проявился глубокий предфранской размыв нижнедевонских отложений.

Близость источников обломочного материала, Тиманского кряжа и Болванского свода обусловила преимущественно терригенный состав лохковских пород Денисовского прогиба. В отложениях кумжинской свиты выделение осадочных циклитов проводится не всегда уверенно. Диаграммы ГИС отражают различное содержание глинистого материала и плотность терригенных пород (рис. 5). Ярко выделяется глинистый пласт-репер R_D, с помощью которого овинпармский горизонт делится на две неравные по мощности части – два циклита. В базальной пачке нижнеовинпармского циклита в разрезе скв. 8 Кумжинская, кроме глинистых пород, присутствуют пёстроокрашенные алевролиты, песчаники, что отличает её от аналога пачки I в разрезах Колвинского мегавала. Верхнюю часть циклита слагают глинисто-алевро-песчаные отложения серые, зеленовато-серые, коричневые, красно-коричневые.

В более глубоководных условиях морского бассейна формировался нижнеовинпармский осадочный циклит в районе Верхнелайских скважин и более южных районах ПКА. В разрезах представлены глинисто-карбонатные породы: аргиллиты сероцветные тонкоотмученные, известняки зернистые и органогенные. Условия были благоприятными для обитания пелециподов, остракод, мшанок, рыб, эвриптерид, трилобитов. Раннедевонский возраст отложений подтвердили брахиоподы, упомянутые в разделе о нижней границе, и спорово-пыльцевой комплекс: *Ancyropora grandispinosa* Rich., *Rhabdosporites langi* (Eisenack) Rich., *Dibolisporites* sp. (Г. Вайтекунене). Определены также раннедевонские остракоды: *Eokloedenia kozhimica* Abush., *Cornikloedenina* aff. *binata* Abush., *Eosulcella* cf. *unsensis* (Zenkova), *Cryptophyllus* aff. *triangularis* (Krand.), *Orthocypris* cf. *tschumyschensis* Pol., *Praepilatina praepilata* (Pol.), *Clavofabellina abunda miscella* Abush., *Kielciella sulcata* Abush. (Л.Л. Шамсутдинова; скв. 500 Верхнелайская, инт. 4680 – 4700, 4720 – 4734 м).

Выше репера R_D происходит смена фаций. Над ним ещё заметны прослои известняков, содержащих остатки бентосной фауны. Вверх по разрезу кумжинской свиты сероцветные породы замещаются преимущественно красноцветными – глинистыми алевролитами, песчаниками, аргиллитами (рис. 2–2). Отмечены редкие прослои доломитов. Отложения позднеовинпармского времени формировались в морских супралиторальных условиях, о чём свидетельствуют текстура линзовидно- и косослоистая, комковатая, а также плоская галька глин на поверхностях наслоения, обрывки и целые раковины пелециподов, обрывки растений. Отмечены следы ихнофоссилий. Обломочную часть пород алевритовой и псаммитовой размерности представляют полуокатанные и неокатанные зёрна кварца.

Инт. 3895–3970 м верхней части нижнедевонского разреза скв. 8 Кумжинская характеризуется менее песчаным составом пород, но количество прослоев доломитов и алевролитов увеличено. Окраска пород сходна с залегающими ниже. О раннедевонском возрасте красноцветных отложений свидетельствуют остатки ихтиофауны: *Liliaspis philippovae* Novitskaya, *Turinia* sp., *Nikolivia* sp., *Polimerolepis* sp. Перечисленные формы характерны для аналогов нижнего жедина чортковского и иваневского горизонтов Подолии, за исключением *Liliaspis philippovae* – вида, распространённого только в Тимано-Печорском регионе. Комплекс спор подгруппы *Emphanisporites* Allen, выделенном в глинистых отложениях (скв. 8 Кумжинская, инт. 3945–3977 м), подобен комплексам, также известным в разрезе нижнежединского подъяруса Львовского палеопрогиба. Руководящими видами спор являются: *Leiotriletes nigratus* Naum., *Trachitriletes solidus* Naum., *T. minor* Naum., *Acanthotriletes parvispinosus* Naum., *Stenozonotriletes formosus* Naum., *Retusotriletes rotundus* Strill., *Emphanisporites minutes* Allen [14].

Сотчемкыртинский горизонт

Сотчемкыртинский горизонт завершает разрез лохковского яруса. Горизонту отвечает торавейская свита – в разрезе Колвинского мегавала, ванейвисская свита – на территории Денисовского прогиба. Свиты существенно отличаются по литологическому составу.

В полных разрезах яруса торавейскую свиту представляют две толщи: глинисто-карбонатная и ангидрито-доломитовая. Для трансгрессивной части сотчемкыртинского циклита, глинисто-карбонатной толщи, характерна ассоциация седиментационных доломитов, доломитовых мергелей с подчиненными прослоями аргиллитов и вторичных водорослевых доломитов. В монографии Камского НИИКИГС на разрезе скважины 1 Колвинская СГ толща доломитистых аргиллитов и доломитовых мергелей (187 м) отнесена к овинпармскому горизонту, хотя было сделано предположение о её при-

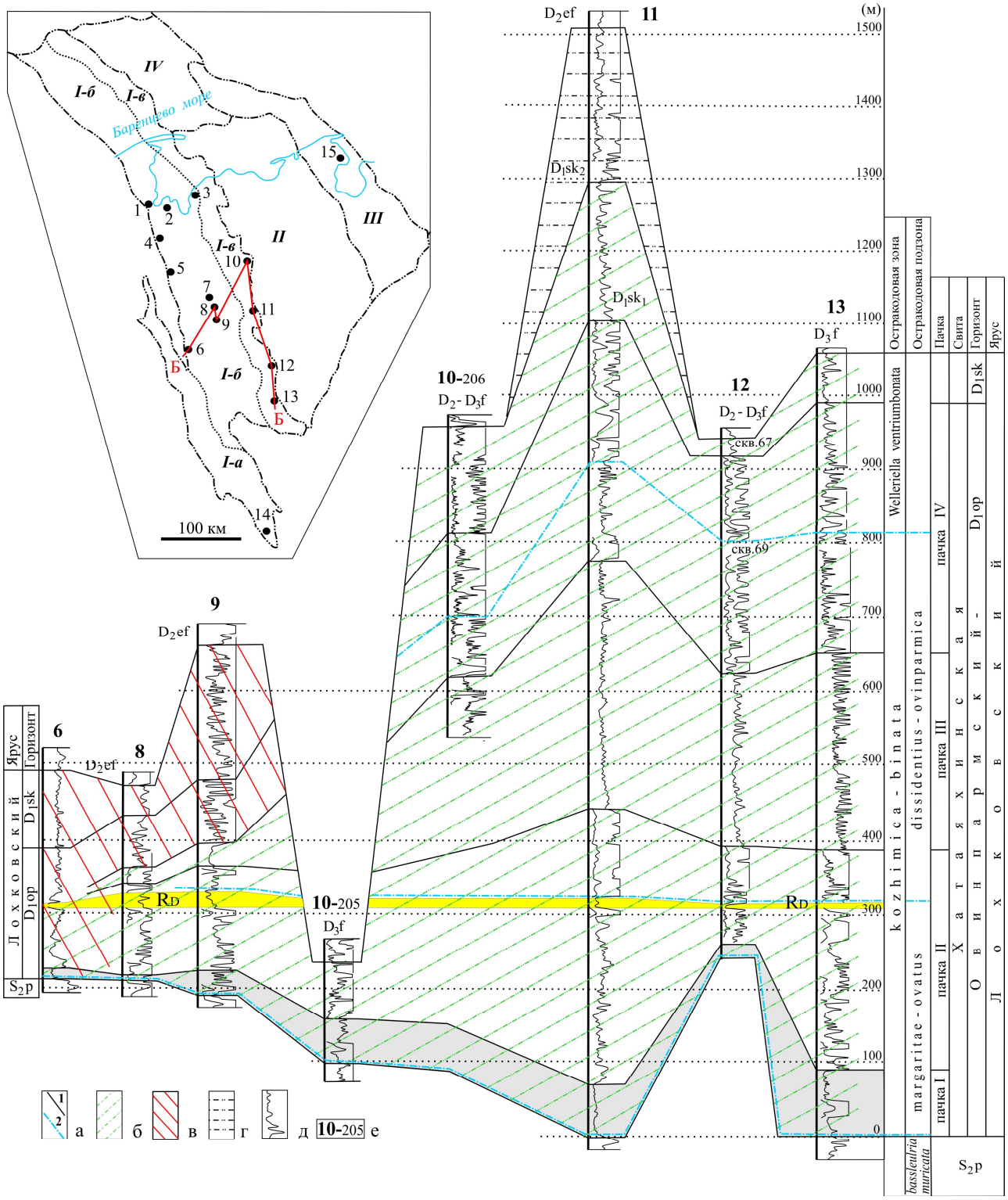


Рис. 4. Сопоставление лохковских отложений Колвинского мегавала и Денисовского прогиба по линии Б–Б. а – границы: 1 – фаций, 2 – остракодовых зон в разрезах скважин; б–г – отложения морского шельфа: б – глинисто-карбонатные, карбонатно-глинистые; в – терригенные, карбонатно-терригенные; г – сульфатно-карбонатные; д – диаграмма кажущегося сопротивления пород; е – площадь, скважина. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 4. Correlation of the Lokhkovian deposits between the Kolva Megaswell and Denisov Trough along line Б-Б. а – boundaries: 1 – facies, 2 – ostracode zones in the well stratigraphic sections; б-г – marine shelf deposits: б – clayey-calcareous, calcareous-clayey; в – clastic, carbonate-clastic; г – sulfate-carbonate; д – apparent resistivity logs of rocks; е – area, well. See Fig. 1 for the rest of the legend.

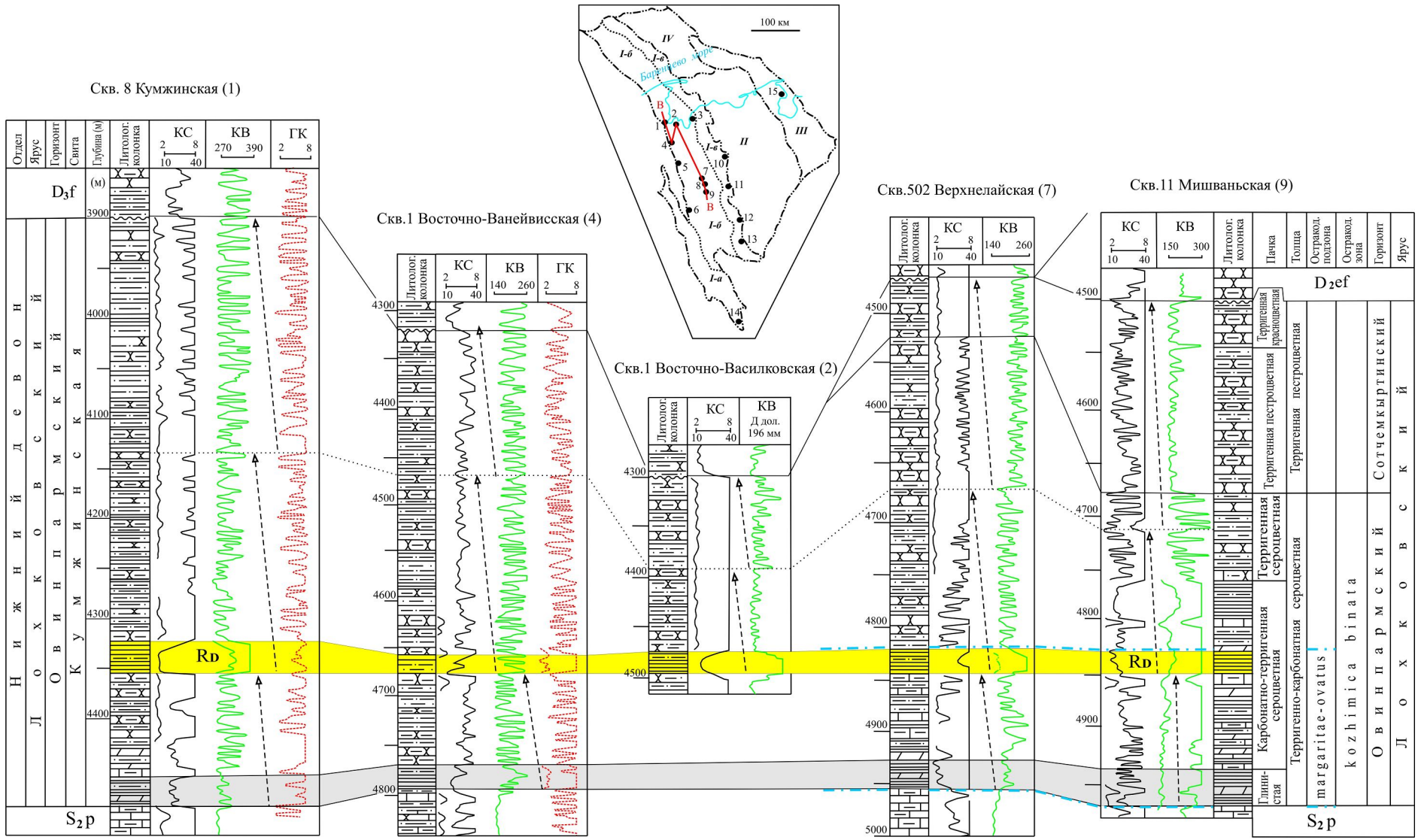


Рис. 5. Сопоставление лохковских отложений Денисовского прогиба по линии В-В. Условные обозначения см. на рис. 1.

Fig. 5. Correlation of the Lokhkovian deposits of the Denisov Trough along line B-B. See Fig. 1 for the legend.

надлежности к торавейской свите (сотчемкыртинскому горизонту) [8]. Судя по литологическому составу и ГИС, предположение справедливо – эта толща является трансгрессивной нижнесотчемкыртинской частью верхнего лохкова. К регрессивной части сотчемкыртинского горизонта относится ангидрито-доломитовая толща, которую слагают доломиты, доломитовые мергели, ангидриты и редкие прослои аргиллитов. По фациальной характеристике циклит (инт. 4046 – 4445 м) близок его аналогу в опорном разрезе ВАСЗ (скв. 46 Мядсейская) и является надёжным реперным уровнем в разрезах лохковских отложений.

Южная часть Печоро-Кожвинского мегавала в раннедевонское время испытывала активное прогибание. На территории вдоль Припечорской системы разломов вскрыты 499 м нижнедевонских терригенно-карбонатных отложений (скв. 62 Югидская). Они представлены глинистыми известняками, мергелями и аргиллитами. Известняки и доломиты тёмно-серые, глинистые разнозернистые [15]. Карбонатные пласты содержат остракоды: *Clavofabellina abunda miscella* Abush, *Eoevlanella marginata* Polen., *Cavellina rasskazovae* Shams., *Timanella philippovae* Shams., *Rectella significa* Shams., *Invisibila porrecta* Polen., *Eosulcella fabacea* (Abush.) (определения Л.Л. Шамсутдиновой). Установленный комплекс остракод соответствует верхнелохковской зоне *Welleriella ventriumbonata*. Отложения, вскрытые на Кыртаельской площади (скв. 8, 173 м), по литологическому характеру, очевидно, являются аналогом ангидрито-доломитовой толщи. В верхней части разреза переслаиваются ангидриты, доломиты, мергели. В нижней части отмечены прослои алевролитов. В карбонатных породах определены раннедевонские остракоды: *Hogmochilina subformosa* Abush., *Clavofabellina dorsicostata* Abush., *Cytherellina* aff. *clara* (Pol.).

На северных участках Денисовского прогиба, где лохковский ярус эродирован в меньшей степени, развиты отложения ванейвисской свиты. В разрезе скв.21 Северо-Шапкинская (вскрыты 157 м) свиту слагают песчаники и алевролиты глинистые. Породы в основном пёстроокрашены в светло-зелёный, чаще красно-коричневый цвета, редки белые прослои (рис. 2–3). Породообразующими компонентами являются кварц (80–95 %), слюда, полевые шпаты, обломки кремнистых пород. Аргиллиты алевритовые тонкими слойками подчёркивают линзовидно-слоистую и косослоистую текстуру пород, а также содержатся в виде мелких включений. Отмечены стяжения доломита тонкозернистого алевритистого. Породы содержат растительный углефицированный детрит. В керне скв. 21 Северо-Шапкинская В.Н. Каратаюте-Талимаа определила остатки позвоночных, характерных для верхней части нижнего девона (верхний зиген – нижний эмс): *Weigeltaspis* sp., *Pteraspididae* gen. ind., *Porolepis* sp.(инт. 4228 – 4235 м). Позднелохковский возраст свиты подтверждает и комплекс спор, установленный В.Ф. Сенновой: *Leiotriletes devonicus* Kedo, *Acanthotriletes parvispinosus* Naum., *A.*aff *denticularis* Naum., *Trachitriletes minutes* Naum., *Emphanisporites minutes* Allen. Комплекс отличается высоким процентным содержанием вида *Emphanisporites minutes* Allen (до 10%) и большим видовым разнообразием этой группы. Это дало основание отнести отложения в разрезе скв. 21 к более молодым, в сравнении с отложениями, вскрытыми скважиной 8 Кумжинская [14].

Лохковские циклиты и остракодовые комплексы

Проявление рифтинга на территории Тимано-Печорской плиты на рубеже силура и девона и последовавших тектонических разноамплитудных погружений способствовали фациальному разнообразию в раннедевонских осадочных комплексах. Большая часть раннего девона на территории плиты характеризовалась регрессивной направленностью осадконакопления, что отразилось на этапности развития морской биоты и уровне её разнообразия [16]. Единение седиментационных и биостратиграфических рубежей рассматривается как факт фундаментальной значимости [17].

На территории ПКА проявляется универсальный характер цикличности, который обосновывает возможность сопоставления толщ, развитых в различных структурно-фациальных зонах. Несмотря на различие мощностей, нижнедевонские осадочные трансгрессивно-регрессивные циклиты Колвинского мегавала тождественны выделенным в разрезах северо-восточной части Тимано-Печорской плиты. При прослеживании циклитов фациальный состав пород меняется. Синхронные формирования выделяются и в разрезах Денисовского прогиба. Крупные седиментационные циклы на всей площади своего распространения изохронны, на что указывают палеонтологические и палинологические комплексы [18]. Этапность осадконакопления в раннем девоне соответствует этапности в эволюции бентосной фауны. Об этом свидетельствуют закономерные изменения облика фаунистических сообществ в карбонатном шельфовом цикле [19].

Трансгрессивную часть нижнего овинпармского циклита в разрезе Колвинского мегавала слагают породы преимущественно глинистого состава. Регрессивной фазе отвечают глинисто-карбонатные отложения, иногда со слоями алевролитов и песчаников. При детальном анализе вертикального распространения отдельных видов остракод в разрезах скважин установлено, что нижнему циклиту соответствует остракодовое биостратиграфическое подразделение *Kloedenellitina margaritae – Parabairdiacypris ovatus* (рис. 3).

Начало следующего циклита маркируется региональным карбонатно-глинистым репером R_D. Изменился и таксономический состав остракодовых комплексов, которые стали более разнообразными и многочисленными по количеству особей. Стратиграфический интервал развития второго остракодового комплекса включает регионально прослеженные пачки: верхняя часть пачки II, III и большая часть пачки IV. Этому интервалу отвечает остракодовое подразделение *Orthocypris dissidentius-Sulcocavellina ovinparmica*.

В регрессивной фазе лохковского мезоциклита формируются отложения верхней части овинпармского горизонта и сотчемкыртинские отложения. Этому интервалу соответствует остракодовая зона *Welleriella ventriumbonata,* которая отвечает интервалу распространения вида-индекса. Остракодовый комплекс характеризуется существенными изменениями на видовом, родовом и даже более высоком систематическом уровнях. Появилось большое количество новых видов, отмечено практически полное отсутствие представителей отряда *Podocopida*. В начале позднего лохкова (раннесотчемкыртинское время) дальнейшая регрессия моря, засолонение бассейна отразились на составе остракодовых комплексов и обусловили монотаксонность ассоциаций. Верхняя часть сотчемкыртинского горизонта, представленная седиментационными доломитами и сульфатами, фаунистически не охарактеризована [20].

Верхняя граница лохковского яруса

Перерывы осадконакопления, проявившиеся в допозднеэмсское, предсреднедевонское и раннефранское время, отразились в сокращении мощности нижнего девона на приподнятых блоках Денисовского прогиба – Болванском, Лайско-Лодминском, на блоках Колвинского мегавала – Возейском, Инзырейском, а также на территории Печоро-Кожвинского мегавала. Перерывы осадконакопления относятся к числу важнейших обстоятельств, роль которых как реперов особенно велика в сейсмостратиграфии [21]. В сводовых частях древних поднятий нижнедевонские отложения отсутствуют (рис. 6). В палеовпадинах на лохковских отложениях залегают различные горизонты среднего девона. В северной части Колвинского мегавала вскрыта толща пражского-эмсского возраста, залегание которой на лохковских отложениях очевидно. На большей территории авлакогена время перерыва осадконакопления продлилось до раннего франа. Раннефранские терригенные полиминеральные отложения перекрывают лохковские формирования в зонах размыва среднедевонских отложений. Конгломераты в подошве нижнего франа отмечены в разрезах Коровинской, Кумжинской, Верхнелайской, Инзырейской и других площадей.

Заключение

При сопоставлении разрезов лохковских отложений с использованием комплекса геологических и геофизических методов изучения Печоро-Колвинского авлакогена подтверждено циклическое строение осадочных толщ. Прослеживаются три осадочные трансгрессивно-регрессивные циклита. Сходство и различие строения лохковских разрезов авлакогена с восточными разрезами Тимано-Североуральского региона подчёркивают региональные реперы, основными «связующими» из которых являются базальная глинистая пачка овинпармского горизонта и пласт R_D, представляющие трансгрессивные части нижне- и верхнеовинпармского осадочных циклитов соответственно. Положение литологических реперных уровней согласуется с изменением остракодовых комплексов в видовом и ко-

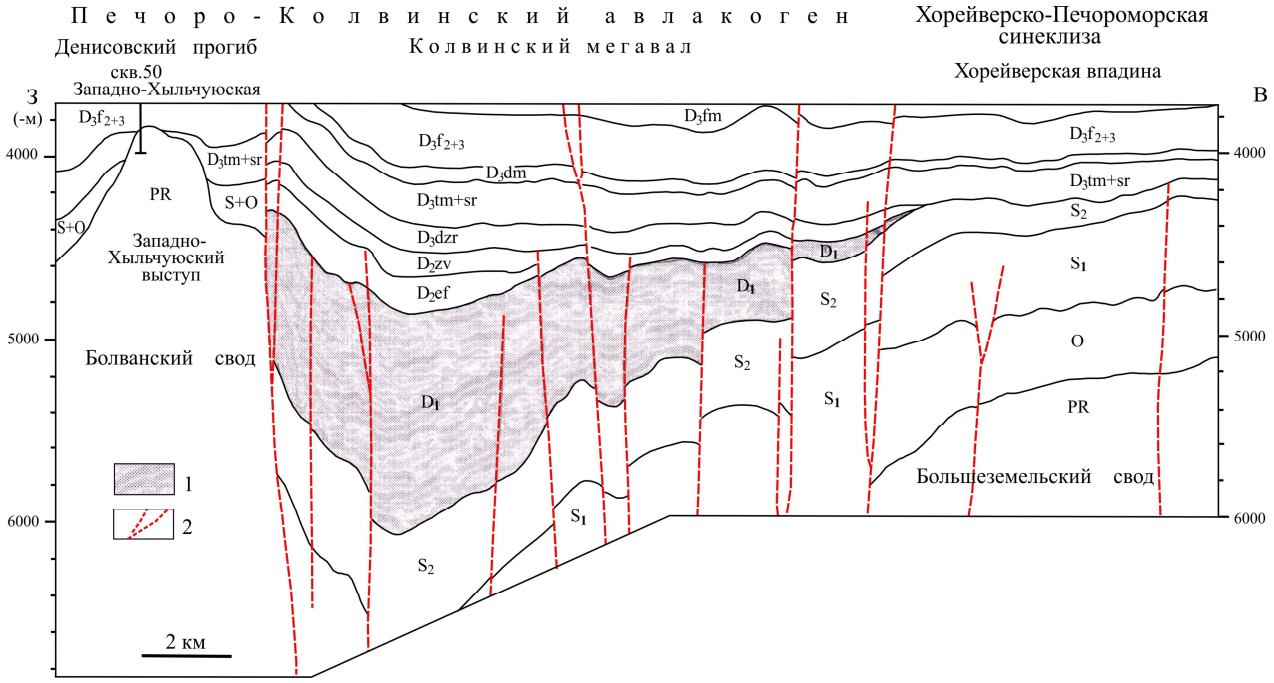


Рис. 6. Сейсмогеологический разрез и волновая картина нижнедевонских отложений по линии сейсмопрофиля P-I-IV-91 (северная часть Печоро-Колвинского авлакогена). Использованы материалы ОАО «Нарьян-Мар-сейсморазведка». 1 – сейсмическая характеристика нижнедевонских отложений, 2 – тектонические разломы.

Fig. 6. The seismogeological section and the wave image of the Lower Devonian deposits along the line of the seismic profile P-I-IV-91 (northern part of the Pechora-Kolva Aulacogen). Data available from JSC "Naryan-Marseysmorazvedka". 1 –seismic characteristics of the Lower Devonian deposits, 2 –tectonic faults.

личественном составе. Седиментологические и биостратиграфические критерии взаимосвязаны. Подтверждено существование единого морского бассейна в лохковское время на территории Тимано-Печорского региона.

Авторы признательны к.г.-м.н. В.С.Чупрову, к.г.-м.н., главному геологу ООО «ГеоПрайм» К.Г.Вискуновой за поддержку при подготовке статьи к печати.

Литература

1. *Новые представления* о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции/ О.М.Прищепа, В.И.Богацкий, В.Н.Макаревич, О.В.Чумакова, Н.И.Никонов, А.В.Куранов, М.М. Богданов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т.6. №4. http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf
2. *Малышев Н.А.* Тектоника, эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов европейского Севера России. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 270 с.
3. *Богданов М.М., Корюкина Н.Г., Лукова С.А.* Формирование зон нефтегазонакопления и прогноз концентрации углеводородного сырья в осадочном чехле Печоро-Колвинского авлакогена// Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т.5. №4. http://www.ngtp.ru/rub/6/51_2010.pdf
4. *Фундамент Тимано-Печорского* нефтегазоносного бассейна/Л.Т.Белякова, В.И.Богацкий, Б.П.Богданов, Е.Г.Довжикова, В.М.Ласкин. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2008. 288 с.
5. *Тимонин Н.И.* Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 240 с.
6. *Першина А.И., Филиппова Л.И.* Силур и нижний девон Тимано-Печорской провинции// Доклады АН СССР. 1971. Т.199. № 5. С. 1134–1137.
7. *Зарх В.П., Рассказова Н.Б.* Ордовик, силур, нижний девон Тимано-Печорской провинции // Стратиграфия и тектоника европейского Северо-Востока СССР: Материалы IX геол. конф. Коми АССР. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1982. С. 16–19.
8. *Ехлаков Ю.А., Горбачёв В.И., Карасёва Т.В., Богацкий В.И. и др.* Геологическое строение и нефтегазоносность глубокозалегающих отложений Тимано-Печорской провинции (по результатам исследования Тимано-Печорской глубокой опорной и Колвинской параметрической скважин). Пермь: КамНИИКИГС, 2000. 330 с.
9. *Решение межведомственного* регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы с региональными стратиграфическими схемами. Девонская система. Ленинград: ВНИГИ им. А.П. Карпинского, 1990. 121 с.
10. *Майдль Т.В., Малышев Н.А., Чупров В.С.* Особенности строения и нефтегазоносности нижнедевонских отложений Колвинского мегавала // Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений: материалы II Всероссийского литолог. совещания / VIII Всероссийского симпозиума по ископаемым кораллам и рифам. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 150–151.
11. *Юрьева З.П., Шамсутдинова Л.Л.* Событийные рубежи как основа литофациальной модели лохковских отложений на северо-востоке Тимано-Печорской провинции // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 8. С. 9–14.
12. *Дронов А.В., Корень Т.Н., Попов Л.Е., Толмачёва Т.Ю.* Методика событийной стратиграфии в обосновании корреляции региональных стратонов на примере нижнего ордовика северо-запада России. СПб.: ВСЕГЕИ, 1998. 88 с.
13. *Кушнарёва Т.И., Филиппова Л.И.* Девонские отложения северных районов Тимано-Печорской провинции // Особенности геологического строения Северо-Востока европейской части СССР и севера Урала: материалы VIII геол. конф. Коми АССР / Коми филиал АН СССР. Сыктывкар, 1976. С. 25–35.
14. *Юрьева З.П., Сеннова В.Ф.* Силурийские и нижнедевонские отложения Шапкина-Юрьяхинского вала // Геология и нефтегазоносность Севера европейской части СССР: сб. науч. тр. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1983. С. 88–91.
15. *Данилов В.Н., Мартынов А.В., Кочкина Ю.В.* Геологическое строение и история развития территории южного окончания Печоро-Кожвинского мегавала // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. Т. 11. №2. http://www.bgtp.ru/rub/4/24_2016.pdf
16. *Этапность развития* палеозойской биоты и её корреляционный потенциал / В.С.Цыганко, Т.М.Безносова, В.Ю.Лукин, С.Т.Ремизова, С.Д.Соболев, О.П.Тельнова. Сыктывкар: Геопринт, 2007. 88 с.
17. *Ёлкин Е.А.* От закономерностей в эволюции биоты к закономерному упорядочению подразделений глобальной и региональных стратиграфических шкал // Эволюция биосферы и биоразнообразия (к 70-летию А.Ю. Розанова). М.: ПИН РАН, 2006. С. 477–491.
18. *Будников В.И.* Седиментационные циклы – подразделения унифицированных стратиграфических схем // Проблемы стратиграфии. 1973. Вып. 169. С. 53–60.
19. *Грачевский М.М., Берлин Ю.М., Дубовский И.Т., Ульмишек Г.Ф.* Корреляция разнофациальных толщ при поисках нефти и газа. М.: Недра, 1976. 296 с.
20. *Абушик А.Ф., Шамсутдинова Л.Л.* Остракоды раннего девона Тимано-Печорской провинции. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 181 с.
21. *Красилов В.А., Зубаков В.А., Шульдинер В.И., Ремизовский В.И.* Экостратиграфия. Теория и методы. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 148 с.

References

1. *Prishchepa O.M., Bogatsky V.I., Makarevich V.N., Chumakova O.V, Nikonov N.I., Kuranov A.V., Bogdanov M.M.* Novye predstavleniya o tektonicheskom i neftegazogeologicheskom rajonirovanii Timano-Pechorskoj neftegazonosnoj provintsii [New insights on tectonic and oil-gas-geological zoning of the Timan-Pechora oil-gas-containing province] // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika [Petroleum geology. Theory and practice]. 2011. Vol. 6. № 4. http:www.ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf
2. *Malyshev N.A.* Tektonika, evolyutsiya i neftegazonosnost' osadochnyh bassejnov evropejskogo severa Rossii [Tectonics, evolution and oil-and-gas content of sedimentary basins of the European north of Russia]. Ekaterinburg: Ural Br., RAS, 2002. 270 p.
3. *Bogdanov M.M., Koryukina N.G., Lukova S.A.* Formirovanie zon neftegazonakopleniya i prognoz kontsetratsii uglevodorodnogo syr'ya v osadochnom chehle Pechoro-Kolvinskogo avlakogena [Formation of oil-and-gas accumulation zones and predictions of the concentration of hydrocarbonic raw materials in the sedimentary mantle of the Pechora-Kolva aulacogen] // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika [Petroleum geology. Theory and practice]. 2010. Vol.5. №4. http:// www.ngtp.ru/rub/6/51_2010.pdf
4. *Belyakova L.T., Bogatsky V.I., Bogdanov B.P., Dovzhikova E.G., Laskin V.M.* Fundament Timano-Pechorskogo neftegazonosnogo bassejna [Foundation of the Timan-Pechora oil-gas-containing basin] Kirov: Kirov region typography, 2008. 288 p.
5. *Timonin N.I.* Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v fanerozoe [Pechora platform: history of geological development in the Phanerozoic] Ekaterinburg: Ural Br., RAS, 1998. 240 p.
6. *Pershina A.I., Filippova L.I.* Silur i nizhnij devon Timano-Pechorskoj provintsii [The Silurian and Lower Devonian of the Timan-Pechora province] // USSR Ac. Sci. Reports. 1971. Vol. 199. № 5. P. 1134–1137.
7. *Zarkh V.P., Rasskazova N.B.* Ordovik, silur, nizhnij devon Timano-Pechorskoj provintsii [The Ordovician, Silurian, Lower Devonian of the Timan-Pechora province] // Stratigrafiya i tektonika evropejskogo severo-vostoka SSSR. [Stratigraphy and tectonics of the European northeast of the USSR]: Materials of the 9th geol. conf. of the Komi Republic. Syktyvkar: USSR Ac. Sci. Komi Br., 1982. P. 16–19.
8. *Ekhlakov Yu.A., Gorbachev V.I., Karaseva T.V., Bogatsky V.I. et al.* Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' glubokozalegayushih otlozhenij Timano-Pechorskoj provintsii (po rezul'tatam issledovaniya Timano-Pechorskoj glubokoj opornoj i Kolvinskoj parametricheskoj skvszhin) [Geological structure and oil-and-gas content of deep deposits of the Timan-Pechora province (on the results of the study of the Timan-Pechora deep stratigraphic test and Kolva parametric wells]. Perm: KamNIIKIGS, 2000. 330 p.
9. *Reshenie mezhvedomstvennogo* regioal'nogo stratigraficheskogo soveschaniya po srednemu i verhnemu paleozoyu Russkoj platformy s regionalnymi stratigraficheskimi shemami. Devonskaya sistema [Results of interdepartmental regional stratigraphic meeting on the Middle and Upper Paleozoic of the Russian platform with regional stratigraphic schemes]. Leningrad: A.P.Karpinsky VNIGI, 1990. 121 p.
10. *Maidl' T.V., Malyshev N.A., Chuprov V.S.* Osobennosti stroeniya i neftegazonosnosti nizhnedevonskih otlozhenij Kolvinskogo megavala [Peculiarities of formation and oil-and-gas content of the Lower Devonian deposits of the Kolva megaswell] // Litologiya i neftegazonosnost' karbonatnyh otlozhenij [Lithology and oil-and-gas content of carbonate deposits]: Materials of the 2d all-Russia litholog. meeting/ 8th all-Russia symp. on fossil corals and reefs]. Syktyvkar: Geoprint, 2001. P. 150-151.
11. *Yuryeva Z.P., Shamsutdinova L.L.* Sobytijnye rubezhi kak osnova litofatsial'noj modeli lohkovskih otlozhenij na severo-vostoke Timano-Pechorskoy provintsii [Eventive folds as a basis of lithofacies model of the Lokhkovian deposits in the north-east of the Timan-Pechora province] // Bull. of Geology Inst., Komi Sci.Centre, Ural Br., RAS], 2015. № 8. P. 9-14.
12. *Dronov A.V., Koren' T.N., Popov L.E., Tolmacheva T.Yu.* Metodika sobytijnoj stratigrafii v obosnovanii korrelyatsii regional'nyh stratonov na primere nizhnego ordovika severozapada Rossii [Technique of eventive stratigraphy on the grounds of regional stratons correlation on the example of the Lower Ordovician of the northwest of Russia]. St.Petersburg: VSEGEI, 1998. 88 p.
13. *Kushnareva N.I., Filippova L.I.* Devonskie otlozheniya severnyh rajonov Timano-Pechorskoj provintsii [The Devonian deposits of the northern regions of the Timan-Pechora province]//Osobennosti geologicheskogo stroeniya severo-vostoka evropejskogoj chsti SSSR i severa Urala [Peculiarities of geological formation of the northeast of the European part of the USSR and the north of the Urals]: Materials of 8th geol. conf. of Komi ASSR. Syktyvkar: Komi Br., USSR Ac. Sci., 1976.P. 25-35.
14. *Yuryeva Z.P., Sennova V.F.* Silurijskie i nizhnedevonskie otlozheniya Shapkina-Yur'yahinskogo vala [Silurian and Lower Devonian deposits of the Shapkin-Uryakhin swell] // Geologiya i neftegazonosnost' severa evropejskoj chasti SSSR [Geology and oil-and-gas content of the north of the European part of the USSR] : Collection of sci. works, Tumen: West Siberia NIGNI, 1983. P. 88-91.
15. *Danilov V.N., Martynov A.V., Kochkina Yu.V.* Geologicheskoe stroenie i istoriya razvitiya territorii yuzhnogo okonchaniya Pechoro-

Kozhvinskogo megavala [Geological structure and history of development of the territory of south completion of the Pechora-Kozhva megaswell] // Neftegazjvaya geologiya. Teoriya i praktika [Petroleum geology. Theory and practice]. 2016. Vol. 11. №2. http://www.bgtp.ru/rub/4/24_2016.pdf

16. *Tsyganko V.S., Beznosova T.M., Lukin V.Yu., Remizova S.T., Sobolev S.D., Tel'nova O.P.* Etapnost' razvitiya paleozojskoj bioty i eyo korrelyatsionnyj potentsial [Stage-by-stage approach of Paleozoic biota development and its correlation potential]. Syktyvkar: Geoprint, 2007. 88 p.
17. E*lkin E*.A. Ot zakonomernostej v evolyutsii bioty k zakonomernomu uporyadocheniyu podrazdelenij global'noj i regional'nyh stratigraficheskih shkal [From regularities in biota evolution to regularization of subdivisions of global and regional stratigraphic scales]//Evolyutsiya biosfery i bioraznoobraziya (k 70-letiyu A.Yu. Rozanova) [Evolution of biosphere and biodiversity (to the 70th anniversary of A.Yu.Rozanov). Moscow: PIN RAS, 2006. P. 477-491.
18. *Budnikov V.I.* Sedimentatsionnye tsikly – podrazdeleniya unifitsirovannyh stratigraficheskih skhem [Sedimentation cycles – subdivisions of unified stratigraphic schemes] // Problemy stratigrafii [Problems of stratigraphy]. Novosibirsk: SNIIGGIMS. 1973. Issue 169. P. 53-60.
19. *Grachevsky M.M., Berlin Yu.M., Dubovsky I.T., Ul'mishek G.F.* Korrelyatsiya raznofatsial'nyh tolsch pri poiskah nefti i gaza [Correlation of facies strata in search of oil and gas]. Moscow: Nedra, 1976. 296 p.
20. *Abushik A.F., Shamsutdinova L.L.* Ostrakody rannego devona Timano-Pechorskoj provintsii [Ostracodes of the Early Devonian of the Timan-Pechora province]. St.Petersburg.: VSEGEI, 2000. 181 p.
21. *Krasilov V.A., Zubakov V.A., Shul'diner V.I., Remizovsky V.I.* Ekostratigrafiya. Teoriya i metody [Ecostratigraphy. Theory and methods]. Vladivostok: Far Eastern Sci. Centre, USSR Ac. Sci., 1985. 148 p.

Статья поступила в редакцию 14.10.2016.

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.311:550.18

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

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 п-ова Таймыр со временем усиливает такие воздействия на электроэнергетику Севера России.
Работа состоит из двух частей. Во второй части приведен обзор известных нарушений, вызванных геомагнитными штормами, и даны оценки величины геомагнитно индуцированных токов северных узлов одной из энергосистем.

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 II)

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 work consists of two parts. The overview of the known violations caused by geomagnetic storm is provided and geomagnetically induced currents estimates of northern nodes for one power supply system are given in the second part.

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

Продолжение (начало статьи в №4(28) 2016 г.)

3. Обзор нарушений, связанных с геомагнитными штормами и отраженных в публикациях

Канада-США. Наиболее сильное влияние геомагнитный шторм оказал в марте 1989 г. на энергосистему Hydro-Quebec (Канада) (рис. 1), оставив без электроэнергии 6 млн. чел. в течение примерно 9 час. [1]. Рассмотрим последовательность развития аварии (рис. 2, время восточно-американское). В третьем часу 13 марта инженеры Hydro-Quebec дежурили как обычно, наблюдая колебания нагрузки [2]. Они не знали, что в течение получаса вся их система была атакована мощными токами, наведенными солнечным штормом. Секунду спустя, в 2:44:17, статический конденсатор реактивной мощности № 12 на подстанции Чибагамо вышел из работы, поскольку токи, вызванные потоком заряженных частиц, привели к срабатыванию реле защиты по условию перегрузки. Потеря регулирования напряжения в Чибагамо вызвала снижение генерации в передающей сети ЛаГранд 735 кВ. В 2:44:19 на той же подстанции второй конденсатор последовал примеру первого. На расстоянии 150 км,

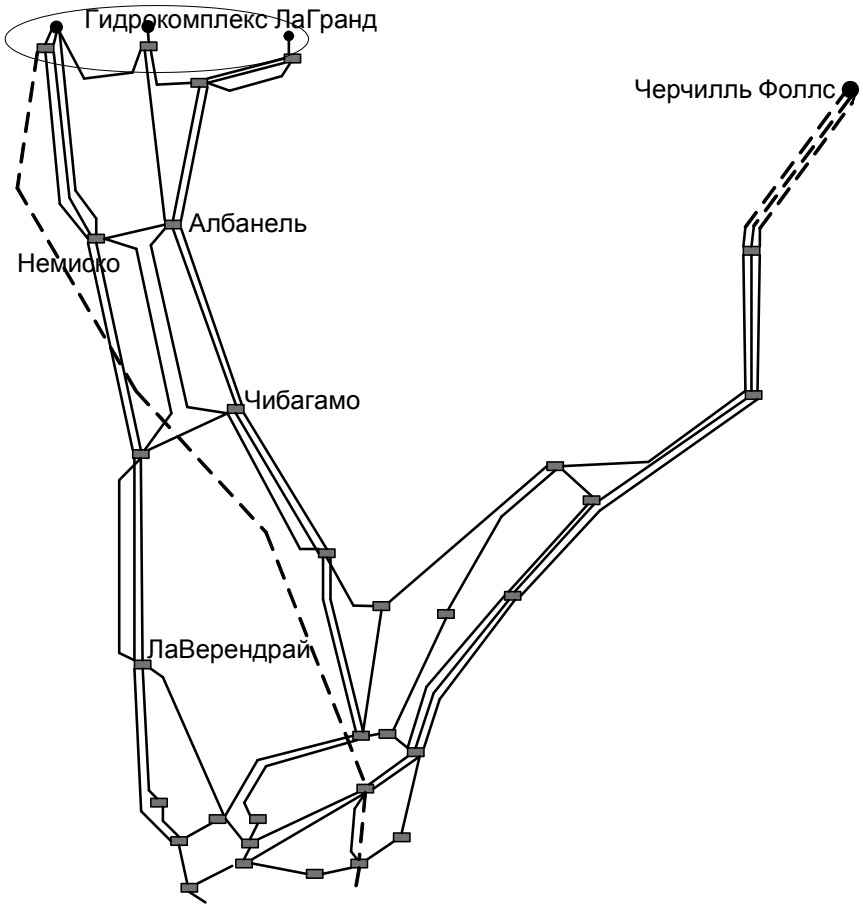


Рис. 1. Схема системы Hydro-Quebec.

Fig. 1. The Hydro-Quebec system diagram.

Рис. 2. Последовательность развития аварии.

Fig. 2. Sequence of the disturbance development.

на подстанциях Албанель и Немиско, еще четыре конденсатора вышли из строя в 2:44:46. Последним в 2:45:16 отключился статический конденсатор реактивной мощности в комплексе ЛаВерендрай на юге от Чибагамо. Судьба сети была решена за 59 сек., поскольку мощность 9460 МВт от ЛаГранд гидроэлектрического комплекса Hydro-Quebec оказалась без надлежащего регулирования.

Меньше чем через минуту провинция Квебек потеряла половину своей генерации. Системы автоматического ограничения нагрузки попытались восстановить баланс между нагрузками и генерацией, доступной после крупной ее потери. Один за другим системы автоматического ограничения нагрузки отключали города и области по Квебеку, но напрасно. Начали отключаться внутренние системы отопления и освещения. 8 сек. спустя, в 2:45:24, отключились питающие линии, предоставлявшие 2200 МВт от комплекса генерации Черчилл Фоллс. К 2:45:32 вся Квебекская энергосистема вышла из строя, и большая часть области оказалась без питания. Развитие каскада событий было слишком быстрое для человеческой реакции операторов и привело к отключению и потере 21500 МВт мощности.

Отключение статических конденсаторов произошло следующим образом. Как было отмечено выше, из-за насыщения силовых трансформаторов и искажения формы волны тока появились гармоники. Схема защиты разработана на подстанции Чибагамо для нормальных условий, а при наличии гармоник сопротивление емкости снижается, и защита реагирует на суммарную величину амплитудного или действующего значения, что приводит к неправильной ее работе. По такой же причине, т.е. из-за наложения гармоник, но уже от перенапряжения, сработала защита статического компенсатора на подстанции ЛаВерендрай.

После восстановления системы была проведена проверка газа в масле генераторных повышающих трансформаторов [3]. Результаты указали на увеличение уровня общего газового содержания в трансформаторном масле. Это касалось некоторых трансформаторов с заземленной нейтралью. Такие блоки были выведены из работы, а трансформаторы подготовлены к внутренней проверке. Визуальный осмотр отказавших трансформаторов показал серьезное повреждение одной из двух последовательных обмоток крайних витков низковольтной стороны. Все три фазы под воздействием тепла ухудшили изоляцию, фазы А и С имели 20–25% поврежденной обмотки. Повреждение обмоток варьировалось от расплавленных и сплавленных витков до больших расплавленных масс меди и медных зерен. К счастью, бумажная изоляция ограничила размер ущерба, ко-

торый не был сразу виден, пока не сняли часть обмотки. Основная причина этого вызвана ГИТ (геомагнитно индуцированным током). При солнечном шторме блок Salem 1 увеличил выдачу реактивной мощности на 150–200 МВАр. Эта мощность, как предполагалось, требовалась трансформаторам в результате их насыщения, вызванного ГИТ. Приблизительный уровень постоянного тока составил 74.7 А на фазу. Основное влияние на трансформатор включало увеличение потери на вихревые токи, нагрев стали и корпуса и огромные токи намагничивания. В результате увеличения потерь на вихревые токи произошло искажение магнитного поля в обмотке, что привело к дальнейшему ухудшению гармонического состава поля намагничивания. Подобным образом проходило и нагревание стального бака. Комбинация анормальных потерь на вихревые токи и неравное распределение роста тока намагничивания произвели наблюдаемые повреждения.

Отметим, что наличие мало разветвленной сети с длинными линиями в системе Hydro-Quebec довольно типично для систем Севера.

Хотя и не в такой степени, но ряд других предприятий Северной Америки также почувствовали нарушения, особенно в восточной части Соединенных Штатов. Allegheny Power System Inc., обслуживающая Западную Вирджинию и часть Пенсильвании, Мэриленда и Вирджинии, потеряла 10 из 24 конденсаторных установок в своей системе передачи. И здесь основной причиной стали неправильные операции релейной защиты из-за сильной нагрузки конденсаторов токами гармоник. Напряжение было существенно ухудшено в результате отключения конденсаторов вместе с ростом потребления трансформаторами реактивной мощности. Несмотря на это, дальнейшие нарушения режима не проявились, возможно, потому, что каскадные отключения, такие как в Hydro-Quebec, в северо-восточных Соединенных Штатах не возникли благодаря более низким условиям нагрузки.

Швеция. Самый большой из недавних штормов был во время 23-го солнечного цикла, который начался в 1996 г. и достиг максимума в 2000 г. Между 19 октября и 5 ноября 2003 г. на Солнце разразились 17 мощных вспышек. Некоторое влияние испытали электрические сети Северной Америки, но более значимое воздействие почувствовала Северная Европа. Необычно высокая геомагнитная активность вызвала множество нарушений в шведской высоковольтной системе электропередачи. Были отключены выключатели нескольких линий электропередачи и трансформаторов из-за малых уставок защит от сверхтоков [4]. Более 50% операций релейной защиты выполнялись по сверхтоку второй гармоники, и в некоторых случаях потребовалось 25 – 90 мин для осмотра отключившихся объектов, прежде чем они были повторно включены. Отказы, о которых сообщалось, сведены на рис. 3 (время по Гринвичу).

Во время отключения линии электропередачи 130 кВ, вызвавшей отключение электроснабжения центральной части Malmö, подсеть 130 кВ, питающая центральную часть города, работала с ограничениями коммутационного оборудования. Часть Malmö, на которую повлиял шторм, питалась от одной цепи, включающей воздушную линию длиной 3.4 км и в общей сложности 16.3 км подземных кабелей. Аварийное состояние переключений добавило 11.3 км подземных кабелей к подсистеме, питаемой от секции, ее выключатель был отключен защитой от сверхтока с малой уставкой из-за гармонических искажений, вызванных ГИТ. Гармоническое искажение напряжения в узле и необычно большие емкости фазы на землю в кабельной сети увеличили ток в силовой цепи, питавшей центральную часть Malmö. Электронная защита от сверхтока с малой уставкой отключила выключатель и вызвала отключение электроэнергии. Защита была исследована, в результате обнаружено, что она имела более высокую чувствительность, т.е. значение тока срабатывания на 150 Гц оказалось ниже, чем на 50 Гц. Защита, вызвавшая отключение электроснабжения, позже заменена на защиту, которая менее чувствительна (имеет более высокое значение срабатывания) на 150 Гц, чем на 50 Гц.

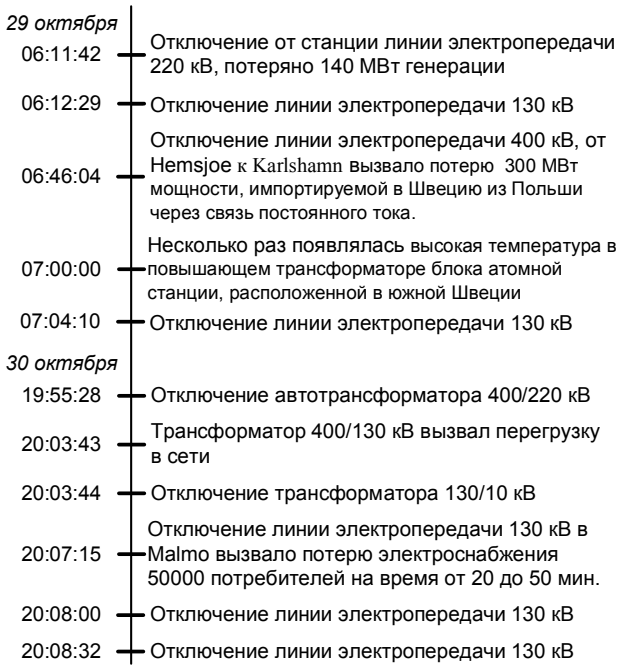


Рис. 3. Последовательность развития аварии в октябре 2003 г.

Fig. 3. Sequence of the disturbance development in October, 2003.

Великобритания. За последние несколько десятилетий Британская система электроснабжения испытала значительное влияние ГИТ, особенно во время записанных геомагнитных штормовых событий 14 июля 1982 г., 13–14 марта 1989 г., 19–20 октября 1989 г. и 8 ноября 1991 г. [5–8]. Эти влияния включали:

1. Большие колебания реактивной мощности, приблизительно в 50–70 МВАр на отдельных генераторах.

2. Снижение напряжения в сети 400 и 275 кВ на 5%.

3. Снижение напряжения в некоторых точках распределительной сети на 20%, при среднем значении 5%.

4. Неоднократное включение аварийной сигнализации генератора по току обратной последовательности.

5. Большие колебания активной и реактивной мощностей в линиях, связывающих Англию и Шотландию.

6. Отказ двух одинаковых трансформаторов 400/132 кВ, 240 МВА в Norwich Main и Indian Queens.

7. Увеличение числа отказавших каналов связи, используемых для защиты и управления энергопотреблением.

8. Записи постоянных токов в нейтрали трансформаторов до 5–25 А на конкретных подстанциях.

9. Очень высокие уровни токов гармоник из-за насыщения трансформатора.

Нужно упомянуть, что во время этих событий нарушения у потребителей оказались локальными, и поврежденными отмечены только два трансформатора сети передачи, поскольку события шторма не сохранялись в течение достаточно длительных периодов; однако потенциал для более широких нарушений был очевиден [9].

Южная Африка. В связи со штормом октября/ноября 2003 г. влияния, связанные с геомагнитными нарушениями, также отмечались в Южной Африке [10]. Несмотря на то, что нарушения не вызвали обширных отключений электроснабжения или погашений в системе, они примечательны расположением мест их проявления на довольно низкой широте (например, Йоханнесбург – приблизительно на 26° ю.ш.).

В энергосистеме Южной Африки регулярно проводится анализ содержания газов в трансформаторном масле 12 повышающих трансформаторов 400 кВ, генераторных блоков 700 МВА на электростанциях Tutuka и Matimba и шести трансформаторов 275 кВ на электростанции Lethabo по некоторым блокам, оборудованным онлайновым инструментом такого анализа. Подобные устройства используются для обнаружения насыщения трансформатора, так как без надлежащего контроля локальный нагрев в частях трансформатора не может быть эффективно охлажден при насыщении, что, очевидно, приводит к увеличению температуры. Интенсивность перегрева зависит от путей потоков насыщения, потоков охлаждения и тепловых условий или нагрузки трансформатора. Перегрев приводит к ухудшению изоляции масла и бумаги, а также к увеличению содержания газов, которое может быть обнаружено и проанализировано с помощью DGA.

После серьезного геомагнитного шторма в начале ноября 2003 г. уровни растворенных газов в трансформаторах увеличивались. 17 ноября трансформатор на электростанции Lethabo был отключен защитой. 20 ноября произошел следующий серьезный шторм. 23 ноября трансформатор Matimba №3 был отключен защитой, а 12 января 2004 г. один из трансформаторов на Tutuka выведен из работы. Еще два трансформатора на электростанции Matimba (№ 5 и № 6) пришлось вывести из работы из-за высоких уровней газа в июне 2004 г. Второй трансформатор на электростанции Lethabo отключен защитой Бухгольца (газовой защитой) в ноябре 2004 г. В работе [11] утверждается, хотя ГИТ способствовал увеличению температуры обмотки, но величина, о которой сообщается (приблизительно до 10 А), не кажется достаточно высокой для порождения большого ущерба от перегрева.

Кроме того, случаи ГИТ вызывали насыщение/перегрузку трансформатора и генерацию гармоник, аналогично сообщениям в публикациях [12–14], несмотря на то, что они не приводили к существенному ущербу или нарушению работы системы.

В любом случае нужно напомнить, что события ГИТ происходят не только на максимуме или в конце солнечного цикла, а отказ трансформатора не может быть легко связан с солнечным циклом или определенным штормом. Однако ожидается, что отказы трансформатора должны увеличиться в течение периодов после геомагнитных штормов. Такая тенденция очевидна в анализе [10] по отказам больших трансформаторов (≥ 230 кВ) в сети Eskom (т.е. южноафриканской) в течение прошлых 20 лет. Интенсивность отказов с повреждениями в обмотках, сердечниках или выводах 143 больших трансформаторов увеличивается после штормовых событий. Штормовой индикатор серьезности на основе геомагнитных штормовых периодов в течение года с индексными значениями K_p = 7 и 8 определяется в 0.25 и 0.5 соответственно, по сравнению со штормом, обладающим индексом K_p, равным 9. Понятно, что коэффициенты K_p являются слабой индикацией серьезности штормов относительно оценки ГИТ (см. раздел 2. “Известия Коми НЦ УрО РАН”. №4(28). 2016 г.), но в отсутствии лучшего индекса используются эти значения. Повышенный уровень отказов трансформатора в годы после геомагнитных штормов оказывается подобен росту для трансформаторов в Северной Америке [15].

4. Оценка величины потенциальных ГИТ для Республики Коми

Предварительно на конкретном примере покажем влияние геомагнитно индуцируемых токов на систему. Пусть трехфазная линия 220 кВ длиной 240 км подключена к понижающему трансформатору 250 МВА с заземленной нейтралью и сердечником электротехнической стали 3425 длиной 30 м. В нормальном режиме $B_н$ = 1.3 Тл. Напряженность электрического поля на поверхности земли в результате геомагнитного шторма равна 12 В/км. Тогда наведенная ЭДС постоянного тока E =12·240 = 2.9 кВ или 102.3% от $U_{ном.фаз.}$. В присутствии ГИТ $B_{ГИТ}$ = 1.3·(1 + 0.023·3) = 1.4 Тл. По полученным результатам и кривой намагниченности для стали 3425 (рис. 4) строим кривые $B_{нам.}$ и $B_{сум.}$, $h_{нам.}$ при отсутствии и $h_{сум.ГИТ}$ при наличии ГИТ (рис. 5). Токи $i_{нам.}$= $h_{нам.}$/30 и $i_{сум.ГИТ}$ = $h_{сум.ГИТ}$/30. Из графика видно, что в присутствии ГИТ ток намагничивания увели-

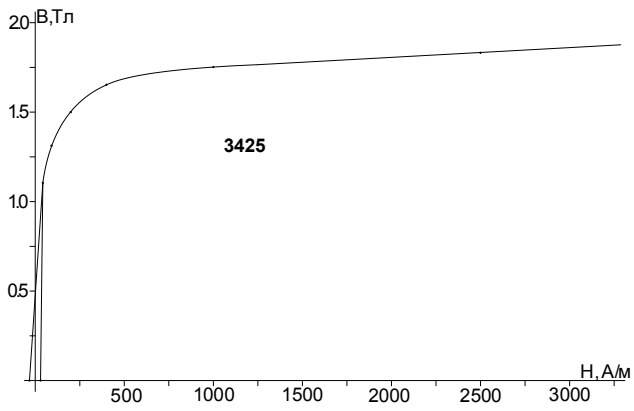


Рис. 4. Кривая намагничивания электротехнической стали 3425.

Fig. 4. Magnetization curve of 3425 electro-technical steel.

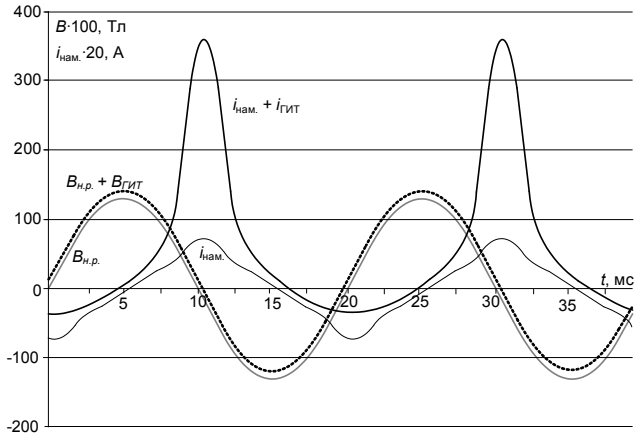


Рис. 5. Изменение тока намагничивания в присутствии ГИТ.

Fig. 5. Change of magnetization current with GIC.

чился примерно в пять раз. Очевидно, и потребляемая реактивная мощность при $i_{нам.}$ =2.7 А увеличится в пять раз с 1.03 до 5.15 МВАр. Преобразование Фурье дает следующий спектр тока намагничивания в присутствии ГИТ (рис. 6), из которого видно наличие в кривой тока целого ряда гармоник.

Оценка величины потенциальных ГИТ может быть выполнена на основе вычислений, определяемых двумя частями. Сначала определяется горизонтальное электрическое поле на поверхности Земли, а затем можно вычислить и ГИТ, наводимый этим полем в сети. Первая часть, не зависящая от конкретной схемы рассматриваемой сети, может быть решена путем применения уравнений Максвелла с надлежащими электромагнитными граничными условиями. Исходные данные состоят из информации на основе наблюдаемых данных или на предположениях относительно токов, текущих в ионо- и магнитосфере, геомагнитных изменениях на поверхности земли с учетом ее проводимости. Вторая часть выполняется с использованием теории цепей. Для этого необходимы географическая

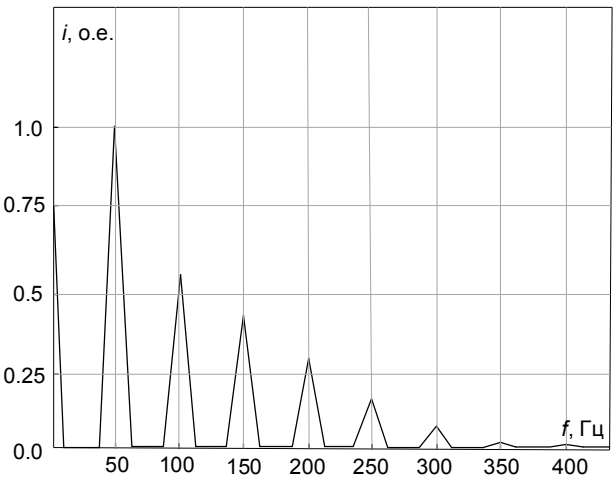


Рис. 6. Частотный спектр тока намагничивания в присутствии ГИТ.

Fig. 6. Frequency range of magnetization current with GIC.

схема сети, геоэлектрическое поле, соединения и сопротивления системы, точки заземления нейтралей. Если все соединения, т.е. конфигурация и топология сети, а также все сопротивления известны точно, то вычисление ГИТ является в принципе прямым и точным. На практике, однако, сетевые данные никогда не полны. Сложные соединения на подстанциях могут также потребовать приблизительных предположений или упрощений. Кроме того, соединения между разными крупными системами, например, межгосударственные, приводят к использованию упрощенных эквивалентов для практического вычисления ГИТ.

Частоты, характеризующие изменения геоэлектрических и геомагнитных полей во времени, обычно находятся в диапазоне миллиГерц так, что они очень малы по сравнению с 50 Гц силовой сети. Следовательно, ГИТ могут вычисляться с достаточной точностью на основе методов расчета постоянного тока. С этой целью сначала требуется преобразовать заданную сеть переменного тока в сеть постоянного тока, учитывающую точки заземления и проводимости земли между этими точками. Используемый метод кратко будет проиллюстрирован на простом примере, взятом в [16], на его основе метод может быть расширен на реальные сети. В частности, рассмотрим рис. 7, который изображает элементарную сеть с шестью узлами и двумя генераторами (G), соединенными через свои повышающие трансформаторы (T1 и T3) к двум линиям передачи, последовательно соединенным через автотрансформатор (T2).

Как уже отмечалось, все элементы вводятся в схему только своими активными сопротивлениями, так как для частот ГИТ реактивные сопротивления определяются как ноль – для индуктивных, и как бесконечность – для емкостных компонент. Очевидно упрощение схемы замещения исключением незаземленных низковольтных обмоток трансформатора генераторной стороны до четырех уз-

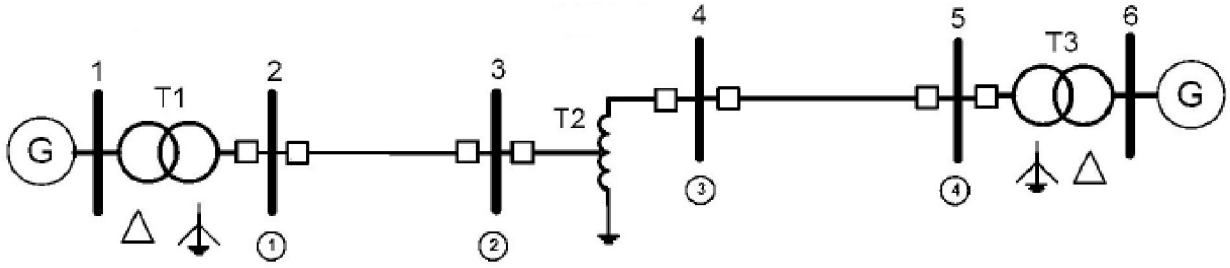


Рис. 7. Демонстрационная сеть переменного тока.

Fig. 7. Demonstration of AC network.

лов, отмеченных на рис. 7 кружками. Тогда трансформаторы могут быть отражены как последовательное соединение сопротивлений обмоток с сопротивлением заземления (рис. 8). Здесь $R_{лин.ij}$ – активное сопротивление линии *ij*, R_{Ti} – активное сопротивление трансформатора *i*, соединенного звездой, ВН и СН – обмотки автотрансформатора высокого и среднего напряжений соответственно. $R_{зем.}$ – активное сопротивление заземления нейтрали трансформатора. Коэффициент 1/3 при сопротивлении учитывает параллельность трех фаз по постоянному току. Схема полностью пассивна, а источники, рассматриваемые ниже, представляют эквивалентные источники напряжения постоянного тока электрического поля.

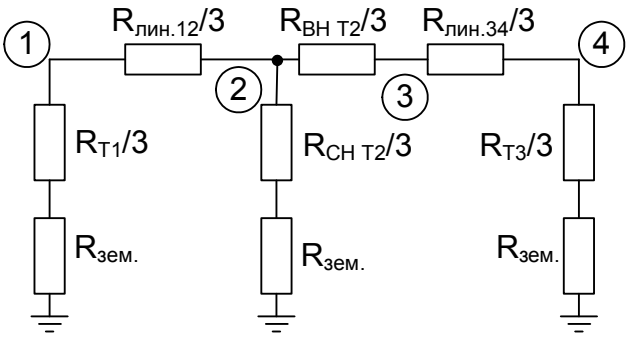


Рис. 8. Эквивалентная схема постоянного тока демонстрационной сети.

Fig. 8. Equivalent DC circuit of a demonstration network.

Расширим рассмотренную процедуру для более сложных сетей переменного тока с *N* узлами заземлений $R_i^{зем.}$, $i = 1,...,N$ (рис. 9). Если узел i не имеет соединений с землей, то $R_i^{зем.} = \infty$ или проводимость $Y_i^{зем.} = 0$. Если узлы *i* и *j* не соединены непосредственно проводами, то сопротивления между ними $R_{ij}=\infty$ или проводимость $Y_{ij}=0$. Ток от *i* к *j* является током I_{ij}. Горизонтальный вектор электрического поля обозначим $\bar{\varepsilon}$, а его географическую ориентацию – θ. Теперь можно организовать *NxN* матрицу проводимости Y_N, где

$$Y_{ij} = -\frac{1}{R_{ij}},\ i \neq j \qquad (1)$$

и

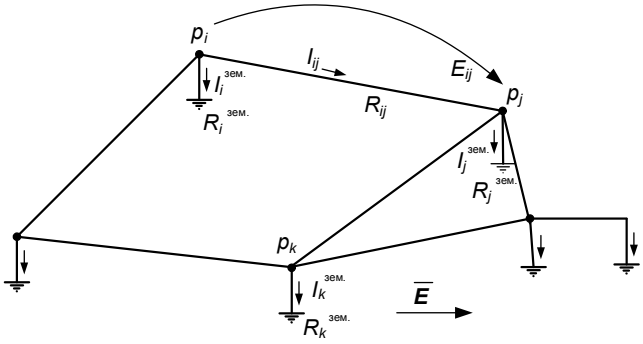


Рис. 9. Пример обозначений для произвольной сети с заземленными нейтралями трансформаторов.

Fig. 9. Designation example for any network with the grounded transformer neutrals.

$$Y_{ij} = \sum_{k=1,k\neq i}^{N} \frac{1}{R_{Ik}},\ i = j. \qquad (2)$$

Сопротивления заземления формируют *NxN* матрицу сопротивлений $R_{ЗЕМ.}$ *Nx1* столбец векторов $J_i^{зем.}$ определяется как

$$J_i^{зем.} = \sum_{j=1,j\neq i}^{j=N} \frac{E_{ij}}{R_{ij}}, \qquad (3)$$

где E_{ij} – геоЭДС, вызванная горизонтальным электрическим полем напряженностью $\bar{\varepsilon}$ вдоль пути $\bar{L}$, определенного проводами от узла *i* к узлу *j*,

$$E_{ij} = \int_i^j \bar{\varepsilon} \times d\bar{L}. \qquad (4)$$

Если геоэлектрическое поле может быть принято постоянным в географическом районе линии передачи, тогда важны только координаты конечной точки линии независимо от ее маршрута, скручиваний и поворотов. Следовательно,

$$E_{ij} = \varepsilon_x L_x + \varepsilon_y L_y, \qquad (5)$$

где ε_x, ε_y, L_x, L_y – компоненты $\bar{\varepsilon}$ и *L* вдоль двух произвольно выбранных декартовых осей *x* и *y*. В качестве таких осей удобно принять направление на Север (составляющая L_x) и направление на Восток (составляющая L_y) в километрах. Тогда ε_x – составляющая электрического поля направления на Север и ε_y – составляющая электрического поля направления на Восток в *В/км*. При известных географических координатах узлов (С.Ш. – северная широта, В.Д. – восточная долгота) можно получить

$$L_x = 111.2 \cdot \Delta СШ., \quad (6)$$

где 111.2 км – длина 1° по широте, Δ С.Ш. – разность по широте (градусы) между этими двумя узлами и

$$L_y = 11.2 \cdot \Delta\, В.Д. \cdot k_Д, \quad (7)$$

где Δ *В.Д.* – разность по долготе (градусы) между этими двумя узлами, $k_Д$ – корректировка по долготе длины 1° в зависимости от широты

$$k_Д = \sin\left(90^0 - \frac{С.Ш._{узел1} + С.Ш._{узел2}}{2}\right). \quad (8)$$

Теперь можно получить элементы $I_i^{зем.}$, *i=1, …, N Nx1* матрицы столбца $I_{зем.}$, являющиеся токами заземления и отражающие ГИТ соответствующих узлов:

$$I_{зем.} = (V + Y_N R_{зем.})^{-1} J_{зем.}, \quad (9)$$

где *V* представляет *NxN* единичную матрицу.

Оценим наведенные токи в северной части одной из энергосистем при напряженностях электрического поля 0.5, 1.5 и 5 В/км, причем последнее значение соответствует зимним условиям с вечномерзлым грунтом суглинка. Сопротивление заземления примем 0.2 Ом. Схема этой части системы приведена на рис.10, необходимые для расчетов географические параметры – в табл. 1. В третьей колонке представлены разности координат, в четвертой – наикратчайшие расстояния по осям координат, в пятой – наикратчайшее расстояние между узлами, в шестой, для сравнения – реальная длина линий передачи. Поскольку наведенные токи квазипостоянны, то, как отмечено выше, в схеме замещения, кроме линий, участвуют только обмотки трансформаторов с заземленной нейтралью. Все фазы линии и обмоток трансформаторов в схеме замещения входят только активными сопротивлениями и включены параллельно. Эквивалентная схема рассматриваемой ЭЭС дана на рис. 11, а ее параметры, приведенные к базисным трем фазам, 220 кВ и 1000 МВА – в табл. 2. После несложных упрощений расчетная схема имеет вид (12). Согласно приведенной выше методике, оценим ГИТ этой части системы при напряженностях электрического поля 0.5, 1.5 и 5 В/км (табл. 3).

Таблица 2

Активные сопротивления схемы замещения

Table 2

Resistances of equivalent circuit

$R_{Л1}$, Ом	$R_{Л2}$, Ом	$R_{Л3}$, Ом	$R_{АТ1}$, Ом	$R_{Т2}$, Ом	$R_{АТ3}$, Ом	$R_{АТ6}$, Ом	$R_{заземл.}$, Ом	$R_{экв.\ сист.}$, Ом
7.905	5.372	3.058	0.355	1.903	0.166	0.634	0.2	4.194

Из табл. 3 видно, что даже при небольших уровнях напряженности у поверхности Земли (0.5 В/км) геомагнитно индуцированные токи в заземл-

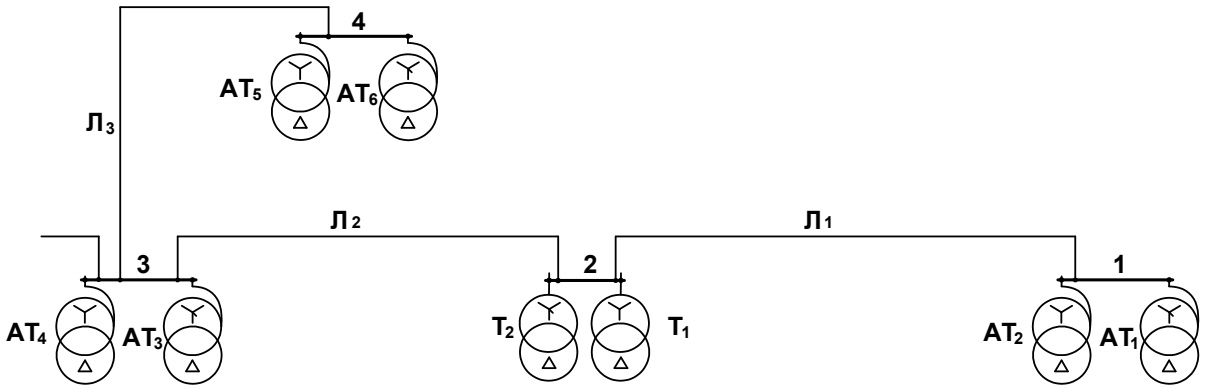


Рис.10. Схема северной части рассматриваемой энергосистемы.

Fig. 10. The diagram of the considered power system northern part.

Таблица 1

Географические параметры рассматриваемой ЭЭС

Table 1

Geographical parameters of the considered power system

Линия передачи	$k_Д$	Δ, град.	*L* по осям, км	$L_{общ.}$, км	$L_{реал.}$, км
1 – 2	0,3944	1,45733	162,0	236,53	247
		3,92948	172,34		
2 – 3	0,4131	0,88451	98,4	167,11	177
		2,94035	135,07		
3 – 4	0,4135	0,84417	93,87	95,12	143

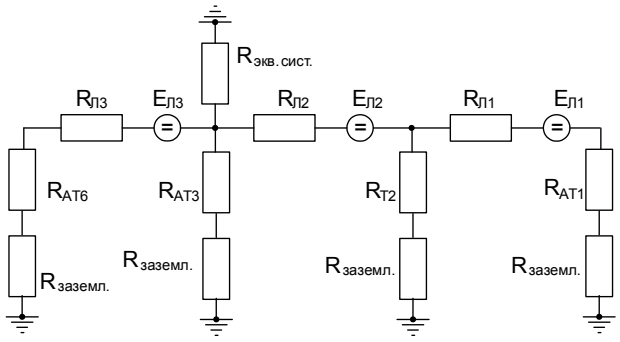


Рис.11. Схема замещения северной части рассматриваемой энергосистемы.

Fig. 11. Equivalent circuit of the considered power system northern part.

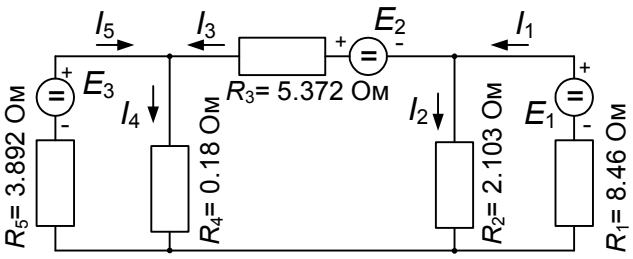


Рис. 12. Расчетная схема.

Fig. 12. The transfer circuit.

Заключение

Солнечное (геомагнитное) возмущение, внешнее проявление которого представляют полярные сияния, может оказать отрицательное воздействие на электроэнергетическую систему, особенно вблизи магнитных полюсов Земли, т.е. в приполярных регионах. Для надежного функционирования энергосистем в условиях Севера нужно учитывать влияние геомагнитных штормов. Следовательно, при развитии в приполярных регионах крупных ЭЭС с длинными линиями электропередачи необходимо учитывать такое влияние.

Таблица 3

Геомагнитно индуцированные токи при различных напряженностях: 0.5; 1,5; 5 В/км

Table 3

Geomagnetically induced currents energized: 0.5; 1,5; 5 V/km

при 0,5 В/км

α	E_{x1}	E_{y1}	E_1	E_{x2}	E_{y2}	E_2	E_{x3}	E_{y3}	E_3	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
0	81.0	0.0	81.0	49.20	0.0	49.20	46.93	0.0	46.93	9.332	0.975	8.360	19.50	11.20
30	70.15	43.08	82.32	42.61	33.77	54.37	40.65	3.837	40.83	9.585	0.588	9.0	18.60	9.63
60	40.50	74.62	84.91	24.60	58.49	63.45	23.47	6.647	24.39	10.05	-0.048	10.10	15.60	5.54
90	0.0	86.17	86.17	0.0	67.53	67.53	0.0	7.675	7.67	10.26	-0.286	10.50	12.0	1.42
120	-40.50	74.62	84.91	-24.60	58.49	63.45	-23.47	6.647	24.39	10.05	-0.048	10.10	15.60	5.54
150	-70.15	43.08	82.32	-42.61	33.77	54.37	-40.65	3.837	40.83	9.585	0.588	9.0	18.60	9.63
180	-81.0	0.0	81.0	-49.20	0.0	49.20	-46.93	0.0	46.93	9.332	0.975	8.360	19.50	11.20
при 1.5 В/км														
α	E_{x1}	E_{y1}	E_1	E_{x2}	E_{y2}	E_2	E_{x3}	E_{y3}	E_3	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
0	243.0	0.0	243.0	147.6	0	147.6	140.8	0.0	140.8	27.99	2.926	25.10	58.50	33.50
30	210.4	129.2	247.0	127.8	101.3	163.1	121.9	11.51	122.5	28.75	1.765	27.0	55.90	28.90
60	121.5	223.9	254.7	73.8	175.5	190.3	70.4	19.94	73.17	30.14	-0.144	30.30	46.90	16.60
90	0.0	258.5	258.5	0.0	202.6	202.6	0.0	23.02	23.02	30.77	-0.857	31.60	35.90	4.26
120	-121.5	223.9	254.7	-73.8	175.5	190.3	-70.4	19.94	73.17	30.14	-0.144	30.30	46.90	16.60
150	-210.4	129.2	247.0	-127.8	101.3	163.1	-121.9	11.51	122.5	28.75	1.765	27.0	55.90	28.90
.180	-243.0	0.0	243.0	-147.6	0.0	147.6	-140.8	0.0	140.8	27.99	2.926	25.10	5850	33.50
при 5 В/км														
α	E_{x1}	E_{y1}	E_1	E_{x2}	E_{y2}	E_2	E_{x3}	E_{y3}	E_3	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
0	810.0	0.0	810.0	492.0	0.0	492.0	469.3	0.0	469.3	93.32	9.755	83.60	195.0	112.0
30	701.5	430.9	823.2	426.1	337.7	543.7	406.5	38.37	408.3	95.85	5.884	90.0	186.0	96.30
60	405.0	746.2	849.1	246.0	584.9	634.5	234.7	66.47	243.9	100.5	-0.479	101.0	156.0	55.40
90	0.0	861.7	861.7	0.0	675.3	675.3	0.0	76.75	76.75	102.6	-2.856	105.0	120.0	14.20
120	-405.0	746.2	849.1	-246.0	584.9	634.5	-234.7	66.47	243.9	100.5	-0.479	101.0	156.0	55.40
150	-701.5	430.9	823.2	-426.1	337.7	543.7	-406.5	38.37	408.3	95.85	5.884	90.0	186.0	96.30
180	-810	0.0	810.0	-492.0	0.0	492.0	-469.3	0.0	469.3	93.32	9.755	83.60	195.0	112.0

ленных нейтралях трансформаторов могут достигать примерно 20 А, что значительно больше тока (2.7 А), приведенного выше в примере с трансформатором. И, конечно же, существенно большее воздействие окажут ГИТ при напряженности в 5 В/км (около 200 А). В отличие от канадских условий, сопротивления грунтов в этом регионе заметно меньше, что снижает возникающую электрическую напряженность поля. Но зимой, когда верхние слои промерзают, условия проводимости значительно ухудшаются, а нагрузки в электрических сетях возрастают, что увеличивает ППЗ, а, следовательно, и ГИТ. В силу отмеченного, учет влияния ГИТ на режимы работы Коми ЭЭС является важным и требует более глубоких исследований.

Это положение особенно важно для России по следующим причинам. Во-первых, примерно четверть ее территории относится к районам Севера. Во-вторых, в планы экономического развития страны входит освоение ее северных территорий, а, следовательно, и развитие электроэнергетики в этих регионах. В-третьих, происходит смещение северного магнитного полюса в сторону России, что увеличивает вероятность воздействия геомагнитных штормов на режимы ЭЭС.

Наибольшее влияние на режимы ЭЭС такие штормы оказывают, вызывая их нестабильность по напряжению из-за роста потребления реактивной мощности. Это связано с увеличением потребления такой мощности самими трансформаторами из-за

роста токов намагничивания, а также с отключениями из-за перегрузки шунтовых конденсаторов в связи с увеличением высших гармоник.

Примером аварийного воздействия геомагнитного шторма через связанный с ним ГИТ является погашение системы Hydro-Quebec 13 марта 1989 г. Этот наведенный в линии ток очень низкой частоты проявляется как квазипостоянный ток. Вызванные им процессы (насыщение трансформаторов, появление высших гармоник, сильный рост потребления реактивной мощности) стали причиной погашения системы.

Кроме того, рост токов намагничивания может приводить к существенному перегреву элементов конструкции трансформаторов в точках протекания магнитных потоков, замыкающихся вне сердечника, что может вызвать значительные повреждения оборудования с длительным его восстановлением.

Воздействие ГИТ на работу релейной защиты проявляется непосредственно насыщением от постоянной составляющей при его протекании через измерительные трансформаторы тока, что приводит к искажению вторичного тока и к неправильной работе защиты, а следовательно, нарушениям режимов ЭЭС.

Влияние геомагнитных возмущений может проявляться также в работе WAMS с устройствами PMU, нарушая передачу синхросигналов при измерении фазы токов и напряжений.

Приведенный порядок расчета значений ГИТ позволяет оценить их воздействие на режимы ЭЭС. Оценка возможных значений ГИТ в Коми энергосистеме указывает на вероятность существенного влияния таких токов на ее работу. И хотя сама вероятность их появления пока достаточно низкая (примерно 0.02), к 2020 г. она может возрасти до 0.1.

Учет подобных явлений как в процессе проектирования энергосистемы, так и при ее эксплуатации существенно снижает воздействие ГИТ на систему. Следовательно, необходимы дальнейшие исследования по предотвращению влияния геомагнитно индуцированных токов на режимы работы энергосистем.

Литература

1. *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% 20 Report.pdf.
2. *Space* weather: impacts on engineered systems and infrastructure. Full Report / Royal Academy of Engineering, 2013. 70 p. Available: www.raeng.org.uk/spaceweather
3. *Geomagnetic* Disturbance. Available: http: // www.nerc.com/files/1989-Quebec-Disturbance.pdf.
4. *Pulkkinen A., Lindahl S., Viljanen A. and Pirjola R.* Geomagnetic storm of 29-31 October 2003: Geomagnetically induced currents and their relation to problems in the Swedish high-voltage power transmission system. SpaceWeather. Vol.3. Iss.8. 2005. 24 p.
5. *Crisford D.* System harmonic voltage measurements at Harker 275 kV substation. Technical report // National Grid Company, 1992. 43 p.
6. *Kestelman B.* UK and Canadian ESI disturbances during the geomagnetic storm 13-14 March 1989 // Technical report, Central Electricity Generating Board, 1990. 53 p.
7. *Murray N.* System disturbance at 00:54 hours on 14 July 1982. Technical report // South of Scotland Electricity Board Report. N 761-12720-1-RP, 1982. 17 p.
8. *Smith P.* Effects of geomagnetic disturbances on the national grid system Proc. of the 25th Universities Power Engineering Conference (UPEC), 1990. P.147–155.
9. *Erinmez I., Kappenman J. and Radasky W.* Management of the geomagnetically induced current risks on the National Grid Company's electric power transmission system // J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Vol.64. Issue 5. 2002. P.743–756.
10. *Gaunt C. and Coetzee G.* Transformer failures in regions incorrectly considered to have low GIC risk. Proc. of the IEEE Powertech, Lausanne, Switzerland, July 2007. P.807–812.
11. *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.
12. *Koen J. and Gaunt C.* Disturbances in the southern african power network due to geomagnetically induced currents // Proc. of the Cigre Session, Paris, France, August, 2002. 6 p.
13. *Koen J. and Gaunt T.* Geomagnetically induced currents at mid-latitudes // Proceedings of the General Assembly of URSI, Maastricht, the Netherlands, August, 2002. 4 p.
14. *Koen J. and Gaunt T.* Geomagnetically Induced Currents in the Southern African Electricity Transmission Network // Proceedings of the IEEE Powertech, Bologna, Italy. Vol.1. 2003. 7 p.
15. *Kappenman J.* Geomagnetic storms and their impact on power systems / IEEE Power Engineering Review, May, 1996. 5 p.
16. *Effects* of Geomagnetic Disturbances on the Bulk Power System. Special Reliability Assessment // Technical report / NERC, February, 2012. 150 p.

References

1. *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% 20 Report.pdf.
2. *Space* weather: impacts on engineered systems and infrastructure. Full Report / Royal Academy of Engineering, 2013. 70 p. Available: www.raeng.org.uk/spaceweather

3. *Geomagnetic* Disturbance. Available: http://www.nerc.com/files/1989- Quebec-Disturbance.pdf.
4. *Pulkkinen A., Lindahl S., Viljanen A. and Pirjola R.* Geomagnetic storm of 29-31 October 2003: Geomagnetically induced currents and their relation to problems in the Swedish high-voltage power transmission system. SpaceWeather. Vol.3. Issue 8, 2005. 24 p.
5. *Crisford D.* System harmonic voltage measurements at Harker 275 kV substation. Technical report / National Grid Company, 1992. 43 p.
6. *Kestelman B.* UK and Canadian ESI disturbances during the geomagnetic storm 13-14 March 1989. Technical report, Central Electricity Generating Board, 1990. 53 p.
7. *Murray N.* System disturbance at 00:54 hours on 14 July 1982. Technical report // South of Scotland Electricity Board Report No. 761-12720-1-RP, 1982. 17 p.
8. *Smith P.* Effects of geomagnetic disturbances on the national grid system. Proc. of the 25th Universities Power Engineering Conference (UPEC), 1990. P.147-155.
9. *Erinmez I., Kappenman J. and Radasky W.* Management of the geomagnetically induced current risks on the National Grid Company's electric power transmission system // J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Vol.64. Issue 5. 2002. P.743-756.
10. *Gaunt C. and Coetzee G.* Transformer failures in regions incorrectly considered to have low GIC risk. Proc. of the IEEE Powertech, Lausanne, Switzerland, July 2007. P.807-812.
11. *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
12. *Koen J. and Gaunt C.* Disturbances in the southern african power network due to geomagnetically induced currents // Proc. of the Cigre Session, Paris, France, August 2002. 6 p.
13. *Koen J. and Gaunt T.* Geomagnetically induced currents at mid-latitudes // Proc. of the General Assembly of URSI, Maastricht, the Netherlands, August, 2002. 4 p.
14. *Koen J. and Gaunt T.* Geomagnetically Induced Currents in the Southern African Electricity Transmission Network // Proc. of the IEEE Powertech, Bologna, Italy. Vol.1, 2003. 7 p.
15. *Kappenman J.* Geomagnetic storms and their impact on power systems / IEEE Power Engineering Review, May, 1996. 5 p.
16. *Effects* of Geomagnetic Disturbances on the Bulk Power System. Special Reliability Assessment. Technical report / NERC, February 2012. 150 p.

Статья поступила в редакцию 15.04.2016.

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 902:903.23(470.53/.57)"-8-6"

КЕРАМИКА «АНАНЬИНСКИХ ТИПОВ» В ПРИКАМЬЕ И ПРЕДУРАЛЬЕ

В.А.ИВАНОВ

Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акмуллы, г. Уфа
ivanov-sanych@rambler.ru

В статье проводится сравнительная характеристика орнамента на керамике памятников, образующих локальные варианты ананьинской культурно-исторической общности (АКИО). Автор приходит к выводу, что все выделенные «варианты» фактически могут быть объединены в четыре археологические культуры ананьинского времени. Они имеют различное происхождение и их объединение в рамках одной культурно-исторической общности требует более детального обоснования.

Ключевые слова: **ананьинская общность, постмаклашеевская культура, акозинская культура, керамика, шнуровой орнамент, локальный вариант**

V.A. IVANOV. CERAMICS OF "ANANYINO TYPES" IN THE KAMA AND URALS REGION

The comparative characteristics of ornament on ceramics of sites forming local variations of Ananyino cultural-historical community are given. From the results of comparative statistical analysis of ceramics of the so-called "local variants" of Ananyino cultural-historical community, the author comes to the conclusion that all these local variants can be combined into larger territorial groups. For example, pottery of local variants "Kama II and III» and the variant «Belaya River» ornamented with impressions of cord and rows of pits (pit-corded) actually represents one type of ceramics due to which the Ananyino archaeological culture in its "classical" variant was singled out in due time. The territory of the sites with pit-corded ceramics includes middle reaches of the Kama River from the mouth of the Chusovaya River to the mouth of the Vyatka River and the lower reaches of the Belaya River.
To the west there are sites with pottery decorated with pits combined with impressions of comb stamp carved patterns in the form of notches and cord impressions. By the frequency of occurrence the last are found less often. The territory of the sites with pottery with pit-comb ornament is the basin of the Vyatka River ("Vyatka variant") and the lower reaches of the Kama River ("Kama I" variant).
To the north (at a distance of about 500 km in a straight line) there begins the area of the early Ananyino sites of Lasta-Perna type where the pottery with pit-comb and pit-corded ornament prevails.
Comparative statistical analysis of ceramics of the mentioned territories of the Kama and Urals region has the following results: on the types of ornament the sites of the compared variants fall into four local-typological groups which may be defined as four archaeological cultures of Ananyino period. These are: in the Middle Volga - Akozino (or Akhmylovo), in the Lower Kama - Postmaklasheevo, in the Middle and Lower Kama and Belaya River – Ananyino, in the basins of Vyatka and Vychegda - pit-comb ware culture. They all have different origins and their unification within a single cultural-historical community requires more detailed study.
In the second half of the I millennium B.C. geographical boundaries of these cultures are changing slightly. The settlements with ceramics with pit-comb ornament appear in the Middle Kama, while settlements with pit-corded ceramics are located in the territory of the Udmurt Kama region and in the lower reaches of the Belaya River. The boundaries of the area of the Vychegda - Pechora Ananyino shifted to the northeast. Most likely it was caused by climate change: its cooling and humidification

Keywords: **Ananyino community, PostMaklasheevo culture, Akozino Culture, ceramics, corded ornament, local variant**

Введение

Понятие керамика «ананьинских типов» заключено автором в кавычки не случайно. В современной историографии ананьинской культурно-исторической общности (АКИО) характеризующие ее керамические типы по своим морфологическим признакам разделяются на шесть локальных групп или вариантов: нижнекамский I, нижнекамский II, среднекамский (или Кама III), вятский, бельский. Морфологическая характеристика перечисленных типов опубликована [1, с.32 – 43]. Шестым вариантом АКИО является вычегодско-печорский [2, с.333].

При поверхностном рассмотрении бросается в глаза то обстоятельство, что памятники с сосудами, украшенными ямочно-шнуровым и ямочно-гребенчатым орнаментом, локализуются в западных и северных районах Прикамья и Предуралья, а только ямочно-шнуровым – в восточных и юго-восточных (предгорных). По-видимому, это обусловлено факторами как генетического, так и миграционного порядка. В настоящей статье нами рассматривается географическая статистика (или, статистическая география) керамических комплексов АКИО с такой целью: определить, как элементы орнамента на сосудах соотносятся между собой в пространстве и как они очерчивают границы АКИО в хронологическом контексте.

Результаты исследований

Ямочно-шнуровая керамика эпохи раннего ананьина (по традиционно принятой хронологии это – VIII–VI или VIII – конец VII вв. до н.э.) [2–5, с. 43–45] наиболее полно представлена на памятниках, расположенных, главным образом, по Каме между устьями Вятки и Чусовой и в низовьях р.Белой от устья до современного г.Бирска (рис.1). Подобная керамика неоднократно и подробно описана [1, с.34; 5, с.49; 6], поэтому здесь ограничимся тем, что еще раз подчеркнем, что характерной особенностью данной керамики является исключительно орнамент, состоящий из ямочных вдавлений (зачастую сгруппированных по два–три) и шнуровых оттисков в виде частых горизонтальных линий, косой сетки, зигзага, парных косых отрезков, не заштрихованных ромбов.

По локально-территориальной номенклатуре, предложенной в свое время А.Х.Халиковым, памятники с ямочно-шнуровой орнаментацией относятся к локальным вариантам «Кама II» (Ныргындинское, Быргындинское, Икское, Подгорно-Байларское пос., городища Зуево-Ключевское, Каменный Лог), «Кама III» (Заюрчимские VI–VIII, Ерзовские I, II, Еловское II пос.) и «Бельский» (Бирское, Ново-Биктовское пос.).

В своем сравнительно-статистическом выражении морфологическая идентичность описанной керамики указывает на весьма высокие показатели типологического сходства: «Кама II» – «Бельский» – 0,64; «Кама III» – «Бельский» – 0,71 [1, с.37; табл.7]. Это дает нам достаточно оснований отнести все перечисленные варианты к **одной археологической культуре внутри АКИО.** В подтверждение этого вывода выступают основоположники применения формально-статистических методов в отечественной археологии – Г.А.Федоров-Давыдов и В.Ф.Генинг, которые, вслед за Д.Кларком (одним из основателей процессуальной археологии) и Д.Я.Телегиным, считали, что показатели сходства не менее 0,65 (т.е. 65%) свидетельствуют о **принадлежности сравниваемых объектов к одной археологической культуре** [7, с.166–167; 8, с. 132].

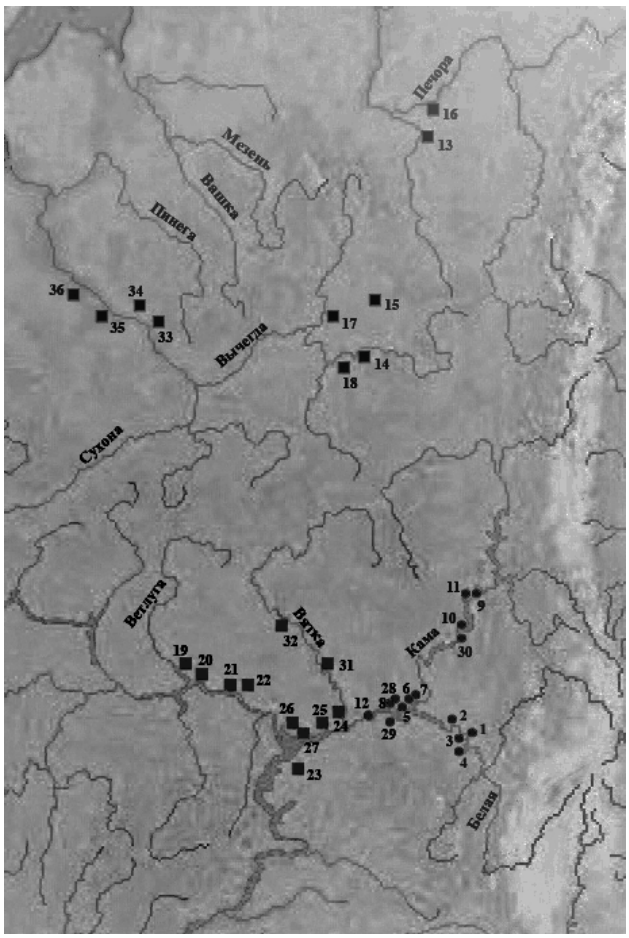


Рис. 1. Карта-схема памятников периода раннего ананьина.
Условные обозначения: кружки – памятники, содержащие керамику с ямочно-шнуровой орнаментацией; квадраты – памятники, содержащие керамику с ямочно-гребенчатой и ямочно-гребенчато-шнуровой орнаментацией.

Fig. 1. Schematic map of sites of the Early Ananyino period. Symbols: circles – sites containing pottery with pit-corded ornamentation; squares – sites containing pottery with comb-comb and pit-comb-corded ornamentation.

Западнее располагается ареал раннеананьинских памятников с керамикой, украшенной ямочным, ямочно-гребенчатым и ямочно-гребенчато-шнуровым орнаментами. По существующей локально-территориальной номенклатуре, это поселения вариантов «Кама I» и «Вятского». По материалам наиболее исследованных памятников этих вариантов – пос. Курган, Аргыжского и Белоглазовского городищ – в орнаментике керамики преобладают

ямочные, ямочно-резные, ямочно-шнуровые («Кама I»), ямочно-гребенчатые, ямочно-гребенчато-шнуровые («Вятка») мотивы. Причем ямочно-шнуровая орнаментация в обоих вариантах по частоте распространения стоит на последнем месте [1, с.33–36]. Считать их идентичными, безусловно, нельзя, но от ямочно-шнуровой керамики Прикамья и Предуралья эти комплексы отличаются разительно.

Севернее (на расстоянии ≈ 500 км по прямой) начинается ареал раннеананьинских памятников типа Ласта-Перный (рис.1), на которых преобладает керамика с ямочно-гребенчатой и ямочно-шнуровой орнаментацией [9; 2, с.328].

Обобщенная таблица распространения типов орнамента на керамике раннеананьинских поселений Предуралья, составленная по результатам анализа керамики перечисленных памятников, проведенного В.Н.Марковым, Л.И.Ашихминой, Е.М.Черных и др. [9, с. 54–67; 5, с.15–42; 6, с.139–166; 10, с.27–32], показывает, что при наличии общих элементов орнамента частота их встречаемости на керамике рассматриваемых локальных групп заметно отличается. А анализ тенденции признаков показывает, что по типам орнамента памятники сравниваемых вариантов очень четко распадаются на: «Кама I» – для которой характерна керамика с ямочным и ямочно-каплевидным орнаментом; «Кама II-III» – «Бельский» – ямочно-шнуровая орнаментация; «Вятка» - «Вычегодско-печорский» – ямочно-гребенчатая и ямочно-гребенчато-шнуровая орнаментация (табл. 1 и 2; рис.2).

Таблица 1

Частота встречаемости типов орнамента на керамике раннеананьинских поселений Предуралья, %

Table 1

Frequency of occurrence of types of ornament on pottery of the Early Ananyino settlements of the Pre-Urals

Тип орнамента	Локальные варианты АКИО			
	Кама I	Вятский	Вычегодско-печорский	Кама II-III – Бельский
Ямочный	38,5	16,6	-	-
Каплевидные вдавления	25,9	-	1,8	-
Ямочно-шнуровой	21,8	8,8	34,5	100
Ямочно-гребенчатый	-	26,7	43,8	-
Ямочно-гребенчато-шнуровой	-	37,5	17,8	-
Всего %%	85,7	86,2	97,9	100

Итак, по значениям тенденции признаков четко выделяются такие, которые относятся к категории «*частных*». Это признаки, либо присутствующие только в какой-то одной из сравниваемых групп, либо представляющие в несколько раз больший показатель встречаемости (по сравнению с условной нормой распределения) в какой-то одной группе. В нашем случае «частными» являются орнаменты в виде каплевидных вдавлений («Кама I»)

Таблица 2

Тенденция распространения типов орнамента на керамике раннеананьинских поселений Предуралья

Table 2

The trend of spreading of the types of ornament on pottery of the Early Ananyino settlements of the Pre-Urals

Тип орнамента	Норма распределения	Тенденция признака			
		Кама I	Вятский	Вычегодско-печорский	Кама II-III – Бельский
Ямочный	13,77	2,8	1,2	-	-
Каплевидные вдавления	6,9	3,75	-	0,26	-
Ямочно-шнуровой	41,27	0,53	0,21	0,83	2,4
Ямочно-гребенчатый	17,62	-	1,5	2,5	-
Ямочно-гребенчато-шнуровой	13,82	-	2,7	1,3	-

и ямочно-шнуровой («Кама II-III» – «Бельский»). Что не оставляет никаких сомнений в том, что это – две совершенно не связанные друг с другом группы (культуры) АКИО.

Следующую группу признаков «*локальных*», т.е. обнаруживающих повышенную тенденцию встречаемости в нескольких из сравниваемых групп, образуют ямочная («Кама I» и «Вятка»), ямочно-гребенчатая и ямочно-гребенчато-шнуровая («Вятка» и «Вычегодско-печорский») орнаментации (табл.2).

В первом случае, очевидно, речь идет о результатах проникновения «постмаклашеевского» населения на Вятку. Что же касается типологических памятников ананьинского времени «Вятского» и «Вычегодско-печорского» вариантов, то здесь, по всей видимости, это следы продвижения на Вятку «некоторой части северно-приуральского населения» [5, с.56–57]. На это, в частности, как раз и указывает типологическая близость (если не идентичность) форм и орнаментики вычегодско-печорской керамики типа Ласта и раннеананьинской керамики «вятского» варианта АКИО (рисунки 2 и 3). Установлено, что «формирование культурного типа Ласта происходило на основе лебяжской культуры эпохи бронзы» [11, с.73]. Следовательно, тезис о северо-восточном этнокультурном импульсе в Предуралье и Прикамье в начале ананьинской эпохи представляется обоснованным.

Относительно периода «среднего и позднего ананьина» (VI–III вв. до н.э.)*, высказано мнение, согласно которому типологическое сходство орнаментики «Вятского» и «Вычегодско-печорского» вариантов (преобладание ямочно-гребенчатой и ямочно-гребенчато-шнуровой орнаментации) обусловлено переселением на северо-восток части прикамских «ананьинцев» [2, с.333; 11, с.73]. Без детального сравнительно-типологического анализа археологических материалов указанных регионов это предположение пока остается гипотезой.

* При всей условности этих датировок.

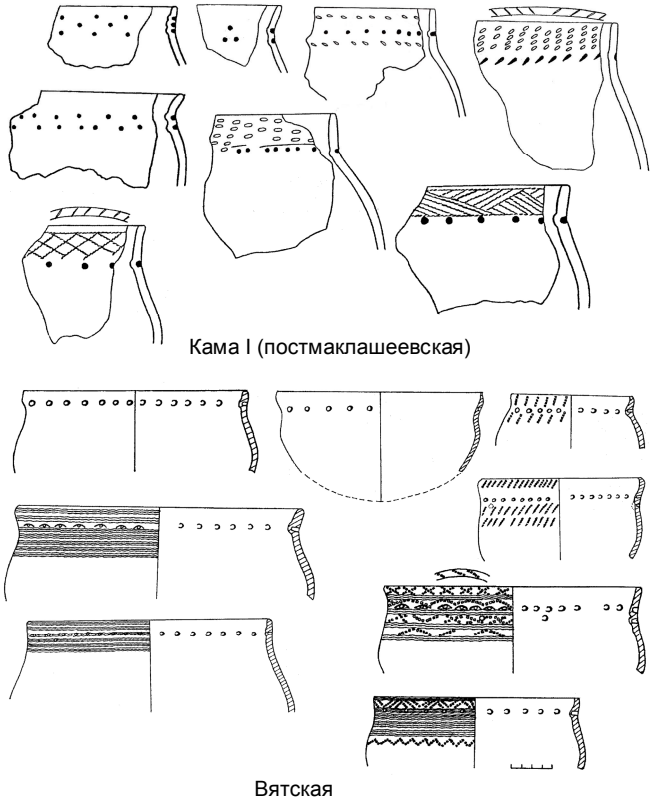


Рис. 2. Керамика памятников раннеананьинского времени Нижней Камы и Вятки.
Fig. 2. Pottery of sites of the Early Ananyino time in the Lower Kama and Vyatka.

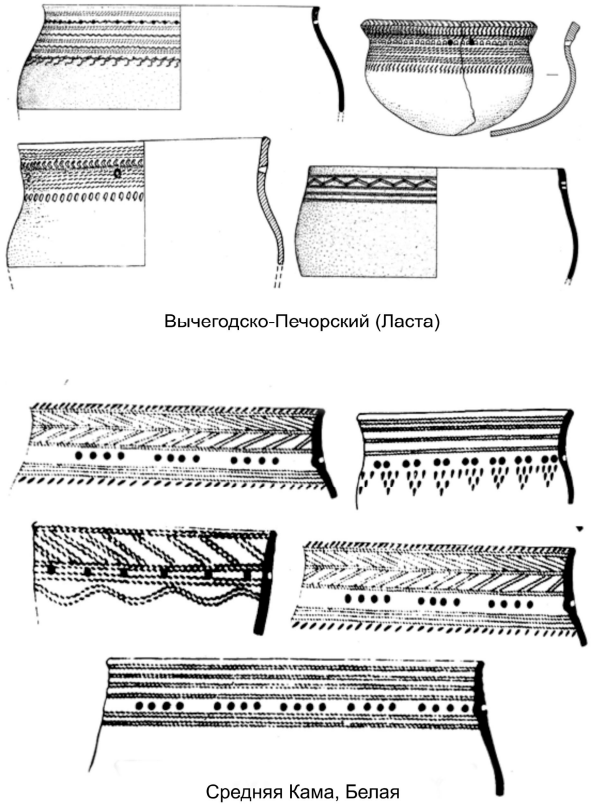


Рис. 3. Керамика памятников раннеананьинского времени Вычегодско-Печорского, Среднекамского и Нижнебельского районов.
Fig. 3. Ceramics of sites of the Early Ananyino time of Vychegda-Pechora, Middle Kama and Lower Belaya areas.

Дело в том, что в рассматриваемый период карта ареалов локально-типологических вариантов АКИО существенно не меняется. Памятники с ямочно-шнуровой керамикой, хотя и увеличиваются количественно, но только в пределах камско-бельского района. Причем географическая статистика ямочно-шнуровой керамики показывает, что она абсолютно доминирует (100%) на городищах низовьев р.Белой и прилегающих районов Удмуртского Прикамья. На территории Пермского Прикамья ямочно-шнуровая орнаментация составляет уже только 40% [3, с.141]. Кроме того, там же появляются поселения, на которых абсолютно преобладает керамика с ямочно-гребенчатым орнаментом (гор. Алтен-Тау, пос. Заюрчимское VI) [12, с.158–159] – свидетельство расширения ареала «ямочно-гребенчатой керамики» в Прикамье.

Аналогичным образом изменяются очертания ареала вычегодско-печорского ананьина – они сдвигаются к северо-востоку (рис. 4).

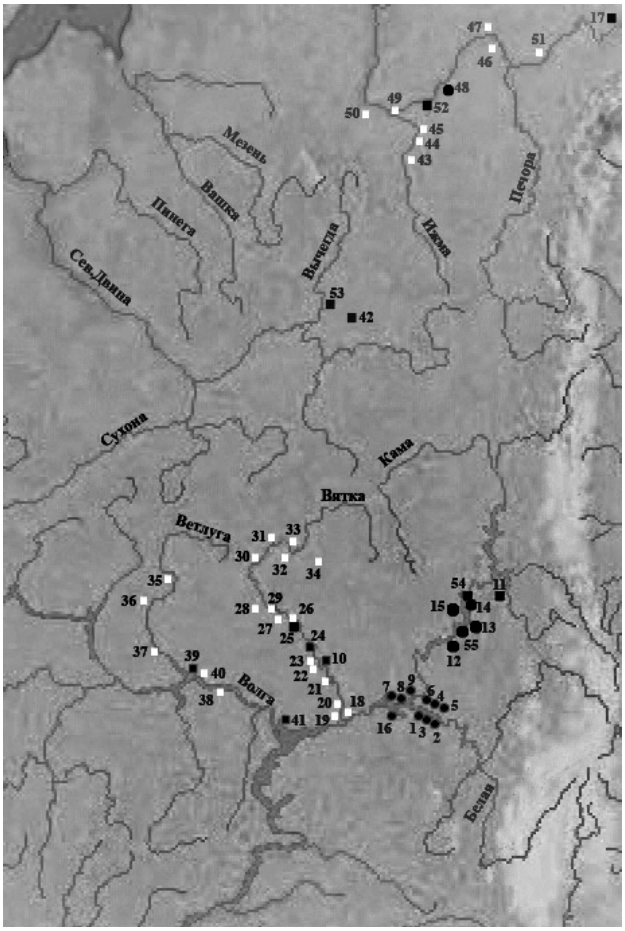


Рис. 4. Карта-схема памятников периода среднего и позднего ананьина.
Условные обозначения: кружки – памятники с ямочно-шнуровой керамикой; квадраты – с ямочной и ямочно-гребенчатой керамикой (светлые – подвергавшиеся раскопкам, черные – все остальные).

Fig. 4. Schematic map of sites of the Middle and Late Ananyino period.
Symbols: circles – sites with pit-corded ceramics; squares – with pit and pit-comb ceramics (light – exposed to excavations, black – all the rest).

Чем это могло быть обусловлено? Вероятнее всего, изменением климата. По сведениям Н.А.Хотинского, в Северной Евразии по более конкретным данным Ю.В.Голубевой, на территории современной Республики Коми в интересующее нас время (на рубеже суббореального-субатлантического периодов) происходит похолодание климата с его постепенным увлажнением. Это сопровождалось изменением растительности (деградация темно-хвойных лесов и вытеснение их березово-сосновыми породами) и смещением северной границы лесов к югу [13, с.127–128; 14, с.163–165]. В этнокультурном плане это ведет к миграции лесного и лесостепного населения в западном и юго-западном направлениях [15; 16; 17, с.160–174; 13].

Заключение

Представленные материалы приводят нас к следующим выводам. Во-первых, в свете вышеуказанных данных дальнейшее использование существующей локальной номенклатуры становится уже не конструктивным. По сути, она превратилась в формально-территориальный признак, не соответствующий своему археологическому содержанию.

Во-вторых, сейчас совершенно отчетливо выделяется *археологическая культура «классического ананьина»* с поселениями, содержащими только ямочно-шнуровую керамику, и территориально совпадающими с ними могильниками с такой же керамикой [Ср.: 5, с.129, рис.58 и 18, с.162, рис.41].

В-третьих, само по себе понятие «ананьинская культурно-историческая общность» – АКИО – представляется в настоящее время не просто условным, а искусственным. По сути АКИО была сконструирована в свое время путем включения в нее неких этнокультурных групп (археологических культур), единственным объединяющим признаком которых является керамика с ямочно-шнуровой орнаментацией, представленная на памятниках «локальных вариантов АКИО» неравномерно (таблицы 1, 2). Поэтому памятники Среднего Поволжья *акозинской археологической культуры* и должны обозначаться таковыми. В этом вопросе выделение акозинской культуры [18, гл.4] уже является непреложным фактом. Равным образом и памятники «варианта Кама I», обозначенные В.Н.Марковым как «постмаклашеевские», тоже должны рассматриваться под соответствующим названием – *«постмаклашеевская культура»* [5, с.129, рис.58]. Другое дело, что остается не до конца проработанным вопрос о том, как «постмаклашеевские» памятники типологически соотносятся с памятниками других «вариантов АКИО» в целом. То, что они с ямочно-шнуровой («классической») ананьинской культурой Прикамья никак не соотносятся – очевидно. Соответственно, памятники вариантов «Вятка» и «Вычегодско-печорского»** также, по-видимому, составляют *археологическую культуру* ананьинского времени *с ямочно-гребенчатой керамикой*. Вот эти **че-**

** Из которых первый пока все еще остается «безмогильным», а для второго известен только один могильник – Шиховской [2, с.322–324; 19].

тыре археологические культуры ананьинского времени и должны быть подвергнуты глубокому сравнительно-типологическому анализу с целью установить – составляли они культурно-историческую общность (принадлежность к которой подразумевает общность генетических корней, языка, мировоззрения) или нет.

Работа выполнена при поддержке РГНФ «Сравнительно-статистическая характеристика археологических культур Прикамья и Предуралья эпохи раннего века», проект №16-31-00010.

Литература

1. *Белавин А.М., Иванов В.А., Крыласова Н.Б.* Угры Предуралья в древности и средние века. Уфа: издательский дом БГПУ, 2009. 285 с.
2. *Ашихмина Л.И., Васкул И.О.* Памятники ананьинской культурной общности// Археология Республики Коми. М.: ДиК, 1997. С.314–348.
3. *Вечтомов А.Д.* Периодизация и локальные группы памятников ананьинской культуры Среднего Прикамья // Уч. записки Пермского ордена Трудового Красного Знамени университета им. А.М. Горького. №148. Пермь, 1967. С.133–155.
4. *Ашихмина Л.И.* Генезис ананьинской культуры в Среднем Прикамье. Доклад на заседании Президиума Коми филиала АН СССР 7 марта 1985 г. Сыктывкар, 1985. 25 с.
5. *Марков В.Н.* Нижнее Прикамье в ананьинскую эпоху (Об этнокультурных компонентах ананьинской общности). Казань: Институт истории АН РТ, 2007. 136 с.
6. *Ашихмина Л.И.* Городище Каменный Лог ананьинской культуры Среднего Прикамья// Материальная и духовная культура финно-угров Приуралья. Ижевск, 1977. С.139–166.
7. *Федоров-Давыдов Г.А.* Статистические методы в археологии: Учеб пособие для вузов по спец. «История». М.: Высш. шк., 1987. 216 с.
8. *Генинг В.Ф., Бунятян Е.П., Пустовалов С.Ж., Рычков Н.А.* Формализованно-статистические методы в археологии (анализ погребальных памятников). Киев: Наук.думка, 1990. 304 с.
9. *Верещагина И.В., Ашихмина Л.И.* Раннеананьинские поселения в бассейне Северной Двины//Древние памятники Северного Приуралья: Материалы по археологии Европейского Северо-Востока. Вып.8. Сыктывкар, 1980. С.42–70.
10. *Черных Е.М., Ванчиков В.В., Шаталов В.А.* Аргыжское городище на реке Вятке. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 188 с.
11. *Освоение арктической* и субарктической зоны Припечорья в древности и средневековье по данным археологии (часть II) / И.О.Васкул, А.В.Волокитин, И.Л.Жеребцов, В.Н.Карманов, М.В.Кленов, А.М.Мурыгин, П.Ю.Павлов // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2015. Вып. 2(22). С.71–79.
12. *Черных Е.Н.* Городище Алтен-Тау // Отчеты Камской (Воткинской) археологической экспедиции. Вып. 1. М.: ИА АН СССР, 1959. С.152–163.
13. *Голубева Ю.В.* Климат и растительность голоцена на территории Республики Коми // Литосфера. 2008. № 2. С. 124–132.
14. *Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. Опыт трансконтинентальной корреляции этапов развития растительности и климата. М.: Наука, 1977. 198 с.
15. *Ларин С.И., Матвеева Н.П.* Реконструкция среды обитания человека в раннем железном веке в северной части Тоболо-Ишимской лесостепи // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 1997. Вып. №1. С.133–140.
16. *Жеребцов И.Л.* Климат в древней истории финно-угорских народов // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. Вып. 1. С.87–92.
17. *Харитоненков М.А.* Роль антропогенного фактора в формировании растительного покрова юга Западно-Сибирской равнины в эпоху традиционного природопользования (с позднего палеолита до конца XIX в.): дис… к.б.н. 03.02.08 – экология. М., 2012. 267 с.
18. *Чижевский А.А.* Погребальные памятники населения Волго-Камья в финале бронзового-раннем железном веках: предананьинская и ананьинская культурно-исторические области. Казань: РИЦ «Школа», 2008. 72 с.
19. *Васкул И.О., Лысюк Г.Н., Филиппов В.Н.* Изделия из цветных металлов из раскопок Шиховского могильника (результаты рентгеновского микрозондового анализа) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2014. №9. С. 38–40.

References

1. *Belavin A.M., Ivanov V.A., Krylasova N.B.* Ugry Predural'ya v drevnosti i srednie veka [Ugric peoples of the Urals in ancient times and the Middle Ages]. Ufa: BGPU Publ., 2009. 285 p.
2. *Ashikhmina L.I., Vaskul I.O.* Pamyatniki anan'inskoi kul'turnou obshchnosti // Arkheologiya Respubliki Komi [The sites of the Ananyino cultural community // Archaeology of the Komi Republic]. Moscow: DIK, 1997. P. 314–348.
3. *Vechtomov A.D.* Periodizatsiya i lokal'nye gruppy pamyatnikov anan'inskoi kul'tury Srednego Prikam'ya // Uch. zapiski Permskogo Ordena Trudovogo Krasnogo znameni universiteta im. A.M.Gor'kogo [Periodization and local groups of sites of the Ananyino culture of the Kama region // Sci. notes of A.M.Gorky Perm University. No. 148. Perm, 1967. P. 133–155.
4. *Ashikhmina L.I.* Genezis anan'inskoi kul'tury v Srednem Prikam'e. Doklad na zasedanii Prezidiuma Komi filiala AN SSSR 7 marta 1985 g. [The Genesis of the Ananyino culture in the

mid – Kama area. Report at the meeting of the Presidium of the Komi Branch, USSR Ac. Sci. March 7, 1985]. Syktyvkar, 1985. 25 p.
5. *Markov V.N.* Nizhnee Prikam'e v ana'inskuyu epokhu (Ob etnokul'turnykh komponentakh anan'inskoi obshchnosti) [The lower Kama area in Ananyino epoch (On the ethnic and cultural components of the Ananyino community)]. Kazan: Inst. of History of Tatarstan Republic Ac. Sci., 2007. 136 p.
6. *Ashikhmina L.I.* Gorodishche Kamennyi Log anan'inskoi kul'tury Srednego Prikam'ya // Material'naya i dukhovnaya kul'tura finno-ugrov Priuralya [The settlement Kamenny Log of Ananyino culture of the Kama region // Material and spiritual culture of Finno-Ugric peoples of the Pre-Urals]. Izhevsk, 1977. P. 139–166.
7. *Fedorov-Davydov G.A.* Statisticheskie metody v arkheologii: Ucheb. posobie dlya vuzov po spets. "Istoriya" [Statistical methods in archaeology: textbook for high schools on specialty "History"]. Moscow: Vysshaya shkola [High School], 1987. 216 p.
8. *Gening V.F., Bunyatyan E.P., Pustovalov S.Zh., Rychkov N.A.* Formalizatsionno-statisticheskie metody v arkheologii (analiz pogrebal'nykh pamyatnikov) [Formalization-statistical methods in archeology (analysis of funerary sites)]. Kiev: Nauk. Dumka, 1990. 304 p.
9. *Vereshchagina I.V., Ashikhmina L.I.* Ranne-anan'inskie poseleniya v basseine Severnoi Dviny // Drevnie pamyatniki Severnogo Priural'ya [The early Ananyino settlements in the basin of the Northern Dvina // Ancient sites of the Northern Urals]. Issue 8. Syktyvkar, 1980. P. 42–70.
10. *Chernykh E.M., Vanchikov V.V., Shatalov V.A.* Argyzhskoe gorodishche na reke Vyatke [Argyzh settlement on the river Vyatka]. Moscow: Inst. of computer science, 2002. 188 p.
11. *Vaskul I.O., Volokitin A.V., Zherebtsov I.L., Karmanov V.N., Klenov M.V., Murygin A.M., Pavlov P.Yu.* Osvoenie arkticheskoi i subarkticheskoi zony Pripechor'ya v drevnosti i srednevekov'e po dannym arkheologii (chast' II) [The development of the Arctic and subarctic zones of the Pechora area in ancient times and the Middle Ages, according to archeology (part II)] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2015. Issue 2(22). P. 71–79.
12. *Chernykh E.N.* Gorodishche Alten-Tau [The settlement of Alten-Tau] // Records of the Kama (Votkinsk) archaeological expedition. Issue 1. Moscow: Inst. of Archaeology, USSR Ac. Sci., 1959. P. 152–163.
13. *Golubeva Yu.V.* Klimat i rastitel'nost' golotsena na territorii Respubliki Komi [Climate and vegetation of the Holocene on the territory of the Republic of Komi] // Lithosphere, 2008, No. 2. P. 124–132.
14. *Khotinsky N.A.* Golotsen Severnoi Evrazii. Opyt transkontinental'noi korrelyatsii etapov razvitiya rastitel'nosti i klimata [Holocene of Northern Eurasia. Experience of transcontinental correlation of the stages of development of vegetation and climate]. Moscow: Nauka, 1977. 198 p.
15. *Larin S.I., Matveeva N.P.* Rekonstruktsiya sredy obitaniya cheloveka v rannem zheleznom veke v severnoi chasti Tobolo-Ishimskoi lesostepi [Reconstruction of human environment in the Early Iron Age in the northern part of Tobol-Ishim forest-steppe] // Bull. of Archeology, Anthropology and Ethnography. Issue 1. 1997. P. 133–140.
16. *Zherebtsov I.L.* Klimat v drevnei istorii finno-ugorskikh narodov [The climate in the ancient history of the Finno-Ugric peoples] // Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2010. Issue 1. P. 87–92.
17. *Kharitonenkov M.A.* Rol' antropogennogo faktora v formirovanii rastitel'nogo pokrova yuga Zapadno-Sibirskoi ravniny v epokhu traditsionnogo prirodopol'zovaniya (s pozdnego paleolita do kontsa 19 v.) [The role of anthropogenic factors in formation of vegetative cover of the South of Western Siberian plain in the era of traditional nature use (from the Late Paleolithic to the end of XIX century)]: Diss.... Cand. Sci. (Biology). 03.02.08 – Ecology. Moscow, 2012. 267 p.
18. *Chizhevsky A.A.* Pogrebal'nye pamyatniki naseleniya Volgo-Kam'ya v finale bronzovogo - rannem zheleznom vekakh: Predanan'inskaya i anan'inskaya kul'turno-istoricheskie oblasti [Funerary sites of the Volga-Kama population in the final Bronze - Early Iron Ages: Pre-Ananyino and Ananyino cultural and historical areas]. Kazan: RITs “Shkola”, 2008. 172 p.
19. *Vaskul I.O., Lysyuk G.N., Filippov V.N.* Izdeliya iz tsvetnykh metallov iz raskopok Shikhovskogo mogil'nika (rezul'taty rentgenovskogo mikrozondovogo analiza) [Products from non-ferrous metals from the excavations of the burial ground Shikhovsky (results of x-ray microprobe analysis)] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2014, No. 9. P. 38–40.

Статья поступила в редакцию 15.11.2016.

УДК 391.2(=511.132)

ТРАДИЦИОННЫЕ ЖЕНСКИЕ ГОЛОВНЫЕ УБОРЫ ЛУЗСКО-ЛЕТСКИХ КОМИ

Ю.И. БОЙКО

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
boyko_yulia@mail.ru

В статье на основе музейных коллекций, архивных данных, материалов полевых исследований рассматриваются основные типы, способы ношения, ареалы распространения одного из важнейших элементов женского традиционного костюмного комплекса – головных уборов, бытовавших у лузско-летских коми в конце XIX – первой половине XX в.

Ключевые слова: **лузско-летские коми, головные уборы, локальные традиции**

YU.I.BOYKO. TRADITIONAL WOMEN'S HEADWEAR OF THE LUZA-LETKA KOMI

On the basis of museum collections, archive data, materials of field studies the basic types, symbolic functions, ways of wearing of one of the most important elements of traditional costume – women's headwear that was common in the late XIX – first half of XX century in the southern most ethnographic groups of the Komi (Zyryans) living in the basins of Luza and Letka (in the modern administrative division – Priluzsky region of the Komi Republic) are considered. In villages of the Letka Komi *golovedets* – crown on the basis of birch bark covered with red cloth and embroidered with multicolored beads was distributed as maiden headdress. Luza girls covered their heads with headkerchiefs. Everyday and festive women's headwear *soroka* being a soft headband decorated with embroidery, spread only in the Letka Komi, had the highest specificity. This headdress was multipartite and included *samshura* – support for *soroka* in the form of a solid circle from coarse motley - and a soft cap *povoy*. They could be worn alone or in various combinations. Thus, *povoy* was considered primarily a headdress of young women of first year of marriage. The most common among Luza women was "Russian shawl" *russka* being a red calico headscarf that tightly clasped the head, pulled over the forehead, the ends were tied at the nape. Mandatory was also the top scarf tied under the chin. They began to wear *russka* every day only after the birth of their first child. Around the mid of XX century both girls and women began to use cotton, wool, calico headscarves, shawls for different occasions as the main headdress. Currently Letka folklore groups use original and modern stylized *soroka;* stage women's costume of the Luza Komi includes a variety of traditional scarves, shawls. Traditional headdress as the most ritualistic element of women's clothes remained in wedding, holiday, funeral clothes for the longest time.

Keywords: **Luza-Letka Komi, headwear, local traditions**

Введение

Одним из приоритетных направлений в отечественной этнографии является исследование локальных культур и традиций. Вопросы, связанные с изучением локальных и этнографических групп коми-зырян, впервые начали разрабатываться с середины XX в. этнографами Л.П. Лашуком и Л.Н. Жеребцовым [1–3]. На основе хозяйственного уклада, культуры, следуя за лингвистами, исследователи определили восемь этнографических групп народа коми. Самая южная группа получила название прилузской (*луздорса*). Вместе с тем, в Прилузье четко выделяются две традиции, территориально локализованные в бассейнах рек Луза и Летка: лузская и летская.

В данной статье рассматриваются основные типы, знаковые функции, способы ношения, ареалы распространения одного из важнейших элементов женского традиционного костюмного комплекса – головных уборов, бытовавших у лузско-летских коми в конце XIX – первой половине XX в.

В исследованиях, посвященных народной одежде коми-зырян, отмечается яркое своеобразие костюма южных коми, однако детального изучения прилузского комплекса традиционной одежды в целом, в том числе головных уборов, не проводилось [3–8]. Декоративная сторона художественного оформления женского костюма лузско-летских коми подробно исследовалась Г.Н. Климовой [5]. В частности, в контексте изучения летской вышивки особое внимание было уделено традиционному жен-

скому головному убору – сороке, определен основной ареал его распространения, выявлены наиболее близкие аналогии с марийской сорокой.

Источниками настоящей работы послужили полевые материалы автора, архивные данные, музейные коллекции Национального музея Республики Коми (НМ РК), районного краеведческого музея с. Объячево Прилузского района.

Рассматриваемые головные уборы делятся на две группы: девичьи и замужних женщин.

Девичьи головные уборы. В селениях летских коми в качестве девичьего головного убора был распространен *головедец*, представлявший собой венчик на берестяной основе, обтянутый красным сукном и вышитый разноцветным бисером [8, с. 177–178]. Ширина берестяного обруча составляла примерно 2 см, на затылочной части крепилась петля, сшитая из ткани или из шерстяной тесьмы, в которую продевали заплетенные в косу волосы. Схема рисунка на таких головных уборах была примерно одинакова: узор состоял из полос и ромбов с радиально отходящими лучами; использовались одни и те же цвета бисера: белый, зеленый, черный, синий, красный (фото 1). Н. Добротворский данный убор летских коми назвал «лучшей и красивейшей частью костюма<…>может быть потому, что никогда не требует стирки, вечно оставаясь белым, т.е. сплошь унизан бисером. Издали он кажется венком из белых полевых цветочков и придает лицу благородное выражение невинности и простоты» [9].

Фото 1. Девичий головной убор *головедец*. Фонды НМ РК (КП 6909/2).

Photo 1. Girls headdress *golovedets*. Funds of the National Museum of the Komi Republic (KP 6909/2).

Исследователями отмечалось, что: «раньше *головедец* носили все девушки, причем имели один для повседневной носки и другой – более яркий – для праздников; теперь же *головедец* надевает только невеста за несколько дней до свадьбы» [2, с.102]. По воспоминаниям современных информантов, *головедец* являлся, прежде всего, необходимым атрибутом просватанной девушки: *«До свадьбы может еще две недели, а всё она носит – ленты и головедеч носит»; «После рукобитья головедец с лентами носила невеста, по родственникам ходила, на свадьбу приглашала»; «Кор сія верэс саяд мунöны, сэк головедеч-тö новлöны. Верöс саяс ме в 43 году муні дак, ме эшшо ена новлым головедеч-то, чунькытшъястö, мольястö…»* (Когда замуж выходят, тогда головедец носят. Я замуж в 1943 году вышла дак, тогда мы еще очень носили головедец, кольца, бусы…) [Полевые материалы автора (ПМА): З.М.Попова; Е.Н.Потапова; Т.Е.Потапова] (фото 2).

Фото 2. Летская девушка-невеста. Фото 1950-х гг. из личного архива О.А. Мусановой (с. Слудка, Прилузский район).

Photo 2. Girl-bride from the village Letka. Photos of the 1950s from the personal archive of O.A. Musanova (Sludka, Priluzsky region).

Согласно этнографическим материалам, в прошлом *головедцу* придавалось большое значение не только в предсвадебных обычаях, но и в ключевых моментах свадебного обряда. В день свадьбы невеста встречала жениха в ветхой одежде, в *головедце* без лент и в меховой шапке, позднее в мужской шапке-ушанке. Девушку переодевали только после поднесенного ей крестным жениха подарка, *головедец* и шапку снимали и передавали младшей сестре невесты *гöлöведеч кутысь* ‘держащая головедец’ или специально выбранной для этого девочке *«köса кутысь»* ‘держащая косу’: *«Невеста дорын эшшö пукалö нылка, шуöнö “köса кутысь” пö, и köса кутысьыдлö сетöнö лентатö да головедечтö, кор нин невестатö сыналасны да мыссьöдасны»* (Рядом с невестой еще девочка сидит, «держащая косу» называют, и держащей косу отдают ленты и головедец, когда уже невесту при-

чешут и умоют) [ФА СыктГУ: 1345:13]. Согласно архивным данным, в *головедце* и меховой шапке невеста также отправлялась в церковь на венчание [10].

В лузских селениях в праздничные дни девушки обычно вплетали в косу разноцветные ленты, покрывали голову платком.

Женские головные уборы летских коми

Среди традиционных женских головных уборов наибольшей спецификой отличались повседневные и праздничные *сороки*, представлявшие собой нарядную холщовую повязку с вышитым очельем-налобником, с двумя боковыми «крыльями» – завязками и «хвостом» (фото 3).

Фото 3. Женский традиционный головной убор *сорока*. Фонды НМ РК (КП 12933).

Photo 3. Women's traditional headdress *soroka*. Funds of the National Museum of the Komi Republic (KP 12933).

Налобник *сороки* состоял из двух частей: нижней, представляющей собой широкую красно-черную горизонтальную полосу, и верхней – *серёдöма* 'середина', в которой выделялся центральный белый прямоугольник, вышитый счетной гладью белым шелком по белому холсту и обрамленный красно-черными полосами вышивки.

К бокам передней части пришивались завязки *сорока кок* 'ноги сороки', при помощи которых сороку завязывали сзади поверх позатыльника. Завязки свадебных и праздничных *сорок* были длинными (до полуметра), декорированные вышивкой, полоской кумача, бахромой. Повседневные *сороки* имели более короткие завязки с простой вышивкой, браным тканьем в виде чередующихся полос.

К теменной части убора пришивалась широкая полоса холста, полностью покрывавшая затылок *сорока бöж* 'хвост сороки', украшенная по центру вышивкой, а также нашивкой из кумача и бахромой. Орнамент состоял из широких узорных полос с очень плотной вышивкой набором, косым стежком и крестом, скрещенным и двусторонним швом; использовались мотивы геометрических и сильно геометризованных изобразительных элементов [5, с. 58–60].

Рассматриваемый головной убор был многосоставным и включал в себя *самшуру (шамшуру)* – подставу под *сороку*, в виде плотного обруча (11–13 см в диаметре), сшитого из нескольких слоев пестрядинной ткани, оканчивающегося на затылке пришивными клинышками, к нижним концам которых привязывалась петля из льняных нитей для укрепления убора на голове (фото 4). В Вятской и Пермской губерниях самшурой назывались головные уборы с твердым плоским верхом, имевшим круглую или овальную форму, с нешироким мягким околышем, который завязывался на затылке тесемками [11, с. 235]. Частью женского головного убора *сороки* был также сшитый из ткани или связанный чепец *повой/сетка*, полностью закрывавший волосы.

Фото 4. Подстава под сороку – *самшура*. Фонды НМ РК (КП 1376).

Photo 4. Support for soroka – *samshura*. Funds of the National Museum of the Komi Republic (KP 1376).

Отдельные компоненты многосоставного головного убора могли надеваться самостоятельно или в разных сочетаниях. Так, по сведениям информантов, *повой* носили преимущественно молодые женщины, надевая *сороку* только по праздникам [ПМА: Е.Н.Потапова].

Сведения о головном уборе *сорока* содержатся в этнографических описаниях конца XIX в.: «Головной убор пермячек* <летских коми> составляет предмет их гордости и постоянных забот. У

* Летские коми в силу административного деления, по которому до 1929 г. большая часть населенных пунктов входила в состав Вятской губернии (селения от Прокопьевки до Черемуховки по р. Летка), долгое время были отделены от основной массы коми-зырян и развивались в тесных контактах с русскими и коми-пермяками. Они сохраняли в качестве самоназвания термин «пермяки», а термин «зыряне» использовался ими по отношению к представителям других групп коми. Русские, отмечая языковое и культурное сходство летчан с коми-пермяками, также относили их к пермякам.

замужней женщины он состоит из сороки: это кичка из грубого толстого холста с широкой лопастью, закрывающей весь затылок. Спереди она старательно расшита разноцветными бумажными, а иногда и шерстяными нитками<…>Снизу сороки надевается повой – сетка из суровых посконных ниток, сплетенная на манер рыболовных сетей. Под повоем лежит шамшура<…>Каждая девушка должна приготовить себе к свадьбе непременно две сороки, три повоя и две шамшуры. Поверх сороки надевается обыкновенно платок (чишьян), пестрядинный или ситцевый, смотря по состоянию»; «женщины волос не заплетают в косы, а зачесавши со всех сторон кверху и свивши их жгутом, скручивают на темени в виде конуса, на голову надевают особого рода убор – “сороку”<…>голова женщин в этом уборе имеет вид конуса; если у кого волосы не велики, то подкладывают что-нибудь под “сороку”» [10, 12].

Головной убор *сорока* широко встречался у летских коми еще в начале XX в. К примеру, собранная финским этнографом У.Т. Сирелиусом в 1907 г. в с. Летка коллекция народного костюма включает в себя более 40 праздничных и повседневных женских головных уборов [13].

Г.Н. Климова ограничила ареал распространения *сороки* у лузско-летских коми в конце XIX – начале XX в. бассейнами Летки и верховьев Лузы (район Верхолузье), поскольку данный головной убор не был зафиксирован на территории средней Лузы [5, с. 50]. *Сорока,* а также используемая на ней вышивка не зафиксирована больше нигде у коми-зырян. Аналогичный головной убор встречался только в верховьях р. Сысолы (Койгородский район), однако здесь он назывался *юркöртöд* ‘повязка на голову’, имел иную конструкцию, украшался вышивкой крестом и отделкой из цветных лоскутков и парчи.

Сорока относится к старинным головным уборам, известным как среди русских, так и большинства финно-угорских народов: в частности, марийцев, карел. Внешне сороки отличались формой, конструктивными особенностями, цветом, декором, манерой ношения [11, с. 228–230; 14, 15]. Исследователи сходятся во мнении, что покрой и декоративное оформление летского головного убора, цветовая гамма, техника вышивки имеют наиболее близкие параллели с марийской сорокой, и свидетельствуют об общей основе в оформлениях летской и марийской сорок [4, с. 281; 5, с. 59–62].

Женские головные уборы лузских коми

Согласно архивным данным, еще в конце XIX в. замужние женщины на Лузе носили *сборник* – головной убор в виде мягкого чепца с твердой подковообразной основой, спереди декорированный широкой полоской кумача [16]. В современных полевых записях информация о данном типе головного убора практически отсутствует, что свидетельствует об утрачивании традиции ношения *сборника* уже к началу XX в. Информантами отмечается, что в качестве повседневного и праздничного головного убора среди лузских женщин распространен был “русский платок” *русска чышъян*, *русска*, представлявший собой кумачную косынку. Косынкой, скрученной в виде ленты, плотно обхватывали голову, надвигали на лоб, концы завязывали на затылке. Сверху повязывали платок, сложенный на угол: *«гöрд плат наперво, а сэсся любöй чышъян»* (красный платок наперво, а затем любой другой платок <поверх>) [ПМА: В.Е.Костылева]. Верхний платок носился по-особому: среднюю линию платка, которая располагалась надо лбом, запрессовывали так, чтобы она была приподнята вверх, образуя острый угол: *«сначала шмак спереди заплетут, красной полоской голову обвяжут, а как сверху платок наденут, то чтобы хохолок красиво поднимался, над макушкой платок прихлопывают. Вот я даже помню этот хлопок»* [ПМА: М.Ф.Чукилева] (фото 5).

Фото 5. Женщина в *русске*. Фото 1930-х гг. из семейного альбома М.Ф.Чукилевой (с. Объячево, Прилузский район).

Photo 5. A woman dressed in *russka*. Photos of the 1930s from the family album of M.F. Chukileva (Obyachevo village, Priluzsky region).

Русска, являясь женским головным убором, тем не менее, не сразу входила в состав традиционного костюмного комплекса замужней женщины. До рождения первого ребенка либо в течение трех

первых лет замужества носили в качестве головного убора платок, *русску* же надевали исключительно по праздникам [ПМА: А.А.Ульянова].

Традиция носить два платка: первый меньшего размера, второй – большего, была известна населению Европейской России, в частности Архангельской, Вологодской, Вятской губерний [17].

Ритуальный акт надевания женского головного убора повсеместно впервые проходил после венчания, когда крестная жениха заплетала невесте волосы, делая прическу замужней женщины *водзын шмак* ‘шмак спереди’ – волосы укладывались в пучок на темени. Зафиксировано также название прически – *куколь* «волосы заплетали в две косы от затылка ко лбу, и на темени их свертывали в ком» [2, с. 101]. Перемена прически и головного убора являлась ключевым элементом свадебного обряда, маркирующим смену социального статуса девушки-невесты: *«А сэсся мунан венчайччыны, сэсся нин гартасны шмак, мича сорокаӧн кӧртасны, сэсся нин баба лоан»* (А венчаться поедешь, тогда уже шмак заплетут, сорокой красивой завяжут, уже бабой станешь); *«Водзӧн верӧс саяссӧ мунасны да молодкатӧ вӧчӧдасны, водзын шмаксӧ вӧчасны, эся сороканад и кӧртасны. Сійӧ важъяджык йӧзыс сорокаяс новлісны пыр»* (Раньше замуж выходили да молодку делали, шмак сделают, этой сорокой и завяжут); *«Если невестаыс мунас верӧс сайӧ, вот уже сія важӧн том ныв заводитӧ пыр сія новлӧ старухаӧдзь сэтшӧм русска»* (Если невеста выходит замуж, вот уже раньше она, молодая девушка, начинает и постоянно носит до старости такую русску); *«Как к жениху едут, так невеста голович снимала и сороку ей надевали уже»* [ФА СыктГУ: 1326:31; ПМА: Т.Е.Потапова; М.И.Шаглеева; З.М.Попова].

В первой половине XX в. в традиции ношения головных уборов у лузско-летских коми произошли изменения. Так, на Лузе молодые женщины полностью заменили *русску* на фабричный платок. В Спаспорубском кусте лузских деревень вместо традиционной *русски* распространены были холщовые косынки, которые носили, завязывая узлом под подбородком. Косынки шили из браного холста или пестряди в красную клетку, угол оформлялся рюшем (фото 6). Подобные косынки были особенно характерны для севернорусского костюмного комплекса (Вологодская губерния), относились, прежде всего, к наплечным украшениям, носившим название «косяк» [15, с. 300–303].

На Летке повседневным головным убором стала кумачная (красная) косынка, известная у лузских коми под названием *русска*, у летчан именовалась *сорока пыдди чышъян* ‘вместо сороки платок’, *гӧрдыд сорока* ‘красная сорока’. Традиционный убор *сорока* стал принадлежностью исключительно праздничного костюмного комплекса. Этнографами Л.П. Лашуком и Л.Н. Жеребцовым в конце 1950-х гг. было зафиксировано, что «сорока уже не находится в повседневном употреблении, а хранится в сундуках старух, которые лишь в большие праздники надевают ее» [2, с. 102]. Со сменой головных уборов

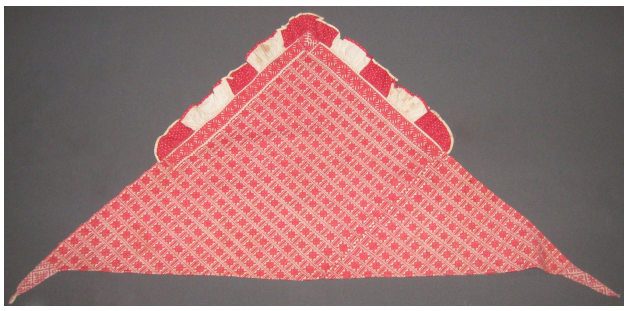


Фото 6. Женский головной убор. Фонды Прилузского районного краеведческого музея.

Photo 6. Women’s headdress. Funds of Priluzsky regional Local History Museum.

изменилась и прическа: женщины стали убирать волосы в «шмак» на затылке *мышкын шмак* ‘шмак сзади’.

Повсеместно основным головным убором как девушек, так и женщин становится фабричный платок. Распространены были хлопчатобумажные, шерстяные, ситцевые платки, полушалки, шали. Праздничными считались хлопчатобумажные пестрые платки, обозначавшиеся лузскими коми «*заграниснӧй чышъян»* ‘заграничный платок’, летчанами – *«франтшужскӧй чышъян»* ‘французский платок’; их носили, сложенными на угол, завязывая узлом под подбородком. Шерстяные, полушелковые или хлопчатобумажные шали с кистями *«тугъя шаль»* ‘шаль с кистями’ с набивным многоцветным узором также береглись для особых торжеств. Как правило, покрывая голову шалью, один ее конец обматывали вокруг шеи, а другой оставляли выпущенным на груди.

Выводы

Анализ музейных коллекций, архивных данных, материалов полевых исследований показал, что у лузско-летских коми в конце XIX – начале XX в. фиксировались различия в традиции ношения головных уборов. Об этом же свидетельствуют этнографические описания второй половины XIX в.: «В праздничное время богатая ношулка <лузские коми с. Ношуль > надевает <…> парчовый юр-дӧра или сборник, род повойника, обшитый по краям красной лентой, завязываемой сзади, причем концы этой ленты украшаются разноцветными кистями стекляруса; большой платок шелковый или шерстяной, но всегда красный полосатый, повязывается сверх сборника<…>Пермячки Орловские <летские коми>, не столько достаточные, одеваются бедно. У них шелковые материи и платки заменяются бумажными и шерстяными. Обыкновенный же головной убор каждой пермячки – “сорока”. Это род чепчика из домашнего тонкого холста, у которого налобник вышивается разноцветными шерстями и шелком <...>Этот убор служит большею частью и праздничным и ценится от 3-х до 5 руб. серебром <…> Девицы ношульские<…>покрывают голову платком и выпускают косу, в которую вплетаются узкие и широкие разноцветные ленты. Орловские же пермяц-

кие девушки не покрывают головы платком в праздничное время, а надевают особенный убор, называемый “головедец”» [18].

Традиционные головные уборы и прически были ярким локальным индикатором лузко-летских коми и отражали основные возрастные и социальные изменения в жизни женщины. Важно отметить, что даже с появлением новых «городских» форм одежды, головной убор долгое время оставался неизменным. Дольше всего девичьи и женские головные уборы, как наиболее ритуализированные элементы одежды, сохранялись в свадебном, праздничном, погребальном костюмах.

Вышедшие из повседневного употребления головные уборы в настоящее время представлены в костюме участников художественной самодеятельности. Летскими фольклорными коллективами, наряду с другими элементами традиционного костюмного комплекса, используются подлинные и современные стилизованные *сороки*; сценический женский костюм лузских коми включает в себя различные традиционные платки, шали.

Сокращения

ФА СыктГУ – Фольклорный архив Сыктывкарского государственного университета.

ПМА – Полевые материалы автора, экспедиции в Прилузский район Республики Коми (информанты с. Летка: З.М.Попова, 1925 г.р.; с. Ношуль: А.А.Ульянова, 1924 г.р.; с. Объячево: М.Ф.Чукилева, 1935 г.р.; с. Прокопьевка: Е.Н.Потапова, 1930 г.р.; Т.Е.Потапова, 1930 г.р.; с. Черныш: В.Е.Костылева, 1925 г.р.; Е.А.Сердитова, 1926 г.р.; с. Читаево: М.И.Шаглеева, 1931 г.р.)

Литература

1. *Лашук Л.П.* Принципы историко-этнографического районирования Коми АССР // Известия Коми филиала ВГО. Вып. 6. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1960. С. 97–105.
2. *Лашук Л.П., Жеребцов Л.Н.* Отчет Прилузской этнографической экспедиции в 1959 г.// Архив Коми научного центра УрО РАН. Ф.1. Оп. 13. Д. 48.
3. *Жеребцов Л.Н.* Этнокультурная специфика прилузских коми // Крестьянство Коми края (досоветский период). Сыктывкар, 1986. С. 97–107. (Тр. / ИЯЛИ Коми НЦ УрО АН СССР, вып. 38).
4. *Белицер В.Н.* Очерки по этнографии народов коми XIX–начало XX в. // Труды Института этнографии. Т. 45. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 257–268.
5. *Климова Г.Н.* Вышивка летских коми // Этнографические исследования Северо-Запада СССР. Л.: Наука, 1977. С. 49–62.
6. *Кольчурина Т.С.* Традиционная летняя женская одежда коми конца XIX – начала XX в.// Генезис и эволюция традиционной культуры коми. Сыктывкар, 1989. С. 90–102. (Тр. / ИЯЛИ Коми НЦ УрО АН СССР, вып. 43).
7. *Шарапов В.Э.* Одежда и обувь // Народы Поволжья и Приуралья. Коми-зыряне. Коми-пермяки. Марийцы. Мордва. Удмурты. М.: Наука, 2000. С. 91–107.
8. *Уткина И.М.* Национальный головной убор// Родники пармы. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1990. С. 176–178.
9. *Добротворский Н.* Пермяки. Бытовой и этнографический очерк// Вестник Европы. Журнал истории, политики, литературы. Т. II. Кн. 3. 1883. С. 247.
10. *Попов С.А.* Фольклор коми Летского района. 1928–1929 гг. // Архив Национального музея РК. Д. 199. С. 109.
11. *Лебедева Н.И., Маслова Г.С.* Русская крестьянская одежда XIX – начала XX в. // Русские: Историко-этнографический атлас. М.: Наука, 1967. С. 193–267.
12. *Среди пермяков*//Волжско-Камское слово. Политическо-общественная газета. 1882. №187.
13. *Рукописная опись предметов:* Sirelius U.T. Permalainen, 1907 // Kultuurien museo / Suomen Kansallismuseo: Suomalais-ugrilainen. Permalaiskokoelma SU 4815: 1-317.
14. *Соснина И., Шангина И.* Русский традиционный костюм. Иллюстрированная энциклопедия. СПб., 1998. С. 306.
15. *Кислуха Л.Ф.* Народный костюм Русского Севера XIX – начала XX в. в собрании Архангельского музея изобразительных искусств. М.: Северный паломник, 2012. С. 41.
16. *Воздвиженская О.Н.* Материалы этнографической экспедиции 1950 г. в южные районы Коми АССР // Архив Коми научного центра УрО РАН. Ф. 1. Оп. 13. Д. 8.
17. *Тазихина Л.В.* Север европейской части РСФСР (Олонецкая, Архангельская, Вологодская, Пермская, Вятская, Петербургская губернии) // Крестьянская одежда населения Европейской России (XIX – начало XX в.). Определитель. М., 1971. С. 151.
18. *Косарев М.С.* Пермяки Вятской губернии, преимущественно Орловского уезда // Государственный архив Кировской области. Ф. 170. Оп. 1. Д. 130. 18–19 лл.

References

1. *Lashuk L.P.* Principy istoriko-jetnograficheskogo rajonirovanija Komi ASSR [The principles of historical and ethnographic zoning of the Komi ASSR] // Proc. of Komi Branch of the Russian Geogr. Soc. Issue 6. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1960. P. 97–105.
2. *Lashuk L.P., Zherebtsov L.N.* Otchet Priluzskoj jetnograficheskoj jekspedicii v 1959 g. [Report of Priluzsky ethnographic expedition of 1959]// Archive of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. F.1. Op. 13. D. 48.
3. *Zherebtsov L.N.* Jetnokul'turnaja specifika priluzskih komi [Ethnocultural specificity of the Priluzsky Komi] // Krest'janstvo Komi kraja (dosovetskij period) [The peasantry of Komi (pre-Soviet period)]. Syktyvkar, 1986. P. 97-107. (Proc. of Inst. of Language, Liter. and History, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, issue 38).
4. *Belitser V.N.* Ocherki po jetnografii narodov komi XIX- nachalo XX v. [Essays on the eth-

nography of the Komi peoples of XIX - beginning of XX century]. // Ethnography Inst. Proc. Vol. 45. Moscow: USSR Ac. Sci. Publ., 1958. P. 257–268.

5. *Klimova G.N.* Vyshivka letskih komi [Embroidery of the Letka Komi] // Jetnograficheskie issledovanija Severo-Zapada SSSR [Ethnographic studies of the North-West of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1977. P. 49–62.
6. *Kol'churina T.S.* Tradicionnaja letnjaja zhenskaja odezhda komi konca XIX – nachala XX vv. [Traditional summer Komi women's clothing of late XIX - early XX centuries] // Genezis i jevoljucija tradicionnoj kul'tury komi [Genesis and evolution of the traditional culture of Komi]. Syktyvkar, 1989. P. 90-102. (Proc. of Inst. of Language, Liter. and History, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, issue 43).
7. *Sharapov V.E.* Odezhda i obuv' [Clothing and Shoes] // Narody Povolzh'ja i Priural'ja. Komi-zyryane. Komi-Permiaki. Mariicy. Mordva. Udmurty [The peoples of the Volga and Urals regions. Komi-Zyryans. Komi-Permians. Mari. Mordovians. Udmurts]. Moscow: Nauka, 2000. P. 91–107.
8. *Utkina I.M.* Nacional'nyj golovnoj ubor [National headdress] // Rodniki Parmy [The springs of Parma]. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1990. P. 176–178.
9. *Dobrotvorsky N.* Permjaki. Bytovoj i jetnograficheskij ocherk [The Permians. Household and ethnographic essay] // Vestnik Evropy. Zhurnal istorii, politiki, literatury [Herald of Europe. J. of history, politics and literature]. Vol. II. Book 3. 1883. P. 247.
10. *Popov S.A.* Fol'klor komi Letskogo rajona. 1928-1929 gg. [Folklore of the Komi of Letka district. 1928-1929] // Arhiv Nacional' nogo muzeja RK [Archive of the National Museum of the Komi Rep.]. D. 199. P. 109.
11. *Lebedeva N.I., Maslova G.S.* Russkaja krest'janskaja odezhda XIX – nachala XX veka [Russian peasant clothes of XIX - early XX century] // Russkie: Istoriko-jetnograficheskij atlas [The Russians: Historical and Ethnographic atlas]. Moscow: Nauka, 1967. P. 193–267.
12. Sredi permjakov [Among the Permians] // Volzhsko-Kamskoe slovo. Politichesko-obshhestvennaja gazeta [Volga-Kama word. Political-public newspaper.]. 1882. № 187.
13. *Rukopisnaja opis'* predmetov [Handwritten inventory items]: Sirelius U.T. Permalainen, 1907 // Kultuurien museo / Suomen Kansallismuseo: Suomalais-ugrilainen. Permalaisko-koelma SU 4815: 1-317.
14. *Sosnina I., Shangina I.* Russkij tradicionnyj kostjum. Illjustrirovannaja jenciklopedija [Russian traditional costume. Illustrated encyclopedia]. St.Petersburg, 1998. P. 306.
15. *Kislukha L.F.* Narodnyj kostjum Russkogo Severa XIX – nachala XX veka v sobranii Arhangel'skogo muzeja izobrazitel'nyh iskus-stv [Russian folk costume of the Russian North of XIX - early XX century in the collection of the Arkhangelsk Museum of Fine Arts]. Moscow: Severnyj palomnik [Northern pilgrim], 2012. P. 41.
16. *Vozdvizhenskaya O.N.* Materialy jetnograficheskoj jekspedicii 1950 goda v juzhnye rajony Komi ASSR [Materials of ethnographic expedition of 1950 in the southern regions of the Komi Rep.] // Arhiv Komi Nauchnogo centra UrO RAN [Archive of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS] F. 1. Op. 13. D. 8.
17. *Tazikhina L.V.* Sever evropejskoj chasti RSFSR (Oloneckaja, Arhangel'skaja, Vologodskaja, Permskaja, Vjatskaja, Peterburgskaja gubernii) [North of the European part of the RSFSR (Olonets, Arkhangelsk, Vologda, Perm, Vyatka, St.Petersburg province)] // Krest'janskaja odezhda naselenija Evropejskoj Rossii (XIX – nachalo XX v.) [Peasant clothing of population of the European Russia (XIX - early XX centuries)]. Opredelitel'. Moscow, 1971. P. 151.
18. *Kosarev M.S.* Permjaki Vjatskoj gubernii, preimushhestvenno Orlovskogo uezda [The Permians of Vyatka province, mainly of Orlovsky district] // Gosudarstvennyj arhiv Kirovskoj oblasti [State archive of the Kirov region.]. F. 170. Op. 1. D. 130. P. 18–19.

Статья поступила в редакцию 20.10.2016.

УДК 811.511.131'28

О СЛОВЕСНОМ УДАРЕНИИ В НИЖНЕЧЕПЕЦКОМ ДИАЛЕКТЕ УДМУРТСКОГО ЯЗЫКА

Л.Л. КАРПОВА

Удмуртский институт истории, языка и литературы УрО РАН, г. Ижевск
karpovalud@rambler.ru

В статье проводится последовательное сравнение языковых фактов нижнечепецких говоров с аналогичными явлениями северных диалектов и других удмуртских говоров. Показано, что ведущие особенности словесной акцентуации нижнечепецкого диалекта наиболее сближают его со среднечепецкими говорами северноудмуртского наречия.

Ключевые слова: **удмуртский язык, диалектная фонетика, северные диалекты, нижнечепецкий диалект, просодия, словесное ударение**

L.L. KARPOVA. ON WORD STRESS OF THE LOWER CHEPETS DIALECT IN THE UDMURT LANGUAGE

The article deals with the problem of word stress in the Lower Chepets dialect which is a part of the Northern Udmurt dialect. The research is based on the material collected during field work with native speakers of this dialect. The author focuses on specific characteristics distinguishing the studied dialect from other Northern Udmurt subdialects. In the course of research it was revealed that the dialect has a large number of words, which distinguish it from other Udmust dialects by stress position. The specific phenomena of accentuation that are traced in some morphological categories and word groups are analyzed. Language phenomena of the Lower Chepets subdialects are compared with analogous phenomena of the Northern Udmurt dialects and other subdialects. The obtained results show that according to the main features of word stress the Lower Chepets dialect has closest similarities to the Middle Chepets subdialects of the Northern Udmurt dialect. A number of revealed peculiarities coincide with emphasized features of the Besermyan and Kukmor dialects.

Keywords: the **Udmurt language, dialectal phonetics, Northern dialects, Lower Chepets dialect, prosody, word stress**

Введение

В научной литературе до настоящего времени не получило детального освещения своеобразие акцентуационной системы удмуртских диалектов и не уточнено территориальное распространение вариантных форм. Определенный материал обзорного характера по данной проблематике представлен в книге В.К. Кельмакова [1, с. 74–78], в которой исследованы особенности словесной акцентуации в нижнечепецком диалекте. Носителями его являются удмурты, проживающие отдельными островками в массе русских селений в Слободском, Зуевском, Унинском, Фаленском и Богородском районах Кировской области. Нижнечепецкие говоры изучены довольно эпизодически и в различной степени. Некоторые сведения по языку нижнечепецких удмуртов представлены в работах финского ученого Ю. Вихманна [2]. Во время поездки к удмуртам в 1891 г. он посетил также удмуртские селения Омсино и Круглово Слободского района. Впоследствии диалектные материалы, записанные от слободских удмуртов, вошли в текстовые и лексикографические публикации [2]. Образцы речи по д. Нижнее Мочагино Слободского района содержатся в книге Б. Мункачи «Volksbräuche und Volksdichtung der Wotjaken» [3, XIII, S. 128–129, 532, 598–599]. Следует отметить, что слободской диалект впервые был выделен этим исследователем (до этого в научной литературе он не фигурировал). Т.К. Борисов при дроблении удмуртского диалектного языка нижнечепецкие говоры («*улланьёс*») рассматривал в качестве одного из говоров северного наречия. Автор, не останавливаясь на описании языковых особенностей, ограничился лишь указанием в выделенных им двух северноудмуртских говорах (верхнечепецком и нижнечепецком) на различное произношение глаголов, например: вч. *адзӧыны* 'видеть', *кудзӧыны* 'опьянеть'; нч. *адзыны*, *кудзыны* [4, с. VIII]. Значительный материал по нижнечепецким говорам представлен в работе Т.И. Тепляшиной [5], в которой впервые дается описание отличительных при-

знаков указанных говоров в области фонетики и морфологии. На основе анализа языкового материала автор приходит к выводу, что эти говоры, имея своеобразную систему диалектных отличий, по своим наиболее характерным особенностям входят в группу северноудмуртских диалектов. Некоторые данные, касающиеся лексических и фонетических особенностей слободского говора нижнечепецкого диалекта, нашли отражение в работах Г.А. Архипова [6] и Н.М. Люкиной [7].

Результаты исследований

В настоящее время в рамках ареального изучения северноудмуртских диалектов нами предпринято системное обследование языка удмуртов, населяющих нижнечепецкий регион. С этой целью в 2014–2015 гг. проведены три диалектологические экспедиции на территории распространения указанных говоров в Зуевском, Унинском и Слободском районах Кировской области. Собран большой корпус языкового материала, который вводится в научный оборот (далее в иллюстративных примерах-предложениях полевые материалы автора – ПМА). При исследовании использовались различные методы и приемы сбора диалектного материала (опрос по специальному вопроснику, запись на цифровые носители бытовых разговоров, рассказов, бесед; интервьюирование), а также непосредственное наблюдение над спонтанной диалектной речью. Вследствие изолированного проживания от основной массы удмуртского населения, нижнечепецкие говоры не испытывают влияния удмуртского литературного языка и развиваются по своим собственным языковым законам. В результате этого в их языковой системе сформировался ряд особенностей, которые позволяют их рассматривать в качестве самостоятельной диалектной единицы в системе северноудмуртского наречия.

В пределах нижнечепецкого диалекта выделяются две группы говоров: слободской и косинский (далее – *сл.*, *кос.* соответственно) [5, с. 157–158; 8, с. 20]. Носители слободского говора живут в 11 населенных пунктах Слободского района. Косинская группа удмуртов компактно проживает в 10 населенных пунктах следующих районов: Зуевском (четыре населенных пункта), Унинском (два населенных пункта), Фаленском (два населенных пункта), Богородском (два населенных пункта). По нашим приблизительным подсчетам, в настоящее время на территории распространения нижнечепецкого диалекта насчитывается примерно 800 удмуртов, из которых меньше половины владеет удмуртским языком.

По своим основным фонетико-морфологическим признакам слободской и косинский говоры близки между собой. Тем не менее, в языковой системе указанных говоров, в большей степени лексике и меньшей – в фонетике, обнаруживаются некоторые различия. Эти отличительные моменты обусловлены историей формирования говоров в данном ареале, которое происходило разными путями. Нижнечепецкие говоры, имея своеобразную систему диалектных отличий, по своим наиболее характерным особенностям входят в группу северноудмуртских диалектов. В пределах северноудмуртского наречия, помимо нижнечепецкого (далее в примерах – нч.), выделяется еще два других диалекта: верхнечепецкий и среднечепецкий (далее в примерах – вч., сч. соответственно). В целях определения специфики словесной акцентуации исследуемого диалекта в северноудмуртском языковом пространстве фактический материал по возможности интерпретируется нами в контексте других северных диалектов.

Известно, что удмуртский язык характеризуется подвижным фиксированным типом словесного ударения на финальном слоге. По мнению ученых [9], этот тип ударения сформировался под влиянием татарского языка. Тем не менее, в удмуртском языке встречается ряд исключений, когда связанность ударения с последним слогом нарушается, акцент смещается и фиксируется не на конечном слоге. К примеру, в отрицательных формах глаголов изъявительного и условного наклонений ударение всегда падает на первый слог основного слова (*уд у·жа* ‘не будешь работать’, *ӧй по·тысал* ‘не вышел бы’), в наречиях времени аффикс *-быт* не принимает на себя ударения (*гужэ·мбыт* ‘всё лето’, *а·рбыт* ‘весь год’). Свою специфику в постановке ударения имеют сложные слова, заимствования. Некоторая особенность в локализации ударения может быть обусловлена также диалектной принадлежностью носителей языка.

Рассмотрим особенности, которые выявляются в акцентуационной системе нижнечепецких говоров.

1. В глагольных формах с лично-притяжательными суффиксами *-мы*, *-ды*, *-зы* в нижнечепецком диалекте ударение отмечается на предпоследнем слоге слова: *ужало·ды* ‘будете работать’, *кушти·зы* ‘они бросили’, *ужало·мы* ‘(мы) поработаем’, *кури·зы* ‘они попросили’, *вэра·ды* ‘вы сказали’, *вайыса·лмъ* ‘мы принесли бы’, *эктыса·лды* ‘вы плясали (танцевали) бы’. Примеры-предложения: *оло·кыз'ы* ***шуыли·зы*** *со шурмэс но, мон* ***уг то·тскы*** *н'и.* Сиб. ‘Как-то **называли** ту речку, я уже не помню’ (ПМА); ***будэти·зы*** *монэ акыйэ мужикэныз ва·лзэ.* Бер. ‘**Вырастили** меня моя тетя вместе с мужем’ (ПМА); *мэд пый са·кой* ***мад'о·зы*** *калык, ма пый мыным нужно.* ‘Пусть, дескать, всякое **болтают** люди, что мне с этого (букв. что, мол, мне нужно)’ (5, с. 195). Из других северноудмуртских диалектов аналогичное ударение в указанных глагольных формах наблюдается в среднечепецком диалекте [10, с. 48] и кезском говоре верхнечепецкого диалекта [11, с. 54], также в бесермянском наречии [12, с. 78] и кукморском южном говоре [13, с. 110].

Деепричастия, оформленные суффиксами *-мы*, *-ды*, *-зы*, в нижнечепецких говорах характеризуются постановкой ударения на последнем слоге: *лыктыкымы·* ‘когда мы возвращались; возвращаясь’, *выдыччоз'амы·* ‘до того как нам лечь спать’, *эктыкыды·* ‘когда вы плясали (танцевали)’. Примеры-предложения: *ўаз'эн, салдатэ* ***кэл'акызы·****, л'экрутоват' карыса вэтлыли·зы.* Бур. ‘Раньше из дома в дом ходили, **провожая** в солдаты’ (ПМА); *война вылын, ӵаӵӵайын* ***улыччоз'амы·****, марин но ми ӧм ви·с'э.* Ас. ‘Во

время войны, **находясь** на лесозаготовке ('в лесу'), чем только мы не болели' (ПМА). Подобное ударение имеет место в верхнечепецком диалекте и большинстве удмуртских говоров. В среднечепецком диалекте данная категория слов выступает с дублетным ударением на предпоследнем и конечном слогах: сч. – *пукыччоз'а·мъ ~ пукыччоз'амъ·* 'пока мы сидели', *турнаку·дъ ~ турнакудъ·* 'пока вы косили; во время вашей косьбы', *ужаку·мъ ~ ужакумъ·* 'пока мы работали; во время нашей работы' [14, с. 30].

2. В отрицательной форме повелительного наклонения нижнечепецкий диалект, как среднечепецкий [10, с. 49], большинство южноудмуртских говоров [1, с. 75] и бесермянское наречие [15, с. 238;] чаще всего имеет ударение на отрицательном вспомогательном глаголе *эн* (в говоре д. Сибирь косинского говора во мн. числе вспомогательный глагол выступает в форме *э·нэ*): кос., сл. *э·н кошкы* 'не уходи', кос., сл. *э·н н'алты* 'не смотри', *э·н гожйалэ ~ э·нэ гожйалэ* Сиб. 'не пишите', *э·н жугэ ~ э·нэ жугэ* Сиб. 'не бейте'. Примеры-предложения: *пэпэс'мылы вос'эмс'ат три, вис'э со, уг н'и вэтты.* ***э·н кышкалэ*** *улэммылэс'.* Ом. 'Деду нашему восемьдесят три года, болеет он, уже не ходит. Не удивляйтесь ('**не бойтесь**') нашей жизни' (ПМА); *йа,* ***э·нэ мынэ*** *н'и туннэ а с т а р к а нэ.* Сиб. 'Ладно, **не идите** уже сегодня в Астрахань' (ПМА). Что касается верхнечепецких говоров, то здесь, как показывают диалектные данные [11, с. 53], чаще акцентируется первый слог основного слова: *эн кы·шка* 'не бойся', *эн с'э·рэкйа* 'не смейся', *эн вэ·ра* 'не говори', *эн лы·ӟӟы* 'не читай'. Верхнечепецкий вариант фиксации ударения характерен также для отдельных срединных говоров [1, с. 75].

3. В порядковых числительных ударение в нижнечепецком диалекте, как и в других северноудмуртских диалектах, обычно наблюдается на первом слоге суффикса *-эт'и* (вч. *-эти*): *кыкэ·т'и* 'второй', *т'амысэ·т'и* 'восьмой', *дасэ·т'и* 'десятый', *даз вит'э·т'и* 'пятнадцатый'. Примеры-предложения: ***кӯин'мэ·т'изэ*** *пинал вайи мон, пи вайи.* Бер. '**Третьего** ребенка родила я, сына родила' (ПМА); ***кыкэ·т'и*** *пийэ ӯан' на м^{ы}нам.* Ок. '**Второй** сын жив ('есть') еще у меня' (ПМА). Подобное ударение в данном грамматическом разряде слов встречается также в отдельных срединных говорах [1, с. 76] и бесермянском наречии [12, с. 79].

4. В собирательных числительных с суффиксом *-на-* и некоторых местоименных формах на *-мы*, *-ды*, *-зы* ударение, как и в большинстве северноудмуртских диалектов, отмечается на предшествующем этим притяжательным суффиксам слоге, например: *кыкна·мы* 'мы вдвоем', *вит'на·мы* 'мы впятером', *н'ыл'на·ды* 'вы вчетвером'. Примеры-предложения: ***кӯин'на·йэз*** *пийэ отын ужа вал.* Мух. '**Трое** сыновей моих там работало' (ПМА); ***кыкна·иныз*** *ныл'л'осыныз со кошкис к и р о вэ, карт шэт'тиз, биз'из.* Крас. 'С **двумя** своими дочерьми она переехала в Киров, мужа нашла, вышла замуж' (ПМА). Подобный тип ударения имеет место также в бесермянском наречии [15, с. 211; 12, с. 78–79].

5. В прилагательных и наречиях с суффиксом *-мыт* в нижнечепецких говорах ударение, как свидетельствуют наши полевые материалы, отмечается на конечном слоге: *лызмы·т* 'синеватый', *сунэдмы·т* Свет. 'бордовый', *буроймы·т* Свет. 'коричневатый', *вожмы·т* 'зеленоватый', *гордмы·т* 'красноватый', *л'эл'мы·т* 'розоватый'. Примеры-предложения: ***кон'алмы·т*** *улылиз йымалӟытэмэс с'укас'.* Бер. '**Сладковатым** получался на закваске приготовленный квас' (ПМА); *ой, мон йаратыс'ко* ***чырсмы·т*** *шӧмо с'ийонэз.* Сиз. 'Ой, я люблю **кисловатую** еду' (ПМА). Следует указать, что в материалах Т.И. Тепляшиной [5, с. 166], зафиксировавшей речь нижнечепецких удмуртов более полувека назад, указанная категория слов представлена с ударением на предшествующем суффиксу *-мыт* слоге. В среднечепецком и верхнечепецком диалектах показатель *-мыт* является безударным [14, с. 104]. Нижнечепецкий вариант фиксации ударения характерен для большинства удмуртских диалектов.

6. В северноудмуртских говорах своеобразна постановка ударения в местоимениях и наречиях, оформленных препозитивным элементом *оло-* (нч. *оло- ~ оо-*). В нижнечепецких говорах, как и в среднечепецких, данная категория слов может выступать с тремя вариантами ударения, а именно: на втором, третьем или конечном слоге слова: *оло·кыӵэ* (*оо·кыӵэ*) ~ *олокы·ӵэ* (*оокы·ӵэ*) ~ *олокыӵэ·* (*оокыӵэ·*) 'какой-то', *оло·мар* (*оо·мар*) ~ *олома·р* (*оома·р*) 'что-то', *оло·кин* (*оо·кин*) ~ *олоки·н* (*ооки·н*) 'кто-то', *оло·кудиз* (*оо·кудиз*) ~ *олоку·диз* (*ооку·диз*) ~ *олокуди·з* (*оокуди·з*) 'неизвестно который'. Примеры-предложения: ***оло·кытыс'эн*** *таццы пӧрмэм дэрэвн'а.* НМоч. '**Неизвестно откуда** здесь образовалась деревня' (ПМА); ***олокы·ццы*** *ӵэснок луиз, ышиз.* Пес. '**Неизвестно куда** чеснок делся, потерялся' (ПМА); ***олокыз'ы·*** *со кышнойка кулэм.* Свет. '**Неизвестно как** та женщина умерла' (ПМА); ***оо·марин*** *тил'эдэс кэл'ано, рэ·йсовой афто·бус но туннэ ӧвӧл.* Сиб. '**Неизвестно на чем** вас можно отправить, даже рейсового автобуса сегодня нет' (ПМА). Согласно нашим полевым данным, наиболее распространенной является форма с локализацией ударения на втором слоге приставки *оло·-* (*оо·-*). В верхнечепецких говорах в указанной группе лексем обычно акцентируется второй слог приставки: вч. – *оло·кыӵэ* 'какой-то', *оло·ма* 'что-то', *оло·кин* 'кто-то', нч. *оло·кудис* 'неизвестно который'. Подобная постановка ударения наблюдается также в бесермянском наречии [1, с. 78].

7. Компаративный суффикс *-ӝык*, который может употребляться как самостоятельно, так и в сочетании с суффиксами сравнительной степени *-гэс*, *-гэм*, в нижнечепецком диалекте является безударным. В словах с данным суффиксом обычно акцентируется предшествующий этому суффиксу слог: *чэбэ·рӝык* 'красивее, более красивый', *умо·йӝык* 'лучше', *лы·зӝык* 'более синий', *куз'гэ·мӝык ~ куз'гэ·сӝык* 'длиннее'. Примеры-предложения: *мушпапа* ***йунгэ·мӝык*** *л'эка му каӵат' карыкы.* НМоч. 'Пчела **сильнее** жалит во время качки меда' (ПМА);

м у· х и н ойэ оло·кытыс' но калык лыктэмын. ***ӧрӧ·дӝык*** *калыкэз но отын.* Бер. ‘В Мухино отовсюду народ прибыл. **Похуже** и люди там’ (ПМА); ***ӵэ·мӝык*** *лыктыло гуртэ дышэтскыс'с'ос.* ‘**Довольно часто** приезжают домой студенты’ (5, с. 196) . В удмуртском диалектном пространстве суффикс -*ӝык* является локально ограниченным: помимо нижнечепецкого диалекта, его функционирование отмечено в некоторых средневосточных говорах [16, с. 24]. Подобный компаративный маркер (в различных фонетических вариантах) широко распространен в коми-зырянских [17, с. 135] и коми-пермяцких диалектах [18, с. 125]. Следует сказать, что во всех коми-пермяцких диалектах, а также в летском и верхнесысольском диалектах коми-зырянского языка подобный суффикс является безударным, при этом ударение, как и в нижнечепецком диалекте, падает на предшествующий ему слог [18, с. 126]. Вполне вероятно, что данное явление в нижнечепецких говорах могло возникнуть под влиянием коми диалектов.

8. В нижнечепецких говорах наречия, образованные при помощи суффикса -*ак*, произносятся с колеблющимся ударением на первом или финальном слоге: *ӝо·гак ~ ӝога·к* ‘быстро’, *ла·чак ~ лача·к* ‘много’; *ва·кчийак ~ вакчийа·к* ‘кратко’, *пи·чийак ~ пичийа·к* ‘мало, маловато’, *бы·дэсак ~ быдэса·к* ‘полностью’, *вы·чак ~ выча·к* ‘всё; полностью’. Примеры-предложения: ***бы·дэсак*** *пуктэмын бакчайэ. пинал'л'ос йурто, пас'и·бо соослы.* Бер. ‘**Полностью** засажен мой огород. Дети помогают, спасибо им’ (ПМА); *выл'* ***ӵыжа·к*** *коркамы вал. картэ пуктиз вал сойэ.* Крас. ‘Новый **совсем** дом у нас был. Муж построил было его’; *музон вэрас'конзы соослэн* ***выча·к***. Сиз. ‘Другой разговор у них **полностью**’ (ПМА). Такая постановка ударения характерна и для среднечепецких говоров [14, с. 104]. В верхнечепецких говорах [14, с. 104], как и в бавлинском южноудмуртском диалекте [19, с. 172], данная категория слов характеризуется локализацией ударения преимущественно на первом слоге.

9. В исследуемых говорах, подобно верхнечепецким [11, с. 53], в местоимениях и наречиях с элементами *кот'-*, *но- (нӧ-)*, *н'э-*, *н'эно-* акцентируется первый слог: *ко·т'кин* ‘каждый, всякий, кто угодно’, *ко·т'мар* ‘всё; всё, что угодно’, *ко·т'кыӵэ* ‘всякий, любой, какой угодно’, *ко·т'куд* ‘каждый, всякий’, *но·кин* (*~ нӧ·кин*) ‘никто’, *н'э·кин* ‘никто’, *но·кудиз* (*~ нӧ·кудиз*) ‘никоторый; никто’, *н'э·кудиз* ‘никоторый; никто’, *н'э·нокудиз* ‘никоторый; никто’. Примеры-предложенмя: *выча·к* ***ко·т'мариз*** *будэ бакчайам.* Мух. ‘Полностью **всё** растет у меня в огороде’ (ПМА); ***но·кин*** *рӧдн'а но ӧз жа·л'а монэ, д'эддомын мон буди.* Свет. ‘**Никто** из родни не пожалел меня, в детдоме я выросла’ (ПМА). В отличие от этого, в среднечепецких говорах местоимения и наречия с элементами *кот'-*, *но-, н'э-* произносятся с колеблющимся ударением то на первом, то на конечном слоге: сч. – *ко·т'кин ~ кот'ки·н* ‘всякий, любой’, *ко·т'къ̈тъс' ~ кот'къ̈тъ·с'* ‘отовсюду’, *но·къ̈ӵэ ~ нокъ̈ӵэ·* ‘никакой’, *но·кин ~ ноки·н* ‘никто’, *н'э·кин ~ н'эки·н* ‘никто’ [14, с. 104].

Следует отметить, что в нижнечепецких говорах, как и в других северных диалектах [14, с. 104–105], в приведенной категории слов ударение всегда фиксируется на последнем слоге, когда за ними непосредственно следуют усилительные частицы *но* ‘и’, *ик* ‘же, и’: *кот'кыццы· но* ‘всюду’, *н'э·кудиз но* ‘никоторый; никто’, *н'экуди·з ик* ‘никоторый; никто’, *ноки·н но* (*~ нӧки·н но*) ‘никто’. Примеры-предложения: *мон* ***нокыӵэ· но*** *вэт' ӧй йу,* ***н'экыт'ийэ· но*** *ӧз ви·с'ы.* Ок. ‘Я ведь **нисколько и** не пил, **нигде у меня и** не болело’ (ПМА); *мон* ***н'эмырлэ·с' но*** *с'ийонлэс' ӧй бы·рйис'кы, вы·чаксэ с'ийи.* Сиб. ‘Я **ни от какой и** еды не отказывалась, всё съела’ (ПМА).

10. В нижнечепецком диалекте, как и в большинстве северных диалектов и некоторых других удмуртских диалектах, в вопросительных местоимениях и наречиях ударение может перемещаться с финального слога на первый при их особом, эмоциональном акцентировании, риторике: ***ки·нлэн*** *тон нылыз? мар кэ ук то·дмас'кы кад'.* Ом. ‘**Чья** ты дочь [будешь]? Что-то не узнаю вроде’ (ПМА); ***ма·лы*** *ти корка ут пы·рис'кэ?* Бур. ‘**Почему** вы в дом не заходите’ (ПМА). В вышеприведенных словах в постановке ударения определенную роль играет эмоциональный фактор, способный трансформировать акцентный характер слова при включении его во фразу. Эмоциональный центр высказывания выделяется эмфатическим ударением, который может усиливать эмоциональную сторону слова и изменить в нем место ударения. По нашим наблюдениям, в нижнечепецком диалекте указанные слова выступают с ударением на первом слоге в случае эмфатического акцентирования их во фразе. Некоторые примеры-предложения: *тон* ***кы·тын*** *вал?* Свет. ‘Ты **где** был?’ (ПМА); ***п э т' а-ўа*** *кытын улэ?* ‘**Петя** да где живет?’ (ПМА). В первом примере эмфатическим ударением выделяется слово ***кы·тын***, в результате чего в указанном слове ударение с характерной для удмуртского языка нормы – конечного слога – смещается на первый слог. Во втором примере эмоциональное акцентирование обращено на слово ***пэт'а-ўа***, поэтому ударение в слове ***кы-ты·н*** не изменяется и остается на обычном финальном слоге. Это явление в целом характерно для большинства северных диалектов и других удмуртских говоров.

Выводы

Таковы вкратце особенности нижнечепецкого диалекта в постановке словесного ударения. Как показывает материал, специфика нижнечепецкой акцентуации, выявляющаяся в определенных грамматических формах, в значительной степени совпадает с акцентуационными правилами двух других северноудмуртских диалектов – среднечепецкого и нижнечепецкого. Наличие в исследуемом диалекте

тех общих черт, которые находят параллели в среднечепецком (явления 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10) и верхнечепецком (явления 1, 3, 4, 9, 10), объясняется прежде всего этнической и исторической общностью их носителей, территориальной близостью, также существующими в течение долгого времени культурно-экономическими связями. Причина колебания ударения в ряде морфологических категорий и разрядов слов остается пока не выясненной. Вполне возможно, что эти немногочисленные отступления по месту ударения могут представлять собой рефлекс прежней системы акцентуации удмуртского языка. К примеру, северноудмуртские диалекты, в том числе и нижнечепецкий, в постановке ударения нередко проявляют общие черты с территориально отдаленным кукморским южноудмуртским говором и соседним бесермянским наречием. Общность явлений в указанных диалектах может представлять в них сохранение древних черт удмуртского языка или может быть вызвана взаимовлиянием одного диалекта с другим в результате миграции их носителей.

Сокращенные названия удмуртских диалектов и говоров: вч. – верхнечепецкий диалект (верхнечепецкие говоры) северного наречия, кос. – косинский говор нижнечепецкого диалекта, нч. – нижнечепецкий диалект (нижнечепецкие говоры) северного наречия, сл. – слободской говор нижнечепецкого диалекта, сч. – среднечепецкий диалект (среднечепецкие говоры) северного наречия.

Сокращенные названия населенных пунктов по нижнечепецкому диалекту:

слободской говор: Бур. – д. Бурино, Крас. – д. Красногорье, НМоч. – д. Нижнее Мочагино, Ом. – д. Омсино, Пес. – д. Пески, Свет. – д. Светозарево, Сиз. – д. Сизево;

косинский говор: Ас. – д. Астрахань, Бер. – д. Березник, Мух. – с. Мухино, Ок. – пос. Октябрьский, Сиб. – д. Сибирь.

Литература

1. *Кельмаков В. К.* Краткий курс удмуртской диалектологии: Введение. Фонетика. Морфология. Диалектные тексты. Библиография. Ижевск, 1998. 386 с.
2. *Wichmann Y.* Wotjakische Sprachproben (= JSFOu 11). Helsingfors, 1893. I: Lieder, Gebete und Zaubersprüche. XX + 200 S. *[Wichmann Y.]* Wotjakischer Wortschatz. Aufgezeichnet von Yrjö Wichmann. Bearbeitet von T.E. Uotila und Mikko Korhonen. Herausgegeben von Mikko Korhonen. Helsinki, 1987 (LSFU). XXIII + 421 S.
3. *Munkácsi B.* Volksbräuche und Volksdichtung der Wotjaken. Herausgegeben von D.R. Fuchs. Helsinki, 1952. XXXVII + 715 S.
4. *Борисов Т.К.* Удмурт кыллюкам = Толковый удмуртско-русский словарь. Ижевск, 1932. С. III–X.
5. *Тепляшина Т.И.* Нижнечепецкие говоры северноудмуртского наречия // Записки. Филология. Ижевск, 1970. Вып. 21. С. 156–196.
6. *Архипов Г.А.* К изучению лексических особенностей слободского говора удмуртского языка // Пермистика: Вопросы диалектологии и истории пермских языков. Ижевск, 1987. С. 84–92.
7. *Люкина Н.М.* Некоторые особенности говора слободских удмуртов // Актуальные проблемы изучения литературы и языка в вузе и школе. Глазов, 2008. С. 152–154.
8. *Карпова Л.Л.* Некоторые особенности фонетической синтагматики в нижнечепецком диалекте удмуртского языка // Ежегодник финно-угорских исследований. Т.6. Ижевск, 2016. Вып. 2. С. 17–36.
9. *Кельмаков В.К.* К вопросу о периодизации истории удмуртского языка (на материале исторической фонетики) // Советское финно-угроведение. 1976. № 4 (XII). С. 286. *Тараканов И.В.* Заимствованная лексика в удмуртском языке (удмуртско-тюркские языковые контакты). Ижевск, 1982. С. 171. *Редеи К.* Внутренние и внешние инновации в удмуртском языке (дополнения к ареальным связям языков Волжско-Камского региона) // Linguistica Uralica. 2009. XLV (1). С. 38.
10. *Карпова Л.Л.* Среднечепецкий диалект удмуртского языка. Образцы речи. Ижевск, 2005. 581 с.
11. *Карпова Л.Л.* Дебесские говоры в системе говоров Верхней Чепцы // Вестник Удмуртского университета. Серия 5: История и филология. Ижевск, 2015. Вып. 5. С. 48–56.
12. *Кельмаков В.К.* К описательной и исторической фонетике бесермянского наречия // Проблемы современной удмуртской диалектологии в исследованиях и материалах. Ижевск, 1992. С. 33–107.
13. *Кельмаков В.К.* Говор кукморских удмуртов в образцах речи // Проблемы современной удмуртской диалектологии в исследованиях и материалах. Ижевск, 1992. С. 108–158.
14. *Карпова Л.Л.* О словесной акцентуации в северных диалектах удмуртского языка // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2014. № 4 (34). С. 103–105.
15. *Тепляшина Т. И.* Язык бесермян. М., 1970а. 288 с.
16. *Бушмакин С.К.* Способы выражения степеней сравнения прилагательных в средневосточных говорах удмуртского языка // Всесоюзная конференция по финно-угроведению. Сыктывкар, 1965. С. 23–25.
17. *Попова Р.П., Сажина С.А.* Фонетические и морфологические особенности коми диалектов (сравнительный аспект исследования). Сыктывкар, 2014. 272 с.
18. *Баталова Р.М.* Ареальные исследования по восточным финно-угорским языкам. М., 1982. 167 с.
19. *Тараканов И.В.* Об ударении в удмуртском языке // Известия АН ЭССР. Т. 8: Серия общественных наук. Таллинн, 1959. № 2. С. 170–177.

References

1. *Kel'makov V.K.* Kratkij kurs udmurtskoj dialektologii: Vvedenie. Fonetika. Morfologiya. Dialektnye teksty. Bibliografiya [A short course in Udmurt dialectology: Introduction. Phonetics. Morphology. Dialectal texts. Bibliography]. Izhevsk, 1998. 386 p.
2. *Wichmann Y.* Wotjakische Sprachproben (= JSFOu 11). Helsingfors, 1893. I: Lieder, Gebete und Zaubersprüche. XX + 200 S. *[Wichmann Y.]* Wotjakischer Wortschatz. Aufgezeichnet von Yrjö Wichmann. Bearbeitet von T. E. Uotila und Mikko Korhonen. Herausgegeben von Mikko Korhonen. Helsinki, 1987 (LSFU). XXIII + 421 S.
3. *Munkácsi B.* Volksbräuche und Volksdichtung der Wotjaken. Herausgegeben von D. R. Fuchs. Helsinki, 1952. XXXVII + 715 S.
4. *Borisov T.K.* Udmurt kyllyukam = Tolkovyj udmurtsko-russkij slovar' [The Udmurt dictionary = The explanatory Udmurt-Russian dictionary]. Izhevsk, 1932. P. III–X.
5. *Teplyashina T.I.* Nizhnechepeckie govory severnoudmurtskogo narechiya // Зapiski [The Lower Chepets subdialects of the Northern Udmurt dialect // Notes]. Izhevsk, 1970. Issue 21. P. 156–196.
6. *Arkhipov G.A.* K izucheniyu leksicheskih osoben-nostej slobodskogo govora udmurtskogo yazyka // Permistika [1]: Voprosy dialektologii i istorii permskih yazykov [To the study of lexical features of the Slobodsk dialect of the Udmurt language // Permistika: Problems of dialectology and history of the Permian languages]. Izhevsk, 1987. P. 84–92.
7. *Lyukina N.M.* Nekotorye osobennosti govora slobodskih udmurtov // Aktual'nye problemy izucheniya literatury i yazyka v vuze i shkole [Some features of the dialect of the Slobodsk Udmurts // Actual problems of study of literature and language in university and school]. Glazov, 2008. P. 152–154.
8. *Karpova L.L.* Nekotorye osobennosti foneticheskoj sintagmatiki v nizhnechepeckom dialekte udmurtskogo yazyka // Ezhegodnik finno-ugorskih issledovanij [Some features of phonetic sintagmatics in the Lower Chepets dialect of the Udmurt language // Yearbook of Finno-Ugric Studies]. Vol. 6. Izhevsk, 2016. Issue 2. P. 17–36.
9. *Kel'makov V.K.* K voprosu o periodizacii istorii udmurtskogo yazyka (na materiale istoricheskoj fonetiki) // Sovetskoe finno-ugrovedenie [The question of periodization of history of the Udmurt language (based on the historical phonetics) // Soviet Finno-Ugric Studies]. 1976. № 4 (XII). P. 286. *Tarakanov I.V.* Zaimstvovannaya leksika v udmurtskom yazyke (udmurtsko-tyurkskie yazykovye kontakty) [Borrowed words in the Udmurt language (The Udmurt-Turkic language contacts)]. Izhevsk, 1982. P. 171. *Redei K.* Vnutrennie i vneshnie innovacii v udmurtskom yazyke (dopolneniya k areal'nym svyazyam yazykov Volzhsko-Kamskogo regiona) // Linguistica Uralica [Internal and external innovations in the Udmurt language (additions to the areal relations of the languages of the Volga-Kama region // Linguistica Uralica]. 2009. XLV (1). P. 38.
10. *Karpova L.L.* Srednechepeckij dialekt udmurtskogo yazyka. Obrazcy rechi [The Middle Chepets dialect of the Udmurt language. Samples of speech]. Izhevsk, 2005. 581 p.
11. *Karpova L.L.* Debesskie govory v sisteme govorov Verhnej Chepcy // Vestnik Udmurtskogo universiteta [Debess dialects in the system of the Upper Chepets dialects // Bull. of Udmurt Univ.]. Series 5: History and Philology. Izhevsk, 2015. Issue 5. P. 48–56.
12. *Kel'makov V.K.* K opisatel'noj i istoricheskoj fonetike besermyanskogo narechiya // Problemy sovremennoj udmurtskoj dialektologii v issledovaniyah i materialah [The descriptive and historical phonetics of Besermyan dialect // Problems of modern Udmurt dialectology in research and materials]. Izhevsk, 1992. P. 33–107.
13. *Kel'makov V.K.* Govor kukmorskih udmurtov v obrazcah rechi // Kel'makov V.K. Problemy sovremennoj udmurtskoj dialektologii v issledovaniyah i materialah [Dialect of the Kukmor Udmurts in the samples of speech]. Izhevsk, 1992. P. 108–158.
14. *Karpova L.L.* O slovesnoj akcentuacii v severnyh dialektah udmurtskogo yazyka // Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki [On verbal accentuation of Northern dialects in the Udmurt language // Philological Sciences. Issues of Theory and Practice]. 2014. № 4 (34). P. 103–105.
15. *Teplyashina T.I.* Yazyk besermyan [The Besermyan language]. Moscow, 1970. 288 p.
16. *Bushmakin S.K.* Sposoby vyrazheniya stepenej sravneniya prilagatel'nyh v srednevostochnyh govorah udmurtskogo yazyka // Vsesoyuznaya konferenciya po finno-ugrovedeniyu [The ways of expressing degrees of comparison of adjectives in Middle Eastern dialects of the Udmurt language // All-Union conference on Finno-Ugric Studies]. Syktyvkar: Komi Book Publ., 1965. P. 23–25.
17. *Popova R.P., Sazhina S.A.* Foneticheskie i morfologicheskie osobennosti komi dialektov (sravnitel'nyj aspekt issledovaniya) [Phonetic and morphological peculiarities of the Komi dialects (comparative aspect of the study)]. Syktyvkar, 2014. 272 p.
18. *Batalova R.M.* Areal'nye issledovaniya po vostochnym finno-ugorskim yazykam [Areal studies of Eastern Finno-Ugric languages]. Moscow. 1982. 167 p.
19. *Tarakanov I.V.* Ob udarenii v udmurtskom yazyke // Izvestiya AN EHSSR [On stress in the Udmurt language // Transact. of the Estonia SSR Ac. Sci. Vol. 8: Series of social sciences. Tallinn, 1959. № 2. P. 170–177.

Статья поступила в редакцию 30.09.2016.

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 001.8:911(470.1(.2+571-17)

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА (С ПРИМЕРАМИ ПО ГЕОГРАФИИ СЕВЕРА РОССИИ)*

В.Н.ЛАЖЕНЦЕВ

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
vnlazhentsev@iespn.komisc.ru.

Показана методология междисциплинарного подхода и возможность использования научно-исследовательской программы в изучении Севера и его географических систем «*природная среда – население – хозяйство*». Приведен пример Карело-Кольской и Двино-Печорской территориально-хозяйственных систем (ТХС).

Ключевые слова: Север, Коми научный центр, география, междисциплинарный синтез, научно-исследовательские программы

V.N.LAZHENTSEV. GEOGRAPHY OF SOCIETY, INTERDISCIPLINARY APPROACH AND THE RESEARCH PROGRAM (ON THE EXAMPLE OF THE NORTH OF RUSSIA)

Interdisciplinary approach in the system of geographical sciences is most fully expressed in the uniform geography, i.e. in the geography of society studying geosystems "*natural environment – population – economy*". In this case the urgency of the interdisciplinary approach is objectively caused by the increasing penetration of natural factors and conditions into the problematics of social processes. The research programs aimed at the solution of concrete problems of interrelation of the nature and society, can be only interdisciplinary, i.e. they necessarily should rely on the synthesis of knowledge of some sciences, on the combination of various methods of research. Studying of natural-social systems assumes associativity of not only factual data, but also of various methods of spatial analysis. Constructibility of the interdisciplinary approach in geography is realized in research programs of development of the natural-social systems which dimension is caused by the availability of territorial connectivity of properties and qualities of the nature with life activity of the population. In the European North of Russia we refer the Karelia-Kola and Dvina-Pechora ones to geosystems of regional level.

Keywords: **geography, interdisciplinary synthesis, geosystems, territorial natural-economic complexes, research programs**

В последние годы становится все более актуальным междисциплинарный подход к решению различного рода научных и научно-технических проблем, имеющих важное народнохозяйственное значение. С одной стороны, это отражает интегративный характер современного этапа научного познания и объективную необходимость совершенствования методологии исследовательской работы, с другой – используется как основание для реформирования организационной структуры научных учреждений и норм их финансирования, зачастую на основе лишь субъективного восприятия «должной» организации НИР.

Так, реформаторы Российской академии наук пытаются «разумно объяснить» свои действия необходимостью создания больших плацдармов междисциплинарных исследований. Между тем, *междисциплинарность, как имманентное свойство науки, вовсе не нуждается в специальной административной и финансовой организованности.* Междисциплинарность – это вовсе не координация деятельности многих (больших и малых) научных учреждений; это научно-мыслительная деятельность, но не организационно-административная.

Академическая наука в Республике Коми

Научно-исследовательская работа в институтах и других научных подразделениях Коми научного центра УрО РАН организована на принципе со-

* В основу статьи положен доклад автора на IV семинаре Коми республиканского отделения Российского географического общества 08.11.2016 г.

четания доминирующих направлений фундаментальной науки и прикладных разработок с их проекцией на развитие и размещение производительных сил Европейского Севера России. Такая проекция наиболее наглядно видна в исследовательской тематике:

– развития топливно-энергетических комплексов и надёжности функционирования энергетических систем с учетом экстремальных и сложных природно-климатических условий;

– органической и неорганической химии, материаловедения, создания наукоемких инновационных технологий с использованием растительного сырья и минеральных ресурсов региона;

– сохранения биологического разнообразия, структурно-функциональной организации, устойчивости и продуктивности таежных и тундровых экосистем;

– создания физиолого-биохимических основ адаптации человека к экстремальным и сложным условиям проживания и выявления биологического действия отдельных климатических компонентов на функциональные системы организма;

– изучения геологического строения и истории развития земной коры европейского Северо-Востока, разработки ключевых проблем региональной тектоники, стратиграфии и палеонтологии, магматизма, литологии, топоминералогии, геохимии, создания комплексных моделей строения и развития литосферы;

– социально-экономического развития северных территорий;

– традиционной и современной культуры, языка, фольклора и литературы коми и других финно-угорских народов.

Но и те направления, которые опосредованно связаны с практической стороной жизнедеятельности и хозяйствования на Севере, имеют не меньшее значение, что относится в первую очередь к физико-математическим исследованиям, теоретической и экспериментальной минералогии, выявлению закономерностей взаимодействия минеральных и биологических систем и ряду других.

Каждое из указанных направлений исследований развиваются на междисциплинарной основе и не только в рамках одной системы наук. Тем не менее, со стороны ФАНО и фондов – держателей грантов выдвигается требование создания межинститутских исследовательских программ, которые якобы и отражают суть междисциплинарности. Конечно, сближение наук необходимо и, как мы полагаем, по следующим направлениям: социально-экономические, гуманитарные и медико-биологические проблемы жизнедеятельности населения республики; биосфера, экосистемы и биоресурсная экономика; минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы европейского Северо-Востока; пространственное развитие; инновационные технологии [1].

Но такого рода комбинации усиливают возможности практического использования уже полученных научных результатов, не имея при этом собственной теоретической основы. Поэтому очень важно уяснить – когда возникает необходимость в межинститутских программах и можно ли их довести до уровня междисциплинарности? Каким должен быть объект межинститутского изучения, чтобы он имел научное объяснение своего развития с помощью совокупности взаимодополняющих теорий?

Исследовательская программа как единица междисциплинарного знания

Ответы на поставленные вопросы можно найти в объяснении значения научно-исследовательской программы. Имре Ла́катос – английский философ венгерского происхождения, один из представителей постпозитивизма и критического рационализма, полагал, что *научно-исследовательская программа является одной из основных единиц научного знания*; она представляет совокупность теорий, связанных общностью основополагающих идей и принципов; ее методология объясняет относительную автономию теоретической науки [2]. Имре Лакатос писал: «Согласно моей методологической концепции, исследовательские программы являются величайшими научными достижениями и их можно оценивать на основе прогрессивного или регрессивного сдвига проблем; при этом научные революции состоят в том, что одна исследовательская программа (прогрессивно) вытесняет другую. Эта методологическая концепция предлагает новый способ рациональной реконструкции науки… В соответствии с моей концепцией фундаментальной единицей оценки должна быть не изолированная теория или совокупность теорий, а «исследовательская программа» [3, с.274–275].

Если автор данной статьи правильно уяснил методологию научно-исследовательских программ (по Лакатосу), то правомерным станет заключение, что внутренние структурные элементы программы (аксиомы, гипотезы, теории), как правило, формируются на междисциплинарной основе. Хотя бы потому, что возможность опровержения программ – важнейшее условие диалектики научного знания – порой затруднено в рамках одной науки, но вполне осуществимо со стороны других наук.

Какие идеи и принципы берет исследователь, синтезируя знания и методы различных наук и выстраивая новые теории и концепции, – от этого зависит результат его научного поиска. «Жизнь» исследовательской программы связана с решением конкретной проблемы, которая (как и сама программа) зарождается, т.е. фиксируется, проходит определенные стадии своего решения и завершается получением новых знаний об идеальных и реальных образах изучаемых систем. Работа в рамках «проблема – программа» для российских географов, экономистов, философов – методологов науки вроде бы привычна и ее технология более менее понятна. Примером тому служит монография, в которой труды И. Лакатоса осознанно использовались применительно к пространственной экономике именно как к программе [4].

И все же методологическая роль программы, как нам представляется, должным образом еще не оценена. Если следовать И. Лакатосу, то можно по-

нять, что то или иное учение, излагающее последовательность теорий изучения конкретных или абстрактных систем под углом зрения решения научных и/или практических проблем в определенной мере, является программой. Действительно, многие авторы теоретических трудов излагают свои мысли в программном ключе (что и как надо делать в соответствии со сменой значения определенных теорий), но большинство из них реализацией своих программных установок занимаются крайне редко. Еще реже авторы доказывают целесообразность замены ранее представленных программ своей программой.

Пример междисциплинарности в системе географических наук

В рубрикаторе географических наук (2015 г.) числится пять крупных блоков (семейств), 15 комплексов наук и 140 отраслей и разделов. Все это синтезировать для практических целей в рамках даже «сверхкомплексного» географического описания не представляется возможным и необходимым; требуются какие-то ограничения.

Первое: синтез географических знаний достаточен, если с его помощью можно сформировать пространственное мышление человека и его умение позиционировать себя одновременно в природных, социальных, экономических, этнокультурных, политических, духовных и других пространствах. Данную совокупность знаний Б.М. Ишмуратов обозначил понятием ***«геокультура»***[5]. Здесь речь идет в основном о воспитании и образовании.

Второе: синтез географических знаний достаточен, если с его помощью можно сформировать систему индикаторов, норм и правил рационального использования территории и территориальных ресурсов. Данную систему знаний Э.Б. Алаев назвал ***«геопланировка»***[6] – сердцевина географической деятельности.

Третье: синтез географических знаний о планете Земля должен обеспечить понимание глобальных проблем жизнедеятельности всех народов, ее населяющих. Реализация данного понимания в межгосударственном диалоге и соответствующих нормах и правилах перераспределения планетарных ресурсов и мировых доходов рассматривается В.Дергачевым как «*геоэкономика*» [7], представляющая важнейшую часть геополитики.

Перечисленное отражает суть прикладной географии, когда результаты НИР по ряду географических дисциплин подбираются и систематизируются для определенных практических целей. Вместе с тем, имеются и теоретические основания для междисциплинарного синтеза географических знаний: научное объяснение пространственной взаимообусловленности и соразмерности природных и общественных объектов и процессов в виде территориально-хозяйственных систем; одновременно надо понять их материальную сущность и идеальный образ и разработать механизмы их функционирования, т.е. грамотно соединить теоретические положения и сведения географии, экономики, экологии и экистики (науки о системах расселения населения).

Если отмеченные начала междисциплинарного синтеза оформить в виде научно-исследовательской программы, то ее «жестким ядром» (по Лакатосу) стало бы учение о хозяйстве и хозяйственном механизме, когда хозяйство рассматривается как природно-социально-экономическая система воспроизводства условий жизни людей, а хозяйственный механизм – как источники и движущие силы развития, а также как хозяйственные отношения по поводу собственности, межхозяйственного, межотраслевого и межрегионального взаимодействия; сюда же входят регламенты, структуры и стандарты управления хозяйством. Здесь мы имеем дело с фундаментальными положениями философии и теории хозяйства, которые автор попытался применить к проблематике территориального развития с помощью сопряженного рассмотрения гипотез социально-экономической географии и региональной экономики (функция места, линейно-узловая структура, центр – периферия, смешанная экономика, региональное воспроизводство, программа – проблема и др. [8]) – всего того, что Имре Лакатос назвал негативной эвристикой (совокупность составляющих гипотез) и позитивной эвристикой (стратегия выбора первоочередных проблем и задач).

Научный работник, изучающий хозяйство как геосистему «природа – общество», одновременно выступает в нескольких ролях: географа, статистика, экономиста, социолога; ему необходимы инженерные знания в области природопользования, технологии производства и транспорта, а также физического планирования. Сопряжение основных понятий различных наук ради формирования общей линии комплексного изучения того или иного объекта является своего рода ключевым моментом междисциплинарного исследования; использование специфических методов смежных наук для разработки алгоритма решения конкретной научной проблемы – его технологией. В таком исполнении исследование по своей сути становится междисциплинарным.

Данный тезис изначально теоретически нами был подкреплен ссылкой на учения о природных геосистемах [9] и интегральных социально-экономических районах [10]. Впоследствии были использованы труды многих физико- и экономико-географов, философов, социологов, экономистов ради формирования системного представления о географической деятельности. В результате нами сделан вывод: *междисциплинарность внутри географии наиболее полно проявляется в ее финальной части – в учении о территориальных системах «природная среда – население – хозяйство» топологической, региональной и планетарной размерности. Это и есть нерасчлененная (единая) география, конструктивная форма синтеза знаний различных географических наук; в этом суть междисциплинарности внутри системы географических наук и ее пользы в понимании един-*

ства окружающего нас мира [11]. Но не будем забывать, что « междисциплинарность – это та роскошь, которую может позволить себе лишь развитая дисциплинарная наука» [12]. Без развитой физической и социально-экономической географии и их разделов междисциплинарность состоятся не сможет.

На пути к междисциплинарности в изучении Севера

По Северу получены (в основном в советский период) весьма значимые научные результаты:

– сформирована информационная база о Северном Ледовитом океане и Северном морском пути, о климате, гидрологии и мерзлоте континентальной части Севера;

– открыты и разведаны крупные минерально-сырьевые провинции;

– получены весьма полные сведения в области морской биологии, о почвах, флоре и фауне тундры и тайги, которые систематизированы с выделением геобиоценозов и характеристикой их метаболизма;

– биоразнообразие северных территорий определено как важнейшее условие экологического благополучия планеты Земля;

– дана оценка биоклиматических и медико-физиологических потенциалов, определяющих параметры жизнедеятельности в сложных и экстремальных природных условиях;

– созданы морозоустойчивые материалы, машины и механизмы для конкретных производственных технологий;

– частично определены объекты природного и культурного наследия, сохранение которого является условием дальнейшего развития северных социумов;

– определены параметры социально-экономического развития и рассчитаны показатели, отражающие роль Севера в мировой и национальной (российской) экономике.

Из всего перечисленного видно, что формирование северной тематики происходит в рамках отдельных наук, исходя из собственной логики их развития и из возможностей расширения их предметов исследований за счет процедур оценивания влияния сложных и экстремальных природно-климатических условий на изучаемые объекты и процессы. И это можно считать прогрессивным явлением развития соответствующих наук. Вместе с тем, если следовать принципам междисциплинарности и содержанию исследовательских программ по Лакатосу, то было бы желательно так учитывать и оценивать северные условия, чтобы именно они повлияли на разработку новых теорий пространственного и территориального развития, обогащающих содержание той или иной исследовательской программы. Инициировать такой поиск должны прежде всего географы, поскольку именно они нацелены на интегративное изучение геосистем.

Известные нам примеры комплексного географического изучения Севера позволили сформулировать одно из требований междисциплинарности: *первостепенное значение приобретают не атрибуты внешнего (многоаспектного) описания объекта исследования, а его внутренние характеристики*. Программы по Северу могут считаться междисциплинарными, если его специфические свойства (климатический дискомфорт, вечная мерзлота, полярные дни и ночи, снег и лед, недостаток тепла и избыток влаги, недостаток ультрафиолета, уникальные природные ресурсы, традиционное хозяйство коренных этносов и т.п.) представлены как территориально-хозяйственные системы, составляющие естественную основу жизнедеятельности конкретных территориальных общностей людей. Но, как ни странно, именно данный объект географии является ныне «узким местом» в получении новых знаний о Севере России.

Ограниченная и искусственная геосистемность Севера

Причиной такого рода «усеченности географии Севера» автор видит в том, что Север рассматривается главным образом в качестве последовательного сочетания природных зон, которые, взятые в целом, на наш взгляд, имеют слабое проявление геосистемности. У всего Севера России есть лишь один такой неоспоримый признак – территория водосбора Северного Ледовитого океана. В таком случае Север должен иметь природную южную границу по линии мирового водораздела. В данных границах он рассматривается гидрологами и иногда – геологами, но это почти не учитывается в географии общества и северной социально-экономической политике.

Арктику до геосистемного уровня «могут дотянуть» климатологи и биологи, изучающие тундру. Но и они сразу же оговаривают условность такого действа, полагая, что существует множество арктических природно-климатических комплексов и, соответственно, множество типов геобиоценозов. Это еще в большей мере относится к таежным (особенно горнотаежным) территориям.

Искусственная геосистемность Арктики фиксируется ее циркумполярной проекцией, когда необходимо показать единое геополитическое пространство как проблемное в плане правовой делимитации – выделения национальных секторов в Северном Ледовитом океане, но не более того.

Относительно социально-экономической системности напомним, что географы-обществоведы устанавливают системно-структурные параметры больших территориально-экономических единиц, исходя из определенной меры природно-ресурсной и хозяйственной самодостаточности, что, в свою очередь, требует сопряжения показателей общественного воспроизводства (площади, природных ресурсов и условий, численности населения и трудовых ресурсов, материально-технической базы, объемов производства и потребления, историко-культурного потенциала, а главное – их пространственно-временной связности).

Отдельные арктические и другие северные территории, в каком бы сочетании мы их не рассматривали, всегда будут частью какого-то (не толь-

ко северного) крупного экономического района. Сами же зоны тундры, лесотундры и тайги не являются социально-экономическими системами. Внутри их территориальная связность природных и общественных процессов многократно прерывается «порогами» нового (иного) качества региональных и локальных геосистем.

В данном плане особенно проблемной становится Арктика: государственные и научные организации прилагают значительные усилия, чтобы поставить эту зону в ряд территорий программно-целевого управления с общей научно-исследовательской программой, называя управленческие и исследовательские аспекты арктической деятельности «мегапроектом» [13]. Арктическая зона Российской Федерации, действительно, играет для нашей страны роль важнейшего геополитического фактора перспективного развития. Но если ее (взятую в целом) рассматривать в качестве программного объекта, то надо признать, что данная роль исчерпывается двумя направлениями: модернизацией Северного морского пути и формированием пояса оборонной и научно-исследовательской инфраструктуры. Ключевое же понятие географии – территориальная хозяйственная система и соответствующие научно-исследовательские программы в данном случае не используются.

Территориально-хозяйственная система

Программная проблематика, в рамках которой реализуется междисциплинарность, в северных условиях смещается на региональный и локальный уровни, где главным географическим объектом становится территориально-хозяйственная система (ТХС). Приведем два примера.

Карело-Кольская ТХС. Ее, как геосистему, характеризуют: Балтийский щит, сжатое пространство мирового водораздела, денудационные (обнажённые, слегка прикрытые рыхлыми четвертичными отложениями) равнины, сложный горный рельеф, активная рудная и нерудная минерализация; обилие озер и «гидроэнергетических» малых рек, незамерзающее побережье Баренцева моря; пограничное (скандинаво-финское) положение. Перечисленные характерные черты данного комплекса предопределяют требования к модернизации горной и лесной промышленности, обустройству западного берега Белого моря, совершенствованию транспортных и электроэнергетических коммуникаций, развитию туризма и созданию природоохранных систем с учётом мирового значения меридиональной озёрной полосы, формированию ареалов северного экологически чистого земледелия, координации взаимоотношений с Финляндией, Швецией и Норвегией.

Двино-Печорская ТХС. Данная геосистема представляет: северо-восток Восточно-Европейской равнины (в геологическом плане – Русской платформы) с весьма активной тектоникой и минералообразованием (геологический потенциал северо-востока Русской платформы вместе с Северным и Полярным Уралом по расчетам автора в пять–шесть раз выше, чем ее остальных частей, что выразилось в накоплении углеводородов и концентрации твёрдых полезных ископаемых); полноводные реки, которые могли бы использоваться как транспортные артерии и источники рыболовства, обширные заливы Белого моря, ландшафтное разнообразие тайги и тундры, протяженный по всей южной границе региона мировой водораздел; этнокультурная специфика. С позиции данной характеристики можно определить, что для Двино-Печоры наиболее актуальными являются проблемы комплексного использования ресурсов Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и Тимано-Североуральского минерально-сырьевого сочетания. В лесном хозяйстве первостепенными здесь становятся задачи лесоэкономического районирования и снятия угроз, связанных с нежелательной сменой лесообразующих пород и усыханием еловых лесов. Потенциал сельского хозяйства в зонах средней и южной тайги и зоне смешанных лесов необходимо повысить мерами по восстановлению и повышению плодородия почв, а в зонах лесотундры и тундры – сохранением мхов и лишайников как кормовой базы оленеводства. Реки Печора, Северная Двина, Мезень, Онега с их притоками предопределяют конфигурацию расселения населения, роль судоходства и водоснабжения, северо-арктический вектор хозяйственного освоения территории, экологические параметры охраны окружающей среды.

Обе отмеченных ТХС имеют пространственные характеристики, свойственные уже освоенным территориям, т.е. со сложившимся каркасом размещения производства и расселения населения. Для них характерно разнообразие форм территориальной организации хозяйства и расселения населения. Главное направление развития – сохранение и модернизация этих форм на основе научно-технических достижений, укрепление внутренних и межрегиональных связей. «Освоение вширь» здесь практически закончилось, но остаётся задача «освоения вглубь», связанная с новыми подходами к сохранению и рациональному использованию природно-ресурсного потенциала, развитию и размещению профильных отраслей хозяйства. Решить эту задачу можно лишь на междисциплинарном уровне.

В качестве узловой обозначим проблему реализации новой парадигмы устойчивого развития таких комплексов: не только освоение минерально-сырьевых и энергетических ресурсов для внешних потребителей, но и модернизация сформированного производства, социальной и экологической инфраструктуры ради создания надлежащих условий для жизни самих северян на основе воспроизводства человеческого и природно-ресурсного потенциалов. Это, действительно, задача междисциплинарного характера, но решается она не институтами, а творческими коллективами географов, экономистов, экологов и социологов с учетом возможности привлечения результатов НИР других специалистов, если на то возникнет необходимость.

Безусловно, в академических институтах Республики Коми есть и другие примеры междисциплинарного подхода к изучению природы и социумов

Севера, но они не лежат на поверхности и требуют серьезного методологического обоснования.

Заключение

Деятельность научно-исследовательских институтов, независимо от их организационно-административного подчинения, не следует специально ставить в рамки междисциплинарности. Ее (деятельность) иногда надо координировать для решения конкретных научно-исследовательских и практических задач. Главная же миссия институтов заключается в проведении НИР по профильным дисциплинам в соответствии с внутренней логикой их развития, когда междисциплинарность возникнет как естественное состояние науки. Научно-исследовательские программы, нацеленные на решение теоретических и практических проблем взаимосвязи природы и общества, могут быть только междисциплинарными, т.е. они обязательно должны опираться на синтез знаний ряда наук, на комбинацию различных методов исследования.

К таким наукам относится география общества, где междисциплинарность наиболее полно и конструктивно выражается в изучении геосистем «*природная среда – население – хозяйство*». В данном случае актуальность междисциплинарного подхода объективно обусловлена все возрастающим проникновением природных факторов и условий в проблематику социальных процессов. Конструктивность междисциплинарного подхода в географии реализуется в исследовательских программах развития природно-общественных систем, размерность которых обусловлена наличием территориальной связности свойств и качеств природы с жизнедеятельностью населения. На Европейском Севере России к таким геосистемам регионального уровня мы относим Карело-Кольскую и Двино-Печорскую. Они «приближаются» к идеальным территориально-хозяйственным системам, которые имеют соответствующий стандарт, выраженный в оптимальных размерах территории, численности населения, природных и трудовых ресурсов, объёмов производства и потребления.

Литература

1. *Наука в контексте* стратегии социально-экономического развития Республики Коми / Научно-аналитический доклад // Вестник Коми НЦ УрО РАН. Вып. 32. Сыктывкар, 2016. 132 с.
2. *Лакатос И.* Методология научных исследовательских программ // Вопросы философии. 1995. № 4. С.135–154.
3. *Лакатос И.* История науки и её рациональные реконструкции // Методология исследовательских программ. М.: «Аст»; «Ермак», 2003. http://vikent.ru/enc/1929/. (дата обращения: 09.11. 2016).
4. *Минакир П.А., Демьяненко А.Н.* Очерки по пространственной экономике / Отв. ред. В.М. Полтерович. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2014. 272.
5. *Ишмуратов Б.М.* Территориализация общества и геокультура //География и природные ресурсы. 2009. №2. С.101 – 109.
6. *Алаев Э.Б.* Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983. 350 с.
7. *Дергачев В.* Геоэкономика. Учебник для вузов. Киев: ВИРА – Р, 2002. 512 с.
8. *Лаженцев В.Н.* Содержание, системная организация и планирование территориального развития. Екатеринбург – Сыктывкар, 2014. 236 с.
9. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука,1978. 319 с.
10. *Колосовский Н.Н.* Избранные труды. Смоленск: Ойкумена, 2006. 336 с.
11. *Лаженцев В.Н.* Социально-экономическая география и междисциплинарный синтез в изучении Севера и Арктики России // Пространственная экономика. 2015. №4. С.117–130.
12. *Оскольский А.* Осторожно, междисциплинарность! http://trv-science.ru/2013/09/24/ostorozhno-mezhdisciplinarnost/ (дата обращения: 11. 11. 2016).
13. *Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н.* Государственное управление развитием Арктической зоны Российской Федерации: задачи, проблемы, решения: монография/ Науч. ред. акад. В.В. Ивантер. М.: Научный консультант, 2016. 194 с.

References

1. *Nauka v kontekste* strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Komi // Nauchno-analiticheskii doklad [Science in the context of the strategy of socio-economic development of the Komi Republic / Analytical report] // Bull. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Issue 32. Syktyvkar, 2016. 132 p.
2. *Lakatos I.* Metodologiya nauchnykh issledovatel'skikh programm // Voprosy filosofii [The methodology of scientific research programmes // Philosophical Questions]. No.4. P. 135–154.
3. *Lakatos I.* Istoriya nauki i ee ratsional'nye rekonstruktsii // Metodologiya issledovatel'skikh program [The history of science and its rational reconstruction // Methodology of research programmes]. Moscow, “Ast”, “Ermak”, 2003. http://vikent.ru/enc/1929/. Accessed 09.11.2016.
4. *Minakir P.A., Demyanenko A.N.* Ocherki po prostranstvennoi ekonomike [Essays in spatial Economics] / Ed. V.M.Polterovich. Khabarovsk: Inst. of Economic Res., Far Eastern Dept., RAS, 2014. 272 p.
5. *Ishmuratov B.M.* Territorializatsiya obshchestva i geokul'tura // Geografiya i prirodnye resursy [Territorialization of society and geoculture // Geography and natural resources]. 2009. No.2. P. 101–109.
6. *Alaev E.B.* Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: Ponyatiino-terminologicheskii slovar'

[Socio-economic geography: Conceptual and terminological dictionary]. Moscow: Mysl', 1083. 350 p.
7. *Dergachev V.* Geoekonomika. Uchebnik dlya vuzov [Geo-Economics. Textbook for high schools]. Kiev: VIRA-R, 2002. 512 p.
8. *Lazhentsev V.N.* Soderzhanie, sistemnaya organizaciya i planirovanie territorialnogo razvitiya [The content, system organization and planning of territorial development]. Ekaterinburg-Syktyvkar, 2014. 236 p.
9. *Sochava V.B.* Vvedenie v uchenie o geosistemakh [Introduction to the doctrine of geosystems]. Novosibirsk: Nauka, 1978. 319 p.
10. *Kolosovsky N.N.* Izbrannye trudy [Selected works]. Smolensk: Oikumena, 2006. 336 p.
11. *Lazhentsev V.N.* Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya i mezhdistsiplinarnyi sintez v izuchenii Severa I Arktiki Rossii // Prostranstvennaya ekonomika [Socio-economic geography and interdisciplinary synthesis in the study of the North and the Arctic of Russia // Spatial Economics]. 2015. No.4. P. 117–130.
12. *Oskol'sky A.* Ostorozhno, mezhdistsiplinarnost'! [Beware of interdisciplinarity!] http://trv-science.ru/2013/09/24/ostorozhno-mezhdisciplinarnost/ Accessed 11.11.2016
13. *Leksin V.N., Porfiryev B.N.* Gosudarstvennoe upravlenie razvitiem Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii: zadachi, problemy, resheniya: monografiya [State control of the development of the Arctic zone of the Russian Federation: challenges, problems and solutions: monograph]. Sci. Ed. V.V.Ivanter. Moscow: Nauchnyi konsul'tant [Scientific consultant]. 2016. 194 p.

Статья поступила в редакцию 10.01.2017.

УДК 316.4, 332.1

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.И. ПАВЛЕНКО, А.А. ДРЕГАЛО, В.И. УЛЬЯНОВСКИЙ, С.Ю. КУЦЕНКО, К.О. МАЛИНИНА, С.М. БАЛИЦКАЯ

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексных исследований Арктики(ФИЦКИА) РАН, г. Архангельск
malinina.ciom@gmail.com

Обоснована необходимость проведения территориальных мониторинговых экономических и социологических исследований регионального и муниципального уровней, как важнейшей предпосылки обеспечения сбалансированного развития субъектов федерации, составляющих Арктическую зону Российской Федерации.

Ключевые слова: **Арктическая зона, мониторинг, социально-экономические исследования, ресурсный потенциал, человеческий капитал**

V.I. PAVLENKO, A.A. DREGALO, V.I. ULYANOVSKY, S.YU. KUTSENKO, K.O. MALININA, S.M. BALITSKAYA. **METHODOLOGICAL FEATURES OF SOCIO-ECONOMIC STUDIES OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Some of the methodological features of the organization of socio-economic studies in the Russian Arctic, aimed at the implementation of the "Strategy of socio-economic development of the Russian Arctic", are discussed. The necessity of the territorial monitoring of economic and sociological research at the regional and municipal levels as an essential prerequisite for the balanced development of the subjects of the Federation constituting the Arctic zone of the Russian Federation, is substantiated.

Keywords: **Arctic zone, monitoring, socio-economic research, resources potential, human capital**

Экономическая ситуация, складывающаяся в России под влиянием кризиса и связанных с ним трансформационных процессов, несомненно, требует переосмысления действий и нахождения новых решений относительно Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), в пределах которой обеспечивается выполнение важнейших задач социально-экономического развития страны и национальной безопасности. Арктический вектор развития России, обозначенный в «Стратегии социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» (далее Стратегия), формирует перспективные направления, прежде всего, ресурсного освоения территорий, полностью или частично входящих в состав АЗРФ. В числе стратегических приоритетов государственной политики в Арктике отмечается необходимость развития науки и технологий, улучшения качества жизни коренного населения, совершенствования системы государственного управления социально-экономическим развитием [1–4].

В научной литературе по проблемам Арктики указывается на то, что система стратегического управления процессами развития территорий АЗРФ носит дивергентный характер и слабо учитывает основные противоречия, возникающие в данном регионе [5–7]. Соответственно, необходимость в получении властными структурами объективной и полной экономической и социальной информации, ориентация на результаты исследований которых выступает немаловажным условием успешной реализации поставленных задач [4].

Одним из важнейших направлений социально-экономических исследований на территории АЗРФ является научное обеспечение воспроизводства человеческого и социального капитала в опорных зонах развития. Результаты социологических исследований последствий кризиса 1990-х гг. в России показывают снижение накопленного в прежние годы человеческого и социального капитала. При этом население арктических регионов испытало наиболее существенные потери, следовательно, и «изношенность» человеческого, т.е. основного социального капитала развития макрорегиона, должна подлежать более тщательному системному анализу [8, 9].

На первый взгляд, задача воспроизводства человеческого и социального капитала в АЗРФ оче-

видна. Однако статистические отчеты и социологические исследования качества жизни в регионах, районах и поселениях АЗРФ приводят к выводу, что в процессе реализации программ экономического развития подобных территорий рассчитывать на воспроизводство человеческих ресурсов пока не приходится. Между тем, следование Стратегии предполагает ориентацию на усиление всестороннего научного обоснования реализации предполагаемых проектов и, прежде всего, информаций об экономической составляющей качества жизни населения арктических территорий [2, 10, 3].

Авторский опыт многолетних экономических и социальных исследований жизнедеятельности населения Мурманской и Архангельской областей, Республики Коми, Ненецкого, Таймырского (Долгано-Ненецкого), Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов свидетельствует о существующем противоречии между стремлением государства обеспечить эффективное освоение природных ресурсов и сохранением имеющегося трудового потенциала [11–14].

По различным оценкам, в конце прошлого века арктические территории страны «потеряли» порядка 30% трудоспособного населения. Для некоторых субъектов федерации проблема обеспеченности трудовыми ресурсами проектов развития представляется довольно острой. Объективно, для получения информации о проблемах воспроизводства человеческого капитала требуется социально-экономический аудит жизнедеятельности проживающего здесь населения; формирование информационной, детализированной многосторонней базы; разработка технологий социологического сопровождения наиболее важных федеральных и региональных проектов, обеспечивающих дальнейшее хозяйственное освоение макрорегиона [8, 9].

Сложность социально-экономического «сопровождения» реализации Стратегии связана с множеством факторов, выделим из них методический и информационный (статистический). В методическом плане пока не разработаны технологии оценки врожденных и приобретенных способностей человека как ведущей производительной силы, прежде всего в Арктике, и их возможностей – физиологических, интеллектуальных, организационных и т.д. В информационном плане статистические базы данных могут служить основой для определения корреляционной зависимости объективных показателей и субъективных факторов.

Согласно Стратегии приоритетными направлениями развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности являются:

– комплексное социально-экономическое развитие АЗРФ;

– создание современной информационно-телекоммуникационной системы;

– обеспечение экологической безопасности;

– международное сотрудничество [2, 15].

Методология достижения этих целей предполагает уточнение теоретической и практической составляющих в решении известных проблем. В теории методологический подход, как правило, исчерпывается стратегическими принципами исследования предмета познания. Наибольший теоретический эффект дает совокупность теоретических подходов, воплощаемых в форме комплексного подхода. В практической реализации приоритетных направлений сегодня участвуют многочисленные структуры: федеральные, региональные и муниципальные органы власти, негосударственные организации, общественные. Распространение получили различные формы государственно-частного партнерства. В результате многое достигнуто. Тем не менее, потенциал использован далеко не полностью. Особо выделим социальный потенциал, роль которого представляется недооцененной [16, 17].

В направлении комплексного социально-экономического развития накопилось немало проблем, которые могут решаться более эффективно при участии социологов, экономистов, социальных психологов, регионоведов и др. Однако подобного сотрудничества не видно. С трудом продвигается парадигма, предполагающая переход от использования природных и человеческих ресурсов к их системному воспроизводству, от почти полного вывоза создаваемого здесь капитала к материализации его значительной части на месте, от моно- к поли специализации на основе научно-технологических инноваций, от государственного патернализма к координации всех субъектов хозяйственной и общественной деятельности, сосредоточенных в пределах АЗРФ [18].

Приведем примеры. Известно, что в Арктике успешное решение любых задач определяют три императива: 1) Человек должен в Арктике жить временно или постоянно; 2) Человек должен быть приспособлен к экстремальным условиям жизни и к труду; 3) Человек должен быть мотивирован к труду. Все три императива реализуются успешно, если субъект управления способен обеспечить развитую экономическую среду, социально-бытовую и культурно-досуговую инфраструктуру, необходимую для проживания человека, сохранить человеческий капитал и потенциал.

Безусловно, человеческий капитал является инерционным производительным фактором – инвестиции не сразу дают отдачу. Но это касается лишь части инвестиций. Нередко возмещение издержек проявляется достаточно быстро и связано с повышением комфортности труда, быта, досуга, излечения, профилактики заболеваний и др.

Так, известная теоретическая проблема – противоречие между накоплением основных фондов (финансового капитала) и снижением качества жизни населения может решаться на основе классических теорий только с помощью одной науки – экономики. Однако по мере появления множества общепризнанных индикаторов качества жизни становится очевидным, что одной экономической науки здесь отнюдь недостаточно.

Не лишен недостатков и каркасно-кластерный подход, предусматривающий «точечное» экономическое развитие, локализацию структур жизнеобеспечения, что может позволить отсечь расходы, удорожающие продукцию и услуги, обеспечить оптимизацию северного завоза. Речи о компенса-

ционных расходах на профилактику, реабилитацию здоровья, человеческого капитала и человеческого потенциала здесь не идет.

Понятно, что задача экономического и социального развития макрорегиона многомерна. И требует немалых финансовых затрат при условии дифференцированного подхода к эффективности использования основной производительной силы – человека. Нельзя не учитывать при этом существование положительного опыта нашей страны и других стран по созданию фондов человеческого потенциала (ФЧП). Применительно к АЗРФ участниками ФЧП могли бы стать, кроме государства, бизнес, инвесторы, негосударственные организации, заинтересованные в расширенном воспроизводстве человеческого капитала и человеческого потенциала [16, 17]. Важными являются формирование современной информационно-телекоммуникационной системы АЗРФ, создание контента социального содержания.

Для эффективного комплексного решения масштабных практических задач обеспечения государственных интересов в АЗРФ, достижения сбалансированности социально-экономического развития и повышения качества жизни населения нарастает актуальность интеграции интеллектуальных ресурсов и исследовательских инструментов научных организаций и ВУЗов, проводящих социально-экономические исследования на территории АЗРФ на единой методологической основе [19, 20].

Это позволит получать необходимую экономическую и социальную информацию посредством субъективного (социология) и объективного (государственная статистика) порядка.

Между тем, в подпрограмме «Координация деятельности органов государственной власти в сфере социально-экономического развития АЗРФ» Государственной программы «Социально-экономическое развитие АЗРФ до 2020 г.» в числе задач выделено лишь «совершенствование системы статистического наблюдения за показателями социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации» [2, 4].

Это – объективный источник. Однако человек, в отличие от техники, зданий, коммуникаций, имеет свободу выбора в поведении, волю и другие личностные качества, которые не фиксируются в государственной статистике. Недооценка результатов гуманитарных, общественных наук в реализации любых государственных программ методологически неверна. Ошибки в этом случае неизбежны, а их цена в АЗРФ – особенно высока.

В обеспечении информацией по экологической безопасности, например, одну из главных ролей выполняет инвайронментальная социология, достаточно эффективно сопровождающая управление экологическими процессами. Особая значимость данного направления в социологии проявляется в исследовании экологического сознания, культуры человека, что исключительно важно для сохранения природы Арктики. С помощью социологов и экономистов сбережение уникальных экологических систем может получить реальную поддержку. Данное направление исследований принимает сегодня актуальный характер, в особенности, в тесной связи с такими науками, как регионалистика и урбанистика, а также с организацией местного самоуправления. Результаты, получаемые на основе междисциплинарных исследований, позволяют провести более глубокую аналитику, увидеть более объемную картину происходящих в обществе процессов, сделать более полные и масштабные выводы, дать более обоснованные и развернутые практические рекомендации.

В направлении международного сотрудничества в рамках развития АЗРФ социально-экономическая проблематика пока остается мало востребованной. Между тем, компаративистский подход изучения проблем адаптации, межэтнических отношений, оседлости кочевых групп населения, издержек работников вахтовых форм организации труда и другие ждут широкого обсуждения, обмена накопленного опыта их решения приарктическими странами [19, 21]. Иными словами, подпрограмма «Социологическое сопровождение развития АЗРФ» в структуре разрабатываемой Государственной программы ждет своего часа.

Очевидно, получать социально-экономическую информацию только лишь посредством сбора и анализа традиционной статистической информации и без применения технологий – бесперспективно. Так, созданный при активной поддержке губернатора Архангельской области И.А. Орлова «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики Российской академии наук» осуществляет широкий спектр комплексных научных исследований в пределах АЗРФ. Одним из важных направлений деятельности ФИЦКИА РАН является организация и проведение широкого круга социально-экономических исследований прикладного характера, имеющих непосредственное практическое применение в системе государственного управления на региональном уровне.

Накопленный нами опыт показывает, что при реализации целевых федеральных и региональных проектов в качестве ресурса совершенствования содержательных характеристик принимаемых решений в процессе социально-экономического управления критически важно использовать социально-экономическую информацию, полученную на базе системных мониторинговых исследований.

В рамках централизации получения социально-экономической информации с выделением АЗРФ в отдельный объект статистического наблюдения и необходимостью осуществления научного социологического сопровождения органов государственной власти, целесообразно предусмотреть организацию мониторинга социально-экономической, социально-психологической и социально-культурной ситуации в АЗРФ, объединив интеллектуальные ресурсы всей научно-исследовательской базы исследуемой территории.

Для эффективного осуществления мониторинга необходимо учитывать такие особенности АЗРФ, как экстремальные климатические факторы и удаленность перспективных территорий от инду-

стриально развитых районов. Социально-экономическое пространство Арктической зоны РФ не является единым, а представляет собой конгломерат локальных сред, располагающих своими специфическими особенностями. Вследствие этого, масштабы исследуемой территории, фактическое отсутствие внутреннего единства и экономической взаимосвязанности макрорегиона накладывают необходимость в особом подходе к организации экономических и социологических исследований. Предложенные в проекте Госпрограммы 11 опорных зон могут послужить полигоном отработки методологии социально-экономических исследований АЗРФ. Каждая из выделенных зон естественным образом опирается на экономический, социальный, транспортный и энергетический каркас макрорегиона и формирует систему расселения, адекватную особенностям развития каждого из муниципальных образований, ее составляющих [2, 4].

Система мониторинга, разработанная авторами в рамках исследовательских проектов ФИЦКИА РАН, предусматривает получение на единой методологической и методической основе сравнительных данных по каждой из территорий, входящих в состав АЗРФ. Это позволит получить представления об особенностях и перспективах их социально-экономического развития, возникающих в регионе противоречиях, социальных и экономических рисках, установках и диспозициях населения АЗРФ и т.д.

Литература

1. *Медведев Д.А.* Социально-экономическое развитие России: обретение новой динамики // Вопросы экономики. 2016. №10. С. 5–30.
2. *Меламед И.И., Павленко В.И., Куценко С.Ю., Авдеев М.А.* Правовые основы и методические особенности разработки проекта Государственной программы «Социально-экономическое развитие АЗРФ до 2020 г.»// Арктика: экология и экономика. 2014. №2 (14). С.6–15.
3. *Подоплёкин А.О., Бестужева К.Г.* Арктическая стратегия России как политика нового типа: региональный потенциал, вызовы и научное обеспечение // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2014. № 6. С.35–43.
4. *Стратегия 2020* [Электронный ресурс]. URL: http://2020strategy.ru/kouzminov (дата обращения: 08.09.2016).
5. *Морозов Н.А., Кондраль Д.И.* Арктический вектор стратегического развития политического пространства России // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2014. № 4. С.42–51.
6. *Пилясов А.Н.* Арктика России: состояние и перспективы // Российский Север: модернизация и развитие. М., 2012. С. 18–25.
7. *Скуфьина Т.П.* Комплексные фундаментальные исследования Севера и Арктики: некоторые результаты и перспективы развития при поддержке грантов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/107-7603 (дата обращения: 10.09.2016).
8. *Зайдфудим П.Х.* Социальная реабилитация населения в районах российского Севера [Электронный ресурс]. - URL: ecsocman.hse.ru >data/702/846/1217/004 Zajdfudim.pdf (дата обращения 15.09.2016).
9. *Овчарова Л.Н.* Динамика монетарных и немонитарных характеристик уровня жизни российских домохозяйств за годы постсоветского развития. Аналитический доклад. М.: Фонд «Либеральная Миссия», 2014. 108 с.
10. *Меламед И.И., Павленко В.И., Куценко С.Ю.* Арктическая зона России в социально-экономическом развитии страны//Власть. 2015. №1. С. 5–11.
11. *Балицкая С.М., Малинина К.О., Иванова Н.П.* Социально-политическая и экономическая ситуация в общественном мнении жителей Архангельской области // Сборник «Россия: центр и регионы». Вып. 25. Москва–Архангельск: «Типография Пресс-Принт», 2015. С. 61–112.
12. *Дрегало А.А., Ульяновский В.И.* Социология региональных трансформаций: В 2-х тт. Т.1. Региональный социум 1989–1998: от надежды к разочарованию: Монография. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. 492 с.
13. *Малинина К.О.* Социальная аномия в современном российском обществе: причины, проявления, показатели: дис. канд. социол. наук/ Институт социально-политических исследований РАН. М., 2015. 233 с.
14. *Павленко В.И.* Проблемы социально-экономического развития Арктики. М.: ЦНИИТЭ нефтехим, 1995. 208 с.
15. *Назаров А.В., Павленко В.И.* Прибрежная зона Арктики и Севера: методология действий//Российская Федерация. 1999. №6. (104).
16. *Лексин В.Н., Андреева Е.Н.* Региональная политика в контексте новой российской ситуации и новой методологии ее изучения. М.: «Прогресс», 1993. 341 с.
17. *Лексин В.Н.* Пространство власти и мир человека [Электронный ресурс]. URL: http://www.civisbook. ru/files/File/Leksin_2005.pdf (дата обращения 9.09.2016).
18. *Лаженцев В.Н.* Север России: вопросы пространственного и территориального развития / ИСЭиЭПС Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2015. 176 с.
19. *Павленко В.И.* Арктика в системе обеспечения национальных интересов страны // Арктика: экология и экономика. 2013. №4 (12). С. 16–25.
20. *Павленко В.И., Меламед И.И., Куценко С.Ю.* Формирование контура АЗРФ как субъекта управления // Известия РАН. Серия географическая. 2015. №4. С. 5–11.
21. *Павленко В.И., Подоплекин А.О., Куценко С.Ю.* Система фундаментальных научных исследований в Арктике и реализация геополити-

ческих интересов циркумполярных стран // Арктика: экология и экономика, 2014.№ 4 (16). С.86–92.

References

1. *Medvedev D.A.* Social'no-jekonomicheskoe razvitie Rossii: obretenie novoj dinamiki [Socio-economic development of Russia: finding new dynamics] // Economic issues. 2016. №10. P. 5–30.
2. *Melamed I.I., Pavlenko V.I., Kutsenko S.Yu., Avdeev M.A.* Pravovye osnovy i metodicheskie osobennosti razrabotki proekta Gosudarstvennoj programmy «Social'no-jekonomicheskoe razvitie AZRF do 2020 g» [Legal bases and methodological features of the development of the draft State program "Social-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation until 2020] // Arktika: jekologija i jekonomika [The Arctic: ecology and economy]. 2014. №2 (14). P.6–15.
3. *Podoplyokin A.O., Bestuzheva K.G.* Arkticheskaja strategija Rossii kak politika novogo tipa: regional'nyj potencial, vyzovy i nauchnoe obespechenie [Arctic strategy of Russia as the policy of a new type: the regional potential, challenges and scientific support] // Bull. of Northern (Arctic) Federal Univ. Series: Humanities and social sciences. 2014. №6. P.35–43.
4. *Strategija 2020* [Strategy 2020]. URL: http://2020strategy.ru/kouzminov (accessed: 08.09.2016).
5. *Morozov N.A., Kondral' D.I.* Arkticheskij vektor strategicheskogo razvitija politicheskogo prostranstva Rossii [Arctic vector of strategic development of political space of Russia] // Bull. of Northern (Arctic) Federal Univ. Series: Humanities and Social Sciences. 2014. № 4. P.42–51.
6. *Pilyasov A.N.* Arktika Rossii: sostojanie i perspektivy // Rossijskij Sever: modernizacija i razvitie [Arctic Russia: status and prospects // The Russian North: modernization and development]. Moscow, 2012. P. 18-25.
7. *Skufyina T.P.* Kompleksnye fundamental'nye issledovanija Severa i Arktiki: nekotorye rezul'taty i perspektivy razvitija pri podderzhke grantov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Comprehensive fundamental study of the North and the Arctic: some results and prospects of development with the support of grants // Modern problems of science and education]. 2013. № 1. URL: http://www.science-education.ru/107-7603 (accessed: 10.09. 2016).
8. *Zaidfudim P.Kh.* Social'naja reabilitacija naselenija v rajonah rossijskogo Severa [Social rehabilitation of the population in the regions of the Russian North]. URL: ecsocman.hse.ru >data/702/846/1217/004 Zajdfudim.pdf (accessed September 15, 2016).
9. *Ovcharova L.N.* Dinamika monetarnyh i nemonitarnyh harakteristik urovnja zhizni rossijskih domohozjajstv za gody postsovetskogo razvitija. Analiticheskij doklad [Dynamics of monetary and non-monetary characteristics of the standard of living of Russian household for the years of postSoviet development. Analytical report]. Moscow: "Liberal Mission" Foundaton, 2014. 108 p.
10. *Melamed I.I., Pavlenko V.I., Kutsenko S.Yu.* Arkticheskaja zona Rossii v social'no-jekonomicheskom razvitii strany [The Arctic zone of Russia in socio-economic development of the country]// Vlast' [Power], 2015, №1. P. 5–11.
11. *Balitskaya S.M., Malinina K.O., Ivanova N.P.* Social'no-politicheskaja i jekonomicheskaja situacija v obshhestvennom mnenii zhitelej Arhangel'-skoj oblasti // Sbornik «Rossija: centr i regiony» [Socio-political and economic situation in the public opinion of inhabitants of the Arkhangelsk region // Collection "Russia: the center and regions". Issue 25. Moscow - Arkhangelsk: "Press-Print Typography, 2015. P. 61–112.
12. *Dregalo A.A., Ulyanovsky V.I.* Sociologija regional'nyh transformacij: Regional'nyj socium 1989-1998: ot nadezhdy k razocharovaniju [Sociology of regional transformations]: In 2 volumes. Vol 1. [Regional society 1989-1998: from hope to dissapointemnt]: Monograph. Arkangelsk: Northern (Arctic) Federal Univ., 2010. 492 p.
13. *Malinina K.O.* Social'naja anomija v sovremennom rossijskom obshhestve: prichiny, projavlenija, pokazateli [Social anomie in contemporary Russian Society: causes, manifestations, indicators]: Diss. ... Cand. Sci. (Sociology)/ Inst. of Social Political Research, RAS., Moscow, 2015. 233 p.
14. *Pavlenko V.I.* Problemy social'no-jekonomicheskogo razvitija Arktiki [Problems of social-economic development of the Arctic]. Moscow: TsNIITEneftekhim, 1995. 208 p.
15. *Nazarov A.V., Pavlenko V.I.* Pribrezhnaja zona Arktiki i Severa: metodologija dejstvij. Rossijskaja Federacija [The coastal zone of the Arctic and the North: methodology of action]. 1999. №6 (104).
16. *Leksin V.N., Andreeva E.N.* Regional'naja politika v kontekste novoj rossijskoj situacii i novoj metodologii ee izuchenija [Regional policy in the context of new trends and new methodologies for its study]. Moscow: "Progress" Group Publ., 1993. 341 p.
17. *Leksin V.N.* Prostranstvo vlasti i mir cheloveka [The space of power and the world of man]. URL: http:// www.civisbook. ru/files/File/-Leksin_2005.pdf (accessed September 9, 2016).
18. *Lazhentsev V.N.* Sever Rossii: voprosyi prostranstvennogo i territo-rialnogo razvitiya [The North of Russia: issues of spatial and territorial development] / Inst. of Social, Economic and Power Problems of the North, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Syktyvkar, 2015. 176 p.
19. *Pavlenko V.I.* Arktika v sisteme obespechenija nacional'nyh interesov strany // Arktika: jekologija i jekonomika [The Arctic in the system of ensuring the national interests of the

country // The Arctic: ecology and economy]. 2013. №4 (12). P. 16–25.

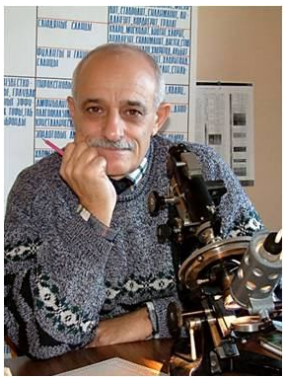
20. *Pavlenko V.I., Melamed I.I., Kutsenko S.Yu.* Formirovanie kontura AZRF kak sub#ekta upravlenija [The contour shaping of the Arctic zone of the Russian Federation as a subject of management]// RAS Transact. Series Geographical. 2015. №4. P. 5–11.

21. *Pavlenko V.I., Podoplekin A.O., Kutsenko S.Yu.* Sistema fundamental'nyh nauchnyh issledovanij v Arktike i realizacija geo-politicheskih interesov cirkumpoljarnyh stran [The system of fundamental scientific research in the Arctic and realization of geopolitical interests of the circumpolar countries] // Arktika: jekologija i jekonomika [The Arctic: ecology and economy], 2014. № 4 (16). P.86–92.

Статья поступила в редакцию 25.10.2016.

Известия Коми научного центра УрО РАН
№ 1(29). Сыктывкар, 2017.

ЯКОВ ЭЛЬЕВИЧ ЮДОВИЧ



6 марта 2017 г. исполнилось 80 лет главному научному сотруднику лаборатории литологии и геохимии осадочных формаций Института геологии Коми НЦ УрО РАН, доктору геолого-минералогических наук, заслуженному работнику Республики Коми, заслуженному деятелю науки Российской Федерации **Якову Эльевичу Юдовичу**.

Яков Эльевич родился в г. Москве. В 1959 г. с отличием окончил геологический факультет Московского государственного университета по специальности «Геохимия». С 1959 по 1964 г. работал инженером-химиком, геологом, старшим геологом в Якутском и Северо-Западном геологических управлениях. В 1965–1966 гг. учился в аспирантуре Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ). В 1967 г. во ВСЕГЕИ защитил кандидатскую диссертацию на тему «Геохимия угольных пластов и угольных включений в Приякутском районе Ленского угленосного бассейна». С 1967 г. работает в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (младший научный сотрудник, старший, ведущий, главный научный сотрудник). В 1984 г. в Институте геохимии и аналитической химии АН СССР (ГЕОХИ) защитил докторскую диссертацию на тему «Региональная геохимия осадочных пород».

Я.Э. Юдович – крупный ученый-геохимик, широко известный специалист в области геохимии осадочных пород, пользующийся международным признанием. Он основоположник нового научного направления «Региональная геохимия осадочных толщ». Важнейшим результатом этого направления является концепция геохимических горизонтов стратисферы – сравнительно узких интервалов стратиграфического разреза, устойчиво обогащенных определенными рудными компонентами, что позволяет прогнозировать стратиформные месторождения. В осадочных толщах севера Урала и Пай-Хоя на основе этой концепции были определены направления поисков баритов, руд марганца и фосфора.

Яков Эльевич – лидер в области геохимии металлоносных черных сланцев. Его фундаментальные монографии в этой области содержат всесторонний анализ генетических проблем и указывают перспективные направления прогноза рудных месторождений в черносланцевых толщах.

Ученый является одним из основоположников геохимии породообразующих компонентов осадочных пород – литохимии. Признанием среди геологов пользуются разработанные им совместно с М.П.Кетрис методы диагностики вулканогенной примеси и продуктов переотложенных кор выветривания в осадочных породах. Широко применяется предложенная ими процедура компьютерной обработки силикатных данных – стандарт ЮК (сокращение от Юдович–Кетрис).

Я.Э. Юдович – один из мировых лидеров в области геохимии ископаемых углей. Его научные труды служат основой учебников университетских спецкурсов в России и за рубежом. Работы Я.Э. Юдовича внесли значительный вклад в познание геохимии токсичных химических элементов, представляющих опасность для окружающей среды и здоровья людей при промышленном сжигании углей.

Им созданы аналитическая библиография по неорганическому веществу углей, не имеющая мирового аналога, базы данных по минералам – индикаторам (2008) и геохимическим индикаторам (2011) литогенеза, обобщающие огромный массив данных в области генетической минералогии и литологической геохимии.

По материалам научных исследований ученый опубликовал более 385 научных работ, в том числе 79 монографий и отдельных изданий.

Среди его учеников несколько кандидатов и один доктор наук. Я.Э. Юдович является членом Ученого совета и двух диссертационных советов Института геологии. Он был организатором и руководителем двух всероссийских Школ по литохимии (1997, 2006), совещания по геохимии черных сланцев (1987), всероссийских совещаний по минеральным (2011) и геохимическим (2012) индикаторам литогенеза, читал курс лекций по геохимии на кафедре геологии Сыктывкарского госуниверситета, неоднократно выступал с лекциями по геохимии в различных городах России и за границей, пропагандируя достижения российской науки.

Я.Э. Юдович принимает активное участие в общественной жизни. Он избирался народным депутатом Верховного Совета Коми республики (1991–1995). За успешную научную и общественную работу награжден Почетными грамотами Президиума Верховного Совета Коми АССР и Президиума АН СССР, медалью "Ветеран труда". Ему присвоено звание Почетный деятель науки Республики Коми (2012). За цикл работ по геохимии и геохимической экологии ископаемых углей удостоен премий имени А.П. Виноградова (2011) и Л.Д. Шевякова (2015).

Поздравляем выдающегося ученого с юбилеем и желаем Якову Эльевичу здоровья, успехов и дальнейшей творческой жизни!

Редколлегия

ЕВГЕНИЯ АВЕНИРОВНА АЙБАБИНА

9 марта 2017 г. отметила свой юбилей ведущий научный сотрудник Института языка, литературы и истории Коми научного центра УрО РАН, лауреат Государственной премии Республики Коми в области науки, лауреат премии Правительства Республики Коми в области научных исследований, кандидат филологических наук **Евгения Авенировна Айбабина.**

Евгения Авенировна, закончив в 1974 г. филологический факультет ЛГУ, начала свою трудовую деятельность в Сыктывкарском государственном университете (1974–1978). В 1978 г. перешла на работу в Институт языка, литературы и истории Коми филиала АН СССР.

В 1980 г. Е.А. Айбабина была зачислена в очную аспирантуру Коми филиала АН СССР, а с января 1982 г. продолжила обучение в аспирантуре Института языкознания АН СССР по специальности 10.02.19. «Общее языкознание, социолингвистика, психолингвистика». Ее научным руководителем был известный ученый, доктор филологических наук, профессор Ю.Д.Дешериев. В марте 1988 г. Е.А.Айбабина успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата филологических наук по теме «Интерференция на лексическом уровне в условиях национально-русского двуязычия (на материале коми и русских языков)». С 1984 г. Евгения Авенировна работает в отделе языка ИЯЛИ. В настоящее время – ведущий научный сотрудник сектора языка.

Научные интересы Е.А. Айбабиной – лексикология, лексикография коми языка, проблемы контактирования коми и русского языков в различные исторические периоды. В области лексикологии основное внимание исследователя уделено изучению различных типов отношений лексических единиц в системе коми языка, тенденций развития его словарного состава. Направления ее лексикографической работы определяются потребностью в создании лингвистических словарей различных типов, в том числе и тех, традиции составления которых в коми лексикографии отсутствуют. Она внесла определенный вклад в социолингвистическое исследование коми языка, выявив специфику социальной обусловленности его современного функционирования.

Результаты изучения лексики коми языка нашли отражение в нескольких циклах публикаций. Особенности адаптации фонетико-фонологической, морфологической и семантической структуры, заимствованной из лексики русского языка в коми языке, впервые детально проанализированы в ряде статей и препринте «Специфика функционирования русских лексических заимствований в коми языке в современных условиях» (1990). С точки зрения русско-коми языковых контактов заслуживает внимания статья «Коми и русские: отражение контактирования народов в фактах коми языка» (2005). Явлению омонимии в коми языке посвящены статья «Русские заимствования как источник омонимии в коми языке» (1992) и статьи, вошедшие в энциклопедию «Коми язык» («Омоморфемы», «Омонимия», «Омонимы», «Омофоны», «Омоформы»). Впервые собранный и систематизированный обширный материал, представляющий систему образных, художественных определений в коми языке, проанализирован в статьях «Эпитеты коми языка: лингвистические аспекты описания» (1995); «Эпитеты коми языка как объект лексикографии» (1996). Одна из групп ономастической лексики рассматривается в статьях «О некоторых народных космонимах и астронимах в коми языке» (2013); «Коромысло, Весы, Посох, Пуп Неба: о некоторых наименованиях космических объектов в коми и других финно-угорских языках» (2013).

С точки зрения современного состояния общественных функций коми языка особую актуальность приобрели проблемы развития его словарного состава. Этим вопросам посвящены исследования Е.А. Айбабиной, в числе которых статья «Преемственность традиций (терминотворчество на современном этапе развития коми литературного языка» (1996), препринт «Неологизмы в коми языке: социолингвистический аспект изучения» (2008); статья «Место неологизмов в современном коми литературном языке» (2011). Е.А.Айбабина является автором двух десятков статей для энциклопедий «Коми язык» и «Республика Коми», посвященных основополагающим понятиям лингвистической науки, содержащих результаты исследований современного состояния коми литературного языка и его диалектов.

Значительное место в научной деятельности Евгении Авенировны занимают социолингвистические исследования, в частности, изучение проблем коми-русского билингвизма и функционального развития коми языка. Ею собран и проанализирован обширный материал, отражающий особенности русской речи носителей коми языка, принадлежащих к различным социальным и возрастным группам и находящихся на различных уровнях формирования двуязычия. В результате исследования выделены основные типы лексической и лексико-семантической интерференции в русской речи комиязычных билингвов в соотнесении с четырьмя ступенями двуязычия.

Е.А. Айбабина работала в составе группы исследователей над созданием целого ряда словарей. Ученый является соавтором девяти словарей. В 1993 г. был издан «Словарь омонимов коми языка» (соавт. Л.М. Безносикова), включающий около 1000 словарных статей, содержащих пары и группы омонимичных слов с приложением, в котором представлены межъязыковые омонимы. В 1994 г. опубликован «Коми эпитетъяслӧн кывчукӧр» (Словарь эпитетов коми языка; соавт. Л.М. Безносикова), содержащий более 200 заглавных слов, характеризуемых почти 5 тыся-

чами общеязыковых и индивидуально-авторских эпитетов. Оба словаря богато иллюстрированы примерами из коми художественной литературы и фольклора. Они представляют собой первый опыт таких словарей на материале финно-угорских языков. В 1996 г. под научной редакцией профессора Кароя Редеи вышел в свет «Школьный этимологический словарь коми языка» (соавт. В.А. Ляшев, Л.М. Безносикова, Н.К. Забоева), в котором нашли отражение последние достижения российских и зарубежных ученых в области изучения происхождения лексики уральских языков. Е.А.Айбабина является одним из авторов «Коми-русского словаря»/ «Коми-роч кывчукӧр» (2000).

В 2002 и 2007 г. были изданы составленные на разных принципах словари синонимов коми языка («Коми синоним кывчукӧр»; соавт. Л.М.Безносикова, Н.К.Забоева); в 2009 г. «Русско-коми словарь» / «Коми-роч кывчукӧр» (переиздания: 2011, 2013 2015, 2016 гг.; соавт. Л.М.Безносикова, Н.К.Забоева, Р.И.Коснырева). В 2011 г. вышел в свет Словарь терминов родства и свойства в диалектах коми языка («Коми сёрнисикасъясын рӧдвуж нимъяслӧн кывчукӧр» (соавт. Л.М.Безносикова). Е.А.Айбабина является одним из авторов двухтомного «Словаря диалектов коми языка» / «Коми сёрнисикас кывчукӧр» (2012, 2014). Данное издание – наиболее полный свод всей лексики коми-зырянских диалектов. Упомянутые словари получили высокую оценку специалистов и нашли практическое применение в сфере школьного и вузовского образования. Ими активно пользуются журналисты, учёные. В настоящее время Е.А. Айбабина работает над составлением тематического диалектного словаря коми языка.

За большой вклад в науку Евгения Авениpовна награждена Почетными грамотами администрации г.Сыктывкара (1994), Российской академии наук и профсоюза работников РАН (1999), Уральского отделения РАН (1999), Министерства национальной политики Республики Коми (2002, 2010), Республики Коми (2012).

Коллеги, друзья и ученики сердечно поздравляют Евгению Авениpовну с юбилеем, желают доброго здоровья и дальнейшей плодотворной научной деятельности.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 1,5 печ.л.), оригинальные статьи (до 0,8 печ.л) и краткие сообщения (до 0,3 печ.л.) теоретического и экспериментального характера по проблемам естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, в том числе региональной направленности. Статьи должны отражать результаты законченных и методически правильно выполненных работ. К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни.

Направляя статью в наш журнал, Вы соглашаетесь с нашим **Положением о публикационной этике журнала** (на сайте журнала). Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, учитывая новизну, научную значимость и актуальность представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не рассматриваются.

Общие требования к оформлению рукописей

Статьи должны сопровождаться направлением научного учреждения, где была выполнена работа. В необходимых случаях должно быть приложено экспертное заключение. Организация, направляющая статью, как и автор(ы), несет ответственность за её научное содержание, достоверность и оригинальность приводимых данных. Изложение материала статьи должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть подписана всеми авторами (автором) с указанием (полностью) фамилии, имени, отчества, домашнего адреса, места работы, служебного и сотового телефонов и e-mail.

В редакцию подается рукопись статьи в двух экземплярах – на бумаге и на диске в редакторе WinWord под Windows. Математические статьи могут подаваться в редакторе TEX. Электронная и бумажная версии статьи должны быть идентичны. Электронный вариант рукописи может быть прислан по электронной почте на адрес редакционной коллегии: **journal@presidium.komisc.ru**. Текст должен быть набран на компьютере (шрифт Times New Roman, кегль 14) в одну колонку через 1,5 интервала на бумаге форматом А4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала должны быть не менее: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 25 мм. Количество иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должно превышать 5–7 шт., количество иллюстраций в кратких сообщениях – 2–3 шт.

Первая страница рукописи оформляется следующим образом: в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким (информированным) и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и города (для иностранных авторов – также страны). Ниже печатается электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал следует краткая аннотация (8–10 строк), в которой сжато и ясно описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова и словосочетания (не более 6–8). Далее идут инициалы и фамилии авторов, название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке. Английская аннотация объемом (до 2000 п.з. или 1 м.с.) для читателей, не владеющих русским языком, должна стать независимым источником информации (пересказом статьи). В тех случаях, когда текст статьи поделен на разделы, автор может подобным образом разделить и текст аннотации. Редколлегия проверяет качество английского текста и в одностороннем порядке вносит необходимые правки. Во избежание разночтений автор в отдельном файле представляет русский текст, по которому был произведен перевод расширенной аннотации.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение». Отдельно прилагаются подрисуночные подписи (на русском и английском языках).

Во введении в максимально лаконичной форме должны быть изложены цель, существо и новизна рассматриваемой задачи с обязательным кратким анализом данных наиболее важных и близких по смыслу работ других авторов. Однако введение не должно быть обзором литературы. В разделе «Материал и методы» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Единицы измерения следует приводить в Международной системе единиц (СИ). Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывают только суть метода и дают обязательно ссылку на источник заимствования, а в случае модификации – указывают, в чем конкретно она заключается.

При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в аннотации), необходимо давать их полное наименование, и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. Сокращение проводить по ключевым буквам слов в русском написании. Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Все названия видов флоры и фауны при первом упоминании в тексте обязательно даются на латыни с указанием авторов.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

Таблицы должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Все результаты измерений должны быть обработаны и оценены с применением методов вариационной статистики. Таблицы нумеруются по мере упоминания в статье, каждой дается тематический заголовок (на русском и английском языках) и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9–10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 pix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль 9–10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

Математические символы, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

В тексте цитированную литературу необходимо приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии с примером (см. ниже). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

После Списка литературы размещается References – Пристатейный список литературы в транслите (на латинице) и в квадратных скобках перевод названия статьи и журнала на английский язык. References повторяет в полном объеме, с той же нумерацией Список литературы на русском языке, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются как в Списке литературы, так и в References.

Список литературы и References оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

Список литературы:
1. *Иванов И.И.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т. 41. №4. С. 18–26.
2. *Петров П.П.* Название книги. М.: Наука, 2007. (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75).
3. *Казаков К.К.* Название диссертации: Дис. канд. биол. наук. М.: Название института, 2002. 164 с.

References:
1. *Иванов И.И.* Название статьи (транслитерация) [Перевод названия статьи на англ.яз.] // Название журнала (транслитерация) [Перевод названия журнала на англ.яз]. Год. Том. Номер. Страницы.
2. *Петров П.П.* Название книги (транслитерация) [Перевод названия книги на англ.яз.]. Город: Издательство на англ.яз., год. Общее число страниц в книге (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75).
3. *Казаков К.К.* Название диссертации (транслит) [Перевод названия на англ.яз.]: Дис. канд. биол. наук. Город: Название института, год, страницы.

Например:
1. *Ivanov I.I. Novye vidy vodjanyh kleshhei [New species of water mites]*// Rossiiski zoologichskii jurnal [Russian J. of Zoology]. 2005. Vol.41. № 4. P. 18–26.

2. *Petrov P.P.* Elektrotehnichsekie materialy [Electrotechnical materials]. Moscow: Nauka, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 p.) или конкретная страница (например, P. 75.).
3. *Kazakov K.K.* Impedans elektrohimicheskoi yacheiki [Impedance of electrochemical cell]: Diss. ... Cand. Sci. (Biology). Moscow: Inst. of Political Reseach, 2002. 164 p.

При наличии большого количества авторов в списке литературы указываются все или четыре автора и др.

Для транслитерации списка литературы удобно использовать интернет-ресурс http://translit.ru/

При несоблюдении этих перечисленных правил статья не рассматривается редакционной коллегией, а возвращается авторам на доработку.

Все статьи проходят рецензирование и в случае необходимости возвращаются авторам на доработку. Рецензирование статьи закрытое. Возможно повторное и параллельное рецензирование. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактирования статьи. Статьи публикуются в порядке очередности, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а, следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегию не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 5–7 дней должен вернуть ее в редакционную коллегию или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и диски не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдение следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте;** нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;
- в числовых значениях **десятичные разряды отделяются запятой;**
- вставка символов **Symbol.**

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw. Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:
Ответственному секретарю редакционной коллегии
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»
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. 1(29)

Выпуск подготовили

Научный редактор д.б.н. М.В.Гецен
Помощник главного редактора к.и.н. А.В.Самарин
Редактор Т.В.Цветкова
Компьютерное макетирование Н.А.Сулейманова
Корректура английского перевода Т.А. Искакова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999.
Компьютерный набор. Подписано в печать 20.03.2017.
Формат бумаги 60x84 1/8. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 15,25. Уч.-изд.л. 15. Тираж 300. Заказ № 6.
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.