

Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№2(22)

2015

Главный редактор:

академик *А.М. Асхабов*

Редакционная коллегия:

д.т.н. *И.Н. Андронов*, 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*,
к.т.н. *В.Е. Кулешов*, 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*, 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. Чукуреев*, д.б.н. *Д.Н. Шмаков*

Редакционный совет:

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

Адрес редакции:

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

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 52047

ISSN 1994-5655

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

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН, 2015

Science Journal

Founded in 2010
Published 4 times a year

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

PROCEEDINGS

OF THE KOMI SCIENCE CENTRE
URAL BRANCH
RUSSIAN ACADEMY OF
SCIENCES

№2(22)

2015

Editor-in-chief:

academician *A.M. Askhabov*

Editorial Board:

Dr.Sci. (Tech.) *I.N.Andronov*, Dr.Sci. (Med.) *E.R.Boyko*, Dr.Sci. (Econ.) *N.M.Bolshakov*,
Dr.Sci. (Geol.&Mineral.) *I.N.Burtsev*, Cand.Sci. (Hist.) *I.O.Vaskul*,
Cand.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*,
Cand.Sci. (Tech.) *V.E.Kuleshov*, 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*, Dr.Sci. (Hist.) *P.Yu.Pavlov*,
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.T.Kalinnikov*, 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. (Technol.) *N.D.Tskhadaya*

Editorial Office:

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

The "Russian Post" catalogue subscription index 52047

ISSN 1994-5655

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

© Federal State Budgetary Institution of Science
the Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Д.В. Казаков. Теория рентгеновской дифракции на сверхрешетке с квантовыми нитями 5

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

М.А. Засовская, С.К. Игнатов. Поверхность потенциальной энергии системы $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 12

Н.А. Жук, В.П. Лютоев, Н.В. Чежина. Магнитная восприимчивость и ЭПР-спектры полиморфных модификаций Bi_3NbO_7 19

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Л.Н. Тикушева, А.С. Стенина, Е.Н. Патова. Изменение водных экосистем под влиянием строительства и эксплуатации газопровода «Бованенково–Ухта» (бассейн реки Кара, Полярный Урал и Большеземельская тундра) 25

Р.Р. Рафиков, Д.М. Шадрин, Я.И. Пылина, И.Ф. Чадин, А.П. Новоселов. Молекулярно-генетический анализ верховки обыкновенной – *Leucaspius delineatus* (Neskel, 1843) из водоемов Республики Коми 31

Д.О. Перегудова, М.В. Шапошников, А.А. Москалев. Влияние стресс-факторов различной природы на экспрессию генов стресс-ответа у самцов *Drosophila melanogaster* 40

Ф.В. Долгов, Г.Г. Осадчая, Т.Ю. Зенгина. Сравнительная оценка экосистемных функций репрезентативных урочищ южной криолитозоны Большеземельской тундры 45

Ю.В. Коротаева, В.И. Циркин. Альфа₂-адренорецепторы миокарда (обзор литературы) 57

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.Б. Арчegov. Термобарические условия образования донных газогидратов и риск их разрушения при разработке Штокмановского газоконденсатного месторождения 65

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

И.О. Васкул, А.В. Волокитин, И.Л. Жеребцов, В.Н. Карманов, М.В. Кленов, А.М. Мuryгин, П.Ю. Павлов. Освоение арктической и субарктической зоны Припечорья в древности и средневековье по данным археологии (часть II) 71

С.И. Чудов. Сравнительный анализ цифровых показателей о посевах, урожае и количестве зерна в сельских запасных магазинах Архангельской губернии в 1870–1886 гг. 80

М.А. Галиева. Фольклорная традиция в поэме «Пятый интернационал» В.В. Маяковского. Пушкинский код в поэтике. 85

Marja Leinonen. Borrow ability of function and discourse words: the Komi case (Марья Лейнонен. Возможность заимствования функциональных и дискурсивных слов (на примере коми языка)) 90

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Н.М. Большаков, В.В. Жиделева, С.В. Рабкин. Транспортная доступность периферийных сельских территорий: теория, методология, практика (на примере Республики Коми) 95

В.Н. Лаженцев. География и Русское географическое общество 104

Л.А. Попова, Е.Н. Зорина. Уровень жизни пенсионеров Республики Коми: динамика показателей и субъективные оценки 110

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А.М. Askhabov. Spatial structure of helium trimers as confirmation of structurelessness in quaterons (А.М. Асхабов. Пространственная структура тримеров гелия как подтверждение бесструктурности кватеронов) 119

ХРОНИКА (ЮБИЛЕИ) 122

C O N T E N T S

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

D.V.Kazakov. Theory of X-ray diffraction on a superlattice with quantum wires 5

CHEMICAL SCIENCES

M.A.Zasovskaya, S.K.Ignatov. Potential energy surface of the $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ system12

N.A.Zhuk, V.P.Lyutoev, N.V.Chezhina. Magnetic susceptibility and EPR spectra of polymorphic modifications Bi_3NbO_7 19

BIOLOGICAL SCIENCES

L.N.Tikusheva, A.S.Stenina, E.N.Patova. Changes in aquatic ecosystems under the influence of gas pipeline “Bovanenkovo-Ukhta” construction and operation (the Kara river basin, Polar Urals and Bolshezemelskaya tundra).....25

R.R.Rafikov, D.M.Shadrin, Ya.I.Pylina, I.P.Chadin, A.P.Novoselov. Molecular-genetic analysis of Sunbleak (*Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) in water bodies of the Komi Republic31

D.O.Peregudova, M.V.Shaposhnikov, A.A.Moskalev. The effects of stress-factors of different nature on gene expression stress response in male *Drosophila melanogaster*40

F.V.Dolgov, G.G.Osadchaya, T.Yu.Zengina. Comparative assessment of representative natural boundaries ecosystem functions of the Bolshezemelskaya tundra southern cryolitozone....45

Yu.V.Korotaeva, V.I.Tsirkin. Alpha₂-adrenergic receptors of myocardium (review).....57

GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

V.B.Archevov. Thermobaric conditions of base gas-hydrates formation and risk of their destruction at development of the Shtokman gas-condensate field65

HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES

I.O. Vaskul, A.V.Volokitin, I.L.Zherebtsov, V.N.Karmanov, M.V.Klenov, A.M.Murygin, P.Yu.Pavlov. Development of the Arctic and Subarctic zone of the near Pechora area in the ancient time and the Middle Ages according to archeology71

S.I.Chudov. The comparative analysis of digital indicators on seedings, crop and amount of grain in rural store shops of Arkhangelsk Province in 1870-1886.....80

M.A.Galieva. Folklore tradition in V.V.Mayakovsky's poem “The Fifth International”. Pushkin's code in poetics85

Marja Leinonen. Borrow ability of function and discourse words: the Komi case90

SOCIAL SCIENCES

N.M.Bolshakov, V.V.Zhideleva, S.V.Rabkin. Transport accessibility of peripheral rural territories: theory, methodology, practice (case study of the Komi Republic).....95

V.N.Lazhentsev. Geography and the Russian Geographical Society 104

L.A.Popova, Ye.N.Zorina. Living standard of pensioners of the Komi Republic: dynamics of indicators and subjective estimates..... 110

PAPERS-IN-BRIEF

A.M. Askhabov. Spatial structure of helium trimers as confirmation of structurelessness in quatarons 119

CHRONICLE (ANNIVERSARIES) 122

УДК 621.382

ТЕОРИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ НА СВЕРХРЕШЕТКЕ С КВАНТОВЫМИ НИТЯМИ

Д.В. КАЗАКОВ

*Отдел математики, Коми научный центр УрО РАН, г. Сыктывкар
kazakov@dm.komisc.ru*

В рамках статистической кинематической теории дифракции решена задача рассеяния рентгеновских лучей на сверхрешетке с латеральной модуляцией компонентного состава. Получены выражения, описывающие распределение интенсивности рассеяния вблизи узла обратной решетки, для сверхрешетки с квази-периодически распределенными квантовыми нитями. На примере сверхрешетки $(InAs)_n/(GaSb)_m$ выполнено численное моделирование и показано влияние параметров латеральной модуляции компонентного состава на карты распределения интенсивности рассеяния.

Ключевые слова: сверхрешетки, гетероструктуры, высокоразрешающая рентгеновская дифракция, латеральная модуляция компонентного состава, карты распределения интенсивности рассеяния в обратном пространстве

D.V. KAZAKOV. THEORY OF X-RAY DIFFRACTION ON A SUPERLATTICE WITH QUANTUM WIRES

Within the statistical kinematical theory of X-ray diffraction the problem of X-ray scattering from superlattice with lateral composition modulation (LCM) is solved. The general solution for scattered intensity in reciprocal space are derived. The theory takes into account fluctuations of lateral modulation amplitude. In our model, superlattice was considered as an (A_nB_m) multilayer heterostructure. Upper and lower heterointerfaces of A-type layers oscillate sinusoidally along the surface and shifted from each other by half of an undulating wavelength. Such quasi-periodical nanostructure forms quantum nanowires. Those quantum nanowires had been previously observed in superlattices with small-misfit strains. Using this LCM model, numeric simulations of reciprocal space maps (RSMs) for $(InAs)_n/(GaSb)_m$ superlattice were obtained. RSMs were performed about the (004) Bragg peak in the plane perpendicular and parallel to the lateral modulation. Influence of LCM parameters (such as undulation wavelength, undulation amplitude etc.) on RSMs was determined. It was established that the presence of lateral composition modulation leads to appearance of specific additional peaks on RSMs. Size, form and location of additional peaks strongly depend on LSM parameters. If diffraction plane is parallel to quantum wires, then all additional peaks are located on q_z axis; if diffraction plane is perpendicular to quantum wires, then all additional peaks are shifted along q_x axis.

Keywords: superlattices, heterostructures, high-resolution X-ray diffraction, lateral composition modulation, reciprocal space mapping

Введение

С активным развитием методов эпитаксиального роста особо актуально встал вопрос производства сверхрешеток (СР) с точно заданными структурными параметрами и пространственно-периодической структурой. Не менее важной является задача последующего анализа совершенства изготовленных полупроводниковых материалов, так как во всех реальных кристаллических структурах присутствуют те или иные типы структурного несовершенства, нарушающие идеальную периодичность и меняющие некоторые ее физические свойства. Такие наруше-

ния структуры могут как улучшить физические свойства полупроводниковых приборов, так и сделать их абсолютно не пригодными для дальнейшего применения.

Чтобы успешно реализовывать потенциал производимых материалов, необходимо получать максимально полную информацию о характере регулярной кристаллической структуры и имеющихся нарушениях. Наиболее эффективным неразрушающим методом исследования кристаллических гетероструктур является высокоразрешающая рентгеновская дифрактометрия в различных режимах съемки. Стремительное развитие ее методов и при-

менение новых источников рентгеновского и синхротронного излучения сопровождается активным развитием теорий дифракции рентгеновских лучей (РЛ) на наноструктурах различной степени гетерогенности и упорядоченности. Поскольку даже самые передовые технологии эпитаксиального роста не позволяют изготавливать полупроводниковые системы с идеальной кристаллической решеткой, поэтому анализ дифракционной картинки требует обязательного учета как когерентной, так и диффузной компоненты рассеяния.

Дифракция на регулярной структуре формирует когерентную компоненту рентгеновского рассеяния, тогда как дифракция на деформациях и случайных нарушениях обуславливает выход диффузной компоненты. Анализ дифракционных данных диффузной и когерентной компонент и оценка их вклада в полную интенсивность рассеяния позволяют установить степень совершенства исследуемых объектов и определить некоторые его структурные особенности. Трехосевая рентгеновская дифрактометрия позволяет разделять когерентный и диффузный каналы рассеяния. Это делает трехосевую рентгеновскую дифрактометрию главным инструментом неразрушающего исследования различных кристаллических полупроводниковых материалов с различной степенью совершенства, в частности, при изучении структур с латеральной модуляцией компонентного состава [1].

Экспериментальные данные, получаемые с помощью трехосевой рентгеновской дифракции, представляют собой сложные двумерные карты распределения интенсивности рассеяния вблизи узла обратной решетки. Чтобы получить максимум полезной информации о структуре исследуемого образца, необходимо проводить численное моделирование распределения интенсивности рассеяния для различных моделей структуры и сравнивать результаты с данными экспериментальных измерений, в связи с чем возникает задача разработки теоретических подходов к описанию процесса дифракции для различных схем регистрации и моделей кристаллических структур. Сравнивая экспериментальные данные рентгеновской дифракции и результаты численного моделирования, можно выбрать наиболее подходящую модель структуры и определить ее основные параметры. На сегодняшний день самым эффективным средством решения данной проблемы является статистическая теория дифракции РЛ, в рамках которой авторы [2] получили выражения для амплитуды рассеяния рентгеновской волны на произвольных кристаллических объектах. Эти выражения позволяют с высокой точностью учитывать различные особенности кристаллических объектов и выполнять численное моделирование карт распределения интенсивности рассеяния в обратном применительно к трехосевой схеме рентгеновской дифракции.

В представленной работе с помощью статистической кинематической теории дифракции решена задача дифракции РЛ на СР с латеральной модуляцией компонентного состава (ЛМКС). Получены выражения для расчета распределения интен-

сивности рассеяния вблизи узла обратной решетки и приведены результаты численного моделирования дифракции на СР $(InAs)_{13}/(GaSb)_{13}$ с подложкой $GaSb$ (001) применительно к трехосевой схеме дифракции. Расчеты выполнены с помощью модели двухкомпонентной сверхрешетки с резкими границами перехода между гетерослоями, в объеме которой квазипериодически распределены квантовые нити аналогично работам [3–5].

1. Модель СР с ЛМКС

Схема СР представлена на рис. 1(а), где показано вертикальное сечение СР и введена декартова система координат: ось z направлена вглубь кристалла, ось x – вдоль поверхности СР, параллельно латеральной модуляции, ось y – вдоль направления распространения квантовых нитей перпендикулярно плоскости рисунка. Пунктирные линии обозначают положение границ в плоской сверхрешетке; волнистыми линиями показаны границы слоев в сверхрешетке с латеральной модуляцией; жирными линиями отмечены границы дополнительной периодической структуры в направлении оси z . Положения максимумов и минимумов латеральной модуляции каждого последующего слоя A -типа (см. рис. 1) смещены вдоль оси x на половину периода по отношению к положению максимумов и минимумов предыдущего одноименного слоя. Такая форма пространственной ориентации квантовых нитей формирует дополнительную (по сравнению с плоской СР) пространственно-периодическую структуру вдоль направления оси z ; период такой СР состоит из двух слоев A -типа и двух слоев B -типа. Допустим, что ЛМКС в направлении x меняется по закону косинуса, а амплитуда осцилляций претерпевает случайные изменения, тогда границы произвольного слоя в периоде с номером m можно записать в виде: $\phi_p^m(x) = (F + \delta F^m) \cos(k_x x + \alpha_p)$, где F – величина среднего значения амплитуды осцилляций ЛМКС, δF^m – величина случайного отклонения амплитуды ЛМКС относительно среднего значения, α_p – смещение фазы осцилляций границы с номером p ($p = 0, \dots, 4$, $\alpha_0 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$, $\alpha_1 = \alpha_2 = \pi$). Схема такой СР показана на рис. 1(б). Случайные изменения амплитуды ведут к тому, что верхние и нижние границы некоторых слоев не смыкаются, и квантовые нити, несмотря на наличие ЛМКС, не формируются. На рис. 2 представлены возможные варианты ЛМКС для некоторого фиксированного слоя A -типа в зависимости от величины параметра δF^m : (а) $\delta F^m = -F$ – случай плоской сверхрешетки; (б) $\delta F^m = 0$ – слой с квантовыми нитями; (в) $\delta F^m = 0.5F$ – среднее состояние слоя, когда образовалась ЛМКС, но квантовые нити не сформированы; (д) если $\delta F^m = -1.5F$, то происходит смещение осцилляций вдоль оси x ; (е) в случае $\delta F^m = 0.5F$ происходит удвоение периодической структуры, в результате чего на отрезке длиной T_x укладываются два периода ЛМКС разной амплитуды. Исключим из нашей модели СР варианты (д) и (е), так как они меняют характер пространственно-периодической структуры, и ограничимся учетом флуктуаций типа (а), (б) и (в). Такое ограничение означает, что возникающие в СР флуктуа-

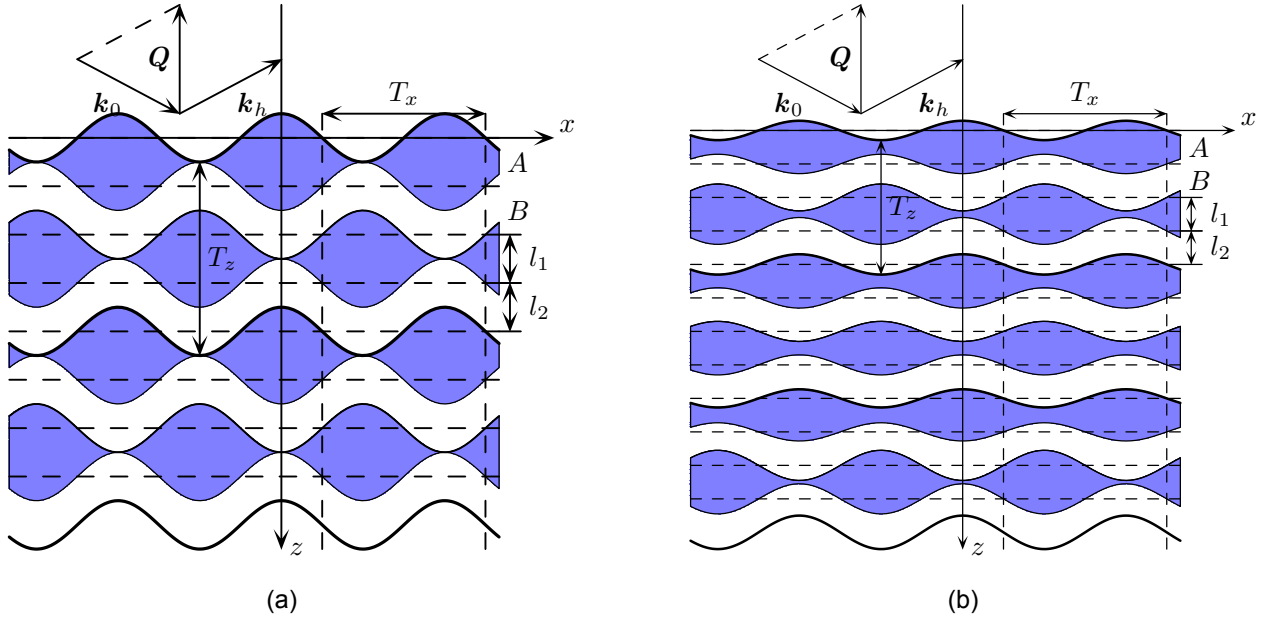


Рис. 1. Модель сверхрешетки с ЛМКС.

ции влекут за собой уменьшение амплитуды осцилляций ЛМКС и размытие границ квантовых нитей, но не меняют характер их пространственной ориентации. При этом значения переменной δF^m будут ограничены в интервале $[-F; 0]$. Процедуру статистического усреднения по флуктуациям δF^m выполним с помощью функции усеченного нормального распределения. После формальной замены $s = \delta F^m$ функция плотности распределения $p(s)$ запишется как:

$$p(s) = \frac{1}{K} e^{-\frac{s^2}{2\sigma_0^2}}, \quad (1)$$

где σ_0 – стандартное отклонение, а K – нормировочный коэффициент, вычисляемый с помощью интеграла:

$$K = \int_{-F}^0 ds e^{-\frac{s^2}{2\sigma_0^2}} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma_0 \operatorname{Erf} \left(\frac{F}{\sqrt{2}\sigma_0} \right). \quad (2)$$

Графики функции плотности распределения $p(s)$ для различных значений стандартного отклонения σ_0 приведены на рис. 3.

2. Статистическая теория дифракции

Согласно работе [2], амплитуда рентгеновской волны, рассеянной произвольным кристаллическим слоем толщиной L вблизи узла обратной решетки для трехосевой дифрактометрии, равна:

$$E_h(\vec{q}) = \frac{i}{\sqrt{2\pi}} \int_0^L dz \iint_{-\infty}^{+\infty} dx dy a_h(\vec{r}) \Phi_0(\vec{r}) \Phi_h(\vec{r}) \times \\ \times e^{-i(\vec{q}\vec{r} + \vec{h}\vec{u}(\vec{r}))} \tilde{E}_0(\vec{r}), \quad (3)$$

а соответствующая интенсивность вычисляется по формуле:

$$I_h = \langle E_h(q_x, q_y, q_z) \cdot E_h^*(q_x, q_y, q_z) \rangle. \quad (4)$$

Коэффициент $a_h(\vec{r})$ определяет отражательную способность кристалла; $u(\vec{r})$ – функция смещений атомных плоскостей; вектор $\vec{q}$ задает отклонение вектора рассеяния $\vec{Q} = \vec{k}_h - \vec{k}_0$ от вектора обратной решетки $\vec{h}$; $\vec{k}_0, \vec{k}_h$ – волновые векторы падающего и дифрагированного излучения.

2.1. Амплитуда рассеяния

В выражении (3) пренебрегаем эффектами преломления и поглощения, а интеграл по dz заменяем суммой интегралов по отдельным слоям СР:

$$E_h(\vec{q}) = \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P \sigma_p^h \iint_{-\infty}^{+\infty} dx dy e^{-i(q_x x + q_y y)} \times \\ \times \int_{z_{p-1}^m(x)}^{z_p^m(x)} dz e^{-i(q_z z + \vec{h}\vec{u}(\vec{r}))}, \quad (5)$$

где $z_p^{(m)} = 2(m-1)(l_1 + l_2) + \sum_{r=1}^p l_r + \phi_p^m(x)$. После интегрирования (5) по dz получаем выражение вида:

$$E_h(\vec{q}) = \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P \iint_{-\infty}^{+\infty} dx dy e^{-i(q_x x + q_y y)} \times \\ \times e^{i(m-1) \sum_{r=1}^p (h\varepsilon_r - q_z) l_r} \sigma_p^h e^{i \sum_{r=1}^{p-1} (h\varepsilon_r - q_z) l_r} \times \\ \times \left(e^{i(h\varepsilon_p - q_z) l_p} e^{i F_{p,m} \cos(k_x x)} - e^{i F_{p-1,m} \cos(k_x x)} \right), \quad (6)$$

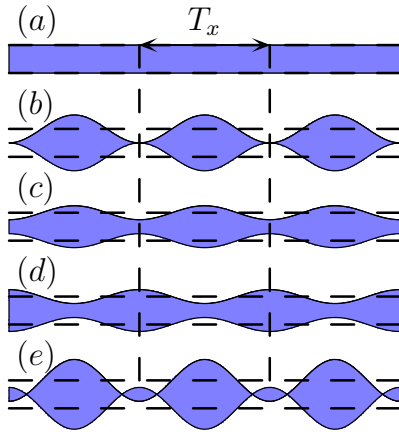


Рис. 2. Возможные флуктуации ЛМКС.

где

$$F_{p,m} = K_p (F + \delta F^m),$$

$$K_p = \begin{cases} \Psi_1 - q_z, & p = 0, 3, 4 \\ q_z - 2h\varepsilon_1 - \Psi_1, & p = 1, 2. \end{cases} \quad (7)$$

Если ширина засветки образца в направлении y равна L_y , то интеграл по dy в выражении (6) равен:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dy e^{-iq_y y} = \frac{2 \sin(q_y L_y/2)}{q_y}. \quad (8)$$

Аналогично предположим, что ширина засветки образца в направлении x равна L_x . Допустим, на отрезке L_x укладывается N латеральных периодов T_x , тогда интеграл по dx после простых преобразований может быть записан следующим образом:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dx e^{-iq_x x} = e^{-i\frac{N-1}{2}q_x T_x} \frac{\sin(\frac{N}{2}q_x T_x)}{\sin(\frac{1}{2}q_x T_x)} \times$$

$$\times \int_0^{T_x} dx e^{-iq_x x} e^{iF_{p,m} \cos(k_x x)}. \quad (9)$$

Полученный интеграл не имеет аналитического решения. Чтобы его вычислить, используем кусочно-линейную интерполяцию. Для этого обозначим $g(x) = \exp(iF_{p,m} \cos(k_x x))$, а интервал интегрирования $[0, T_x]$ разобьем на S частей, тогда функция $g(x)$ на отрезке $[x_s, x_{s+1}]$ может быть представлена как сумма:

$$g(x) \rightarrow g(x_s) + \frac{g(x_{s+1}) - g(x_s)}{x_{s+1} - x_s} (x - x_s), \quad (10)$$

а соответствующий интеграл преобразуется к виду:

$$W_{p,m}(q_x, q_z) = \int_0^{T_x} dx e^{-iq_x x} e^{iF_{p,m} \cos(k_x x)} =$$

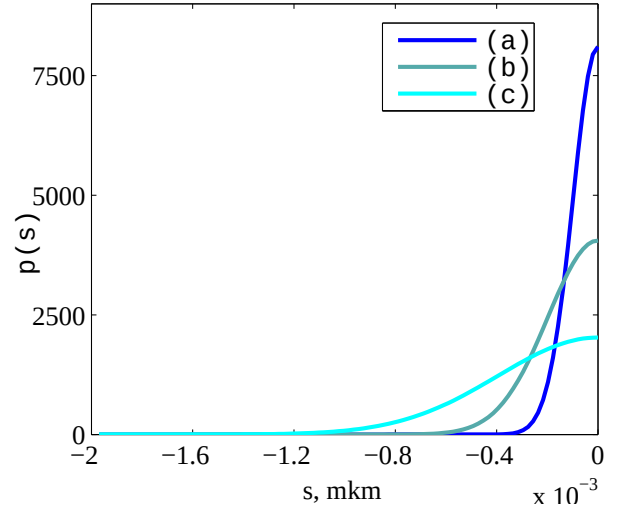


Рис. 3. Функция плотности распределения: $\sigma_0 = 0.05F$, $\sigma_0 = 0.10F$, $\sigma_0 = 0.20F$.

$$= \sum_{s=0}^{S-1} \int_{x_s}^{x_{s+1}} dx x \frac{g(x_{s+1}) - g(x_s)}{x_{s+1} - x_s} e^{-iq_x x} +$$

$$+ \int_{x_s}^{x_{s+1}} dx \frac{g(x_s)x_{s+1} - g(x_{s+1})x_s}{x_{s+1} - x_s} e^{-iq_x x}. \quad (11)$$

Интеграл в (11) является табличным. После взятия интеграла и приведения подобных членов, получаем:

$$W_{p,m} = \frac{\Delta x}{2} \sum_{s=0}^{S-1} \left((g(x_{s+1}) + g(x_s)) \text{sinc}(Q_x) - \right.$$

$$\left. -i(g(x_{s+1}) - g(x_s)) \text{j}_1(Q_x) \right) e^{-iq_x(x_s + \frac{\Delta x}{2})}, \quad (12)$$

где $\Delta x = x_{s+1} - x_s$, $Q_x = q_x \Delta x/2$, $\text{j}_1(Q_x)$ – сферическая функция Бесселя первого порядка.

$$\sum_{s=0}^{S-1} g(x_{s+1}) - g(x_s) = 0,$$

$$\sum_{s=0}^{S-1} g(x_{s+1}) + g(x_s) = 2 \sum_{s=0}^{S-1} g(x_s),$$

$$W_{p,m} = \Delta x e^{-iq_x \frac{\Delta x}{2}} \sum_{s=0}^{S-1} g(x_s) \text{sinc}(Q_x) e^{-iq_x x_s}. \quad (13)$$

С учетом введенных ранее обозначений окончательное выражение для амплитуды рентгеновской волны, отраженной от СР с ЛМКС, имеет вид:

$$E_h(\vec{q}) = 2 e^{-i\frac{N-1}{2}q_x T_x} \frac{\sin(\frac{N}{2}q_x T_x)}{\sin(\frac{1}{2}q_x T_x)} \frac{\sin(q_y L_y/2)}{q_y} \times$$

$$\times \sum_{p=1}^P \frac{\sigma_p^h e^{i \sum_{r=1}^{p-1} (h\varepsilon_r - q_z) l_r}}{h\varepsilon_p - q_z} \sum_{m=1}^M e^{i(m-1) \sum_{r=1}^p (h\varepsilon_r - q_z) l_r} \times$$

$$\times \left(e^{i(h\varepsilon_p - q_z) l_p} W_{p,m} - W_{p-1,m} \right). \quad (14)$$

2.2. Интенсивность рассеяния

Полученное выражение для амплитуды рассеяния (14) подставим в уравнение (4). Множители, не зависящие от δF^m , можно вынести из под знака статистического усреднения, тогда в фигурных скобках останется:

$$\left\langle \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M e^{i(m-m') \sum_{r=1}^P (h\varepsilon_r - q_z) l_r} \times \right. \\ \times \left(e^{i(h\varepsilon_p - q_z) l_p} W_{p,m} - W_{p-1,m} \right) \times \\ \times \left(e^{-i(h\varepsilon_{p'} - q_z) l_{p'}} W_{p',m'}^* - W_{p'-1,m'}^* \right) \rangle. \quad (15)$$

Результат усреднения данного выражения зависит от значений индексов m и m' : если они не равны ($m \neq m'$), то множители в скобках усредняются независимо друг от друга; если индексы совпадают ($m = m'$), то множители в скобках являются связанными, и необходимо искать среднее их произведения. Таким образом, все выражение условно можно представить в виде суммы **двух слагаемых**:

$$\left\langle \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \right\rangle = \\ = \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \left\langle \dots \right\rangle_{m \neq m'} + \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \left\langle \dots \right\rangle_{m=m'}. \quad (16)$$

1. Рассмотрим **первое слагаемое** ($m \neq m'$):

$$\langle W_{p,m} \rangle = G_p = \Delta_x \text{sinc}(Q_x) \sum_{s=0}^{S-1} e^{i\mathcal{X}_{p,s} F} f_p^s e^{-iq_x x_s}, \quad (17)$$

$$f_p^s = \frac{1}{K} \int_{-F}^0 ds e^{i\mathcal{X}_{p,s} F} e^{-\frac{s^2}{2\sigma_0^2}} = \frac{e^{-\frac{1}{2}\mathcal{X}_{p,s}^2 \sigma_0^2}}{\text{Erf}\left(\frac{F}{\sqrt{2}\sigma_0}\right)} \times \\ \times \left(\text{Erf}\left(\frac{F}{\sqrt{2}\sigma_0} + i\frac{\mathcal{X}_{p,s}\sigma_0}{\sqrt{2}}\right) - i \text{Erfi}\left(\frac{\mathcal{X}_{p,s}\sigma_0}{\sqrt{2}}\right) \right), \quad (18)$$

где $\mathcal{X}_{p,s} = K_p \cos(kx x_s)$, тогда

$$\sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M e^{i(m-m') \sum_{r=1}^P (h\varepsilon_r - q_z) l_r} = \\ = \frac{\sin^2\left(\frac{M}{2} \sum_{r=1}^P (h\varepsilon_r - q_z) l_r\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2} \sum_{r=1}^P (h\varepsilon_r - q_z) l_r\right)} - M. \quad (19)$$

2. Рассмотрим **второе слагаемое** ($m = m'$):

$$H_{p,p'} = \langle W_{p,m} W_{p',m}^* \rangle = \Delta_x^2 \text{sinc}^2(Q_x) \times \\ \times \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{s'=0}^{S-1} e^{i(\mathcal{X}_{p,s} - \mathcal{X}_{p',s'}) F} f_{p,p'}^{s,s'} e^{-iq_x(x_s - x_{s'})}. \quad (20)$$

Множители $f_{p,p'}^{s,s'}$ уравнения (20) получаются из f_p^s заменой переменной $\mathcal{X}_{p,s}$ на разность $(\mathcal{X}_{p,s} - \mathcal{X}_{p',s'})$.

Введем обозначения:

$$\mathcal{I}_1(q_x, q_z) = \sum_{p'=1}^P \sum_{p=1}^P \frac{\sigma_p^{h'} \prod_{n=0}^{p'-1} r_n (\sigma_p^h)^* \prod_{m=0}^{p'-1} r_m^*}{(h\varepsilon_{p'} - q_z) (h\varepsilon_p - q_z)} \times \\ \times \left(r_{p'} (r_p^* H_{p',p} - H_{p',p-1}) - (r_p^* H_{p'-1,p} - H_{p'-1,p-1}) \right), \\ \mathcal{I}_2(q_x, q_z) = \left| \sum_{p=1}^P \frac{\sigma_p^h \prod_{n=0}^{p-1} r_n}{(h\varepsilon_p - q_z)} (r_p G_p - G_{p-1}) \right|^2, \quad (21)$$

где $r_p = e^{i(h\varepsilon_p - q_z) l_p}$, тогда полная интенсивность рассеяния рентгеновской волны вблизи узла обратной решетки при дифракции на СР с ЛМКС (вид ЛМКС см на рис. 1(b)) равна:

$$I_h(q_x, q_y, q_z) = 4 \frac{\sin^2(\frac{N}{2} q_x T_x) \sin^2(q_y L_y / 2)}{\sin^2(\frac{1}{2} q_x T_x) q_y^2} \times \\ \times \left(M (\mathcal{I}_1 - \mathcal{I}_2) + \frac{\sin^2\left(\frac{M}{2} \sum_{r=1}^P (h\varepsilon_r - q_z) l_r\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2} \sum_{r=1}^P (h\varepsilon_r - q_z) l_r\right)} \mathcal{I}_2 \right). \quad (22)$$

Первое слагаемое в полученном выражении описывает диффузную компоненту дифракции, второе – когерентную компоненту. Интенсивность рассеяния $I_h(q_x, q_z)$ получается интегрированием правой части выражения (22) по координате dq_y :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin^2(q_y L_y / 2)}{q_y^2} dq_y = \pi \frac{L_y}{2}, \quad L_y > 0. \quad (23)$$

Аналогичным образом может быть найдено выражение для $I_h(q_y, q_z)$. Однако форма зависимости функции $I_h(q_x, q_y, q_z)$ от аргумента dq_x существенно осложняет поиск аналитического решения, поэтому для поиска интенсивности $I_h(q_y, q_z)$ удобно использовать следующее выражение:

$$I_h(q_y, q_z) = \\ = \iint_{-\infty}^{+\infty} dx dx' \langle E_h(x, q_y, q_z) E_h^*(x', q_y, q_z) \rangle. \quad (24)$$

3. Численное моделирование

С помощью полученных выражений выполнено численное моделирование карт распределения интенсивности рассеяния вблизи узла обратной решетки от СР с ЛМКС в виде квазипериодически распределенных квантовых нитей на примере СР $(InAs)_{13}/(GaSb)_{13}$ на подложке из $GaSb(001)$ для различных ориентаций образца в падающем рентгеновском пучке.

Результаты численного моделирования представлены на рис. 4–9. На рис. 4 и 5 проводится сравнение карт распределения интенсивности $I_h(q_x, q_z)$ с различными значениями длин вертикального T_z и латерального T_x периодов; на рис. 6 показана карта рассеяния РЛ от плоской СР. Главная особенность

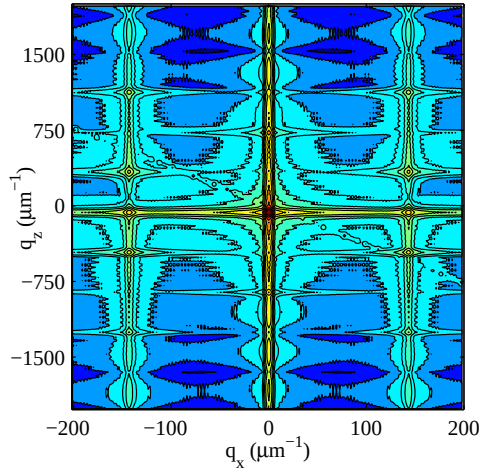


Рис. 4. $I_h(q_x, q_z)$: $l_1 = 4 \text{ nm}$, $F = 2 \text{ nm}$, $\sigma_0 = 0.2 \text{ nm}$, $T_x = 44 \text{ nm}$.

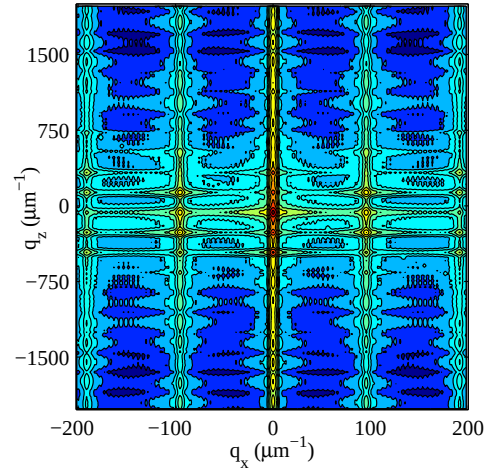


Рис. 5. $I_h(q_x, q_z)$: $l_1 = 8 \text{ nm}$, $F = 4 \text{ nm}$, $\sigma_0 = 0.4 \text{ nm}$, $T_x = 66 \text{ nm}$.

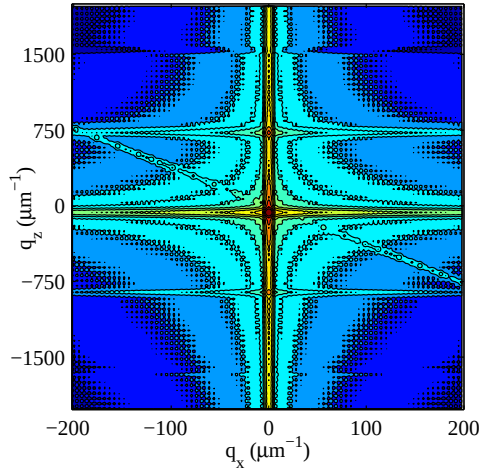


Рис. 6. $I_h(q_x, q_z)$: $l_1 = 4 \text{ nm}$, $F = 0 \text{ nm}$, $\sigma_0 = 0 \text{ nm}$, $T_x = 66 \text{ nm}$.

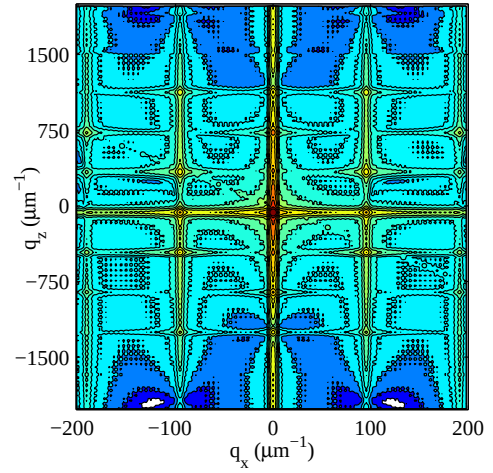


Рис. 7. $I_h(q_x, q_z)$: $l_1 = 4 \text{ nm}$, $F = 2 \text{ nm}$, $\sigma_0 = 0 \text{ nm}$, $T_x = 66 \text{ nm}$.

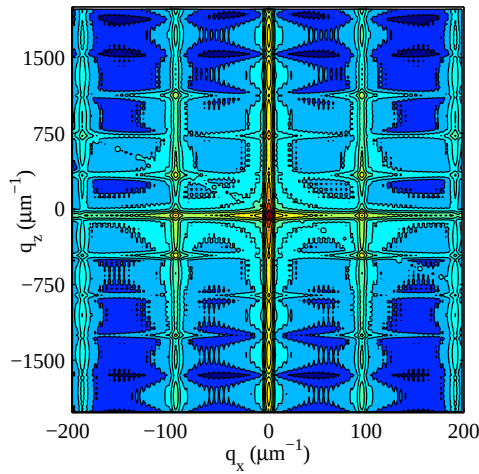


Рис. 8. $I_h(q_x, q_z)$: $l_1 = 4 \text{ nm}$, $F = 2 \text{ nm}$, $\sigma_0 = 0.4 \text{ nm}$, $T_x = 66 \text{ nm}$.

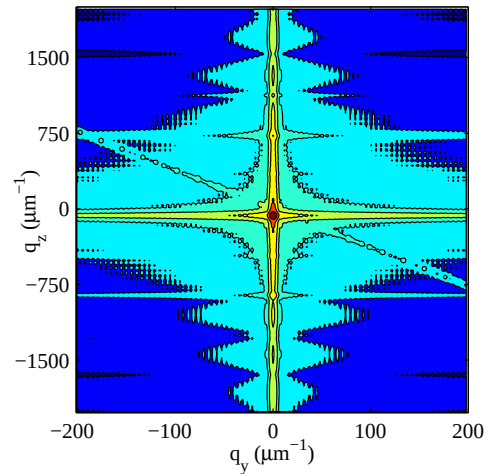


Рис. 9. $I_h(q_y, q_z)$: $l_1 = 4 \text{ nm}$, $F = 2 \text{ nm}$, $\sigma_0 = 0.2 \text{ nm}$, $T_x = 44 \text{ nm}$.

в распределении интенсивности от СР с ЛМКС, по сравнению с плоской СР, заключается в наличии дополнительных сателлитных пиков, распределенных параллельно оси q_x . Положение дополнительных пиков определяется величинами T_x и T_z : с увеличением латерального периода T_x пики смещаются к оси q_z , а с уменьшением вертикального периода T_z — удаляются от оси q_x . Высота дополнительных пиков зависит от значения амплитуды F : при $F = 0.5l_1$ высота достигает своего максимума; с уменьшением F она падает и при $F \rightarrow 0$ дополнительные пики полностью исчезают, а график распределения интенсивности рассеяния совпадает с графиком для плоской СР (рис. 6). Влияние величины стандартного отклонения σ_0 на распределение интенсивности $I_h(q_x, q_z)$ показано на рис. 7 и 8. При малых σ_0 характер распределения интенсивности рассеяния определяется преимущественно регулярной структурой ЛМКС (рис. 7), однако с увеличением σ_0 растут влияние флуктуаций и вклад диффузной компоненты в полную интенсивность (рис. 8). Для больших σ_0 острые сателлитные пики полностью подавляются диффузным фоном. На рис. 9 приведены графики распределения интенсивности рассеяния $I_h(q_y, q_z)$: дополнительные сателлитные пики, распределенные параллельно оси q_x , на картах $I_h(q_x, q_z)$ расположились на оси q_z . Это означает, что в прямом пространстве вдоль оси y отсутствует латеральная модуляция и сохраняется дополнительная периодическая структура вдоль оси z .

Выводы

Таким образом, в рамках статистической теории дифракции получены выражения, описывающие распределение интенсивности рассеяния вблизи узла обратной решетки, для СР с ЛМКС в виде квантовых нитей. Показано влияние параметров ЛМКС на распределение интенсивности рассеяния вблизи узла обратной решетки (002) таких, как длина латерального периода, толщина вертикального периода, средняя амплитуда осцилляций, величина стандартного отклонения флуктуаций амплитуды σ_0 . Сравнение карт интенсивности рассеяния в плоскостях (q_x, q_z) и (q_y, q_z) позволяет определить тип распределенных в СР квантовых объектов. Так, в случае квантовых нитей на картах интенсивности рассеяния $I_h(q_y, q_z)$ дополнительные сателлитные пики будут располагаться только на оси q_z , а в случае квантовых точек они будут распределены параллельно оси q_x . Обнаруженные особенности дифракции могут быть использованы при изучении реальных СР вида $(InAs)_n/(GaSb)_m$ с квантовыми нитями.

Литература

1. *Пунегов В.И.* Теория рассеяния рентгеновских лучей на латеральных структурах. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2007. 220 с.
2. *Nesterets Y.I., Punegov V.I.* The statistical kinematical theory of x-ray diffraction as applied to reciprocal space mapping // *Acta Cryst.* 2000. Vol. A56. P. 540–548.
3. *Li J.H., Stokes D.W., Forrest R.L.* Lateral composition modulation in InAs/GaSb superlattices // *J. Appl. Phys.* 2003. Vol. 93(1). P. 311–315.
4. *Li J.H., Moss S.C., Noshko B.Z. et al.* X-ray diffraction analysis of lateral composition modulation in InAs/GaSb superlattices intended for infrared detector applications // *IEEE Proceedings – Optoelectronics.* 2003. Vol. 150(4). P. 420–423.
5. *Li J.H., Stokes D.W., Forrest R.L.* Effect of strain on the growth of InAs/GaSb superlattices: An x-ray diffraction study // *J. Appl. Phys.* 2010. Vol. 107(12). P. 123504.

References

1. *Punegov V.I.* Teoriya rasseyaniya rentgenovskix luchej na lateral'nyx strukturax [Theory of X-ray scattering on lateral structures]. Syktyvkar: Izd-vo Syktyvskarskogo un-ta [Syktyvkar University Press], 2007. 220 p.
2. *Nesterets Y.I., Punegov V.I.* The statistical kinematical theory of x-ray diffraction as applied to reciprocal space mapping // *Acta Cryst.* 2000. Vol. A56. P. 540–548.
3. *Li J.H., Stokes D.W., Forrest R.L.* Lateral composition modulation in InAs/GaSb superlattices // *J. Appl. Phys.* 2003. Vol. 93(1). P. 311–315.
4. *Li J.H., Moss S.C., Noshko B.Z. et al.* X-ray diffraction analysis of lateral composition modulation in InAs/GaSb superlattices intended for infrared detector applications // *IEEE Proceedings – Optoelectronics.* 2003. Vol. 150(4). P. 420–423.
5. *Li J.H., Stokes D.W., Forrest R.L.* Effect of strain on the growth of InAs/GaSb superlattices: An x-ray diffraction study // *J. Appl. Phys.* 2010. Vol. 107(12). P. 123504.

Статья поступила в редакцию 19.11.2014.

УДК 544.18

ПОВЕРХНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ СИСТЕМЫ $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

М.А. ЗАСОВСКАЯ*, С.К. ИГНАТОВ**

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород
aspect51@yandex.ru

Квантово-химическим методом рассчитаны термодинамические параметры элементарных стадий гидролиза тионилхлорида (SOCl_2) в газовой фазе, протекающего с участием кластеров воды. Предполагаемый механизм включал стадии образования комплексов SOCl_2 с димерами воды, в которых протекает гидролиз связи S-Cl. Показано, что участие димеров воды приводит к значительному снижению энергии активации и ускорению процесса гидролиза.

Ключевые слова: тионилхлорид, гидролиз, теория функционала плотности, димеры воды

M.A. ZASOVSKAYA, S.K. IGNATOV. POTENTIAL ENERGY SURFACE OF THE $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ SYSTEM

Thermodynamic parameters of elementary stages of thionyl chloride (SOCl_2) hydrolysis in a gas phase proceeding with participation of water clusters, are calculated by a quantum-chemical method. The proposed mechanism included stages of formation of SOCl_2 complexes with water dimers in which hydrolysis of S-Cl bond proceeds. Optimization of molecular geometry (search of transitive conditions) was done by a method of density functional (B3LYP//6-311++G(2d,2p)). For the found stationary points calculation of oscillatory frequencies was made and thermodynamic functions (TF) in harmonious approximation were estimated. For elementary stages of hydrolysis the transitive conditions were found and energy of activation was estimated. Results show that participation of water dimers leads to considerable decrease in energy of activation and acceleration of hydrolysis process.

Keywords: thionyl chloride, hydrolysis, density functional theory, water dimers

Введение

Тионилхлорид SOCl_2 является одним из важных следовых загрязнителей атмосферы [1], гидролиз которого в атмосферном воздухе приводит к появлению сернистых и галогенсодержащих неорганических производных. Последние оказывают сильный эффект разрушения озонового слоя земли, чем объясняется интерес к изучению кинетики и механизма гидролиза SOCl_2 . Кроме того, оценка энергии связи в водных комплексах галогенидов и оксигалогенидов становится основой для совершенствования технологий очистки при получении веществ высокой чистоты, в которых продукты гидролиза являются одними из главных загрязнителей, а энергия связывания комплексов определяет теоретические пределы очистки [2].

Исследования кинетики и термодинамических характеристик гидролиза молекулы SOCl_2 с участием кластеров воды немногочисленны. В экспериментальном исследовании [3] было проведено пря-

мое определение порядка реакции и констант скорости гидролиза SOCl_2 методом Фурье-ИК спектроскопии во влажном воздухе в газовой фазе при $T=297$ К. Сделан вывод, что реакция имеет первый порядок по воде и ее константа скорости составляет $6.3 \cdot 10^{-21} \text{ см}^3 \cdot \text{молекула}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. В работе [4] проведено теоретическое исследование механизма этой реакции квантовохимическими методами MP2, DFT, CCSD и QCISD. Сравнение рассчитанных констант скорости с экспериментальными значениями показало, что, несмотря на высокий уровень теории, используемой для расчета, теоретические оценки отличаются от экспериментальных результатов на несколько порядков. Для объяснения большого различия между экспериментальными и теоретическими константами скорости в работе [4] было предложено, что ускорение объясняется реакцией с димерами воды. Рассчитанные константы скорости гидролиза SOCl_2 димерами $(\text{H}_2\text{O})_2$ в несколько раз выше, чем в случае реакции с отдельными молекулами H_2O . Но полного согласия с эксперименталь-

ными результатами достичь не удалось. В последующей работе [5] эта идея развита далее и были исследованы реакции гидролиза, протекающие с участием кластеров воды большего размера $(\text{H}_2\text{O})_n$, $n=1,3-7$. Расчеты проведены на более высоком уровне теории (B3LYP/6-311++G(3df,3pd)), и было показано, что максимальная скорость гидролиза достигается при $n=5$. Однако рассчитанная константа скорости по-прежнему недооценена на 3–6 порядков. Авторы объяснили этот факт протеканием параллельных реакций, каждая из которых увеличивает скорость процесса. Тем не менее, такое объяснение представляется маловероятным, поскольку константы скорости при $n=3,4,6,7$ на несколько порядков ниже, чем в случае реакции, обеспечивающей максимальную скорость. При этом во всех проведенных исследованиях оставалась практически неизученной поверхность потенциальной энергии (ППЭ) для системы $\text{SOCl}_2 + (\text{H}_2\text{O})_2$. Не все стационарные точки были связаны в единый путь реакции. Для ряда переходных состояний остается неясным, соответствуют ли они предполагаемым элементарным стадиям. В работе [5] сообщалось, что авторам не удалось правильно идентифицировать переходное состояние лимитирующей стадии.

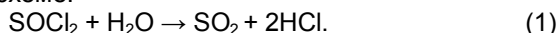
В связи с этим целью настоящей работы является детальное квантовохимическое исследование ППЭ системы $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ с акцентом на установление непрерывных путей реакции минимальной энергии и установление всех стадий механизма гидролиза с участием комплексов воды.

Методика исследования

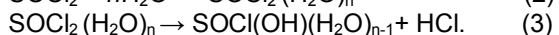
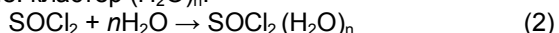
Оптимизация молекулярной геометрии осуществлялась методом функционала плотности (B3LYP/6-311++G(2d,2p)). Все квантово-химические расчеты выполнены по программе Gaussian03 [6]. Для анализа результатов и термодинамических расчетов использовалась программа Moltran [7].

Результаты и обсуждения

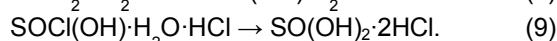
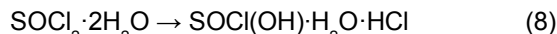
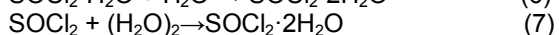
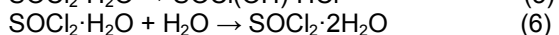
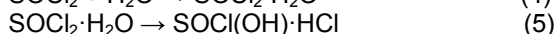
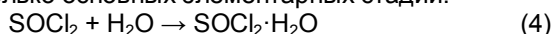
Предполагаемый механизм гидролиза в системе $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Долгое время считалось, что реакция гидролиза SOCl_2 соответствует простой схеме:



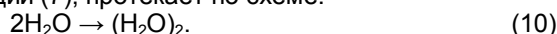
Однако теоретические оценки скорости, полученные для таких реакций квантовохимическими методами высокого уровня, отличаются от экспериментальных значений на несколько порядков. Для объяснения такого расхождения было выдвинуто предположение, что в газовой фазе в реакцию вступают не одна, а n -ное количество молекул воды, т.е. кластер $(\text{H}_2\text{O})_n$:



Но все же и эти реакции не являются элементарными. Можно допустить, что механизм включает несколько основных элементарных стадий:



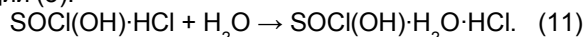
Образование димеров воды, участвующих в реакции (7), протекает по схеме:



Кроме того, наряду с этими реакциями, в системе $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ идут процессы распада комплексов с высвобождением конечных продуктов.

Реакции (2)–(10) представляют собой предполагаемый механизм гидролиза, который рассматривается в данной работе, и эта схема является простейшим вариантом кластерного механизма. Среди этих реакций ранее фрагментарно изучались стадии (4)–(5) и (8) [4–5]. Для таких реакций были найдены переходные состояния и рассчитаны кинетические параметры. Но поверхность потенциальной энергии подробно не исследовалась, в частности, не был прослежен непрерывный путь реакции и не было доказано, что найденные стационарные точки являются единственными интермедиатами и переходными состояниями данного пути.

Дополнительно для оценки понижения энергии активации за счет взаимодействия с димерами рассмотрена стадия мономолекулярного гидролиза, соответствующая реакциям (4) и (5) с последующим образованием комплекса $\text{SOCl}(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{HCl}$ за счет присоединения молекулы воды к продукту реакции (5):



Термодинамические параметры реакций гидролиза. В табл. 1 представлены термодинамические параметры предполагаемых элементарных стадий реакций гидролиза в расчете на 1 моль исходного SOCl_2 , рассчитанные на уровне B3LYP/6-311++G(2d,2p).

Из представленных данных следует, что стадии образования бинарного комплекса характеризуются типичной энергией ассоциации $15 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ (энтальпия связывания $9 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$), присоединение второй молекулы воды с образованием тернарного комплекса более выгодно и соответствует энергии связывания $29 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ (энтальпия связывания $22 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$). При этом энергия Гиббса остается положительной ($20 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ для присоединения первой молекулы воды и $17 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ для присоединения второй молекулы). Таким образом, результаты расчетов свидетельствуют, что образование тернарного комплекса несколько выгоднее образования бинарного. Это согласуется с предположением о более высокой вероятности протекания гидролиза с участием комплексов $\text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Образование димера воды энергетически более выгодно, чем образование комплекса $\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, но менее выгодно, чем присоединение к нему второй молекулы воды с образованием $\text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Анализ свободной энергии Гиббса показывает, что энергия Гиббса тримолекулярного комплекса $\text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ выше, чем комплекса $\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, т.е. концентрация тримолекулярных комплексов в рав-

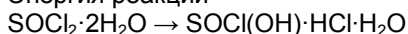
Таблица 1

Энергия, стандартные энтальпия, свободная энергия Гиббса и энтропия реакций гидролиза SOCl_2 (расчет B3LYP/6-311++G(2d,2p))

Реакция	$\Delta_r E_{\text{tot}}$, кДж моль ⁻¹	$\Delta_r H^\circ(298)$, кДж моль ⁻¹	$\Delta_r G^\circ(298)$, кДж моль ⁻¹	$\Delta_r S^\circ(298)$, Дж К ⁻¹ моль ⁻¹
$\text{SOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-14.6	-9.1	19.8	-96.9
$\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-43.7	-31.0	36.3	-225.7
$\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-29.1	-21.9	16.6	-129.1
$\text{SOCl}_2 + (\text{H}_2\text{O})_2 \rightarrow \text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-22.9	-17.2	24.3	-139.2
$\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}_2 + (\text{H}_2\text{O})_2$	-6.2	-4.7	-7.7	10.1
$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{H}_2\text{O})_2$	-20.8	-13.8	12.0	-86.5
$\text{SOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}(\text{OH}) + \text{HCl}$	4.3	-1.9	0.9	-9.4
$\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl}$	20.5	7.9	12.8	-16.4
$\text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}(\text{OH}) \cdot \text{HCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$	13.8	5.8	1.3	15.1
$\text{SOCl}(\text{OH}) \cdot \text{HCl} \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{HCl}$	28.2	19.6	23.2	-12.1
$\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}(\text{OH}) \cdot \text{HCl}$	12.0	4.4	1.6	9.4

новесной газовой смеси ниже, чем концентрация бимолекулярных.

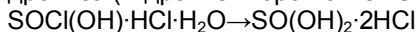
Энергия реакции



на уровне B3LYP/6-311++G(2d,2p) около 14 кДж·моль⁻¹, соответствующая энтальпия составляет 6 кДж·моль⁻¹.

Анализ энергий гидролиза по первой и по второй связям S-Cl с образованием изолированных $\text{SOCl}(\text{OH})$ и H_2SO_3 показывает, что на уровне DFT обе эти реакции слабо эндотермичны, причем гидролиз по второй связи менее выгоден. Энергия Гиббса при гидролизе по первому атому хлора меньше, чем по второму атому. Это тоже свидетельствует о том, что гидролиз по первому атому хлора более выгодный процесс по сравнению с гидролизом второй связи.

Термодинамические параметры полной реакции гидролиза (гидролиз второй связи S-Cl)

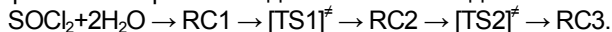


характеризуются энергией гидролиза 28 кДж·моль⁻¹ (энтальпия связывания 19 кДж·моль⁻¹). Энергия Гиббса при этом также остается положительной 23 кДж·моль⁻¹. Это подтверждает менее выгодный процесс гидролиза по второй связи.

Переходные состояния, реакционные пути и кинетические параметры гидролиза в бимолекулярном комплексе. Для определения кинетических параметров был проведен поиск переходных состояний соответствующих элементарных реакций.

Мономолекулярный гидролиз в комплексе $\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ протекает через переходное состояние TSA, аналогичное найденным в предыдущих работах [4, 5]. Энергия активации этой реакции составляет 96.3 кДж моль⁻¹. Продуктом этой реакции является комплекс $\text{SOCl}(\text{OH}) \cdot \text{HCl}$, который может распадаться на изолированные молекулы или присоединять дополнительную молекулу H_2O , образуя комплекс $\text{SOCl}(\text{OH}) \cdot \text{HCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (обозначаемый здесь и далее как реакционный комплекс RC3). В этом комплексе происходит гидролиз по второй связи S-Cl, механизм которого одинаков для бимолекулярного (через $\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и тримолекулярного (через $\text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) путей.

Поиск переходного состояния реакции гидролиза по первой связи S-Cl на поверхности потенциальной энергии системы $\text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, рассчитанной на уровне B3LYP/6-311++G(2d,2p), привел к структуре TS1 (рис. 1). Построение пути реакции минимальной энергии, проводимое методом IRC [8] в направлении обратной реакции, приводит к исходному комплексу RC1. Однако неожиданно оказалось, что построение пути реакции минимальной энергии с помощью процедуры IRC в прямом направлении реакции приводит не к конечному комплексу RC3, а к новому интермедиату, обозначенному как RC2. Этот интермедиат представляет собой комплекс молекулы SOCl_2 , в которой она имеет искаженную структуру с почти плоской геометрией, координированную с H_2O и HCl (рис.1). Длины связи S-Cl в этом комплексе хотя и заметно удлинены, остаются близки к длинам связи исходной молекулы SOCl_2 . Интермедиат RC2 распадается с образованием комплекса RC3 через еще одно переходное состояние TS2. В этом комплексе структура уже соответствует молекуле SOCl_2 с удлинённой связью S-Cl, координированной с HCl и H_2O . Интермедиат RC2 представляет неглубокий минимум ППЭ, энергия активации реакции через TS2 составляет всего 6.2 кДж·моль⁻¹. Таким образом, можно сделать вывод, что реакция гидролиза по первой связи протекает через последовательные стадии



Подчеркнем, что для всех стадий этой схемы построены непрерывные пути реакции минимальной энергии (расчет B3LYP/6-311++G(2d,2p)), которые исключают возможность существования каких-либо дополнительных стационарных точек ППЭ этой системы.

Гидролиз по второй связи S-Cl протекает путем обычной мономолекулярной реакции



в которой PC обозначает продуктовый комплекс $\text{SO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{HCl}$. На уровне B3LYP/6-311++G(2d,2p) существуют две структуры, изображенные на рис.1 как PCa и PCb, причем процедура IRC приводит из TS3 только к PCa. PCb на этом уровне теории представляет собой побочный продукт, образова-

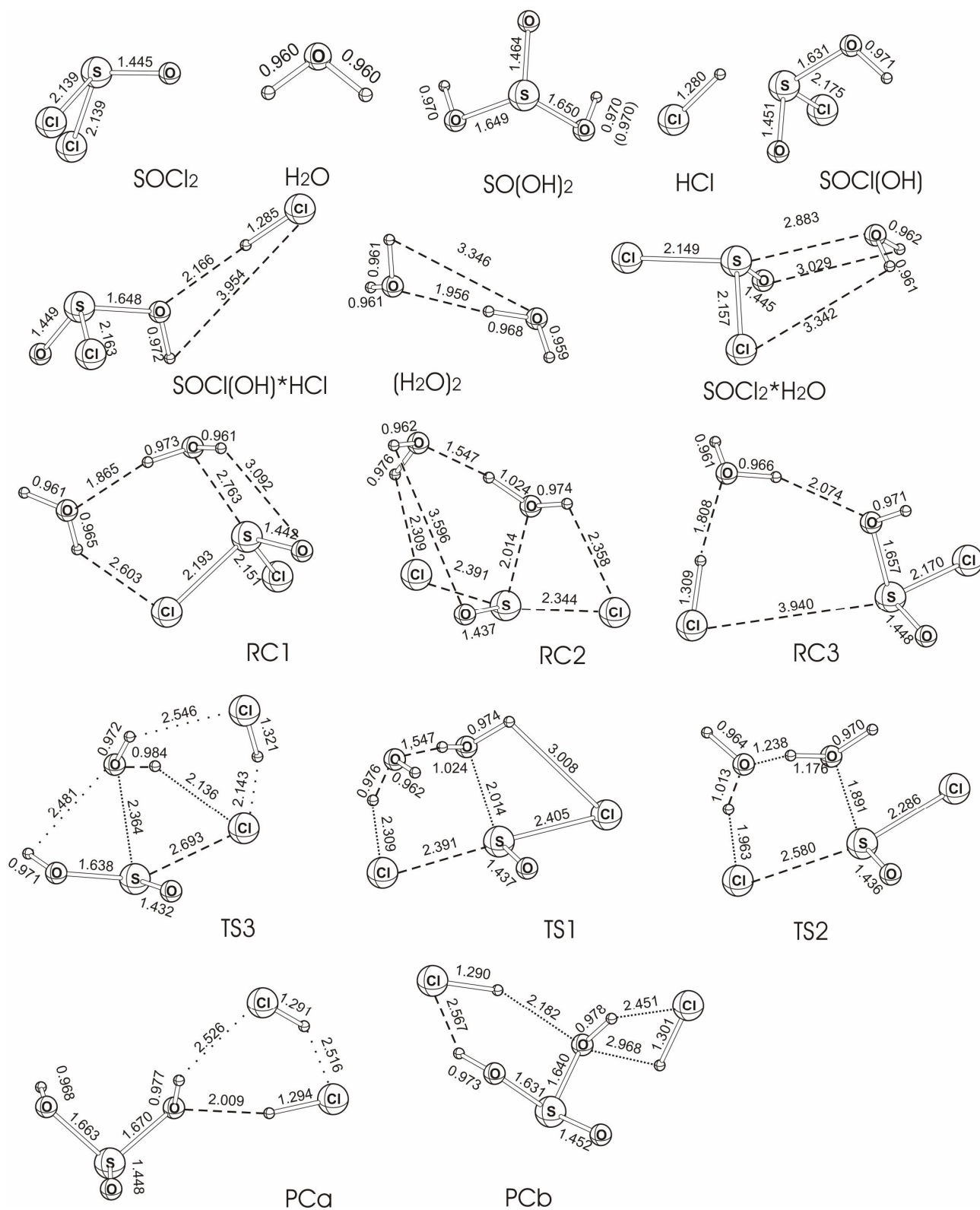
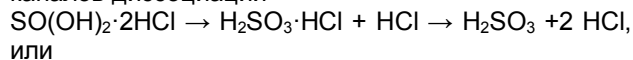
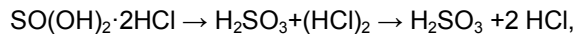


Рис. 1. Структуры реагентов (SOCl_2 , H_2O), продуктов (SO(OH)_2 , HCl) и интермедиатов гидролиза в системе $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, оптимизированные на уровне B3LYP/6-311++G(2d,2p).

ние которого представляет собой параллельную реакцию (эта реакция здесь не рассматривается). Несмотря на это, и независимо от вида структуры (PCa или PCb), комплекс должен распадаться на изолированные продукты H_2SO_3 и HCl по одному из каналов диссоциации



или



причем комплекс $\text{H}_2\text{SO}_3 \cdot \text{HCl}$ заметно стабильнее, чем $(\text{HCl})_2$ на обоих уровнях расчета.

Структуры и геометрические параметры всех найденных стационарных точек, оптимизированные методом DFT, приведены на рис.1. Все описанные выше стадии вместе с параллельными стадиями бимолекулярного гидролиза $\text{SOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ изображены на диаграмме ППЭ (рис.2). Между всеми стационарными точками ППЭ, изображенными на рис. 2, рассчитаны непрерывные пути реакции с помощью процедуры IRC на уровне B3LYP/6-311++G(2d,2p)).

Как видно из диаграмм рисунков 2 и 3, бимолекулярный гидролиз по первой связи S-Cl в тернарном комплексе $\text{SOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ имеет более низкий барьер активации по сравнению с бимолекулярной реакцией как с точки зрения энергии реакции, так и с точки зрения $\Delta G^0(298)$. Причем энергия активации тримолекулярной реакции понижается по сравнению с бимолекулярным механизмом более чем на 50 кДж моль⁻¹. Таким образом, при высокой температуре должна превалировать реакция в бимолекулярном комплексе, в то время как при более низких температурах выгоднее становится реакция в тримолекулярном комплексе. В последнем случае лимитирующей стадией становится стадия гидролиза второй связи S-Cl, протекающая через TS3. Это может приводить к различному соотношению продуктов гидролиза при высоких и низких температурах и, в принципе, может служить путем экспериментального подтверждения результатов, полученных в данной работе.

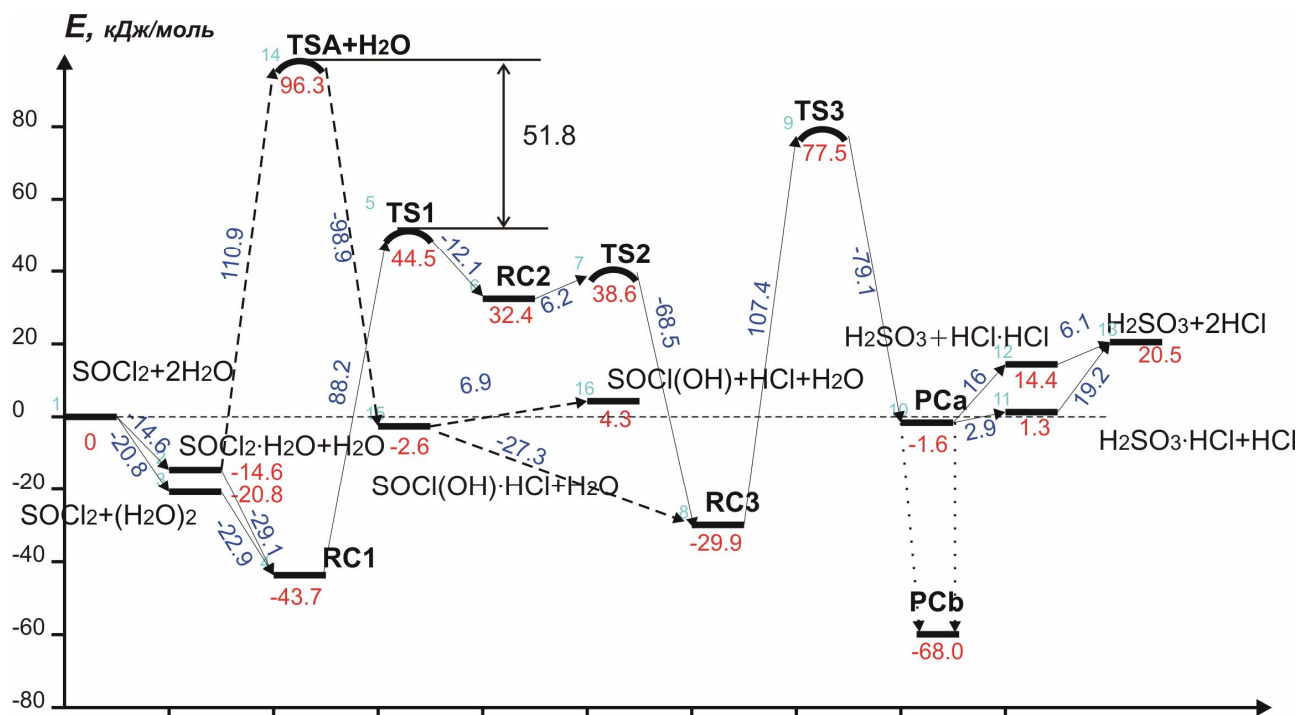


Рис.2. Диаграмма потенциальной энергии системы $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (расчет B3LYP/6-311++G(2d,2p)).

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что рис.2 представляет собой непрерывный путь реакции (7), для которого нет дополнительных, кроме описанных выше, элементарных стадий.

Анализ диаграммы ППЭ показывает, что лимитирующей стадией реакции (7) является стадия



энергия активации которой составляет 107.3 кДж моль⁻¹ (энергия переходного состояния относительно исходных реагентов 77.5 кДж моль⁻¹). Энергетические и термодинамические параметры активации всех найденных переходных состояний даны в табл. 2.

На рис.3 представлена диаграмма изменения стандартной энергии Гиббса $\Delta G^0(298)$ для всех найденных в данной работе стационарных точек ППЭ.

Заключение

Квантовохимическим методом (B3LYP/6-311++G(2d,2p)) изучены элементарные стадии газофазного гидролиза реакции тионилхлорида, протекающего в комплексах с одной и двумя молекулами воды. Определены термодинамические параметры элементарных стадий гидролиза и построены непрерывные пути реакции, соединяющие все найденные на ППЭ стационарные точки.

Полученные данные подтверждают сделанные ранее выводы о том, что механизм гидролиза в тримолекулярном комплексе имеет более низкие активационные барьеры как с точки зрения энергии, так и свободной энергии Гиббса. Энергия активации

Таблица 2

Рассчитанные (B3LYP/6-311++G(2d,2p)) полные энергии переходных состояний ($E_{tot}^{\ddagger}$, а.е.), стандартные кинетические параметры элементарных стадий гидролиза $SOCl_2$ (кДж/моль) и мнимые частоты переходных состояний (cm^{-1})

Реакция	E_a , кДж/моль	$\Delta H^{\ddagger}(298)$, кДж/моль	$\Delta G^{\ddagger}(298)$, кДж/моль	$\Delta S^{\ddagger}(298)$, Дж/К ⁻¹ моль	ν_{im} , см ⁻¹
RC1 → [TS1] → RC2	88.2	85.1	99.0	46.6	104i
RC2 → [TS2] → RC3	6.2	-5.6 ^a	0.6	-20.8	470i
RC3 → [TS3] → PC	107.3	103.8	122.9	-64.1	107i

Примечание. Отрицательное значение возникает как результат неточного учета термических поправок в гармоническом приближении для существенно ангармонической системы. При практических расчетах кинетических характеристик это значение должно быть принято за нулевое.

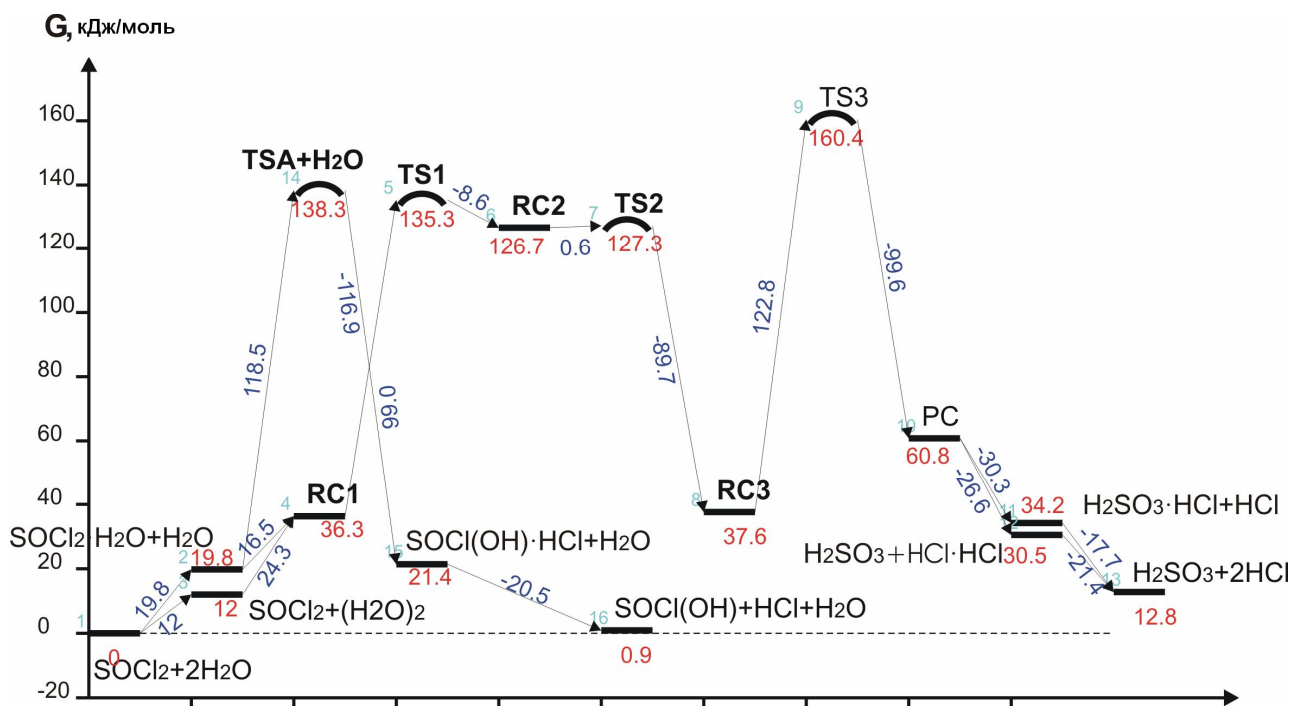


Рис.3. Диаграмма энергии Гиббса системы $SOCl_2 + 2H_2O$ (расчет B3LYP/6-311++G(2d,2p)).

в этом случае ниже энергии активации бимолекулярной реакции на 52 кДж моль⁻¹. Лимитирующей стадией тримолекулярного гидролиза является стадия гидролиза по второй связи S-Cl. Ее энергия активации относительно $SOCl_2 + 2H_2O$ составляет 77.5, энергия активации Гиббса -160.4 кДж моль⁻¹.

По сравнению со стадией бимолекулярного гидролиза, тримолекулярный гидролиз должен иметь несколько иное распределение продуктов гидролиза по первой и второй связям S-Cl, что в принципе может быть зарегистрировано в эксперименте. Обнаружено, что гидролиз по первой связи S-Cl протекает через последовательность двух элементарных стадий через локальный минимум на ППЭ RC2, в котором $SOCl_2$ координирован с водой и имеет почти плоскую структуру.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-03-00585).

Литература

1. Finlayson-Pitts, B.J.; Pitts, J.N., Jr. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Academic Press: New York. 1999. p. 289
2. Devyatykh, G.G.; Bulanov, A.D.; Gusev, A.V.; Sennikov, P.G.; Prokhorov, A.M.; Dianov, E.M.; Pohl, H.-J.: Synthesis of High-Purity Monoisotope Silicon-28// Doklady Akademii Nauk. 2001. Volume 376. № 4-6. p 46
3. Johnson, T.J.; Disselkamp, R.S.; Su, Y.-F.; Fellows, R.J.; Alexander, M.L.; Driver, C.L.: Gas-phase Hydrolysis of $SOCl_2$: Implications for Its Atmospheric Fate // J. Phys. Chem. A. 2003. №107. pp. 6183-6190.
4. Ignatov, S.K.; Sennikov, P.G.; Razuvaev.: Ab initio and DFT study of the molecular mechanisms of SO_3 and $SOCl_2$ reactions with water in the gas phase // J. Phys. Chem. A. 2004. №108. pp. 3642-3649

5. *Yeung, C.S.; Ng, P.S.; Guan, X.; Phillips, D.L.*: Water-Assisted Dehalogenation of Thionyl Chloride in the Presence of Water Molecules// *J. Phys. Chem. A*. 2010. №114. pp. 4123–4130
6. *M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, G.E. Scuseria, M.A. Rob, J.R. Cheeseman, J.A. Montgomery Jr., T. Vreven, K.N. Kudin, J.C. Burant, J.M. Millam, S.S. Iyengar, J. Tomasi, V. Barone, B. Mennucci, M. Cossi, G. Scalmani, N. Rega, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, M. Klene, X. Li, J.E. Knox, H.P. Hratchian, J.B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J.W. Ochterski, P.Y. Ayala, K. Morokuma, G.A. Voth, P. Salvador, J.J. Dannenberg, V.G. Zakrzewski, S. Dapprich, A.D. Daniels, M.C. Strain, O. Farkas, D.K. Malick, A.D. Rabuck, K. Raghavachari, J.B. Foresman, J.V. Ortiz, Q. Cui, A.G. Baboul, S. Clifford, J. Cioslowski, B.B. Stefanov, G. Liu, A. Liashenko, P. Piskorz, I. Komaromi, R.L. Martin, D.J. Fox, T. Keith, M.A. Al-Laham, C.Y. Peng, A. Nanayakkara, M. Challacombe, P.M.W. Gill, B. Johnson, W. Chen, M.W. Wong, C. Gonzalez, and J.A. Pople, Gaussian 03 (Gaussian, Inc., Wallingford, CT, 2003).*
7. *S.K. Ignatov*, Moltran v.2.5 - Program for molecular visualization and thermodynamic calculations, University of Nizhny Novgorod, 2004, <http://www.unn.ru/chem/moltran>
8. *C. Gonzalez, H. B. Schlegel*: Reaction Path Following in Mass-Weighted Internal Coordinates// *J. Phys. Chem.* 1990. №94. pp. 5523-5527.

Статья поступила в редакцию 01.08.2014.

УДК 541. 122: 538. 214

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ И ЭПР-СПЕКТРЫ ПОЛИМОРФНЫХ МОДИФИКАЦИЙ Bi_3NbO_7

Н.А. ЖУК*, В.П. ЛЮТОЕВ**, Н.В. ЧЕЖИНА***

ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар**Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*****Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
nzhuck@mail.ru*

Методами магнитной восприимчивости и ЭПР изучены магнитные характеристики образцов полиморфных модификаций Bi_3NbO_7 . Парамагнитная составляющая магнитной восприимчивости тетрагональной фазы превышает величину магнитной восприимчивости кубической. В спектрах ЭПР обнаружены сигналы, отнесенные к ферромагнитному резонансу (ФМР). Рассчитанная по данным магнитной восприимчивости молярная доля ниобия (IV) в образце тетрагональной фазы составляет 0.0038.

Ключевые слова: ниобат висмута, флюоритоподобная структура, полиморфные модификации

N.A. ZHUK, V.P. LYUTOEV, N.V. CHEZHINA. MAGNETIC SUSCEPTIBILITY AND EPR SPECTRA OF POLYMORPHIC MODIFICATIONS Bi_3NbO_7

The magnetic parameters of samples of polymorphic modifications Bi_3NbO_7 were studied by magnetic susceptibility and ESR methods. The paramagnetic component of the magnetic susceptibility of a tetragonal phase exceeds the value of the magnetic susceptibility cubic. The signals of ferromagnetic resonance (FMR) were detected by ESR. Molar fraction of niobium (IV), calculated according to the magnetic susceptibility, in the sample tetragonal phase is 0.0038.

Keywords: bismuth niobate, fluorite-like structure, phase transition, polymorphic modifications

Введение

Твердые электролиты на основе оксида висмута (III) обладают высокой кислородной проводимостью и перспективны в качестве материалов для кислородных сенсоров и кислородпроводящих мембран каталитических реакторов [1]. Необходимая для практического применения ионная проводимость в кубической высокотемпературной фазе оксида висмута ($\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$) достигается при температуре 730 °C и равна 1.0 См/см [2].

Высокопроводящая δ -фаза оксида висмута стабильна в узком температурном интервале от 730 °C – 825 °C [3]. Установлено, что стабилизировать $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ можно путем частичного изовалентного замещения висмута трехвалентными ионами (Gd, Y, Er) или гетеровалентного замещения (Nb, Ta, W) [4–7]. Твердые растворы проявляют смешанную электронно-ионную проводимость и перспективны для использования в электрохимических устройствах [8, 9].

Наибольший интерес представляет вариант замещения висмута атомами ниобия вследствие высокой стабильности образующейся кубической фазы при комнатной температуре. Исследования фазовой диаграммы в бинарной системе $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ показали, что в системе при молярном соотно-

шении атомов висмута и ниобия $1/0 \leq n(\text{Bi})/n(\text{Nb}) \leq 5/3$ формируются четыре типа кристаллических структур, производных от структуры флюорита (типы I – IV) [10].

Кубическая структура типа II образуется при содержании атомов ниобия от 6 до 25 молярных процентов, состав твердого раствора, в котором четверть атомов висмута заменена на атомы ниобия и описывается стехиометрической формулой Bi_3NbO_7 . Ниобат висмута Bi_3NbO_7 кристаллизуется в двух полиморфных модификациях – тетрагональной (тип III) и кубической (тип II) [11]. Тетрагональная фаза образуется в температурном интервале от 800 °C до 900 °C и стабильна при охлаждении до комнатной температуры, за пределами этого температурного интервала (от 750 °C) синтезируется кубическая фаза [10–12].

Кубический ниобат висмута имеет дефектную флюоритоподобную структуру ($Fm\bar{3}m$, $a = 0.548$ нм), в которой атомы висмута и ниобия распределяются в одной системе кристаллографических позиций [5]. Атомы ниобия имеют искаженную октаэдрическую координацию, в кристаллической структуре ниобий-кислородные октаэдры объединяются кислородными атомами в цепочки и блоки [10,11,13]. Кристаллическая структура ниобата висмута тетрагональной модификации описывается пространственной

группой $\bar{1}4m2$ и представляет собой слоистую структуру, гибридную от структур пирохлора и флюорита. В тетрагональной фазе ниобий-кислородные октаэдры образуют бесконечные цепочки и тетраэдрические кластеры [7,11].

Ниобат висмута уступает $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ по величине электропроводности за счет сокращения доли кислородных вакансий [8]. К увеличению электропроводности приводит гетеровалентное замещение атомов ниобия атомами 3d-элементов, циркония, иттрия, вольфрама, эрбия [14–16]. Природа носителей тока и механизм электропроводности ниобата висмута изучены в работах [17,18]. Установлено, что в образцах ниобата висмута реализуется электронно-ионная проводимость. Значительный вклад электронной в общую проводимость наблюдается при температуре ниже 600 °С, а возникновение электронной проводимости связывают с наличием малой доли ионов ниобия (IV), расположенных в цепях ниобий-кислородных октаэдров.

В настоящей работе исследованы тетрагональная и кубическая модификации ниобата висмута Bi_3NbO_7 методами ЭПР и магнитной восприимчи-

вости с целью выявления в них особенностей меж-атомных взаимодействий и электронного состояния атомов ниобия.

Экспериментальная часть

Образцы ниобата висмута обеих модификаций синтезированы стандартным керамическим методом из оксидов висмута (III) и ниобия (V) квалификации “ос.ч.” при температуре 650 °С, 750 °С, 850 °С и 1000 °С соответственно. Препараты обеих модификаций получены из одной шихты поэтапным прокаливанием при повышенной температуре. Образцы кубической модификации ниобата висмута получены при 750 °С и 1000 °С, тетрагональной – при 850 °С в течение 10 час. Однофазность препаратов установлена методами рентгенофазового анализа (ДРОН-4-13, $\text{CuK}\alpha$ -излучение) и электронной сканирующей микроскопии (спектрометр фирмы Link) (рис. 1), параметры элементарной ячейки рассчитаны с использованием пакета программ CSD [19]. Параметры элементарной ячейки образцов кубической и тетрагональной модификаций соответствуют литературным данным [5,17] и составляют 0.5478 нм ($Fm3m$) и

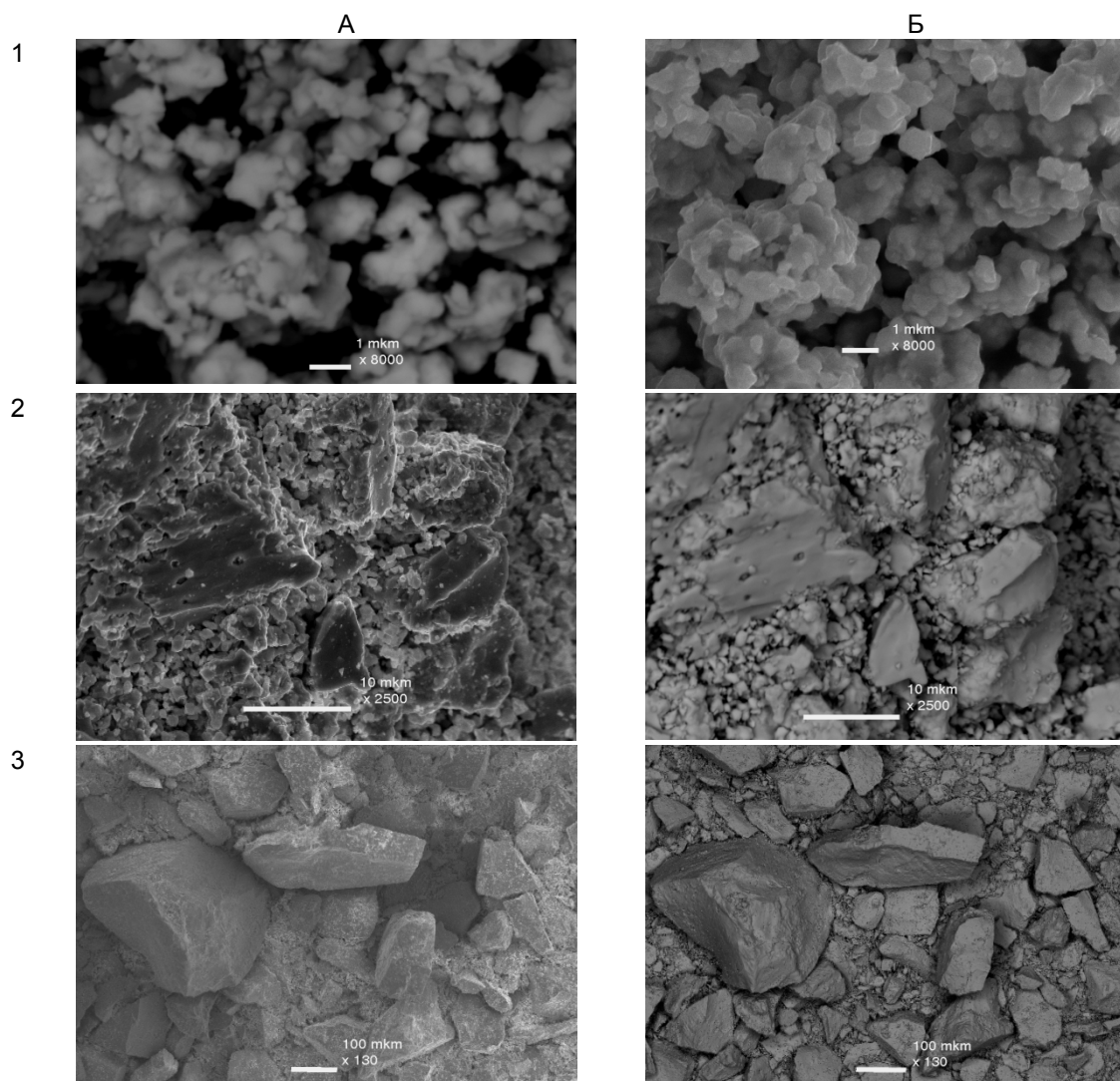


Рис. 1. Изображения микроструктуры поликристаллических образцов Bi_3NbO_7 после термообработки при 750 °С (1), 850 °С (2) и 1000 °С (3) в режиме упругоотраженных (А) и вторичных электронов (Б).

$a = 0.5457$ нм, $c = 0.5536$ нм ($P4/mmm$). Количественный анализ содержания катионов металлов в образцах проведен методом атомно-эмиссионной спектроскопии (спектрометр SPECTRO CIROS с индуктивно-связанной плазмой). В результате анализа установлено, что содержание атомов висмута и ниобия соответствует стехиометрическому составу ниобата висмута. Точность относительных измерений составила 10 %.

Спектры ЭПР порошковых препаратов, помещенных в кварцевую ампулу, регистрировались на радиоспектрометре X-диапазона SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) при комнатной температуре. Навеска препарата составляла 300 мг. Мощность СВЧ-излучения – 70 мВт, амплитуда ВЧ-модуляции $B_m = 0.2$ мТ. В пострегистрационной процедуре спектры очищены от сигналов ампулы и отнормированы на один вес и усиление прибора.

Измерения магнитной восприимчивости образцов кубической и тетрагональной модификаций проведены по методу Фарадея в интервале температур 77 – 400 К при 16 фиксированных значениях температуры и напряженности магнитного поля 724, 633, 523 и 364 мТ. Точность относительных измерений составила 2%. На основании измерений рассчитаны значения удельной магнитной восприимчивости ниобата висмута тетрагональной и кубической модификаций в зависимости от температуры.

Результаты и обсуждение

В результате измерений магнитной восприимчивости образцов кубической и тетрагональной модификаций установлено, что в обеих фазах ниобата висмута наблюдается зависимость восприимчивости от температуры, что свидетельствует о наличии парамагнитной составляющей магнитной восприимчивости, при этом магнитная восприимчивость тетрагональной модификации превышает восприимчивость кубической (рис. 2).

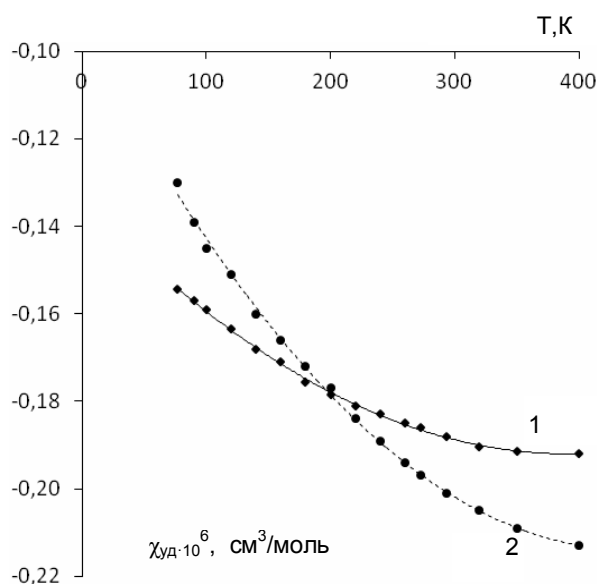


Рис.2. Температурные зависимости удельной магнитной восприимчивости Bi_3NbO_7 кубической (1) и тетрагональной (2) модификаций.

С целью выяснения природы парамагнетизма ниобата висмута проведены исследования тех же образцов методом ЭПР и их прекурсоров – оксидов висмута(III) и ниобия (V). В идентичных для препаратов обеих модификаций условиях съемки на спектрах ЭПР обнаружено два типа сигналов (рис. 3). Один из них является широкой ($\Delta B_{pp} = 60\text{--}90$ мТ) асимметричной линией низкой интенсивности с g-фактором, равным 2.1–2.2, который может быть отнесен к усредненному сигналу ФМП от магнитно-упорядоченных частиц. Интегральная интенсивность этого компонента в тетрагональной фазе вдвое больше, чем в образцах кубической модификации. Второй тип линий, наиболее ярко проявленный в образцах кубической модификации, представляет собой набор узких линий, положение которых изменяется при вращении пробирки в резонаторе. Вероятно, наличие таких сигналов связано с крупными магнитоупорядоченными зернами вещества.

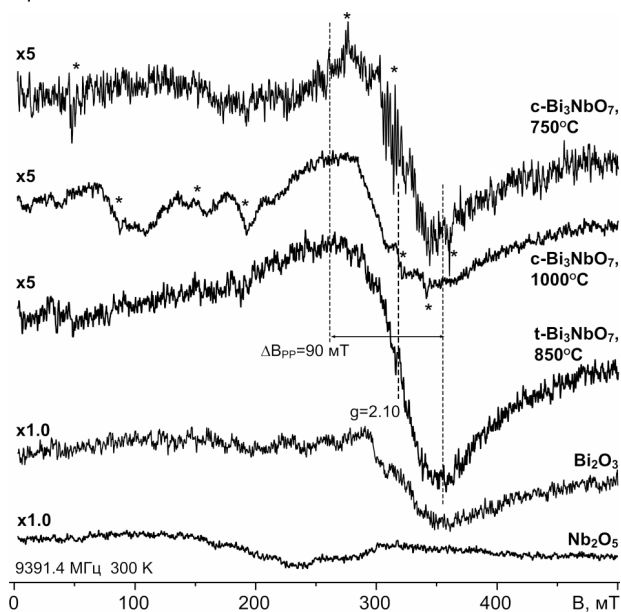


Рис.3. Спектры ЭПР полиморфных модификаций ниобата висмута Bi_3NbO_7 и оксидов висмута (III) и ниобия (V).

*Над спектрами слева приведено усиление прибора при их регистрации. Нестационарные линии в спектрах отмечены звездами.

Линий сверхтонкой структуры от изолированных ионов ниобия (IV) не наблюдалось. Отсутствие характерного сигнала в спектре ЭПР от ниобия (IV), очевидно, связано с тем, что спектры ЭПР для ионов с конфигурацией d^1 можно наблюдать только при очень низких температурах из-за наличия низколежащих возбужденных состояний, приводящих к короткому времени релаксации и большой ширине линий поглощения [20].

Суммируя результаты исследований методами ЭПР и магнитной восприимчивости образцов ниобата висмута, для объяснения парамагнитных свойств тетрагональной и кубической фаз можно предложить две версии. В рамках первой, парамаг-

нетизм ниобата висмута обусловлен присутствием в следовых количествах фазовых примесей из прекурсора – оксида висмута (III), на что указывает наличие в спектрах ЭПР ниобатов и оксида Bi(III) однотипного сигнала с $g = 2.1-2.2$. Спектры ЭПР образцов кубической модификаций, синтезированных из одной шихты и при разной температуре – 750 °C и 1000 °C, отличаются количеством нестационарных линий при одинаковой интегральной интенсивности полосы с g -фактором 2.1-2.2, что может быть связано с фазовыми преобразованиями примесей при температуре синтеза высокотемпературной кубической модификаций. При этом остается пока неясной причина двукратного отличия интегральной интенсивности линии с g -фактором 2.1-2.2 в спектре тетрагональной фазы по сравнению с кубической и величин магнитной восприимчивости обеих фаз, если принять во внимание тот факт, что тетрагональная фаза получена из кубической, синтезированной при 750 °C, а кубическая – из тетрагональной.

Согласно второй версии, парамагнетизм фаз ниобата висмута возникает за счет примесных парамагнитных атомов из прекурсоров и ниобия (IV) в ниобате висмута. Отличия в магнитной восприимчивости образцов тетрагональной и кубической модификаций обусловлены либо неодинаковым содержанием атомов ниобия (IV), либо присутствием магнитных кластеров из парамагнитных ионов ниобия (IV) в структуре тетрагональной фазы ниобата висмута.

Уменьшение доли ниобия (IV) в кубической фазе может быть связано с окислением ниобия (IV) до Nb(V) при высокотемпературной термообработке. В таком случае, по данным магнитной восприимчивости можно рассчитать превышение мольной доли атомов ниобия (IV) в тетрагональной фазе по сравнению с кубической [21]. Расчет произведен в предположении постоянного содержания примесных атомов в обеих фазах и переменного – парамагнитных атомов ниобия (IV), и представлении тетрагональной фазы как твердого раствора кубической модификации, в которой часть атомов ниобия (V) (обозначено за x) заменена на Nb(IV) – $\text{Bi}_3\text{Nb(V)}_{1-x}\text{Nb(IV)}_x\text{O}_{7-\Delta}$.

Зависимость парамагнитной составляющей магнитной восприимчивости твердого раствора от содержания парамагнитных атомов в диамагнитной матрице (растворителе) и температуры выражается формулой:

$$\chi_{\text{пара}} = \frac{\chi_{\text{Р-РА}} M_{\text{Р-РА}} - \chi_{\text{Р-ЛЯ}} (1-x)}{x} - \sum \chi^{\text{диа}}$$

где $\chi_{\text{Р-РА}}$ и $\chi_{\text{Р-ЛЯ}}$ – удельная магнитная восприимчивость твердого раствора и растворителя, $\text{см}^3/\text{моль}$; $M_{\text{Р-РА}}$ и $M_{\text{Р-ЛЯ}}$ – молярная масса твердого раствора и растворителя, $\text{г}/\text{моль}$; x – мольная доля парамагнитных атомов, $\sum \chi^{\text{диа}}$ – сумма диамагнитных составляющих восприимчивости всех атомов, входящих в состав твердого раствора, $\text{см}^3/\text{моль}$; n – число неспаренных электронов у Nb(IV).

Мольная доля атомов ниобия (IV) в твердом растворе оценена по приближенной формуле:

$$x = \frac{M_{\text{Р-РА}} (\chi_{\text{Р-РА}} - \chi_{\text{Р-ЛЯ}})}{\chi_{\text{пара}} + \sum \chi^{\text{диа}}} = \frac{831,846 (\chi_{\text{Р-РА}} - \chi_{\text{Р-ЛЯ}})}{\frac{n(n+2) \cdot 10^6}{8T} - 217,93}.$$

В результате расчета установлено, что доля атомов ниобия (IV) в тетрагональной фазе лишь на 0,38 мольных процента больше, чем в кубической, и из-за малости величины не может оказывать заметного влияния на электрофизические свойства соединения, как это отмечено в работах [17,18].

Предположение о возможности образования магнитных кластеров из парамагнитных атомов в тетрагональной фазе базируется на особенностях ее кристаллического строения. Как установлено в работах [7,10,11,13], в кристаллической структуре образуются полиатомные группировки – тетраэдрические кластеры и цепи ниобий-кислородных октаэдров, представляющие собой структурные звенья пирохлора. В таких тетраэдрах за счет косвенного обменного взаимодействия восприимчивость парамагнитных атомов может усиливаться [21]. Не исключается присутствие парамагнитных атомов, в том числе ниобия (IV) в кубической фазе, но из-за малого их количества и фрагментарного распределения вклад в магнитную восприимчивость оказывается не столь значительным.

Заключение

Методами ЭПР и магнитной восприимчивости зафиксирован парамагнетизм образцов полиморфных модификаций ниобата висмута Bi_3NbO_7 . Интенсивность парамагнитного эффекта в тетрагональной фазе в два раза выше, по сравнению с кубической. Высказано предположение, что проявляемые свойства образцов обусловлены присутствием Nb(IV) и примесных парамагнитных атомов, унаследованных от оксида висмута (III). По расчетным данным, доля атомов ниобия (IV) в тетрагональной фазе на 0,38 мольных процента больше, чем в кубической. Отличие в величинах удельной магнитной восприимчивости образцов полиморфных модификаций связано с образованием магнитных кластеров из парамагнитных ионов ниобия (IV) в структуре тетрагональной фазы ниобата висмута.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории “Экоаналит” Института биологии Коми НЦ УрО РАН А.Н.Низовцеву и Ж.А.Лыткину за химический анализ образцов методом АЭС, сотруднику Института геологии Коми НЦ УрО РАН В.Н.Филиппову за исследования образцов методом электронной сканирующей микроскопии.

Литература

1. Shuk P., Wiemhofer H. D., Guth U., Gopel M. Oxide ion conducting solid electrolytes based on Bi_2O_3 // Solid State Ionics. 1996. Vol. 89. P. 179.
2. Takahashi T., Iwahara H., Esaka T. Conduction in Bi_2O_3 -based oxide ion conductor under low oxygen pressure. II. Determination of the partial electronic conductivity// J.

- Appl. Electrochem. 1977. Vol. 7. No. 4. P. 303.
3. Harwig H. Electrical properties of the α , β , γ , and δ phases of bismuth sesquioxide// J. Solid State Chem. 1978. Vol. 26. No. 3. P. 265.
 4. Struzik M., Liu X., Abrahams I., Krok F., Malys M., Dygas J.R. Defect structure and electrical conductivity in the pseudo-binary system $\text{Bi}_3\text{TaO}_7\text{--Bi}_3\text{NbO}_7$ // Solid State Ionics. 2012. Vol. 218. P. 25.
 5. Castro A., Aguado E., Rojo J.M., Herrero P., Enjalbert R., Galy J. The New Oxygen-Deficient Fluorite Bi_3NbO_7 : Synthesis, Electrical Behavior and Structural Approach// Mater. Res. Bull. 1998. Vol. 33. P. 31.
 6. Zhou W. Defect Fluorite Superstructures in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--WO}_3$ System// J. Solid State Chem. 1994. Vol. 108. P. 381.
 7. Ling C.D. Structural Relationships among Bismuth-Rich Phases in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$, $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Ta}_2\text{O}_5$, $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--MoO}_3$, and $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--WO}_3$ Systems// J. Solid State Chem. 1999. Vol. 148. P. 380.
 8. Yaremchenko A.A., Kharton V.V., Naumovich E.N., Vecher A.A. Oxygen ionic transport in Bi_2O_3 -based oxides: The solid solutions $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ // J. Solid State Electrochem. 1998. Vol. 2. No. 3. P. 146.
 9. Hirabayashi D., Hashimoto A., Hibino T., Harada U., Sano M. Bi-Based Oxide Anodes for Direct Hydrocarbon SOFCs at Intermediate Temperatures// Electrochem. And Solid State Lett. 2004. Vol. 7. P.108.
 10. Zhou W., Jefferson D.A., Thomas J.M. A new structure type in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ system// Solid State Chem. 1987. Vol.70. P.129.
 11. Ling C.D., Johnson M. Modelling, refinement and analysis of the "Type III" $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ -related superstructure in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ system// J. Solid State Chem. 2004. Vol. 177. P.1838.
 12. Valant M., Suvorov D. Dielectric Properties of the Fluorite-like $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ Solid Solution and the Tetragonal Bi_3NbO_7 // J. Am. Ceram. Soc. 2004. Vol. 87. P. 1056.
 13. Tang D., Zhou W. An electron diffraction study of the type II $\text{Bi}_{2-x}\text{Nb}_x\text{O}_{3+x}$ solid solution// J. Solid State Chem. 1995. Vol. 119. P.311.
 14. Жук Н.А., Гируть Е.С., Попова Т.А., Обедина Т.В. Синтез, электрофизические и магнитные свойства марганецсодержащих твердых растворов ниобата висмута кубической модификации// Известия Коми НЦ УрО РАН. 2014. Вып. 1(17). С.10.
 15. Abrahams I., Krok F., Wrobel W., Kozanecka-Szmigiel A., Cham S.C.M. Defect structure in $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_{7-x/2}$ // Solid State Ionics. 2008. Vol. 179. P. 2.
 16. Abrahams I., Krok F., Kozanecka-Szmigiel A., Cham S.C.M., Dygas J.R. Effects of ageing on defect structure in the $\text{Bi}_3\text{NbO}_7\text{--Bi}_3\text{YO}_6$ system // J. Power Sources. 2007. Vol. 173. P. 788.
 17. Wang X.P., Corbel G., Kodjikian S., Fang Q.F., Lacorre P. Isothermal kinetic of phase transformation and mixed electrical conductivity in Bi_3NbO_7 // J. Solid State Chem. 2006. Vol. 179. P. 3338.
 18. Malys M., Holdynski M., Krok F., Wrobel W., Dygas J.R., Pirovano C., Vannir R.N., Capoen E., Abrahams I. Investigation of transport numbers in yttrium doped bismuth niobates// J. Pow. Sour. 2009. Vol. 194. P. 16.
 19. Akselrud L. G., Gryn Y. N., Zavalij P. Yu.// Thes. Rep. 12th Europ. Crystallogr. Meet. 1985. P. 55.
 20. Carrington A., McLachlan A. D. Introduction to Magnetic Resonance with applications to hem.istry and chemical physics. Harper &Row Publ: New York. Evanston. London. 1967. 266 P.
 21. Ракитин Ю.В. Введение в магнетохимию. Метод статической магнитной восприимчивости в химии. М.: Наука, 1980. 302 с.

References

1. Shuk P., Wiemhofer H. D., Guth U., Gopel M. Oxide ion conducting solid electrolytes based on Bi_2O_3 // Solid State Ionics. 1996. Vol. 89. P. 179.
2. Takahashi T., Iwahara H., Esaka T. Conduction in Bi_2O_3 -based oxide ion conductor under low oxygen pressure. II. Determination of the partial electronic conductivity// J. Appl. Electrochem. 1977. Vol. 7. No. 4. P. 303.
3. Harwig H. Electrical properties of the α , β , γ , and δ phases of bismuth sesquioxide// J. Solid State Chem. 1978. Vol. 26. No. 3. P. 265.
4. Struzik M., Liu X., Abrahams I., Krok F., Malys M., Dygas J.R. Defect structure and electrical conductivity in the pseudo-binary system $\text{Bi}_3\text{TaO}_7\text{--Bi}_3\text{NbO}_7$ // Solid State Ionics. 2012. Vol. 218. P. 25.
5. Castro A., Aguado E., Rojo J.M., Herrero P., Enjalbert R., Galy J. The New Oxygen-Deficient Fluorite Bi_3NbO_7 : Synthesis, Electrical Behavior and Structural Approach// Mater. Res. Bull. 1998. Vol. 33. P. 31.
6. Zhou W. Defect Fluorite Superstructures in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--WO}_3$ System// J. Solid State Chem. 1994. Vol. 108. P. 381.
7. Ling C.D. Structural Relationships among Bismuth-Rich Phases in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$, $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Ta}_2\text{O}_5$, $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--MoO}_3$, and $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--WO}_3$ Systems// J. Solid State Chem. 1999. Vol. 148. P. 380.
8. Yaremchenko A.A., Kharton V.V., Naumovich E.N., Vecher A.A. Oxygen ionic transport in Bi_2O_3 -based oxides: The solid solutions $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ // J. Solid State Electrochem. 1998. Vol. 2. No. 3. P. 146.
9. Hirabayashi D., Hashimoto A., Hibino T., Harada U., Sano M. Bi-Based Oxide Anodes for Direct Hydrocarbon SOFCs at Intermediate Temperatures// Electrochem. And Solid State Lett. 2004. Vol. 7. P.108.
10. Zhou W., Jefferson D.A., Thomas J.M. A new structure type in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ system// Solid State Chem. 1987. Vol.70. P.129.
11. Ling C.D., Johnson M. Modelling, refinement and analysis of the "Type III" $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ -related

- superstructure in the $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ system// J. Solid State Chem. 2004. Vol. 177. P.1838.
12. *Valant M., Suvorov D.* Dielectric Properties of the Fluorite-like $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5$ Solid Solution and the Tetragonal Bi_3NbO_7 // J. Am. Ceram. Soc. 2004. Vol. 87. P. 1056.
13. *Tang D., Zhou W.* An electron diffraction study of the type II $\text{Bi}_{2-x}\text{Nb}_x\text{O}_{3+x}$ solid solution// J. Solid State Chem. 1995. Vol. 119. P.311.
14. *Zhuk N.A., Girut' E.S., Popova T.A., Obedina T.V.* Sintez, elektrofizicheskie i magnitnye svoistva marganetssoedержashchikh tverdykh rastvorov niobata vismuta kubicheskoi modifikatsii [Synthesis, electrophysical and magnetic properties of manganese-containing solid solutions of Bismuth niobate of cubic modification/ Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. 2014. Issue 1(17). P. 10.
15. *Abrahams I., Krok F., Wrobel W., Kozanecka-Szmigiel A., Cham S.C.M.* Defect structure in $\text{Bi}_3\text{Nb}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_{7-x/2}$ // Solid State Ionics. 2008. Vol. 179. P. 2.
16. *Abrahams I., Krok F., Kozanecka-Szmigiel A., Cham S.C.M., Dygas J.R.* Effects of ageing on defect structure in the $\text{Bi}_3\text{NbO}_7\text{--Bi}_3\text{YO}_6$ system// J. Power Sources. 2007. Vol. 173. P. 788.
17. *Wang X.P., Corbel G., Kodjikian S., Fang Q.F., Lacorre P.* Isothermal kinetic of phase transformation and mixed electrical conductivity in Bi_3NbO_7 // J. Solid State Chem. 2006. Vol. 179. P. 3338.
18. *Malys M., Holdynski M., Krok F., Wrobel W., Dygas J.R., Pirovano C., Vannir R.N., Capoen E., Abrahams I.* Investigation of transport numbers in yttrium doped bismuth niobates// J. Pow. Sour. 2009. Vol. 194. P. 16.
19. *Akselrud L. G., Gryn Y. N., Zavalij P. Yu.*// Thes. Rep. 12th Europ. Crystallogr. Meet. 1985. P. 55.
20. *Carrington A., McLachlan A. D.* Introduction to Magnetic Resonance with applications to chemistry and chemical physics. Harper &Row Publ: New York. Evanston. London. 1967. 266 P.
21. *Rakitin Yu.V.* Vvedenie v magnetokhimiю. Metod staticheskoi magnitnoi vospriimchivosti v khimii [Introduction in magnetochemistry. A method of static magnetic susceptibility in chemistry]. Moscow: Nauka, 1980. 302 p.

Статья поступила в редакцию 03.03.2015.

УДК 574 (234.851)

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОПРОВОДА «БОВАНЕНКОВО–УХТА» (БАССЕЙН РЕКИ КАРА, ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ И БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКАЯ ТУНДРА)

Л.Н. ТИКУШЕВА*, А.С. СТЕНИНА**, Е.Н. ПАТОВА**

**ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питиримы Сорокина», г. Сыктывкар*

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

Представлены данные о состоянии водотоков бассейна р. Кара в зоне воздействия трассы газопровода. Для оценки влияния производственных объектов на водные экосистемы использованы данные о химическом составе вод, донных отложений и доминирующих видах водорослей. Показаны особенности изменения разнообразия и структуры альгоценозов в водотоках под влиянием загрязняющих веществ. Установлена существенная перестройка водных экосистем в природных комплексах Полярного Урала и Большеземельской тундры.

Ключевые слова: водные экосистемы, бассейн р.Кара, Большеземельская тундра, Полярный Урал, воздействие газопровода

L.N. TIKUSHEVA, A.S. STENINA, E.N. PATOVA. CHANGES IN AQUATIC ECOSYSTEMS UNDER THE INFLUENCE OF GAS PIPELINE «BOVANENKOVU-UKHTA» CONSTRUCTION AND OPERATION (THE KARA RIVER BASIN, POLAR URALS AND BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA)

Data on the impact of gas pipelines on the ecosystems of the Extreme North is scarce. The data on the condition of water currents of the Kara river basin in the zone of impact of gas pipeline route is presented. The Kara river and its tributaries Bolshaya Lyadzei-Yakha and Nyarma-Yakha are surveyed. The comparative analysis of background and impact areas in the zone of technogenic impact on the basis of algae species diversity, chemical composition of water and bottom sediments was carried out, signs of their technogenic pollution by oil products and heavy metals were also noted. The quality of the aquatic environment with use of indicator group of diatoms sensitive to various changes in ecological conditions was defined. The specific characteristics of algocenose diversity and structure in watercourses under the influence of pollutants are shown. Significant reorganization of aquatic ecosystems in natural complexes of the Polar Urals and Bolshezemelskaya tundra is established. Prevalence of species-indicators of water pollution by easily oxidized organic matter in parts of the rivers being under the anthropogenic impact, and decrease of the role of indicators of pure water is revealed. The main impact factors on aquatic ecosystems at construction and operation of linear constructions in the zone of gas pipeline route are established. For preservation of territories of high nature conservation value it is necessary to work out nature-conservative measures on reduction of negative impact of economic activities and establishment of specially protected territories in lowland and mountain tundra areas.

Keywords: aquatic ecosystems, Kara river basin, Bolshezemelskaya tundra, Polar Urals, pipeline impact

Введение

Экосистемы Крайнего Севера характеризуются уязвимостью и длительностью восстановления после их трансформации в результате хозяйственной или иной деятельности, формированием вторичных природных комплексов с измененными биологическим разнообразием и структурой. Разведка, добыча и транспортировка нефти и газа связаны с сильнейшими антропогенными нагрузками на все компоненты окружающей среды. Активное освоение углеводородов в арктической зоне, увеличение объемов их добычи в последние десятилетия привели к изменениям природных ландшафтов на больших площадях, трансформации экосистем, ухудшению условий традиционного природопользования.

Исследования водных экосистем Полярного Урала и прилегающей территории Большеземельской тундры становятся актуальными в связи с серьезными нарушениями природных комплексов в результате строительства и эксплуатации газопровода «Бованенково–Ухта», являющегося частью магистрального газопровода «Ямал–Центр», и транспортных путей по его обслуживанию, пересекающих все основные водотоки и водосборы в бассейне р.Кара. Строительство дорог вдоль Уральского хребта сопровождается интенсивной пылевой нагрузкой на все компоненты среды, также увеличивается рекреационное воздействие на экосистемы. В связи с запуском в действие крупных компрессорных станций газопровода «Бованенково–Ухта» серьезнейшей проблемой становится загрязнение окружающей среды техногенными выбросами, прежде всего, тяжелыми металлами, соединениями азота, углерода и серы. Данные виды воздействий оказывают существенное влияние на все компоненты окружающей среды как на локальном, так и на региональном и глобальном уровнях [1, 2]. При этом планомерного изучения изменений, происходящих в природных комплексах под влиянием этих объектов, не проводится в связи с удаленностью и труднодоступностью региона. Остается мало исследованной значительная часть фоновых территорий, сведения о которых представлены в комплексных работах по географии, гидрологии водных объектов [3–6], биоразнообразию водных и наземных экосистем Полярного Урала [1, 7]. С применением методов математического моделирования выполнена прогнозная оценка воздействия эмиссий магистрального трубопровода «Ямал–Центр» на окружающую среду [8, 9]. Получены также первые сведения о влиянии объектов газопровода на водные и наземные экосистемы Полярного Урала по результатам полевых исследований [10].

Для сохранения уникальных природных комплексов при интенсивном освоении природных ресурсов района, в соответствии с принципами устойчивого развития, требуется исследование условий среды, факторов антропогенного воздействия, выявление адаптивных механизмов и опреде-

ление на их основе степени допустимой хозяйственной деятельности на данной территории.

Цель работы – оценка состояния водотоков бассейна р.Кара (Полярный Урал и северо-восточная часть Большеземельской тундры) в зоне влияния магистрального газопровода «Бованенково–Ухта» на основе анализа химического состава поверхностных природных вод, донных отложений и альгологических данных.

Материалы и методы

Отбор проб воды, донных отложений и водорослей фитопланктона и перифитона проведен Е.Н.Патовой в июле 2013 г. общепринятыми методами [11] при выполнении программы УрО РАН «Арктика» (№ 12-4-7-004-АРКТИКА). Все реки исследованы в местах их пересечения газопроводом (проложен по дну водного объекта), в непосредственной близости от которого проходит грунтовая автомобильная дорога с забетонированными мостовыми переходами через реки. Пробы природной поверхностной воды, донных отложений и водорослей отобраны на расстоянии 500 м от дороги, на условно чистом участке выше по течению – станция 1 (ст. 1) и загрязненном ниже по течению реки – станция 2 (ст. 2).

Водоросли из отделов *Chlorophyta*, *Chryso-phyta*, *Cyanophyta*, *Dinophyta* и *Xanthophyta* определены Л.Н. Тикушевой и Е.Н. Патовой в фиксированных пробах, *Bacillariophyta* – А.С. Стениной в постоянных препаратах с использованием современных определителей. Экологические характеристики водорослей приводятся по литературным данным [12]. Обследованы р. Кара и ее притоки Большая Лядгей-Яха, Нярма-Яха в зоне воздействия трассы газопровода. Качество водной среды определено с использованием индикаторной группы диатомовых водорослей, чувствительных к различным изменениям экологических условий. Индекс сапробности воды рассчитан по Пантле-Букку в модификации Сладечека: $S = \sum hs / \sum h$, где S – индекс сапробности, s – сапробная валентность видов, h – показатель встречаемости по девятибалльной шкале [13].

В целом оценка состояния водных экосистем проведена на основе данных химического анализа воды, донных отложений (выполнен в аккредитованной лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН) и индексов сапробности для диатомовых водорослей.

Результаты и обсуждение

Антропогенное влияние испытывают наземные и водные экосистемы в местах прохождения линейных сооружений инфраструктуры газопровода. Ореолы пылевых загрязнений от газопровода четко регистрируются в настоящее время по материалам космической съемки и достигают десятков километров [10]. Основные гидрохимические показатели – содержание азота, фосфора, pH, пер-

манганатной окисляемости, химического потребления кислорода, мутности и цветности – находились на уровне, характерном для данного района [6].

Отмечено загрязнение вод и донных отложений нефтепродуктами, цинком, медью и другими тяжелыми металлами в результате аэротехногенного воздействия автомобильной дороги и смыва загрязнителей с загрязненной территории.

Содержание нефтепродуктов в воде на фоновых участках не определено, на импактных отмечено на уровне $0,005 \text{ мг/дм}^3$, исключение составляет р. Нярма-Яха, где концентрация на ст. 2 равна $0,022 \text{ мкг/дм}^3$. Количество цинка во всех исследованных пробах воды – менее $2,5 \text{ мг/дм}^3$. При этом химический анализ донных отложений позволяет сделать вывод о накоплении загрязнителей в зоне воздействия автомобильных дорог. На импактной станции р. Кара массовая доля цинка в донных отложениях составила 1800 мг/кг , р. Большая Лядгей-Яха – 190 мг/кг (на фоновых участках этих рек – 34 и 40 мг/кг соответственно, что сопоставимо со средним значением других проб – $31,6 \text{ мг/кг}$). Максимальное содержание свинца определено в пробе донных отложений р. Нярма-Яха в зоне воздействия дороги – 47 мг/кг , в остальных пробах среднее значение составило $3,16 \text{ мг/кг}$. Наибольшие концентрации кадмия в донных отложениях отмечены на импактной станции р. Нярма-Яха ($0,9 \text{ мг/кг}$), в других водных объектах его содержание находилось на уровне $0,21\text{--}0,6 \text{ мг/кг}$. Во всех исследованных пробах воды массовая доля свинца составила менее 2 мкг/дм^3 , кадмия – менее $0,2 \text{ мкг/дм}^3$. Концентрация меди в пробах воды оказалась менее $1,0 \text{ мкг/дм}^3$. При этом результаты анализа химического состава донных отложений показывают увеличение содержания меди в исследованных водотоках в зоне антропогенного воздействия (импактные станции). Так, в пробах донных отложений р. Нярма-Яха концентрация меди на ст. 1 составила $8,1 \text{ мг/кг}$, на ст. 2 – 250 мг/кг , что во много раз превышает фоновые значения. В зоне антропогенного воздействия р. Большая Лядгей-Яха выявлено увеличение концентрации марганца ($1,7 \text{ мкг/дм}^3$ – на ст. 1; $6,2 \text{ мкг/дм}^3$ – на ст. 2) и алюминия в воде (менее $2,5$ и 13 мкг/дм^3 соответственно). Также наблюдается изменение содержания алюминия в р. Кара (менее $6,8$ и 17 мкг/дм^3 соответственно). Исследованные нами водные объекты в зоне антропогенного воздействия газопровода имеют признаки загрязнения ртутью. Наибольший показатель в донных отложениях отмечен на импактной станции р. Нярма-Яха (52 мкг/кг), в остальных реках – на уровне $6,0\text{--}23 \text{ мкг/кг}$, при этом во всех пробах воды содержание ртути было менее $0,01 \text{ мкг/дм}^3$. В зоне антропогенного воздействия в донных отложениях наблюдается увеличение концентрации мышьяка: в водотоках она выше на импактных станциях, чем на фоновых (в р. Нярма-Яха – соответственно 9 мг/кг и $4,7$, р. Большая Лядгей-Яха – $4,5 \text{ мг/кг}$ и $3,7$, в р. Кара – $4,8 \text{ мг/кг}$ и $3,9$).

Полученные нами данные подтверждают прогноз других исследователей, осуществленный с применением методов экологического моделирования,

о достижении критических нагрузок к 2010–2015 гг. в результате загрязнения, а также проявлении аддитивных синергетических эффектов уже на начальных стадиях работы магистрального газопровода «Ямал–Центр» [9]. Это может привести к локальному превышению установленных величин критических нагрузок (по содержанию соединений азота и тяжелых металлов) и усилению процессов подкисления и/или эвтрофирования наземных и пресноводных экосистем. Также следует учитывать, что для низкоминерализованных вод, к которым относятся воды Полярного Урала, проникающая способность и токсичное действие металлов многократно усиливаются [14].

Гидрохимические параметры определяют состав и структуру альгоценозов.

Река Кара. На фоновом участке на ст. 1 водоросли в эпиплите развиты обильно и представлены 72 видами с разновидностями и формами. Сообщества обрастаний слагаются в основном видами, характерными как для олиготрофных, так и мезотрофных и эвтрофных вод. Преобладает среди них галофильный, алкалофильный альфамезосапроб *Melosira varians* Ag., характерный для слабощелочных вод с повышенным содержанием электролитов и легко окисляемых органических веществ. Часто встречается циркумнейтральный бетамезосапроб *Fragilaria capucina* Desm., индифферентный по отношению к содержанию солей в воде. Первый вид характерен для водотоков с эвтрофными условиями. Среди других групп водорослей доминируют олиго-альфамезосапроб *Ulothrix zonata* (Weber et Mohr) Kütz., бетамезосапроб *Nostoc caeruleum* Lyngb. Из индикаторных видов отмечены: альфа-бетамезосапроб *Closterium leibleinii* Kütz., бетамезосапробы *Hyaloraphidium contortum* Pasch. et Korsh., *Monoraphidium arcuatum* (Korsh.), *Phormidium autumnale* Gom. et Hindák.

На импактном участке разнообразие водорослей увеличивается (рис. 1), здесь найден 81 вид с внутривидовыми таксонами. Явление возрастания биоразнообразия установлено при небольшом поступлении эвтрофирующих веществ как одно из направлений трансформации экосистем [12]. В число ведущих видов на этом участке, кроме выше указанного представителя рода *Fragilaria*, входят

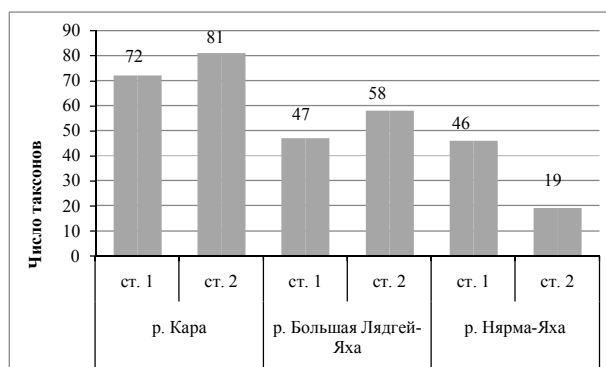


Рис. 1. Распределение видового разнообразия водорослей на фоновых и импактных участках в исследованных водотоках.

алкалифильные диатомеи, предпочитающие слабощелочную среду и среднюю степень минерализации – бетамезосапробы *Cocconeis placentula* Ehr. и *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Comp., встречающиеся чаще в слабозагрязненных органическими веществами водах. Среди других групп водорослей доминируют *Anabaena cylindrospora* Tschernov, бетамезо-олигосапроб *A. inaequalis* Born. et Flah., обитающий в чистых водоемах, *A. hieronymii* Lemm., бетамезосапроб *Nostoc caeruleum*. Указанные виды способны вызывать «цветение» воды. Из индикаторных видов также часто встречаются бетамезосапробы *Monoraphidium arcuatum*, *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Bréb., *S. lefevrei* Deflandre, *Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerová, альфа-бетамезосапробы *Closterium acerosum* Ehr., *Monoraphidium minutum* (Näg.) Komárková-Legnerová, ксено-олигосапроб *Audouinella chalybaea* (Roth) Bory de Saint-Vincent, редкий в районе вид, характерный для проточных вод, богатых кислородом и углекислотой. Индикаторы в разной степени загрязненных вод (альфамезосапробы, альфа-бетамезосапробы, бетамезосапробы) образуют на обоих участках реки более половины состава (рис. 2). При этом доля их на втором участке увеличивается, а доля индикаторов чистых вод (олигосапробов, ксено-олигосапробов) уменьшается.

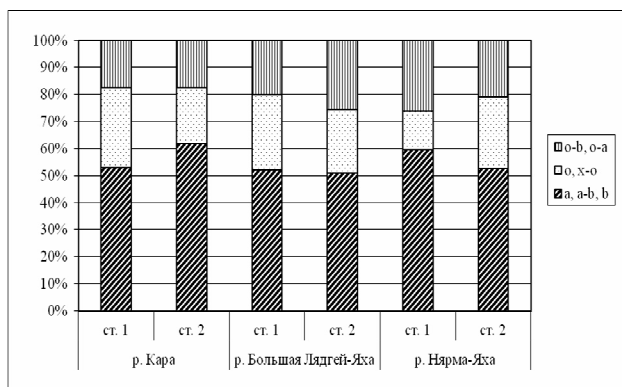


Рис. 2. Соотношение индикаторных групп водорослей на фоновых и импактных участках рек: а – альфамезосапробы, а-б – альфа-бетамезосапробы, б – бетамезосапробы, о – олигосапробы, о-а – олиго-альфамезосапробы, о-б – олиго-бетамезосапробы, х-о – ксено-олигосапробы.

Река Большая Лядгей-Яха. На фоновом участке найдено 47 таксонов, в основе состава – виды, характерные для вод с различными трофическими условиями. Наиболее часто встречается диатомея, индифферентная к содержанию солей в воде, циркумнейтральный бетамезосапроб *Encyonema minutum* (Hilse) Mann. Он хорошо развивается в олиготрофных и эвтрофных водах при близкой к нейтральной реакции среды. Среди других групп водорослей доминируют олигосапроб *Tetraspora cylindrica* (Wahl.) C.Ag., обитающий в незагрязненных холодных водах с большим количеством растворенного в воде кислорода, бетамезосапроб *Nostoc caeruleum*, из индикаторов – бетамезосапроб *Anabaena oscillarioides* Bory ex Born. et Flah. f. *oscillarioides*.

На участке реки ниже моста выявлено 58 видов водорослей. Ведущий комплекс дополняет алкалифильный бета-альфамезосапроб *Fragilaria vaucheriae* (Kütz.) Peters., предпочитающий среднюю степень минерализации и условия от олиготрофных до эвтрофных с повышенным содержанием органических веществ. Кроме диатомовых водорослей доминируют олиго-альфамезосапроб *Scenedesmus acutiformis* Schröder, субдоминанты – бетамезосапробы *Nostoc caeruleum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Monoraphidium arcuatum*. Также отмечены бетамезосапробы: *M. griffithii*, *Anabaena oscillarioides* f. *oscillarioides*. Изменение разнообразия водорослей в этой реке происходит так же, как в р. Кара. Однако в соотношении сапробиологических групп наблюдается лишь уменьшение значения видов-индикаторов чистых вод (рис. 2).

Река Нярма-Яха. На контрольном участке наблюдалось обилие водорослей, но в основном за счет немногих представителей (46 таксонов). Преобладал среди диатомовых донный вид *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm., предпочитающий среднюю степень солености вод и близкую к нейтральной реакцию водной среды. Он характерен для мезотрофных и даже гиперэвтрофных вод и является альфамезо-полисапробом, индикатором значительного загрязнения водоемов легко окисляемыми органическими веществами. Массовое развитие этого вида указывает на загрязненность первой станции этого водотока. Вместе с тем, среди других групп водорослей доминируют, как и в реке Большая Лядгей-Яха, олигосапроб *Tetraspora cylindrica*, а также *Chaetophora elegans* (Roth) C.Ag., олиго-альфамезосапроб *Ulothrix zonata*, бетамезосапроб *Anabaena oscillarioides* f. *oscillarioides* и субдоминант – альфа-бетамезосапроб *Closterium leibleinii*. Кроме того, отмечены бетамезосапробы: *Phormidium favosum* Gom. ex Gom., *Scenedesmus quadricauda*.

Река ниже моста загрязнена органическими веществами. Об этом свидетельствуют очень бедный состав (19 таксонов) и низкое обилие водорослей, обычно характерных обитателей водотоков. Ни один из видов не развивается в заметном количестве. Несколько выделяются среди остальных три вида: *Fragilaria vaucheriae* (Kütz.) Peters., *Encyonema minutum* и алкалибионт *Gomphoneis olivacea* (Horn.) Bréb.

Среди других групп водорослей доминирует *Phormidium favosum*, в массе представлены олигосапроб *Tetraspora cylindrica* и ксено-олигосапроб *Audouinella chalybaea*. Из индикаторных видов отмечены также олигосапроб *Calothrix parietina* Thuret., альфа-бетамезосапробы *Closterium leibleinii*, *Ulothrix zonata*, *Scenedesmus acutiformis*.

Основу водорослевого комплекса на обоих участках слагают индикаторы разной степени загрязненности вод. Однако пропорции индикаторных видов на фоновой и импактной станциях здесь противоположные в отличие от предыдущих рек (рис. 2). Различия по соотношению основных сапробиальных групп между двумя участками обусловлены особенностями рельефа. Фоновый участок расположен вблизи горного массива, который яв-

ляется барьером для пылевых эмиссий, в результате чего здесь происходит накопление загрязняющих веществ. По мере удаления от этого участка концентрация их снижается, что отражается в показателях химического состава вод и донных отложений, а также в соотношении индикаторных видов (рис. 2). Однако общая обедненность видового состава (рис. 1), преобладание *Nitzschia palea* и развитие отдельных видов цианопрокариот указывают на заметное нарушение экосистемы не только на импактном участке, но и в целом реки.

Рассчитанные индексы сапробности для диатомовых водорослей соответствуют III классу качества воды, или бетамезосапробной зоне с умеренным загрязнением легко окисляемыми органическими веществами. Для пар участков рек (фоновый и импактный) индексы составляют следующие величины: Кара 1,85–1,89, Большая Лядгей-Яха 1,88–1,90, Нярма-Яха 2,02–2,03.

Заключение

Несмотря на то, что строительство газопровода «Бованенково–Ухта» было начато сравнительно недавно (в декабре 2008 г.), в настоящее время наблюдается существенная перестройка водных и наземных экосистем в природных комплексах Большеземельской тундры и Полярного Урала. Основными факторами воздействия являются пылевое загрязнение [15], строительство и эксплуатация компрессорных станций и линейных сооружений в зоне газопровода. Отмечено загрязнение нефтепродуктами, ртутью и тяжелыми металлами. Альгоценозы перестраиваются при увеличении минерализации, эвтрофировании водотоков, аккумуляции поллютантов донными отложениями. Происходит изменение видового разнообразия, таксономической и экологической структуры сообществ водорослей. В связи с этим необходима разработка мер по снижению негативного воздействия хозяйственной деятельности и выделению особо охраняемых участков в равнинных и горных тундрах района с целью сохранения территорий высокой природоохранной ценности.

Исследования выполнены при поддержке гранта Русского географического общества «Организация комплексной экспедиции на Полярный Урал для выделения в российской Арктике территорий высокой природоохранной ценности», а также проекта УрО РАН Фундаментальные исследования «Арктика» № 12-4-7-004-АРКТИКА.

Литература

1. Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Гаврилов А.Л. и др. Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 167 с.
2. Самсонов Р.О., Башкин В.Н., Казак А.С., Горлов Д.В. Оценка экологического риска в зонах воздействия магистральных газопроводов // Проблемы анализа риска. 2006. № 3 (http://www.dex.ru/riskjournal/2006/2006_3/238-249.pdf)
3. Голдина Л.П. География озер Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1972. 102 с.
4. Кеммерих А.О. Гидрография Северного, Приполярного и Полярного Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 134 с.
5. Миронова Н.Я., Покровская Т.Н. Лимнологическая характеристика некоторых озер Полярного Урала // Накопление веществ в озерах. М.: Наука, 1964. С. 102–133.
6. Хохлова Л.Г. Гидрохимическая изученность поверхностных вод Большеземельской тундры // Тр. Коми науч. центра УрО РАН. №170. 2002. С. 5–14.
7. Биоразнообразие экосистем Полярного Урала / Отв. ред. М.В. Гецен. Сыктывкар, 2007. 252 с.
8. Башкин В.Н., Казак А.С., Сафонов В.С. Оценка экологического риска в зоне воздействия магистрального газопровода Ямал–Центр // Охрана окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2006. № 3. С. 9–14.
9. Казак А.С. Оценка воздействия эмиссий магистральных газопроводов на экологическое состояние окружающей среды: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 2002. 27 с.
10. Влияние строительства газопровода «Бованенково–Ухта» на прилегающие экосистемы Большеземельской тундры и Полярного Урала / Е.Н. Патова, Е.Е. Кулюгина, В.В. Елсаков, А.С. Стенина, О.А. Лоскутова, М.Д. Сивков, Л.Н. Тикушева // Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Докл. IX Всероссийской научной конференции (27–29 мая 2014 г., г.Сыктывкар, Республика Коми, Россия). Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2014. С. 68–75.
11. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.
12. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Tel-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 с.
13. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
14. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши. М.: Наука, 2006. 261 с.
15. Экологические последствия строительства газопровода «Бованенково–Ухта» в бассейне реки Кары (Большеземельская тундра и Полярный Урал) / Е.Н.Патова, А.С.Стенина, В.В.Елсаков, Е.Е.Кулюгина, М.Д.Сивков // Арктика: академическая наука и университеты. Роль университетов в реализации арктической стратегии России: Матер. межрегион. науч.-практ. конф. (10–12 окт. 2013, Ухта). Сыктывкар, 2014. С. 92–95.

References

1. Bogdanov V.D., Bogdanova E.N., Gavrilov A.L., Melnichenko I.P., Stepanov L.N., Yarushina M.I. Bioresources of aquatic ecosystems of Urala [Bioresources of aquatic ecosystems of

- the Polar Urals]. Ekaterinburg: Ural Br., RAS, 2004. 167 p.
2. *Samsonov R.O., Bashkin V.N., Kazak A.S., Gorlov D.V.* Otsenka ekologicheskogo riska v zonah vozdeystviya magistralnykh gazoprovodov [Environmental risk assessment in the areas of the main gas pipelines impact] // Problems of risk analysis]. 2006. № 3 (http://www.dex.ru/riskjournal/2006/2006_3_3/238-249.pdf)
3. *Goldina L.P.* Geografiya ozer Bolshezemelskoy tundry [Geography of the Bolshezemelskaya tundra lakes]. Leningrad: Nauka, 1972. 102 p.
4. *Kemmerih A.O.* Gidrografiya Severnogo, Pri-polyarnogo i Polyarnogo Urala [Hydrography of the Northern, Subpolar and Polar Urals]. Moscow: USSR Ac. Sci. Publ., 1961. 134 p.
5. *Mironova N.Ya., Pokrovskaya T.N.* Limnologicheskaya karakteristika nekotorykh ozer Polyarnogo Urala [Limnological characteristics of some lakes in the Polar Urals] // Nakoplenie veshchestv v ozerakh [Accumulation of substances in lakes]. Moscow: Nauka, 1964. P. 102-133.
6. *Hohlava L.G.* Gidrohimiicheskaya izuchennost poverhnostnykh vod Bolshezemelskoy tundry [Hydrochemical study of surface waters of Bolshezemelskaya tundra] // Transact. of Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. 2002. P. 5-14.
7. *Bioraznoobrazie ekosistem Polyarnogo Urala* [Biodiversity of ecosystems of the Polar Urals]/ Chief Ed. M.V. Getsen. Syktyivkar, 2007. 252 p.
8. *Bashkin V.N., Kazak A.S., Safonov V.S.* Otsenka ekologicheskogo riska v zone vozdeystviya magistralnogo gazoprovoda Yamal-Tsentr [Environmental risk assessment in the affected area of gas pipeline Yamal-Center] // Ohrana okruzhayushey sredy v neftegazovom komplekse [Preservation of environment in oil and gas complex]. 2006. № 3. P. 9-14.
9. *Kazak A.S.* Otsenka vozdeystviya emissiy magistralnykh gazoprovodov na ekologicheskoe sostoyanie okruzhayushey sredy [Assessing the impact of emissions of the main gas pipelines on the ecological environment]. Avto-ref. dis.... dokt. tehn. nauk. Moskva, 2002. 27 p.
10. *Patova E.N., Kulyugina E.E., Elsakov V.V., Stenina A.S., Loskutova O.A., Sivkov M.D., Tikushcheva L.N.* Vliyanie stroitel'stva gazopro-voda «Bovanenkovo-Uhta» na privileyushchie ekosistemy Bolshezemelskoy tundry i Polyarnogo Urala [The influence of the gas pipeline «Bovanenkovo-Ukhta» on adjacent ecosystems of the Bolshezemelskaya tundra and Polar Urals] // Osvoenie Severa i problemy prirodovosstanovleniya [Development of the North and nature protection problems]: Reports of IX All-Russia Sci. Conf. (May 27-29, 2014, Syktyivkar, Komi Republic, Russia). Syktyivkar: Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS, 2014. P. 68-75.
11. *Gidrohimiicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushey sredy: Spravochnyye materialy* [Hydrochemical environmental indicators: Reference materials]. Moscow: VNIRO, 1999. 304 p.
12. *Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V.* Bioraznoobrazie vodorosley – indikatorov okruzhayushey sredy [Biodiversity of algae - environmental indicators]. Tel-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
13. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Manual methods of hydrobiological analysis of surface waters and sediments] / Ed. V.A. Abakumova. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 239 p.
14. *Moiseenko T.I., Kudryavtseva L.P., Gashkina N.A.* Rasseyannyye elementy v poverhnostnykh vodakh sushi [Trace elements in the surface land waters]. Moscow: Nauka, 2006. 261 p.
15. *E.N.Patova, A.S.Stenina, V.V.Elsakov, E.E.Kulyugina, M.D.Sivkov.* Ekologicheskie posledstviya stroitel'stva gazoprovoda "Bovanenkovo-Ukhta" v basseine reki Kary (Bol'shezemel'skaya tundra i Polyarnyi Ural) // Arktika: akademicheskaya nauka i universitety. Rol' universitetov v realizatsii arkticheskoi strategii Rossii: Mater. mezhregion. nauch.-prakt. konf. [Ecological consequences of construction of "Bovanenkovo-Ukhta" gas pipeline in the Kara basin (Bolshezemelskaya tundra and Polar Urals)]// Arctic regions: academic science and universities. The role of universities in realization of the Arctic strategy of Russia: Materials of inter-regional sci.-practical conf. (October 10-12, 2013, Ukhta)]. Syktyivkar, 2014. P. 92-95.

Статья поступила в редакцию 05.05.2015.

УДК 597.551.2:591.9 (470.13)

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЕРХОВКИ ОБЫКНОВЕННОЙ – *LEUCASPIUS DELINEATUS* (HECKEL, 1843) ИЗ ВОДОЕМОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Р.Р. РАФИКОВ*, Д.М. ШАДРИН*, Я.И. ПЫЛИНА*, И.Ф. ЧАДИН*, А.П. НОВОСЕЛОВ***

* Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

**Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича, г. Архангельск

***Архангельский НЦ УрО РАН, г. Архангельск

rafikov@ib.komisc.ru

Проведено молекулярно-генетическое изучение верховки обыкновенной (*Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843)) бассейна р. Печора. Данные секвенирования участка мтДНК, кодирующего COI, свидетельствуют о едином механизме происхождения популяций данного вида на территории Республики Коми. AFLP анализ указывает на наличие генетической дифференциации исследованных образцов северо-восточной части ареала верховки обыкновенной. Коэффициент корреляции (0.5, p-value: 0.001) между матрицами генетических и географических расстояний популяций рыб также свидетельствует об их длительном обитании в бассейне р. Печора.

Ключевые слова: верховка обыкновенная (*Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843)), бассейн р. Печора, секвенирование гена COI мтДНК, AFLP анализ

R.R. RAFIKOV, D.M. SHADRIN, YA.I. PYLINA, I.F. CHADIN, A.P. NOVOSELOV. MOLECULAR-GENETIC ANALYSIS OF SUNBLEAK (*LEUCASPIUS DELINEATUS* (HECKEL, 1843)) IN WATER BODIES OF THE KOMI REPUBLIC

Sunbleak – *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) is non-commercial fish species with extremely low amount of data in the Komi Republic territory. The new findings of sunbleak in several ponds and streams in the middle course of the Pechora river allowed to expand the area of the species to the northeast. Populations of sunbleak were found in two reservoirs located near the Pechora state district power station: in the reservoir-cooler and in the floodplain lake located 14 km downstream. The reservoir-cooler of the Pechora state district power station was used for commercial fish production from 1987 till 1998. As a result of non-intentional introduction carp and bleak were naturalized in the water basin. It was hypothesized that sunbleak, as well as the specified kinds, can have non-native origin. For this purpose we studied morphological and DNA markers in three sunbleak populations: two populations from the above reservoirs and one population from Nyuvchim water basin (basin of the Vichегда river).

The morphological markers (the number of vertebrae, the transverse rows of scales number, the number of lateral line scales) evidence in favor of long period of habitation of sunbleak populations in the Pechora river basin. The analysis of sequences of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I gene testifies to the common origin of all three studied sunbleak populations. The analysis of AFLP markers showed genetic differences between three studied populations and the isolation by distance phenomenon was approved. The reservoir-cooler population had the highest polymorphism level.

The results obtained in this study do not support the origin of sunbleak in the Pechora river basin as a result of unintentional introduction and are consistent with hypothesis of close connection of the Vichегда and Pechora rivers basins in the past.

Keywords: Sunbleak, *Leucaspis delineatus*, Pechora river basin, COI gene sequencing, AFLP analysis

Верховка обыкновенная (*Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843)) относится к непромысловым рыбам семейства карповых и характеризуется невысокими линейно-весовыми параметрами. В ее аре-

ал на территории России входят все реки, впадающие с юга в Балтику и некоторые озера бассейна р. Онега. В бассейнах Каспия – Волга, реки Дагестана до Кумы, Черного моря и Азова – Дон, Кубань

и реки черноморского побережья [1]. В Республике Коми (РК) верховка до недавнего времени была отмечена лишь в некоторых водоемах рек Вычегда (оз. Синдорское, являющееся остатком большого приледникового водоема, существовавшего в период четвертичных оледенений на европейском Северо-Востоке) [2] и Кама (реки Летка и Кобра) [3]. Из-за её ограниченного распространения Л.С. Берг предположил, что этот вид относительно недавно проник в Северодвинский бассейн по системе каналов, связывающих его с Волго-Камским бассейном. В последующем вид был отмечен в некоторых малых реках (притоках 1 и 2 порядков), а также озерах-старицах верхнего и среднего течения р. Вычегда [4]. Недавние находки верховки в некоторых водоемах и водотоках среднего течения р. Печора позволяют расширить её ареал на северо-восток (рис. 1) [5].

Известно, что естественным барьером для распространения данного вида рыб на азиатскую часть территории России являются Уральские горы. Однако с развитием сети рыбоводных хозяйств стал возможен инвазийный механизм расселения. В научной литературе есть сведения о непреднамеренной интродукции верховки с последующим ее саморасселением в различных водоемах Сибири [6–10]. На территории Печорской ГРЭС (ПГРЭС), расположенной в среднем течении р. Печора, в 90-х гг. прошлого столетия также действовало тепловодное рыбоводное хозяйство. В результате интродукции в водоеме-охладителе электростанции (водохранилище наливного типа, созданное на базе двух естественных водоемов) образовались локальные самоподдерживающиеся группировки верховки *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843), уклейки *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) и карпа *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). В то же время более широкая география находок верховки обыкновенной в Печорском районе, а также соответствие ряда счетных признаков (количество позвонков, поперечных рядов чешуй и чешуй в боковой линии) в выборках рыб бассейна р. Печора общей географической закономерности изменения этих показателей, свидетельствуют об ее длительном обитании в изучаемом районе [5].

Исходя из вышеизложенного, цель настоящего исследования – определить степень генетической дифференциации популяций верховки обыкновенной *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) из водоемов республики для выявления механизма их заселения. Подобный подход позволяет существенно углубить зоогеографические исследования и расширить представления о путях формирования ихтиофауны бассейнов рек всего европейского Северо-Востока России.

Материал и методы

Для оценки генетической дифференциации популяций верховки был проведен филогенетический анализ с использованием определения последовательности (секвенирования) участка митохондриального гена субъединицы 1 цитохромоксидазы (COI мтДНК) и анализа полиморфизма длин амплифицированных фрагментов ДНК (AFLP – Amp-

lified Fragment Length Polymorphism). Проанализированы две выборки из среднего течения р. Печора: по 15 образцов мышечной ткани рыб из водоема-охладителя ПГРЭС (географические координаты: N065°06'58.5, E057° 21'13.0) и находящегося на удалении 15 км от озера в пойме р. Печора (географические координаты N065°07'57.6, E057°04'15). Из среднего течения р. Вычегда исследовано шесть образцов, пойманных в водохранилище (географические координаты: N061°23'41.5, E050°45'16.2) у пос. Нювчим, образованном на месте слияния рек Нювчим и Дендель – притоков второго порядка р. Вычегда (рис. 1). Расстояния между популяциями для матрицы географических дистанций были измерены по «дуге большого круга» по географическим координатам.

Тотальная ДНК была выделена с помощью набора FastDNA Spin Kit (QBioGene) согласно инструкциям производителя. Определение нуклеотидной последовательности амплифицированного участка мтДНК выполнено на генетическом анализаторе ABI PRISM 310 (Applied Biosystems) с использованием праймеров Fish F1: 5'-TCAACCAACCACAAA GACATTGGCAC-3' и Fish R2: 5'-TAGACTTCTGGG TGGCCAAAGAATCA-3' [11]. Выравнивание и анализ нуклеотидных последовательностей проводили в пакете программ MEGA 6.0. [12].

В AFLP анализе использовали рестриктазы EcoRI и MseI вместе с последовательностями адаптеров EcoRI и MseI. Смесь для реакции рестрикции-лигирования включала (на 10 реакций): 10 мкл T4 DNA Ligase buffer, 10 мкл NaCl (0,5 M), 5 мкл BSA (1 мг/мл), 10 мкл MseI adaptor, 10 мкл EcoRI adaptor и 10 мкл Enzyme Master Mix (на 10 реакций), состоящий из 1 мкл 10X T4 DNA Ligase buffer, 1 мкл NaCl (0,5 M), 5 мкл рестриктазы EcoRI, 1 мкл рестриктазы MseI, 0,5 мкл BSA (1 мг/мл), 0,5 мкл T4 DNA Ligase, 1 мкл воды без нуклеаз. Затем к 5,5 мкл смеси для реакции рестрикции-лигирования добавляли 5,5 мкл раствора ДНК (0,1 мкг/мкл) и инкубировали в течение 3 час при 37 °С. После этого проводили преселективную амплификацию (преамплификация) с продуктом реакции рестрикции-лигирования, предварительно разбавленным в пять раз буфером TE (20 ммоль TrisHCL, 0,1 ммоль EDTA, pH 8,0). Смесь для преселективной ПЦР включала: 2 мкл разбавленного продукта реакции рестрикции-лигирования, 0,5 мкл AFLP преселективной пары праймеров (Applied Biosystems) и 7,5 мкл AFLP Core Mix (Applied Biosystems). Условия реакции преамплификации: 72°С – 2 мин, 30 циклов (94 °С – 20 с, 56 °С – 30 с, 72 °С – 2 мин) и 60 °С – 30 мин.

Затем проводили селективную амплификацию с продуктом реакции преамплификации, предварительно разбавленным в пять раз буфером TE. Для реакции селективной амплификации были использованы три комбинации праймеров: EcoRI-AAG (меченый)/MseI-CAA, EcoRI-AGG (меченый) /MseI-CAT и EcoRI-ACG (меченый)/MseI-CTT. Смесь для селективной ПЦР включала: 1,5 мкл разбавленного продукта преселективной амплификации, 0,5 мкл EcoRI флуоресцентно меченого праймера, содержащего на своем конце три селективных нуклеотида (Applied Biosystems), 0,5 мкл MseI прайме-

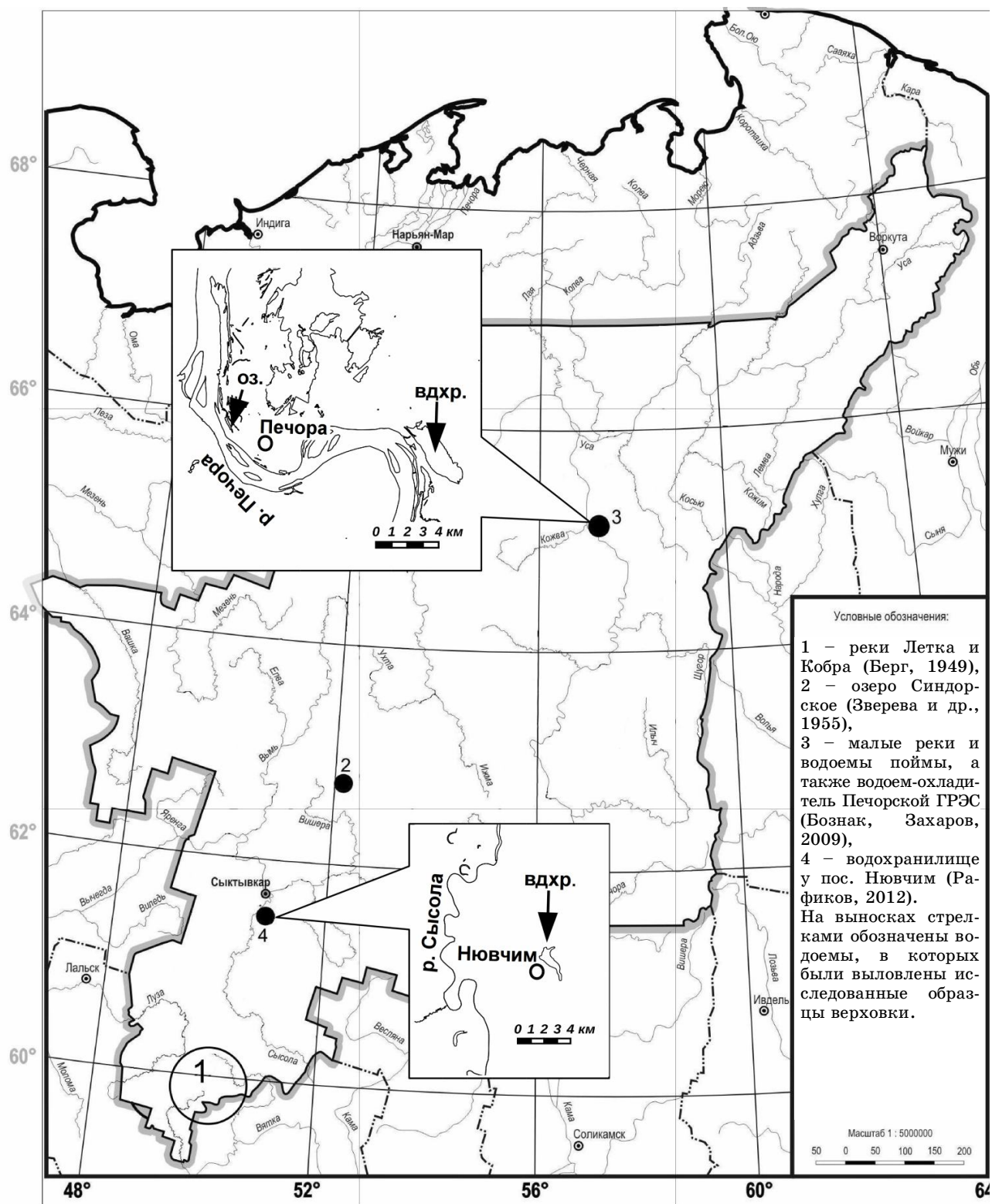


Рис. 1. Сведения о находках верховки обыкновенной *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) в водоемах Республики Коми из опубликованных литературных источников.

ра (Applied Biosystems) и 7.5 мкл AFLP Core Mix (Applied Biosystems). Условия реакции селективной амплификации были следующими: 94 °C – 2 мин, 10 циклов (94 °C – 20 с, 66 °C (-1 °C/цикл) – 30 с, 72 °C – 2 мин), 20 (94 °C – 20 с, 56 °C – 30 с, 72 °C – 2 мин) и 60 °C – 30 мин. Далее проводили денатурацию продукта селективной амплификации с использованием формамида (Applied Biosystems) в течение 5 мин при 95 °C. Реакционная смесь содержала 9,25 мкл формамида, 0,25 мкл стандарта GeneScan ROX 500 (Applied Biosystems) и 0,5 мкл продукта реакции селективной амплификации. Затем полученные образцы анализировали на генетическом анализаторе ABI PRISM 3500 (Applied Biosystems). Полученные хроматограммы были обработаны с использованием внутреннего стандарта в программе GeneMapper 5.0 (Applied Biosystems) для установления длин полученных фрагментов. Затем фрагменты, различающиеся по длине менее чем на одну пару нуклеотидов (п. н.), были объединены вручную. В анализ включены фрагменты размером от 50 до 500 п. н. Наличие или отсутствие фрагментов кодировалось как «1» или «0», соответственно.

Статистический анализ данных AFLP проводили с использованием иерархической кластеризации методом Уорда на основе матрицы сходства, рассчитанной с использованием коэффициента Жаккарда в программной среде R [13]. В ней проверяли и статистическую значимость гипотезы «Isolation by distance» с использованием теста Мантелла [14] для оценки корреляции между матрицами генетических и географических дистанций.

Кластеризацию на основе модели, описанной в работе [15], выполняли с помощью программы STRUCTURE v. 2.34 [15]. В качестве исходных данных использована бинарная матрица, содержащая сведения о 318 AFLP локусах 36 образцов верховки обыкновенной. В настройках программы было указано: не использовать данные о географическом происхождении образцов; применить «Admixture model» (модель, допускающую обмен генетической информацией между кластерами); количество итераций – 100 тыс. С такими настройками программа запускалась по 35 раз для каждого априорного значения числа кластеров (K) в диапазоне от 1 до 9. Остальные настройки были указаны в соответствии с рекомендациями авторов программы STRUCTURE для анализа доминантных маркеров [16]. Наиболее вероятное значение K (число генетически однородных кластеров) определяли методом, предложенным в работе [17]. Для численной оценки однородности результатов, полученных при независимых запусках STRUCTURE, использовали программу CLUMPP [18]. Визуализацию результатов расчета проводили с помощью программы DISTRUCT [19]. Молекулярно-генетическое исследование образцов верховки выполнено на базе ЦКП «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Результаты исследований

В основе популяционных исследований живых организмов с помощью методов молекулярной биологии лежит выявление степени полиморфизма

отдельных групп. В пределах ранга вида наиболее информативными являются рестрикционный анализ нуклеотидной последовательности ядерной ДНК и секвенирование отдельных генов мтДНК. Известно, что «не кодирующая» часть ядерного генома, ввиду меньшего селективного ограничения, более изменчива и ее скорость мутирования в два раза выше по сравнению с кодирующей [20]. Это увеличивает уровень выявляемого полиморфизма, а соответственно разрешающую способность метода и воспроизводимость полученных результатов.

Полученные последовательности участка мтДНК, кодирующего ген субъединицы 1 фермента цитохром оксидазы (COI) всех исследуемых образцов, зарегистрированы в базе данных GenBank национального центра биотехнологической информации США (KP 794941 – KP794948) [21]. Анализ указанных последовательностей выявил абсолютную идентичность их нуклеотидного состава (рис. 2). Отсутствие изменчивости данного гена в популяциях верховки обыкновенной из разных речных бассейнов республики, может указывать на быстрое расселение указанного вида. Учитывая высокую степень консервативности ген-кодирующей последовательности, расселение могло происходить несколько тысячелетий назад. По-видимому, в случае непреднамеренной интродукции (инвазивный механизм) с посадочным материалом на рыбоводное хозяйство ПГРЭС наблюдался бы некоторый нуклеотидный полиморфизм гена COI.

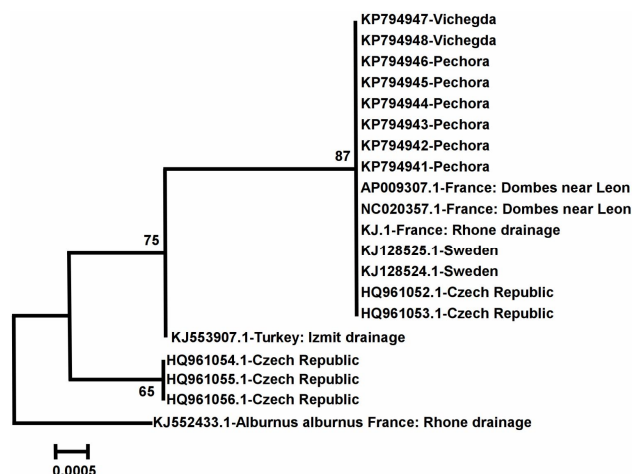


Рис. 2. Филогенетическое древо, построенное методом NJ (объединение ближайших соседей) на основании последовательностей COI мтДНК образцов *Leucaspius delineatus* (Heckel, 1843) и *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) в качестве внешней группы.

При выполнении анализа длин квалифицированных фрагментов ДНК верховки три комбинации селективных праймеров позволили выявить 318 AFLP маркеров (локусов) длиной от 50 до 500 п.н. Определенные с помощью программы GenAlEx v. 6.501 популяционные показатели представлены в таблице. На основании анализа всех частот аллелей локусов AFLP 36 проанализированных образцов верховки обыкновенной из трех разноудален-

Результаты AFLP-анализа исследованных образцов, полученные с помощью программы GenAlEx v. 6.501

Место отбора		Озеро пойменное	Водоем-охладитель ПГРЭС	Водохранилище Нювчимское
№ выборки		1	2	3
Координаты	широта	65,132	65,115	61,391
	долгота	57,072	57,353	50,765
% полиморфных локусов		36,16	82,08	53,14
Инф. индекс Шеннона		0,14±0,013	0,28±0,013	0,25±0,015
Число эффективных аллелей		1,15±0,016	1,28±0,019	1,26±0,018
Ожидаемая гетерозиготность	смещенная (H_e)	0,09±0,009	0,17±0,010	0,16±0,010
	несмещенная (uH_e)	0,09±0,009	0,18±0,010	0,18±0,011
Генетическое расстояние Нея	сравниваемые выборки	1-2	2-3	1-3
	показатель	0,040	0,045	0,118

ных местообитаний была построена дендрограмма (рис. 3). При кластеризации выделилось несколько групп исследованных особей. Генетически наиболее дифференцируемыми оказались образцы из Нювчимского водохранилища (бассейн р. Вычегда) и озера в пойме р. Печора, географическое расстояние между которыми составляет около 520 км. Большая часть особей из водоема-охладителя ПГРЭС кластеризовалась совместно с таковыми из пойменного озера и несколько образцов вошли в вычегдскую

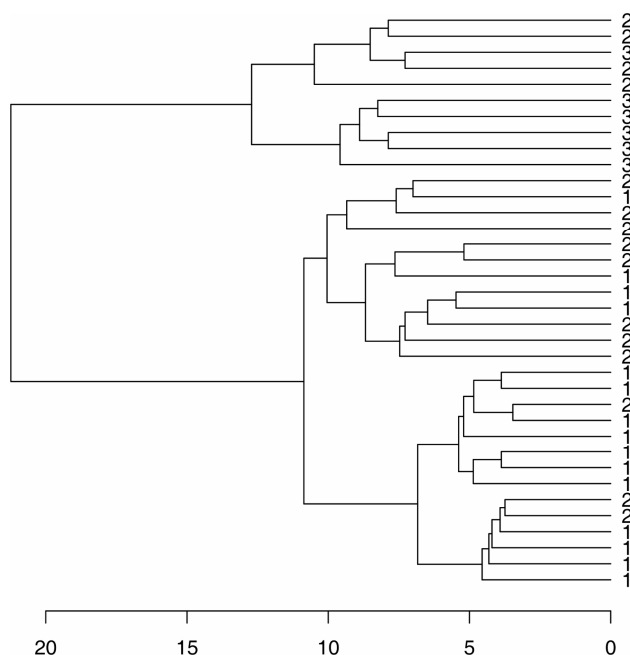


Рис. 3. Дендрограмма сходства образцов *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843), построенная на основе данных AFLP анализа (матрица сходства рассчитана с использованием евклидова расстояния, иерархическая кластеризация выполнена с использованием метода Уорда). Происхождение образцов: 1 – озеро пойменное (р. Печора), 2 – водоем-охладитель Печорской ГРЭС, 3 – водохранилище Нювчимское (р. Нювчим, бассейн р. Сысола).

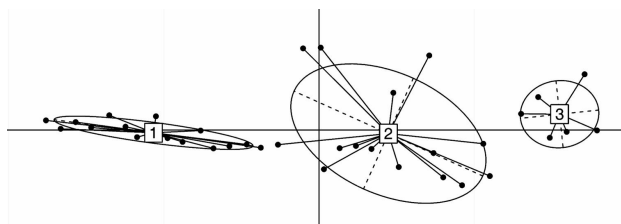


Рис. 4. Визуализация результатов анализа AFLP-маркеров *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) из трех водоемов Республики Коми методом главных компонент. 1 – озеро пойменное (р. Печора), 2 – водоем-охладитель Печорской ГРЭС, 3 – водохранилище Нювчимское (р. Нювчим, бассейн р. Сысола).

кладу. Тем не менее, анализ главных компонент, проведенный с бинарными данными AFLP анализа в программной среде R, показал значимую обособленность исследуемых популяций (рис. 4).

Эти результаты были поддержаны анализом с применением методов байесовской статистики. С использованием алгоритма, описанного в работе [17], определили наиболее вероятное число генетических кластеров, равное 3. Это значит, что из проанализированных 36 образцов по данным AFLP анализа было выделено 3 ДНК-группы, обладающих генетическим своеобразием (рис. 5).

Результаты байесовского анализа в программе «STRUCTURE», основанного на составе AFLP-локусов, также свидетельствуют о высокой вероятности разделения исследованных рыб из пой-

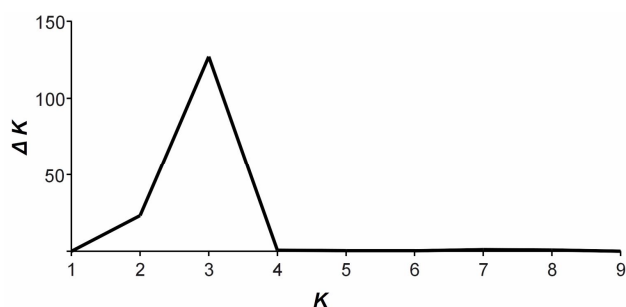


Рис. 5. Результаты байесовского анализа с помощью программы «STRUCTURE v. 2.3.4» состава AFLP-локусов 36 образцов *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) различного географического происхождения. Определение наиболее вероятного числа кластеров (K) по величине ΔK .

менного озера (р. Печора) и Нювчимского водохранилища (рис. 6). Часть особей, отобранных из водоема-охладителя ПГРЭС (5 экз.), могут быть классифицированы как «вычегдские», остальные – как «печорские».

Удобной количественной характеристикой при сравнении популяций является величина генетического расстояния между ними. Чаще всего используют стандартное генетическое расстояние Нея [22]. Такое генетическое расстояние между проанализированными группами (Nei Distance) варьировало от 0,04 до 0,118. Дистанция между выборками из Печорского бассейна была наименьшей. Это объясняется незначительным физическим расстоянием и свидетельствует о более близкой связи между данными группировками. Степень иден-

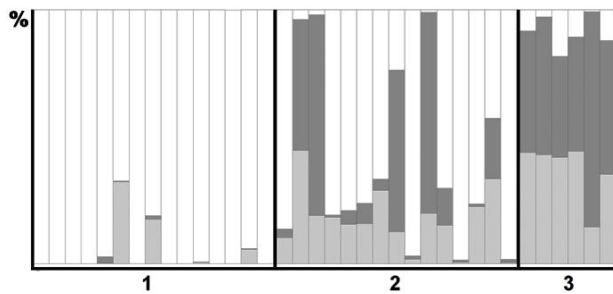


Рис. 6. Результаты байесовского анализа с помощью программы «STRUCTURE v. 2.3.4» состава AFLP-локусов 36 образцов *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843) различного географического происхождения. Ось абсцисс – номера выборок и код их географического происхождения (1 – озеро пойменное (р. Печора), 2 – водоем-охладитель Печорской ГРЭС, 3 – водохранилище Нювчимское (р. Нювчим, бассейн р. Сысола). Ось ординат – вероятность (%) кластеризации исследуемых образцов на группы по составу AFLP-локусов. Для подготовки рисунка использована усредненная Q-матрица, полученная с помощью программы «CLUMPP v. 1.1.2».

тичности исследованных популяций из бассейнов рек Печора и Вычегда меньше, чем в пределах Печорского бассейна. Это свидетельствует о длительном отсутствии обмена генетической информацией между популяциями вследствие давней изоляции речных бассейнов.

Обсуждение результатов

Реки северного склона Русской равнины (Печора, Вычегда) на всем своем протяжении располагаются в области покрытия льдами максимального оледенения. На территории европейского Северо-Востока России расселение верховки могло происходить в период отступления льдов максимального оледенения. Участок среднего течения р. Печора в то время был представлен тремя крупными озерами (Троицко-Печорское, Лебяжское и Усинское). По существующим предположениям, до формирования Камо-Печоро-Вычегодских водоразделов часть стока этих озер была направлена в р. Кама (р. Вель – приток р. Печора рассматривается как верховье Пракамы). Верховье р. Печора, развивавшееся изолированно со времен доледниковья, в отдельные периоды также имело сток в Каму по долинам рек Нем, Вычегда и Северная Кельтма [23].

Интересным фактом является область распространения леща в бассейне р. Печора, большая часть которого приурочена к магистральному руслу и водоемам среднего и большей части нижнего течения реки. Лещ и верховка – единственные в р. Печора представители понто-каспийского фаунистического комплекса (теплолюбивые виды рыб, адаптированные к жизни в реках Понто-Каспия). По данным Г.В.Никольского [24], в теплые фазы послеледниковья представители этого комплекса могли иметь более широкое распространение в бассейне Северного Ледовитого океана, однако вследствие изменения условий численность их значительно сократилась.

В пользу гипотезы о длительном обитании верховки обыкновенной в водоемах бассейна р. Печора также свидетельствует и результат теста Мантелла, оценивающего корреляцию между матрицами генетических и географических дистанций (999 повторов; коэффициент корреляции между матрицами – 0,5; p-value: 0,001). Необходимо отметить явную гетерогенность проанализированного материала. Рыбы из пойменного озера характеризуются минимальной величиной полиморфизма, а также статистически значимо отличаются от остальных групп по таким показателям, как ожидаемая гетерозиготность (H_e и uH_e), число эффективных аллелей (N_e) и информационный индекс Шеннона (I) (см. таблицу). Данный водоем расположен в пойме р. Печора и большую часть года соединяется с ней протокой, а при весеннем половодье и заливается водами реки. Возможно, его заселение небольшим числом экземпляров верховки произошло относительно недавно. Это и могло бы объяснить низкое генетическое разнообразие данной группировки (эффект основателя). По мнению авторов [25], описывающих процесс инвазийного заселения верховкой некоторых водоемов на территории Англии, основную роль в ряде случаев играли рыбаки-любители. При этом главный предполагаемый механизм – перемещение икры и молоди рыб из водоема в водоем вместе с различным снаряжением (сети, неводы, садки), используемым в процессе рыбной ловли. Необходимо отметить, что нерестовый период у данного вида рыб длится все лето (порционное икрометание) и, как показала практика, в качестве нерестового субстрата могут использоваться сетные и удищные поплавки, дно лодки и прочие предметы. Кладка икринок имеет вид строчек шириной в 1-2 икринки и приклеена к субстрату достаточно прочно. Существует небольшая вероятность того, что при быстром переезде на другой водоем (во влажных условиях) оплодотворенные икринки действительно могут попасть в воду и продолжить свое развитие.

Основными факторами, влияющими на генетическую структуру популяций, являются генетический дрейф, поток генов и естественный отбор [26]. Для водоема-охладителя ПГРЭС установлен факт интродукции и образования устойчивых группировок уклейки и карпа. Вместе с указанными видами в этот водоем могла попасть и верховка. Однако в случае исключительно инвазийного происхождения данного вида генетическое разнообразие изучаемого материала могло быть очень низким вследствие проявления «эффекта основателя». Возможно, изменение генетической структуры вызвано привнесением дополнительного генетического материала к уже существующей популяции.

Водоем-охладитель Печорской ГРЭС характеризуется непостоянным гидрохимическим и термическим режимами, зависящими от технологических процессов электростанции [27]. Влияние измененного температурного и химического режимов проявляется на различных уровнях организации: от дефектов развития у отдельных особей разных ви-

дов рыб до исчезновения типичных видов (щука, плотва, окунь) из структуры рыбной части сообщества в целом [28,29]. Устранение прямого действия отбора (прессинг хищника) при оптимальных (для верховки) температурных параметрах среды также может способствовать изменению генетического разнообразия популяций рыб.

Генетическая выборочность при небольших объемах проанализированного материала в популяционном анализе может в свою очередь повлиять на результаты исследования. Так, например, значительная доля (81 %) молекулярной дисперсии (AMOVA) приходится на внутривидовую генетическую изменчивость проанализированных особей, что свидетельствует о значительной разнородности исследованного генетического материала.

Таким образом, данные секвенирования участка мтДНК, кодирующего субъединицу 1 фермента цитохромоксидазы, свидетельствуют о едином механизме происхождения популяций верховки обыкновенной. Анализ полиморфизма длин амплифицированных фрагментов позволяет заключить, что проанализированные выборки генетических проб верховки характеризуются явным генетическим своеобразием. Уровень изменчивости генетических и морфологических признаков данного вида, наблюдаемый при продвижении на северо-восток Республики Коми, по-видимому, отражает процесс его естественного расселения и адаптации к условиям внешней среды. Корреляция между матрицами генетических и географических расстояний также говорит в пользу предложенной нами гипотезы.

Литература

1. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 2. С. 469–925.
2. Зверева О.С., Кучина Е.С., Соловкина Л.Н. Рыбные богатства Коми АССР и пути их освоения. Сыктывкар: Коми книжн. изд-во, 1955. 106 с.
3. Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т. 2 / Под ред. Ю.С.Решетникова. М.: Наука, 2002. 253 с.
4. Рафиков Р.Р. Формирование рыбного населения искусственных водных объектов Республики Коми // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы XIX Всероссийской молодежной науч. конференции (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 4–8 апреля 2012 г.). Сыктывкар, 2012. С. 94–96.
5. Бознак Э.И., Рафиков Р.Р. О находках уклейки (*Alburnus alburnus*) и верховки (*Leucaspisus delineatus*) в водоемах бассейна р. Печора // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докладов Всероссийской науч. конференции с международ. участием (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 16–20 ноября 2009 г.). Сыктывкар, 2009. С. 34–35.
6. Интересова Е.А. Верховка *Leucaspisus delineatus* (Cyprinidae) в водоемах юга Западной Сибири // Вопросы ихтиологии. 2012. Т. 52. № 3. С. 352–357.
7. Корляков К.А., Дубчак К.А. Продукционная и паразитологическая характеристика чужеродных короткоцикловогого рыб водоемов восточного склона Южного Урала // Экология. 2010. № 4. С. 312–316.
8. Понкратов С.Ф. Инвазии чужеродных видов рыб в бассейн ангарских водохранилищ // Российский журнал биологических инвазий. 2013. № 4.
9. Попов П.А. Характеристика ихтиоценозов водохранилищ Сибири // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 77–84.
10. Терещенко В.Г., Терещенко О.В., Трифонова Л.И. Формирование структуры рыбного населения водохранилища при интродукции новых видов рыб с первых лет его существования // Вопросы ихтиологии. 2004. Т. 44. №5. С. 619–631.
11. Ward R.D., Zemlak T.S., Innes B.H. et al. Bar-coding Australia's fish species // Philosophical Transactions of the Royal Society B 360. 2005. P. 1847–1857.
12. Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipowski A., Kumar S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. // Molecular Biology and Evolution. 2013. № 30. P. 2725–2729.
13. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2014.
14. Mantel N. The Detection of Disease Clustering and a Generalized Regression Approach // Cancer Research. 1967. Vol. 27. № 2. P. 209–220.
15. Pritchard J. K., Stephens M., Donnelly P. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data // Genetics. 2000. Vol. 155. № 2. P. 945–959.
16. Pritchard J.K., Wen W., Falush D. Documentation for STRUCTURE software: version 2.3. 2010. 38 p.
17. Evanno G., Regnaut S., Goudet J. Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study // Molecular Ecology. 2005. Vol. 14. № 8. P. 2611–2620.
18. Jakobsson M., Rosenberg N.A. CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure // Bioinformatics. 2007. Vol. 23. № 14. P. 1801–1806.
19. Rosenberg N.A. DISTRUCT: a program for the graphical display of population structure // Mol. Ecol. Notes. 2003. Vol. 4. № 1. P. 137–138.
20. Nei M. Molecular Evolutionary Genetics. New York: Columbia University Press, 1987.
21. GenBank Home. Электронный ресурс: (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).
22. Вейс Б. С. Анализ генетических данных. М., 1995. 400 с.

23. Зверева О.С. Особенности биологии главных рек Коми АССР. Л.: Наука, 1969. 279 с.
24. Никольский Г.В. К истории ихтиофауны бассейна Белого моря // Зоологический журнал. 1943. Т. 22. №. 1. С. 27–32.
25. Zieba G., Copp, G.H., Davies, G.D. et al. Recent releases and dispersal of non-native fishes in England and Wales, with emphasis on sunbleak *Leucaspisus delineatus* // Aquatic Invasions. 2010. № 5. P. 155–161.
26. Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. М.: Академкнига, 2003. 431 с.
27. Бознак Э.И., Захаров А.Б. Рыбное население индустриального водоема в условиях многофакторного антропогенного воздействия // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: в 2 т. Т.2: Управление водными ресурсами речных водосборов. Водная экология / Труды Междунар. научно-практ. конф. (26 мая – 28 мая 2009 г., г.Пермь) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009. С. 220 – 224.
28. Рафиков Р. Р. Оценка экологического состояния водоема-охладителя Печорской ГРЭС по данным анализа флуктуирующей асимметрии // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докладов II Всероссийской науч. конференции с международ. участием (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 8–12 апреля 2013 г.). Сыктывкар, 2013. С. 177–179.
29. Рафиков Р. Р. Особенности рыбного населения индустриального водоема в бассейне р. Печора // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы докладов 5-й Всероссийской науч. конференции с международ. участием (Апатиты, Мурманская область, Россия, 24–27 июня 2014 г.). Апатиты, 2014. С. 212–215.
- lineatus) v vodoemah bassejna r. Pechora [About finds of bleak (*Alburnus alburnus*) and sunbleak (*Leucaspisus delineatus*) in Pechora river basin ponds] // Problemy izuchenija i ohrany zhivotnogo mira na Severe [Problems of animals study and protection in the North] : Materials of All-Russia Sci. Conf. (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, November 16–20, 2009). Syktyvkar, 2009. P. 34–35.
6. Interesova E.A. Verhovka *Leucaspisus delineatus* (Cyprinidae) v vodoemah juga Zapadnoj Sibiri [Sunbleak *Leucaspisus delineatus* (Cyprinidae) in Western Siberia reservoirs] // Voprosy ihtologii [Journal of Ichthyology] . 2012. Vol. 52. № 3. P. 352-357.
7. Korljakov K.A., Dubchak K.A. Produkcionnaja i parazitologicheskaja harakteristika chuzherodnyh korotkociklovnyh ryb vodoemov vostochnogo sklona Juzhnogo Urala [Production and parasitological characteristics of invasive short-cycle fish species in water bodies on the eastern slope of the Southern Urals] // Jekologija [Russian journal of ecology]. 2010. № 4. P. 312-316.
8. Ponkratov S.F. Invazii chuzherodnyh vidov ryb v bassejn angarskih vodohranilishh [Biological invasions of alien fish species into the basin of Angara reservoirs] // Rossijskij zhurnal biologicheskikh invazij [Russian Journal of Biological Invasions]. 2013. № 4.
9. Popov P.A. Harakteristika ihtiocenozov vodohranilishh Sibiri [Characterization of ichthyocenoses in Siberia's reservoirs] // Geografija i prirodnye resursy [Geography and natural resources]. 2012. № 3. P. 77-84.
10. Tereshhenko V.G., Tereshhenko, O.V. Trifonova, L.I. Formirovanie struktury rybnogo naselenija vodohranilishha pri introdukcii novykh vidov ryb s pervyh let ego sushhestvovaniya [Development of the fish community in a reservoir when new species are introduced from the first years of its existence] // Voprosy ihtologii [Journal of Ichthyology]. 2004. Vol. 44. № 5. P. 619-631.
11. Ward R.D., Zemlak T.S., Innes B.H. et al. Barcoding Australia's fish species // Philosophical Transactions of the Royal Society B 360. 2005. P. 1847–1857.
12. Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipowski A., Kumar S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. // Molecular Biology and Evolution. 2013. № 30. P. 2725-2729.
13. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2014.
14. Mantel N. The Detection of Disease Clustering and a Generalized Regression Approach// Cancer Research. 1967. Vol. 27. № 2. P. 209–220.
15. Pritchard J. K., Stephens M., Donnelly P. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data // Genetics. 2000. Vol. 155. № 2. P. 945–959.
16. Pritchard J.K., Wen W., Falush D. Documentation for STRUCTURE software: version 2.3. 2010. 38 p.

References

17. *Evanno G., Regnaut S., Goudet J.* Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study // *Molecular Ecology*. 2005. Vol. 14. № 8. P. 2611–2620.
18. *Jakobsson M., Rosenberg N.A.* CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure // *Bioinformatics*. 2007. Vol. 23. № 14. P. 1801–1806.
19. *Rosenberg N.A.* DISTRUCT: a program for the graphical display of population structure // *Mol. Ecol. Notes*. 2003. Vol. 4. № 1. P. 137–138.
20. *Nei M.* *Molecular Evolutionary Genetics*. New York: Columbia University Press, 1987.
21. *Jelektronnyj resurs:* (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).
22. *Vejr B.S.* Analiz geneticheskikh dannyh [Genetic data analysis]. Moscow. 1995. 400 p.
23. *Zvereva O.S.* Osobennosti biologii glavnyh rek Komi ASSR [Biological peculiarities of the main rivers in the Komi Republic.]. Leningrad: Nauka, 1969. 279 p.
24. *Nikol'sky G.V.* K istorii ihtiofauny bassejna Belogo morja [On the history of the White Sea basin fish fauna] // *Zoologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Zoology]. 1943. Vol. 22. №. 1. P. 27–32.
25. *Zieba G., Copp, G.H., Davies, G.D., Stebbing P. et al.* Recent releases and dispersal of non-native fishes in England and Wales, with emphasis on sunbleak *Leucaspis delineatus* // *Aquatic Invasions*. 2010. № 5. P. 155–161.
26. *Altukhov Ju. P.* Geneticheskie processy v populacijah [Genetic processes in populations]. Moscow: Akademkniga. 2003. 431 p.
27. *Boznak Je.I., Zaharov A.B.* Rybnoe naselenie industrial'nogo vodoema v uslovijah mnogofaktornogo antropogennogo vozdejstvija [Fish population of industrial reservoir in terms of multiple-factor anthropogenic impact]// *Sovremennye problemy vodohranilishh i ih vodosborov* [Modern problems of reservoirs and their watersheds]: in 2 vol. Vol.2 :Upravlenie vodnymi resursami rechnyh vodosborov. Vodnaja jekologija [Water resources management of river reservoirs. Water ecology]: Transact. Intern. Sci.-pract. conf. (May 26–28, 2009, Perm') / Perm State Univ., Perm, 2009. P. 220 – 224.
28. *Rafikov R.R.* Ocenka jekologicheskogo sostojanija vodoema-ohladitelja Pechorskoj GRJeS po dannym analiza fluktuirujushhej asimmetrii [Morphological variability of Ruff GYMNO-CEPHALUS CERNUUS (L.) from cooling pond of Pechora SRPS]// *Problemy izuchenija i ohrany zhivotnogo mira na Severe* [Problems of animals study and protection in the North]: Materials of II All-Russia Sci. Conf. (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, April 8–12, 2013). Syktyvkar, 2013. P. 177–179.
29. *Rafikov R.R.* Osobennosti rybnogo naselenija industrial'nogo vodoema v bassejne r. Pechora [Features of the fish population of the industrial reservoir in the Pechora river basin]// *Jekologicheskie problemy severnyh regionov i puti ih reshenija*: [Environmental problems of the northern regions and their solutions]. Materials of V All-Russia Sci. Conf. (Apatity, Murmansk Region, Russia, June 24–27, 2014). Apatity, 2014. P. 212–215.

Статья поступила в редакцию 17.04.2015.

УДК 57.042

ВЛИЯНИЕ СТРЕСС-ФАКТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ СТРЕСС-ОТВЕТА У САМЦОВ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Д.О. ПЕРЕГУДОВА*, М.В. ШАПОШНИКОВ***, А.А. МОСКАЛЕВ*****

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

**ФГБОУ ВО «СГУ им. Питиримы Сорокина», г. Сыктывкар

***Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный
Delovoyd3@gmail.com, mshaposhnikov@mail.ru, amoskalev@list.ru

У самцов *Drosophila melanogaster* проанализирован уровень экспрессии 8 генов стресс-ответа в результате воздействия 11 стресс-факторов разной модальности. Полученная экспериментальная модель вида *in vivo* может быть использована для решения задач биосенсирования и биоиндикации экотоксикантов в лабораторных условиях.

Ключевые слова: *Drosophila melanogaster*, стресс-ответ, репортерный белок GFP

D.O. PEREGUDOVA, M.V. SHAPOSHNIKOV, A.A. MOSKALEV. THE EFFECTS OF STRESS-FACTORS OF DIFFERENT NATURE ON GENE EXPRESSION STRESS RESPONSE IN MALE *DROSOPHILA MELANOGASTER*

In male *Drosophila melanogaster* the expression of reporter gene of green fluorescent protein GFP was analyzed. This protein is under the transcriptional control of promoters of common response to stress genes (*D-GADD45*, *Stat92E-D*), genes of innate immunity (*Defensin*, *Drosomycin*, *Metchnikowin*), gene of detoxification of xenobiotics (*GstD1*), genes of heat shock response (*Hsp22* and *Hsp70*). Analysis was performed after the exposure to stressors of different modalities (bacterial infection, fungal infection, hypergravity, starvation, dehydration, paraquat, dioxin, toluene, formaldehyde, hyperthermia, cold stress) at different doses and at different times after exposure. Analysis of the expression level of GFP-reporter allowed to determine the spectrum of factors that are capable of activating certain genes of cellular stress response in a model of *Drosophila melanogaster in vivo*. The obtained experimental model can be used to solve problems of bioindication of toxicants in laboratory conditions.

Keywords: *Drosophila melanogaster*, stress response, reporter protein GFP

Введение

Живые организмы – многоуровневая саморегулирующаяся система. В ответ на нарушение гомеостаза (стресс) возникает комплекс внутри организменных изменений, в том числе экспрессии генов, иммунных, электрофизиологических, гормональных реакций и др. Приспособленность организма определяется эффективностью ответа на внешние воздействия, являющиеся стрессовыми факторами, такими как голодание, обезвоживание, гипертермия и др. Целью настоящего исследования был анализ уровня активности генов стресс-ответа, меченных репортерным белком GFP, в ответ на действие экстремальных условий среды и экотоксикантов на модели *Drosophila melanogaster*.

Материалы и методы

Линии *Drosophila melanogaster*

Defensin-GFP, *Drosomycin-GFP*, *Metchnikowin-GFP* – содержат GFP-репортеры генов антимикроб-

ных пептидов, активируемых по Toll-зависимому сигнальному пути. *D-GADD45-GFP* – содержит GFP-репортер гена ответа на повреждение ДНК *D-GADD45*. *GstD1-GFP* – содержит GFP-репортер гена глутатион-S-трансферазы, отвечающей за детоксикацию ксенобиотиков. *Hsp22-GFP* и *Hsp70-GFP* – содержат GFP-репортеры генов белков теплового шока 70 и 22. *Stat92E-GFP* – содержит GFP-репортер транскрипционного активатора STAT92E, участвующего в регуляции общего стресс-ответа.

Оценка изменения экспрессии генов, меченных репортерным белком GFP

Экспрессию исследуемых генов оценивали путем регистрации изменения уровня флуоресценции репортерного белка GFP. Для этого пятидневных самцов *Drosophila melanogaster* исследуемых линий подвергали воздействиям стресс-факторов (табл. 1); на 1-, 2- и 3-е сут. после воздействия визуализировали уровень флуоресценции у анестезированных особей с помощью люминесцентного микроскопа «МИКМЕД-2 вар.11» («ЛОМО») и ви-

Таблица 1

Условия воздействий

Воздействие	Условия воздействия	Время экспозиции, ч.	Ссылка
Гипергравитация	1.8, 16.1 G	1	[2]
Паракват	5, 20 мМ	24	[3]
Голодание	Раствор 3 %-ной агарозы вместо питательной среды	16, 77	[4]
Обезвоживание	Относительная влажность воздуха 30 %	16, 48	[5]
Гипертермия	34 и 39°C	0.5	[1]
Холодовой стресс	0°C и -4°C	2	[6, 7]
Диоксин	0.822 и 1.644 мкМоль/л	72	[8]
Толуол	50 и 100 мкМоль/л	72	[9]
Формальдегид	Пары 7% и 14% формальдегида	24	[10]
Бактериальная инфекция	Смешанная биомасса монокультур бактерий <i>Micrococcus luteus</i> и <i>Escherichia coli</i> с содержанием клеток не менее 10 ³ или 10 ⁹ КОЕ/мл	Инфицирование путем прокола верхней части груди при помощи тонкой иглы	[11]
Грибковая инфекция	Культура грибка <i>Beauveria bassiana</i> . Содержание спор на одну особь – не менее 10 ¹ и 10 ² КОЕ	3 мин	[12]

деосистемы на основе цифровой камеры Olympus C7070. Количественный и качественный анализы снимков проводили с помощью программы ImageJ 2x 2.1.4.7. Вычислялся коэффициент CTCF (Corrected total cell fluorescence) в пикселях. Статистическую обработку результатов выполнили с использованием t-критерия Стьюдента [1].

Обработка стрессовыми факторами

До воздействия мухи содержались на стандартной агарно-дрожжевой среде при температуре 25°C, относительной влажности 60% и 12-часовом режиме освещения. Во всех экспериментах использовали самцов *Drosophila melanogaster* соответствующей линии, которых в возрасте 5 сут. подвергали соответствующему воздействию (табл. 1).

Результаты и обсуждение

Показано, что репортеры генов антимикробных пептидов *Defensin-GFP*, *Drosomycin-GFP*, *Metchnikowin-GFP* активируются в ответ на весь спектр исследованных факторов. Динамика экспрессии данных генов иммунного ответа различна и зависит от дозы и времени измерения: наблюдается как увеличение, так и снижение активности данных генов. Однако в случае бактериального и грибкового заражения наблюдается только увеличение экспрессии генов *Defensin*, *Drosomycin* и *Metchnikowin* (табл. 2).

Репортер гена ответа на повреждение ДНК *D-GADD45-GFP* активируется практически на все изучаемые воздействия. Активность *D-GADD45-GFP* снижается после воздействия голодания.

GFP-репортер гена глутатион-S-трансферазы *GstD1-GFP*, отвечающей за детоксикацию ксенобиотиков, активируется на бактериальное заражение, гипергравитацию, паракват, формальдегид, гипертермию. В то же время уровень экспрессии *GstD1-GFP* снижается при голодании, обезвоживании и обработке диоксином.

GFP-репортеры генов белков теплового шока 70 и 22 активируются на грибковую инфекцию, ги-

пергравитацию, обезвоживание, диоксин, толуол, формальдегид, гипертермию, холодовой шок. Экспрессия *Hsp22-GFP* снижается в ответ на длительное голодание и формальдегид, а экспрессия *Hsp70-GFP* падает при длительном голодании.

Активность *Stat92E-GFP*, участвующего в регуляции общего стресс-ответа, снижается в ответ на бактериальное заражение, холодовой стресс и формальдегид, однако увеличивается в результате воздействия других стресс-факторов (табл. 2).

Анализ интенсивности экспрессии GFP-репортеров выявил, что время активации репортера зависит от типа фактора и от дозы воздействия. В ответ на такие факторы, как обезвоживание, диоксин, толуол, формальдегид уровень экспрессии GFP-репортеров увеличивается в течение 24 ч после воздействия. Однако бактериальное заражение, грибковая инфекция, гипергравитация, голодание, паракват, гипертермия, холодовой шок приводят к активации репортерного белка в течение 48 ч после воздействия. Чем выше интенсивность воздействия, тем быстрее происходит активация репортерного белка. Однако в некоторых случаях после влияния большой дозы стресс-фактора наблюдается снижение экспрессии всех изучаемых генов, как, например, после длительного голодания (табл. 2).

Оценка временной динамики экспрессии GFP-репортеров показала, что продолжительность активности репортера также зависит от типа фактора и от дозы воздействия. При быстрой активации экспрессии в ответ на обезвоживание, диоксин, толуол, формальдегид ее уровень снижается через 72 ч после воздействия. При медленной активации экспрессии GFP-репортеров в ответ на бактериальное заражение, грибковую инфекцию, гипергравитацию, голодание, паракват, гипертермию, холодовой шок активации репортерного белка сохраняется дольше чем 72 ч после воздействия (табл. 2).

Известно, что факторы окружающей природы физической, химической или биологической способны изменять транскрипционный профиль клетки

Таблица 2

Изменение экспрессии изучаемых генов после воздействия стресс-факторов различной природы

Ген	Воздействие	Гипергравитация, G		Параquat. mM		Голодание, ч.			Обезвоживание, %		Гипертермия, °C		Холодовой стресс, °C		Диоксин, мкмоль/л		Толуол, мкмоль/л		Формальдегид, %		Бактериальная инфекция, КОЕ/мл		Грибковая инфекция, КОЕ	
	Доза Время	1.8	16.1	5	20	16	48	30	34	39	0	-4	0.822	1.644	50	100	7	14	10 ³	10 ⁹	10 ¹	10 ²		
Def	1 сутки	-	-4	-	11.22	-	-12	-	-	-	-11	-	10.32	10.37	2.78	-	4.9	3.51	-	-	-	-		
	2 сутки	8.6	-	-	-6.52	-	-	-	-	38.2	31.9	33.7	-4.93	-4.06	4.06	8.54	-	-	-	4.39	-	-		
	3 сутки	-6	-5	-	-	-	-3	-	-	-10	-10	-	-	2.76	-	-	4.6	5.64	4.75	7.65	5.29	-		
Dros	1 сутки	-	-	-	-8.71	-	-	-	-	-	-6	-5.7	3.32	6.54	6.09	8.48	-	-	70.47	144	-	7.65		
	2 сутки	-	-	-	-6.44	3.4	-9	-	-	34	9.47	-	6.38	9.15	4.85	5.64	-	-	63.95	211	-	-		
	3 сутки	-	-	-	-	-	-12	-	-	-	-12	-	-	-	-	-	-	-3.8	43.82	231	-5.17	7.11		
Met	1 сутки	-	-	-	-	2.51	-	14.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2 сутки	-	-	-	-	3.81	-	7.99	-	-8.6	7.37	10.5	-	-	-	-	-	-	10.23	10.3	3.8	4.31		
	3 сутки	-	5.42	-	-	-5	-10	7.56	-	-	-11	-	-	-	-	-	-	-	10.42	8.82	-	20.49		
Gadd45	1 сутки	-	-	-	-3.21	4.72	-	-	6.63	-	8	-	-	-	5.66	-	-	-	-	5.63	-6.84	-		
	2 сутки	-	-	4.8	-	-	-9	6.21	-	-	-	-	-6.26	-4.72	-2.7	-	7.74	5.35	7.15	11.84	10.87	12.03		
	3 сутки	7	4.86	3.843	-	-17	-18	9.99	-	-	-8	-	9.12	6.44	4.55	5.77	-	-	3.07	11.24	-	-		
GstD-1	1 сутки	12.7	-	-	18.29	-9	-21	-20.27	8.33	-	-	-	-7.16	-	-	-	10	14.9	11.86	20.75	-	-		
	2 сутки	-	-	26.74	29.09	-19	-30	-	-	105	-13	-	-	-	-	-	-	12.5	-	13.56	-	12.47		
	3 сутки	-	-	-	23.73	-16	-36	-	-	-	-11	-	-	-	-	-	-	8.85	-1.09	7.73	-	-		
Hsp22	1 сутки	-	8.43	-	-	-	-15	-	-	-	-	10.3	8.16	9.32	9.22	11.67	-7.4	-7.9	-	4.56	-	-		
	2 сутки	-	-8	8.84	12.97	4.1	-	3.68	-	11.1	-	12.9	-	-3.08	-	-	-	-7.2	9.26	10.71	-	-		
	3 сутки	15.3	10.9	9.87	13.87	-	-5	6.43	-	-	-11	-	-	5.17	3.43	3.43	-	-	-4.12	6.16	-	5.64		
Hsp70	1 сутки	-	4.75	-	-	-	-	7.31	13	-	-	10.1	11.17	15.92	10.18	12.04	3.83	9.65	-	-	-	5.81		
	2 сутки	-	-	4.24	6.04	4.48	-3	9.23	-	42.4	4.62	4.52	17.49	19.66	11.59	13.48	-	-	6.85	8.19	4.48	3.69		
	3 сутки	-	-	6.57	13.41	-7	-11	11.75	-	29	-11	-	-	-	-	-	3.61	-	-	-	-	3.44		
STAT	1 сутки	-	14.8	10.91	15.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2 сутки	17	16.7	10.41	13.25	-	-	-	-	12	-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-9.44	-	-		
	3 сутки	-	-	13	20.72	-	-	-	9.81	8.77	-16	-8.7	-	-	-	-	-9.8	-11	-8.58	-	-	20.49		

Примечание: «-» - изменения отсутствуют. В таблице указаны достоверные изменения экспрессии в процентах (t-критерий Стьюдента, $p < 0.05$).

и влиять на активность генов клеточного стресс-ответа, именно этот механизм лежит в основе стресс-ответа организма в целом [13]. Несмотря на то, что основные механизмы стресс-ответа консервативны как в разных группах организмов, так и при воздействии факторов различной природы [14], те или иные стресс-факторы могут оказывать специфическое действие. В данной работе нами показано, что, несмотря на то, что практически все изученные гены изменяют свою экспрессию на весь спектр выбранных воздействий, время активации того или иного гена зависит от типа и интенсивности воздействия. Кроме того, увеличение интенсивности воздействия может приводить к снижению активности генов стресс-ответа, как, например, в случае длительного голодания. К специфическому действию изучаемых стресс-факторов также можно отнести длительность наблюдаемых изменений.

Работа поддержана грантом Президента Российской Федерации № МД-1090.2014.4 и грантом РФФИ № 14-04-01596.

Литература

1. Yang J. and J. Tower Expression of hsp22 and hsp70 transgenes is partially predictive of drosophila survival under normal and stress conditions // J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2009. T.64. №8. P. 828-38.
2. van Loon J.J., E.H. Folgering, C.V. Bouten, J.P. Veldhuijzen, and T.H. Smit Inertial shear forces and the use of centrifuges in gravity research. What is the proper control? // J Biomech Eng. 2003. T.125. №3. P. 342-6.
3. Hosamani R. Acute exposure of Drosophila melanogaster to paraquat causes oxidative stress and mitochondrial dysfunction // Arch Insect Biochem Physiol. 2013. T.83. №1. P. 25-40.
4. Wit J., P. Sarup, N. Lupsa, H. Malte, J. Frydenberg, and V. Loeschcke Longevity for free? Increased reproduction with limited trade-offs in Drosophila melanogaster selected for increased life span // Exp Gerontol. 2013. T.48. №3. P. 349-57.
5. Marron M.T., T.A. Markow, K.J. Kain, and A.G. Gibbs Effects of starvation and desiccation on energy metabolism in desert and mesic Drosophila // J Insect Physiol. 2003. T.49. №3. P. 261-70.
6. Arias L.N., P. Sambucetti, A.C. Scannapieco, V. Loeschcke, and F.M. Norry Survival of heat stress with and without heat hardening in Drosophila melanogaster: interactions with larval density // J Exp Biol. 2012. T.215. №Pt 13. P. 2220-5.
7. Boher F., N. Trefault, M.D. Piulachs, X. Belles, R. Godoy-Herrera, and F. Bozinovic Biogeographic origin and thermal acclimation interact to determine survival and hsp90 expression in Drosophila species submitted to thermal stress// Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol. 2012. T.162. №4. P. 391-6.
8. Bigelow S.W., J.A. Zijlstra, E.W. Vogel, and D.W. Nebert Measurements of the cytosolic Ah receptor among four strains of Drosophila melanogaster // Arch Toxicol. 1985. T.56. №4. P. 219-25.
9. Singh M.P., M. Mishra, A. Sharma, A.K. Shukla, M.K. Mudiam, D.K. Patel, K.R. Ram, and D.K. Chowdhuri Genotoxicity and apoptosis in Drosophila melanogaster exposed to benzene, toluene and xylene: attenuation by quercetin and curcumin // Toxicol Appl Pharmacol. 2011. T.253. №1. P. 14-30.
10. Stumm-Tegethoff B.F. Formaldehyde-induced mutations in Drosophila melanogaster in dependence of the presence of acids // Theor Appl Genet. 1969. T.39. №7. P. 330-4.
11. Bulet P., J.L. Dimarcq, C. Hetru, M. Lagueux, M. Charlet, G. Hegy, A. Van Dorsselaer, and J.A. Hoffmann A novel inducible antibacterial peptide of Drosophila carries an O-glycosylated substitution // J Biol Chem. 1993. T.268. №20. P. 14893-7.
12. Lemaitre B., J.M. Reichhart, and J.A. Hoffmann Drosophila host defense: differential induction of antimicrobial peptide genes after infection by various classes of microorganisms// Proc Natl Acad Sci U S A. 1997. T.94. №26. P. 14614-9.
13. Moskalev A., M. Shaposhnikov, A. Snezhkina, V. Kogan, E. Plyusnina, D. Peregodova, N. Melnikova, L. Uroshlev, S. Mylnikov, A. Dmitriev, S. Plusnin, P. Fedichev, and A. Kudryavtseva Mining gene expression data for pollutants (dioxin, toluene, formaldehyde) and low dose of gamma-irradiation // PLoS One. 2014. T.9. №1. P. e86051.
14. de Nadal E., G. Ammerer, and F. Posas Controlling gene expression in response to stress // Nat Rev Genet. 2011. T.12. №12. P. 833-45.

References

1. Yang J. and J. Tower. Expression of hsp22 and hsp70 transgenes is partially predictive of drosophila survival under normal and stress conditions // J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci. 2009. Vol.64. №8. P. 828-38.
2. van Loon J.J., E.H. Folgering, C.V. Bouten, J.P. Veldhuijzen, and T.H. Smit Inertial shear forces and the use of centrifuges in gravity research. What is the proper control? // J. Biomech. Eng. 2003. Vol.125. №3. P. 342-6.
3. Hosamani R. Acute exposure of Drosophila melanogaster to paraquat causes oxidative stress and mitochondrial dysfunction // Arch. Insect. Biochem. Physiol. 2013. Vol.83. №1. P. 25-40.
4. Wit J., P. Sarup, N. Lupsa, H. Malte, J. Frydenberg, and V. Loeschcke Longevity for free? Increased reproduction with limited trade-offs in Drosophila melanogaster selected for increased life span // Exp. Gerontol. 2013. Vol.48. №3. P. 349-57.

5. Marron M.T., T.A. Markow, K.J. Kain, and A.G. Gibbs Effects of starvation and desiccation on energy metabolism in desert and mesic *Drosophila* // J. Insect Physiol. 2003. Vol.49. №3. P. 261-70.
6. Arias L.N., P. Sambucetti, A.C. Scannapieco, V. Loeschke, and F.M. Norry Survival of heat stress with and without heat hardening in *Drosophila melanogaster*: interactions with larval density // J. Exp. Biol. 2012. Vol.215. №Pt 13. P. 2220-5.
7. Boher F., N. Trefault, M.D. Piulachs, X. Belles, R. Godoy-Herrera, and F. Bozinovic Biogeographic origin and thermal acclimation interact to determine survival and hsp90 expression in *Drosophila* species submitted to thermal stress// Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 2012. Vol.162. №4. P. 391-6.
8. Bigelow S.W., J.A. Zijlstra, E.W. Vogel, and D.W. Nebert Measurements of the cytosolic Ah receptor among four strains of *Drosophila melanogaster* // Arch. Toxicol. 1985. Vol.56. №4. P. 219-25.
9. Singh M.P., M. Mishra, A. Sharma, A.K. Shukla, M.K. Mudiam, D.K. Patel, K.R. Ram, and D.K. Chowdhuri Genotoxicity and apoptosis in *Drosophila melanogaster* exposed to benzene, toluene and xylene: attenuation by quercetin and curcumin // Toxicol. Appl. Pharmacol. 2011. Vol.253. №1. P. 14-30.
10. Stumm-Tegethoff B.F. Formaldehyde-induced mutations in *Drosophila melanogaster* in dependence of the presence of acids // Theor. Appl. Genet. 1969. Vol.39. №7. P. 330-4.
11. Bulet P., J.L. Dimarcq, C. Hetru, M. Lagueux, M. Charlet, G. Hegy, A. Van Dorsselaer, and J.A. Hoffmann A novel inducible antibacterial peptide of *Drosophila* carries an O-glycosylated substitution // J. Biol. Chem. 1993. Vol.268. №20. P. 14893-7.
12. Lemaitre B., J.M. Reichhart, and J.A. Hoffmann *Drosophila* host defense: differential induction of antimicrobial peptide genes after infection by various classes of microorganisms// Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1997. Vol.94. №26. P. 14614-9.
13. Moskalev A., M. Shaposhnikov, A. Snezhkina, V. Kogan, E. Plyusnina, D. Peregodova, N. Melnikova, L. Uroshlev, S. Mylnikov, A. Dmitriev, S. Plusnin, P. Fedichev, and A. Kudryavtseva Mining gene expression data for pollutants (dioxin, toluene, formaldehyde) and low dose of gamma-irradiation // PLoS One. 2014. Vol.9. №1. P. e86051.
14. de Nadal E., G. Ammerer, and F. Posas Controlling gene expression in response to stress // Nat. Rev. Genet. 2011. Vol.12. №12. P. 833-45.

Статья поступила в редакцию 15.05.2015.

УДК 502.52(211.7):502.13

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ УРОЧИЩ ЮЖНОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

Ф.В. ДОЛГОВ*, Г. Г. ОСАДЧАЯ*, Т. Ю. ЗЕНГИНА**

**Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта*

***Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, географический факультет, г. Москва*
galgriosa@yandex.ru, tzengina@mail.ru

Оценены экосистемные функции природно-территориальных комплексов (ПТК) ранга урочищ южной криолитозоны Большеземельской тундры для выявления и ранжирования их вклада в биосферное равновесие территории. Предложенный подход подразумевает равнозначность всех оцениваемых экосистемных функций ПТК, в сумме составляющих интегральную экосистемную услугу. Ее величина определяет значимость и ценность ландшафта для поддержания биосферного равновесия в регионе.

Для произвольно выбранного лицензионного участка недр приводится пример картографирования итогового интегрального показателя экосистемной значимости урочищ. Показано, что такой подход позволит уже на прединвестиционном этапе промышленного освоения территорий отказаться от использования наиболее биосферно-значимых участков.

Ключевые слова: экосистемные функции урочищ, природно-территориальный комплекс, криолитозона, территориальная оптимизация природопользования

F.V. DOLGOV, G.G. OSADCHAYA, T.YU. ZENGINA. COMPARATIVE ASSESSMENT OF REPRESENTATIVE NATURAL BOUNDARIES ECOSYSTEM FUNCTIONS OF THE BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA SOUTHERN CRYOLITOZONE

Results of studying and estimation of ecosystem functions of natural-territorial complexes (NTC) of natural boundaries of Bolshezemelskaya tundra southern cryolitozone for revealing and ranging of their contribution to biospheric balance of the territory are presented. The proposed approach for the solution of this problem, meaning the equivalence of all estimated NTC ecosystem functions as the components of the integrated ecosystem service which size defines the importance and value of the landscape to maintain the biospheric balance in the region, is described.

The results of singling out of representative (i.e. the most typical and abundant) kinds of natural boundaries of Bolshezemelskaya tundra southern cryolitozone and revealing of their characteristics, most valuable for the estimation of the integrated ecosystem service are given. The comparative analysis of the natural boundaries ecosystem importance on the basis of their basic ecosystem functions (climate regulation, regulation of atmosphere gas structure, hydrological functions of the territory, ability of soils to accumulation and instability of soils to anthropogenous influences, biodiversity) which allowed to relatively single out landscapes with most obviously expressed environment-forming functions, was carried out. It is proposed to make definition of the last on the basis of calculation of the so-called coefficient of relative ecological importance (CREI).

For randomly chosen licence subsoil area the example of mapping of the total integrated indicator of the natural boundaries ecosystem importance obtained with use of the calculated indicators of their ecosystem functions, is given. It is shown that such approach already at the pre-investment stage of industrial development of territories will allow to refuse from using the biospheric most significant sites.

Necessity of development of territories of natural-ecological framework is proved so that the economic objectives were organically combined with the ecological ones. Thus the last should be considered as the priority ones. It is underlined that in the conditions of the North this is possible at competent territorial planning at which the area of the broken territories does not exceed 10 % and, simultaneously, the biospheric most significant landscapes are preserved.

Keywords: natural boundaries ecosystem functions, natural and territorial complex, cryolitozone, territorial optimization of environmental management

Введение

Необходимость промышленного освоения богатейших месторождений северных территорий сегодня обсуждается на всех уровнях. Однако до сих пор территория, на которой найден любой ресурс, традиционно рассматривается лишь как место локализации этого ресурса и инфраструктуры по его добыче. При этом при принятии хозяйственных решений практически не принимается в расчет, что помимо пространственных функций, территория выполняет и другие не менее важные, но, к сожалению, пока плохо оцениваемые экосистемные функции, такие как: формирование продукции и запасов фитомассы растительного покрова с его физическими, химическими и биологическими свойствами для поддержания энергетической основы биосферы; обеспечение нормальной циркуляции в биосфере биогенных веществ, защиты от водной, ветровой и термической (для многолетнемерзлых пород (ММП)) эрозии плодородного слоя почв, а, следовательно, – предотвращение ее деградации; сохранение глобального биоразнообразия и всех его полезных свойств, в том числе генетических ресурсов, уникального лекарственного, селекционного и пр. материала; сохранение, накопление, формирование стока и качества пресных поверхностных и подземных вод; предотвращение негативных последствий изменения или нестабильности климата; поддержание оптимального баланса кислорода, углерода и парниковых газов в атмосфере и др. [1].

Однако сейчас уже очевидно, что освоение биосферно-значимых территорий должно проводиться таким образом, чтобы собственно экономические задачи органично сочетались с экологическими, при этом последние должны рассматриваться в качестве приоритетных. Это особенно актуально для северных регионов, где должны соблюдаться жесткие площадные ограничения при нетрадиционном освоении территории [2].

Уже с 90-х гг. прошлого века в России проводились исследования, суть которых сводилась, в частности, к учету ценности экосистемных функций осваиваемой или подлежащей освоению территории. В основном использовались два подхода: эколого-экономической оценки (оценки экосистемных услуг) и ландшафтного планирования.

Эколого-экономическая оценка, выявляющая, какой экономический вклад для общества обеспечивают экосистемы, позволяет оценить экономическую целесообразность конкретного действия или вмешательства. При этом результаты оценки во многом зависят от внешних факторов, таких как конъюнктура рынка разных товаров и услуг, тенденции и настроения общества и др. [3]. Такой «рыночный» подход приводит к тому, что некоторые функции неоправданно переоцениваются. Кроме того, при эколого-экономической оценке определяются в первую очередь объем финансовых выгод или затрат для общества, но не оценивают последствия использования услуги для окружающей среды. Помимо этого, эколого-экономические оценки проводятся обычно для территории в целом и не ставят

задачей выделение в ее пределах участков различной экосистемной значимости. Для криолитозоны Большеземельской тундры эколого-экономические оценки были выполнены Т.В.Тихоновой [4, 5].

В контексте ландшафтного планирования значимость компонентов и свойств ландшафта оценивается с позиции их роли в обеспечении нормального функционирования природно-территориальных комплексов при условии одновременного обеспечения людей благами, которые они стремятся получать от данного ландшафта [6]. Таким образом, использование приемов ландшафтного планирования позволяет оценить степень соответствия намеченной деятельности конкретным ландшафтным особенностям территории. Однако и в этом случае не предполагается дифференциация территории и выделение в ее пределах ландшафтов с минимальной степенью устойчивости к антропогенному воздействию и ландшафтов с наиболее явно выраженными средообразующими функциями. В то же время и те и другие требуют максимально взвешенного отношения при определении перспектив развития территории и размещении хозяйственных объектов.

В связи с этим цель работы заключалась в оценке экосистемных функций природно-территориальных комплексов (ПТК) ранга урочищ южной криолитозоны Большеземельской тундры для выявления и ранжирования их вклада в биосферное равновесие территории. Для этого было предложено определять значимость того или иного природно-территориального комплекса для поддержания биосферного равновесия в регионе на основе определения величины его интегральной экосистемной услуги, рассчитываемой как сумма равнозначно оцениваемых экосистемных функций ПТК.

Материалы и методы

Район исследования включал достаточно обширный регион, расположенный на европейском Северо-Востоке: южную часть Большеземельской тундры. В природном отношении он приурочен к южной лесотундре и северной части крайнесеверной тайги, в мерзлотном – к южной криолитозоне, а именно к подзонам островного (крайнесеверная тайга) и массивно-островного (южная лесотундра) распространения многолетнемерзлых пород (рис. 1). В административном отношении рассматриваемая территория занимает большую часть Усинского и Интинского, а также южную часть Воркутинского районов Республики Коми, в незначительной степени захватывает юго-западный участок Ненецкого автономного округа. Рельеф южной части Большеземельской тундры равнинный с абсолютными отметками поверхности водоразделов от 60 до 330 м, климат переходный от умеренно-континентального к субарктическому [7].

Информационной основой для выполнения данной работы послужили опубликованные материалы, посвященные качественным и количественным оценкам разнообразных функций экосистем, а также авторские разработки по ландшафтной структуре территории, результаты обработки материала-

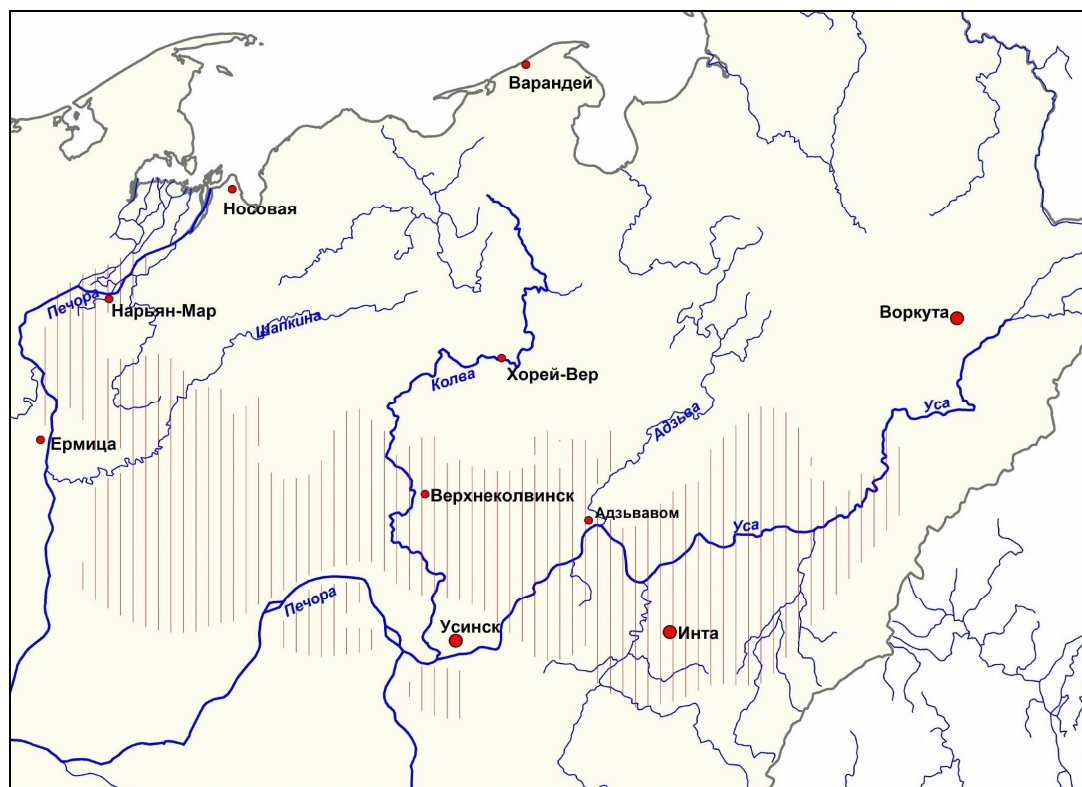


Рис. 1. Южная криолитозона Большеземельской тундры.

лов дистанционного зондирования, разнообразные тематические карты.

Методика проведения исследований включала последовательное решение нескольких задач.

1) *Выделение репрезентативных видов урочищ южной криолитозоны Большеземельской тундры* (т.е. наиболее типичных и часто встречающихся) и выявление тех их характеристик, которые наиболее значимы для проведения дальнейших оценочных работ. Выделение проводилось преимущественно на базе собственных обобщенных данных, основанных на обширном фактическом (полевом) материале, подробно описанном нами в предыдущих работах, а также на основе опубликованных и фондовых результатов ландшафтных исследований как по площадным, так и линейным объектам [8–10].

2) *Проведение сравнительной оценки экосистемной значимости урочищ* на основе учета шести основных экосистемных функций (регулирование климата, регулирование газового состава атмосферы, гидрологические функции территории, способность почв к аккумуляции и неустойчивость почв к антропогенным воздействиям, биоразнообразие) [11], которую было предложено осуществлять на основании расчета *коэффициента относительной экологической значимости (Коэз)* [12]. Для этого экосистемные функции урочищ объединяются и рассматриваются как единая интегральная услуга по поддержанию устойчивости биосферы в целом. При этом, основываясь на фундаментальном экологическом законе минимума Либиха, все функции принимаются равнозначными. Про-

водится сравнение ПТК (урочищ) некоторой конечной территории по шести вышеперечисленным критериям. Далее рассчитывается сам коэффициент относительной экологической значимости Коэз. Сравнение проводится на уровне урочища методом балльных оценок (от 0 до 4 баллов, где 4 – максимальная относительная значимость урочища по конкретному параметру оценки, 0 – минимальная, т.е. отсутствие влияния урочища на конкретный критерий). Максимально возможный балл при наличии шести вышеперечисленных критериев составляет 24. Таким образом,

$Коэз = \sum B_i / 24$, где B_i – балльная оценка по каждому критерию.

Максимальный балл «4» определен следующим образом. Из всех выбранных критериев единственным, который может быть оценен с применением количественного параметра, является регулирование газового состава атмосферы. При проведении относительных оценок достаточно использовать результаты дешифрирования материалов дистанционного зондирования. Для этого определяется нормализованный относительный индекс растительности, т.е., по сути, – объем зеленой биомассы. Нормализованный относительный индекс растительности – количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом) – используется для решения задач, связанных с количественной оценкой растительного покрова. Для исследуемого района как количественно, так и визуально четко выделяются именно четыре группы, резко отличающиеся по объему биомассы.

Для других критериев балл «4» является базовым. Балльные оценки назначаются, исходя из имеющейся в литературе качественной и количественной информации по каждому из параметров по принципу «больше или меньше половины» (т.е. больше или меньше 2 баллов). Внутри каждого вида возможна еще более дробная оценка.

Результаты балльной оценки по каждой позиции заносятся в таблицу. При делении конечного балла для конкретного урочища на максимально возможный балл получается число в пределах от 0 до 1. Наличие четкого предела значений позволяет легко ранжировать урочища по значению их экосистемных функций.

3) *Картографирование итогового интегрального показателя экосистемной значимости урочищ* на примере ряда лицензионных участков недр в пределах южной криолитозоны Большеземельской тундры.

Результаты и обсуждение

Первый этап работ по выделению репрезентативных урочищ показал, что природные ландшафты подзон в пределах исследуемой территории различаются в основном своей структурой и характеристиками ММП. В целом в криолитозоне региона выделяются две геоэкологические зоны: северная и южная. В каждой из них присутствуют по две подзоны. В северной криолитозоне – сплошной (I) и прерывистого (II), в южной – массивно-островного (III) и островного (IV) распространения ММП. Для рассматриваемой южной криолитозоны установлено, что подзона IV условно совпадает с северной частью подзоны крайнесеверной тайги, а подзона III – с подзоной южной лесотундры. Большая часть урочищ встречается в обеих подзонах. В табл. 1 приводятся основные природные параметры урочищ. На базе основных типов растительности были выделены ландшафтные группы ранга урочищ: лесной, болотный (условно разделен на две подгруппы – на преимущественно талых и преимущественно мерзлых грунтах; в последней для урочищ приводятся названия, принятые в геоэкологии), тундровый, луговой, поемный.

Каждой группе/подгруппе присвоен цифровой индекс (арабские цифры), в таблице также приводится индекс (римскими цифрами) геоэкологической подзоны, в которой это урочище встречается.

Отдельно выделены урочища без растительности – пляжи. Условно им присвоен цифровой индекс поемной группы урочищ, так как эти урочища интразональные.

Результаты второго этапа работ по проведению сравнительной оценки экосистемной значимости урочищ на базе учета их основных экосистемных функций, осуществленной в соответствии с предложенной выше методикой, описаны ниже и представлены в табл. 2.

Оценка функции регулирования климата. Рассматриваемая территория приурочена к области преимущественного распространения лесов, имеющих статус притундровых. В регулировании клима-

та они играют заметную роль. Леса сдерживают поступление на материк арктических масс воздуха, защищают от неблагоприятного воздействия холода и ветров, предотвращают поздневесенние заморозки в более южных районах. Кроме того, леса возвращают осадки в атмосферу в большей степени, чем любой другой вид растительного покрова. По этой причине их роль в формировании микроклимата является максимальной [13]. Таким образом, максимальную роль играют лесные урочища, прежде всего сплошные лесные массивы водоразделов (4 балла). Меньшей значимостью обладают леса в долинах рек и ручьев, еще менее значимы локальные лесные массивы водоразделов, речных террас, редколесья, а также некоторые виды болот (2–3 балла). Минимальная значимость по этому параметру у участков тундр, лугов, болот, особенно крупнобугристых (выпуклых торфяников) и грядово-мочажинных (1–2 балла).

Оценка функции регулирования газового состава атмосферы. Роль в регулировании газового состава атмосферы традиционно проводят по величине ежегодного поглощения и накопления углерода различными группами растительных сообществ [14].

Значительная часть запасов углерода сосредоточена в лесах и болотах [15, 16]. Функции наземных экосистем в качестве источников или стоков углекислоты определяются балансом между двумя мощными биосферными процессами – поглощением углерода из атмосферы растительностью с последующим его захоронением в своей биомассе, а также освобождением углерода и его возврата в атмосферу в ходе разложения органического вещества [17].

Рост деревьев происходит многие десятилетия, тем самым, обеспечивая длительное удержание углерода в фитомассе. Помимо фитомассы углерод удерживается и в древесном детрите (мортмассе), поступающем на поверхность почвы в виде опада деревьев, лесной подстилки и гумуса почвы, в которых он удерживается на сроки, равные времени их минерализации.

Ассимиляционный потенциал лесов севера Республики Коми составляет последовательно по природным зонам и подзонам в лесотундре, крайнесеверной и северной тайге соответственно 1.1; 1.3; 1.5 т/га/год [18]. В то же время кислород, вырабатываемый ими, насыщен ионами отрицательного заряда, благоприятно влияющими на организм людей.

Болота препятствуют развитию парникового эффекта. Их, в не меньшей степени, чем леса, можно назвать «лёгкими планеты». Один из главных процессов, способных уменьшить содержание углекислого газа в атмосфере, – это захоронение неразложившейся органики, что и происходит в болотах, образующих залежи торфа, трансформирующегося затем в каменный уголь [19]. Сейчас для болот сложно точно рассчитать «углеродную» оценку, однако имеющиеся исследования говорят о значительности этой цифры [17]. Депонирование углерода оценивается для верховых болот – 0,65 т/га, для переходных и низинных – 0,28.

Таблица 1

Основные природные параметры урочищ

Тип растительности	Индекс урочища	Название урочища и приуроченность к геоэкологической подзоне*	Степень увлажнения поверхности	Локализация**	Почвы	Распространение ММП, % (подзона)
1	2	3	4	5	6	7
Лесной	1а	Лес елово-березовый и еловый кустарничково-кустарничково-мохово-лишайниковый; елово-березовый и березово-еловый кустарничково-кустарничково-моховой (IV, III)	Средняя	А, Б, В	Глееподзолистые, глееподзолистые иллювиально-гумусовые, торфянисто-подзолисто-глееватые и торфянисто-подзолисто-глееватые иллювиально-гумусовые	5 (III)
	1б	Лес елово-березовый и еловый моховой заболоченный (IV, III)	Выше средней	А, Б	Торфяно-подзолисто-глеевые	-
	1в	Редколесье елово-березовое мохово-лишайниковое (IV, III)	Средняя	А, Б	Комплекс глееподзолистых пропитанно-гумусовых и глееподзолистых пропитанно-гумусовых сухоторфянистых	2 (III)
	1г	Лес еловый лишайниковый (IV, III)	Слабая	А, Б	Подзолы иллювиально-гумусово-железистые	-
	1д	Лес сосновый лишайниковый (IV, III)	Слабая	А, Б	Развиты подзолы иллювиально-гумусово-железистые	-
	1е	Редколесье березовое кустарничково-кустарничково-зеленомошное (IV, III)	Средняя	А	Глееподзолистые пропитанно-гумусовые и глееподзолистые пропитанно-гумусовые сухоторфянистые	-
	1ж	Редколесье сосновое осоково-моховое заболоченное (IV, III)	Сильная	А, Б	Торфяно-подзолисто-глеевые иллювиально-гумусовые	-
	1з	Лес березовый кустарничково-травяно-моховой (IV, III)	Средняя, местами повышенная	А	Глееподзолистая	-
Болотный (на преимущественно талых грунтах)	2а	Болото топяное травяно-моховое (IV, III)	Высокая	А, Б, В	Болотные верховые остаточнo-низинные	-
	2б	Болото кочковатое кустарничково-травяно-моховое с отдельными деревьями (IV, III)	Сильная и средняя	А, Б, В	Болотные верховые торфяно-глеевые и торфяные почвы	Новообразования ММП
	2в	Болото грядово-мочажинное (озерковое) кустарничково-травяно-моховое (преимущественно IV, редко III)	Высокая и средняя (на грядах)	А, Б, В	Болотные верховые торфяные	До 30 (на грядах)
	2г	Болото осоко-травяно-моховое с ивняком (IV, III)	Высокая	А, Б, В	Болотные низинные перегнойно-торфяно-глеевые и перегнойные	-
	2д	Аппа болото (IV)	Высокая	А	Болотные низинные перегнойно-торфяно-глеевые и перегнойные	-
Болотный (на преимущественно мерзлых грунтах)	3а	Плоскобугристое болото (торфяник плоскобугристый) багульниково-морошково-мохово-лишайниковый на буграх и пушицево-осоково-сфагновый в межбугровых понижениях (III)	Средняя и высокая	А	Комплекс тундровых остаточнo- торфяных мерзлотных и болотных верховых	60-90 (на буграх)
	3б	Крупнобугристое болото (торфяник выпуклобугристый) с лишайниково-багульниковыми ассоциациями на буграх и багульниково-морошково-сфагновыми с ерником в межбугровых понижениях (IV, III)	Средняя и высокая	А, Б, В	Комплекс болотных верховых торфяных и тундровых остаточнo- торфяных мерзлотных почв	50-70
Тундровый	4а	Тундра плоско- и пологоволнистая ерnikово-ивняково-кустарничково-моховая, участками багульниково-лишайниковая с ерником, с отдельными деревьями (III)	Средняя	А, Б	Комплекс болотных верховых торфяных и тундровых остаточнo- торфяных мерзлотных	5- 80
	4б	Тундра средне-крупнокочковатая и пологоволнистая ерnikово-ивняково-кустарничково-моховая, участками багульниково-лишайниковая с ерником, с отдельными деревьями (IV, III)	Средняя	А, Б	Комплекс болотных верховых торфяных и тундровых остаточнo- торфяных мерзлотных	Новообразования ММП (III)
	4в	Тундры слабонаклонные и пологоволнистые кустарничково-травяные мелко кустарничково-травяные (IV, III)	Средняя	А, Б, В	Комплекс болотных верховых торфяных и тундровых остаточнo- торфяных мерзлотных	-
	4г	Тундра плоская багульниково-лишайниковая с ерником, с отдельными деревьями (III)	Слабая и средняя	А	Комплекс болотных верховых торфяных и тундровых остаточнo- торфяных мерзлотных	До 40
Луговой	5а	Луг ивняково-кустарничково-травяно-разнотравный (интразональный тип)	Средняя	Б, В	Дерново-луговая	-

Окончание табл. 1

Тип растительности	Индекс урочища	Название урочища и приуроченность к геоэкологической подзоне*	Степень увлажнения поверхности	Локализация**	Почвы	Распространение ММП, % (подзона)
1	2	3	4	5	6	7
Поемный	6а	Плоские участки низких пойм с пляжами и несомкнутым травяным покровом (интразональный тип)	Широкий спектр	В	Аллювиально дерновые	-
	6б	Поймы рек и долины ручьев кустарниково-разнотравные (интразональный тип)	Широкий спектр	В	Аллювиально дерновые	-
	6в	Поймы рек и долин ручьев кустарниково-моховые (интразональный тип)	Широкий спектр	В	Аллювиально дерновые	-
Без растительности	6г	Пляж без растительности (интразональный тип)	Широкий спектр	В	-	-

Примечание: *Геоэкологическая подзона: III – массивно-островного распространения ММП; IV – островного распространения ММП

** Локализация: А – водоразделы, Б – надпойменные террасы, В – поймы (для поемного типа растительности – низкие).

Таблица 2

Показатели сравнительных экологических функций урочищ

Индекс – подзона	Локализация*	Климатическая функция	Газовая функция	Гидрологическая функция	Биоразнообразие	Экосистемные функции почвы**	Коэф
1	2	3	4	5	6	7	8
1а – IV	А	4	4	2	2	3	0,75
						2,5	0,73
						3	0,80
	Б	4	4	3	2	2,5	0,78
						3	0,80
						2,5	0,78
1а – III	А	4	3,5	2	1	3	0,73
						2,5	0,65
						3	0,73
	Б	4	3,5	3	1	2,5	0,70
						3	0,73
						2,5	0,70
1б – IV	А	4	4	2	2	2,5	0,73
	Б	4	4	3	2	2,5	0,78
1б – III	А	4	3,5	2	1	2,5	0,65
	Б	4	3,5	3	1	2,5	0,70
1в – III	А	3	2,5	2	1	3	0,58
	Б	3	2,5	2,5	1	3,5	0,75
1г – IV	А	4	3,5	2	2	3,5	0,75
	Б	4	3,5	3	2	3,5	0,80
1г – III	А	4	3,5	2	1	3,5	0,70
	Б	4	3,5	3	1	3,5	0,75
1д – IV	А	4	3,5	2	2	3,5	0,75
	Б	4	3,5	3	2	3,5	0,80
1е – III	А	3	2,5	2	1	3	0,58
1ж – IV	А	3	2,5	2	2	3	0,63
	Б	3	2,5	2,5	2	3	0,65
1з – IV	А	3	3,5	2	2	3	0,68
2а	А	3	2,5	4	1	1,5	0,6
	Б	3	2,5	4	1	1,5	0,6
	В	3	2,5	2	1	1,5	0,5
2б	А	3	2,5	4	1	1,5	0,6
	Б	3	2,5	4	1	3	0,68
	В	3	2,5	2	1	3	0,58
2в	А	2	2	3	1	3	0,55
	Б	2	2	3	1	1,5	0,48
	В	2	2	2	1	1,5	0,43
2г	А	2	1,5	2	1	2	0,43
	Б	2	1,5	2	1	2	0,43
	В	1	1,5	2	1	2	0,38
2д	В	2	1,5	1	1	2	0,38
3а – III	А	1	2,5	2	1	2,5	0,45
3б – IV	А	1	2,5	2	1	2,5	0,45
	Б	1	2,5	2	1	2,5	0,45
	В	1	2,5	2	1	2,5	0,45

Окончание табл. 2

Индекс – подзона	Локализация*	Климатическая функция	Газовая функция	Гидрологическая функция	Биоразнообразие	Экосистемные функции почвы**	Козз
1	2	3	4	5	6	7	8
4а – III	А	1	1,5	0	4	2	0,43
	Б	1	1,5	0	4	2	0,43
4б – III	А	1	1,5	0	4	3	0,48
	Б	1	1,5	0	4	3	0,48
4в – IV	А	1	1,5	0	3	3	0,43
4г – III	А	1	1	0	4	3	0,45
5а	Б	2	2,5	1	1	1,5	0,4
	В	2	2,5	1	1	3	0,48
6а		0	0,5	0	4	3	0,38
6б		0	1	0	4	3	0,40
6в		0	1	0	4	3	0,40
6г		0	0	0	4	0	0,20

Примечание: *А – водоразделы; Б – надпойменные террасы; В – поймы (для 6а-6г – низкие);

** – приведено среднее значение по двум рассматриваемым критериям.

Величина эмиссии метана болотами определяется уровнем воды и соотношением мощности аэробной и анаэробной зон. Аналогичные процессы происходят при оттаивании мерзлоты – в аэробных условиях образуется CO_2 , в анаэробных – CH_4 [13].

После обобщения и анализа имеющейся информации по регулированию газового состава атмосферы проведено ранжирование: максимальное значение балла характерно для лесов водоразделов (4 балла), минимальное для интразональных урочищ низких пойм (0-1 балл), практически лишенных растительности; промежуточные значения принадлежат редколесьям и лесам, приуроченным к высоким поймам, верховым болотам водоразделов (3 балла), далее болотам, на которых развиты ММП, низинным болотам, торфяникам, лугам, тундровым урочищам (1-2 балла).

Оценка функции влияния на гидрологический режим сопредельной территории. Лесная растительность обладает водорегулирующими свойствами [20]. В формировании водных ресурсов любого региона наиболее велика роль спелых и перестойных лесов. Сглаживая сезонные контрасты расходов рек, такие леса к тому же не столь значительно транспирируют влагу, как молодые, средневозрастные и приспевающие. Тем самым больше воды поступает в сток. В лесных насаждениях и на защищенных ими безлесных прогалинах и полянах накапливается снега больше, чем в пределах территорий, где лесная растительность вообще отсутствует. Таяние снега и оттаивание почвы в лесу происходит медленнее, чем на открытых пространствах. Таким образом, благодаря наличию леса растягиваются сроки половодья и снижаются его уровни. Леса выполняют колоссальную работу по восстановлению высокого качества водных ресурсов. В речных бассейнах с высокой и значительной лесистостью поддерживается обильный речной сток и гарантировано восполняются ресурсы пресных подземных вод. Велико значение лесов в предотвращении почвозерозивных процессов, развития оползней, селей и других неблагоприятных геологических процессов.

В целом леса возвращают осадки в атмосферу в большей степени, чем любой другой вид растительного покрова. Леса испаряют 50–90 % выпадающих дождевых осадков, в то время как

травянистый покров возвращает в атмосферу 40% осадков, а почва без покрова – лишь 30%. Испарение лесами огромного количества влаги формирует режим циркуляции воздушных масс, увеличивающий поступление влажного воздуха от океана вглубь континента – «биотический насос атмосферной влаги».

Болота как своеобразный биологический фильтр очищают воду от растворённых в ней химических соединений и твёрдых частиц. Болота являются естественным фильтром, поглощательная способность которого по отношению к взвешам различается в зависимости от типа болота. Для низинных она составляет 0,5 т/га/год, для смешанных – 1,5, для верховых – 2,5 т/га/год. Поверхностные воды рек, озёр и водохранилищ содержат 10–15 мг/л взвешенных частиц, в то время как вода в болотах – 5–9 мг/л взвесей.

Текущие по заболоченным районам реки не отличаются катастрофическими весенними половодьями и паводками, поскольку их сток регулируют болота, отдающие влагу постепенно. Болота, особенно верховые, регулируют сток не только поверхностных, но и грунтовых вод. Поэтому их чрезмерное нарушение может нанести вред малым рекам, многие из которых именно в болотах берут своё начало. По имеющимся данным, болота аккумулируют до 30% речного стока, что делает их огромными резервуарами пресных вод. В результате по влиянию на гидрологический режим сопредельной территории максимальна значимость лесов, расположенных в водоохранных зонах рек и ручьев, а также верховых болот (4 балла). Именно верховые болота регулируют сток не только поверхностных, но и грунтовых вод. Меньшей значимостью (2–3 балла) обладают переходные болота, леса террас и высоких пойм, торфяники. Минимальна значимость (0–1 балл) у низинных болот, участков с тундровым, луговым, поемным (низкие поймы) типами растительности.

Оценка функции неустойчивости почв к механическим воздействиям и их способность аккумулировать загрязнители. Являясь центральным звеном биосферы, почвенный покров выполняет множество глобальных (биосферных) функций. Эти функции ослабевают или перестают выполняться почвой в результате антропогенного

влияния, оказываемого на педосферу. Воздействие человека на какой-либо компонент экосистемы не остается локальным. Различные части геохимического ландшафта тесно связаны между собой. Изменения, происшедшие в определенной части (ярусе) геохимического ландшафта, скажутся практически во всех частях этого ландшафта за счет связей между ними. Изменения, происходящие в почве, неизбежно вызовут изменения всего ландшафта, вплоть до полной его деградации и замены другим ландшафтом. В свою очередь, коренные изменения ландшафтно-геохимической обстановки (смена одного ландшафта другим) сказываются в соседних ландшафтах, при отсутствии непосредственного воздействия на них, за счет связей между ландшафтами.

Поэтому при планировании мероприятий, влияющих на почвенный покров, важно оценить устойчивость данной почвы или комплекса почв к ожидаемым воздействиям (как степень риска деградации конкретного ландшафта и сопряженных с ним территорий).

Для проведения сравнительных оценок экосистемных функций почв использовался подход, предложенный Н.Ю. Мачулиной [21], а также полученные ею результаты (см. табл. 3). Базовой картографической информацией служили материалы, полученные и обобщенные исследователями Института биологии Коми НЦ УрО РАН [22].

Оценка почв проводилась по двум критериям, включающим четыре параметра:

1) неустойчивость (экологическая уязвимость) – неспособность почвы к естественному восстановлению после антропогенных воздействий (для района исследований наиболее значимыми видами воздействия являются механическое нарушение и нефтяное загрязнение);

2) неспособность к аккумуляции органических (жидкие и твердые углеводороды) и неорганических (тяжелые металлы) поллютантов, т.е. неспособность почвы защищать сопредельные среды и сопряженные ландшафты от вторичного загрязнения.

По совокупности этих параметров наибольшую экосистемную ценность (3–3,5 балла), согласно используемой методике, имеют болотно-тундровые почвы, подзолы, глееподзолистые, дерново-луговые высокие пойм, тундровые глеевые и тундровые иллювиально-гумусовые почвы; чуть ниже (1,5–2,5 балла) – комплекс болотных верховых торфяных и тундровых остаточнo-торфяных мерзлотных, болотные низинные перегнойно-торфяно-глеевые и перегнойные, болотные верховые остаточнo-низинные почвы, дерново-луговые почвы надпойменных террас. Средний балл, вычисленный для каждой почвы, используется затем для расчета Козз, но с учетом всех шести критериев приведенное соотношение может измениться.

Таблица 3

Оценка функций почв по критериям неустойчивости к антропогенным воздействиям и неспособности к аккумуляции загрязнений [21]

Почвы / комплексы почв	Неустойчивость к антропогенным воздействиям			Неспособность к аккумуляции		Средний балл
	механ. наруш	нефтяное загрязнение жидк. УВ	тв. УВ	тяжелых металлов	нефте-прод.	
Глееподзолистые	3	2	2	4	3	2,8
Глееподзолистые иллювиально-гумусовые	3	2	2	4	3	2,8
Комплекс глееподзолистых пропитанно-гумусовых и сухоторфянистых	3	2	2,5	4	3	2,9
Подзол иллювиально-гумусово-железистый	3,5	1	2	4	4	2,9
Торфянисто-подзолисто-глееватые	2,5	2,5	2,5	3	2,5	2,6
Торфянисто-подзолисто-глееватые иллювиально-гумусовые	2,5	2,5	2,5	3	2,5	2,6
Торфяно-подзолисто-глеевые	2	3	3	2	2	2,4
Торфяно-подзолисто-глеевые иллювиально-гумусовые	2	3	3	2	2	2,4
Болотные верховые торфяно-глеевые и торфяные	1	3,5	3,5	1	1	2,0
Болотные верховые остаточнo-низинные (переходные)	1	3,5	3,5	1	1	2,0
Болотные низинные перегнойно-глеевые и перегнойные	1	3	3,5	1	1,5	2,0
Комплекс тундровых поверхностно-глеевых оподзоленных, поверхностно-глеевых оподзоленных сухоторфянистых и почв пятен	3,5	2	3,5	2	2,5	2,7
Комплекс тундровых иллювиально-гумусовых оподзоленных и тундровых иллювиально-гумусовых оподзоленных сухоторфянистых	4	1,5	3,5	2	3,5	2,9
Комплекс болотно-тундровых торфяно-(торфянисто-) глеевых и болотно-тундровых сухоторфяно-(сухоторфянисто-) глеевых мерзлотных	4	4	4	1	2	3,0
Комплекс тундровых остаточнo-торфяных мерзлотных и болотных верховых торфяных (торфяники плоскобугристые)	3,5	4	4	1	1	2,7
Комплекс болотных верховых торфяных и тундровых остаточнo-торфяных мерзлотных (торфяники выпуклобугристые)	3,5	4	4	1	1	2,7
Дерново-луговые	3	1	1	4	4	2,6
Аллювиальные дерновые и аллювиальные дерново-глеевые	2	1	1	2	4	2,0

Оценка биоразнообразия. Биоразнообразие – главный средообразующий ресурс на планете, обеспечивающий возможность устойчивого развития, сохранения среды обитания и биологических ресурсов [23, 24]. Биоразнообразие может быть по-разному оценено в зависимости от масштаба рассматриваемой территории: через индекс биоразнообразия, среднее биоразнообразие и т.п. В данной работе оценка проводилась через относительную встречаемость «краснокнижных» видов в зависимости от местообитания. Эта характеристика наиболее доступна; ее источником может служить Красная книга, соотнесенная с конкретной территорией (в данной работе – Красная книга Республики Коми). На предпроектной/прединвестиционной стадии проведения производственных работ другой очевидной информации (например, количество видов по конкретному местообитанию и общее количество видов на оцениваемом участке) недостаточно. Для южной криолитозоны при проведении сравнительных оценок экосистемных функций урочищ по этому параметру выявлено, что максимальный балл (4) очевиден для пойменных урочищ (низкие поймы с пограничными участками), меньший (1) – для болотных (в том числе торфяников) и луговых. Промежуточные значения – у лесов (1,5 балла) и тундр (3 балла).

Расчёт коэффициента относительной экологической значимости ($K_{OЭЗ}$). Результаты ранжирования урочищ по экологическим функциям представлены в табл. 2, на основе которой для рассматриваемой территории для каждого урочища (иногда в зависимости от его локализации на водоразделах или в долинном комплексе) были рассчитаны значения $K_{OЭЗ}$. Наибольшие значения коэффициента ($\geq 0,7$) отмечены для лесов без ММП; минимальные ($\leq 0,5$) – для тундр, лугов, низких пойм и большей части болот. В этой группе минимальные значения $K_{OЭЗ}$ характерны для переувлажненных болот и пойменных участков.

На основе ландшафтных карт и рассчитанных индексов $K_{OЭЗ}$ возможно картографирование относительной экологической значимости ПТК ранга урочищ в пределах любой части южной криолитозоны Большеземельской тундры. Создание подобных карт может и должно стать основой для оптимизации территориального планирования на прединвестиционном/предпроектном этапе в пределах северных регионов вообще и криолитозоны в частности.

Пример карты относительной экосистемной значимости для одного из лицензионных участков недр приведен на рис. 2. На карте значения индекса $K_{OЭЗ}$ нанесены с использованием метода «градуированного цвета» с шагом 0,1 ед. Представлен

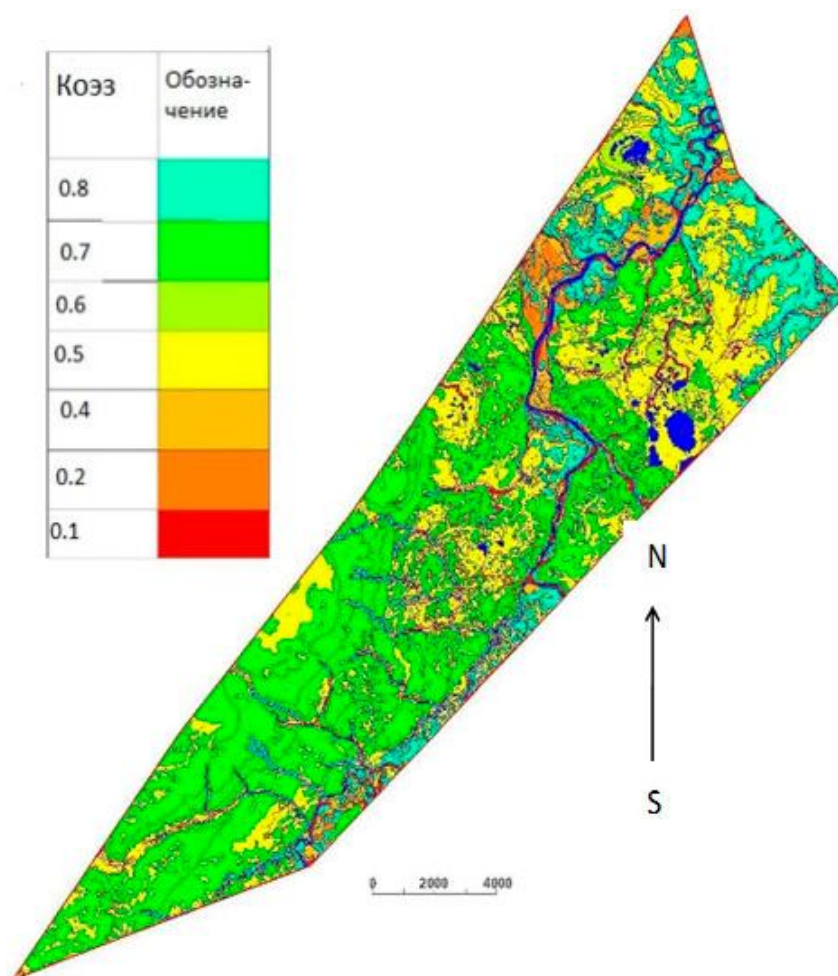


Рис.2. Относительная экологическая значимость ПТК (ранга урочищ) лицензионного участка недр. Пример крупномасштабной карты.

ная на рис.2 территория расположена в подзоне островного распространения ММП (крайнесеверная тайга). На карте визуализированы результаты сравнительной интегральной оценки экосистемных функций урочищ подзоны: наиболее значимые ПТК приурочены к залесенным водоразделам, минимальные – к участкам низких пойм, практически лишенных растительности. Для создания карты не потребовалось специальных дополнительных исследований: только построение ландшафтной основы и подбор индексов K_{033} .

Подобные карты необходимы при выборе мест локализации хозяйственных объектов и позволяют при планировании ориентироваться на участки с наименьшими значениями K_{033} . Так, на сегодняшний день карта относительной экосистемной значимости, приведенная на рис. 2, уже внедрена в производство в качестве информационной основы при разработке проекта обустройства компанией-правообладателем лицензионного участка недр.

Однако следует учитывать, что ПТК с наименьшими (по сравнению с другими) экосистемными функциями могут быть непригодны, либо не рекомендованы для освоения по другим причинам (например, в связи с принадлежностью к водоохранным зонам, другим транзитным элементам природно-экологического каркаса, участкам оленьих пастбищ, из-за инженерно-геологических особенностей территории). Поэтому подобные карты предлагается использовать в сочетании с картами ограничений к природопользованию [25], либо строить синтетические карты, объединяющие комплекс информации по обоим направлениям.

Выводы

Охрана окружающей среды – это не только предотвращение и ликвидация последствий аварий, уменьшение попадания загрязняющих веществ в атмосферу, гидросферу, в почвы, но также и нормирование (лимитирование) площадного воздействия на природные экосистемы и попытки его снижения. Этот аспект охраны окружающей среды в Республике Коми является даже более важным, чем собственно снижение загрязнения на локальных участках освоения, так как именно общая ситуация по вовлечению биосферно-значимых природных экосистем в хозяйственный оборот определяет в целом равновесное экологическое состояние территории. Это особенно важно для северных территорий, так как для устойчивости северных регионов площадь нарушенных территорий в идеале не должна превышать 10 %. Таким образом, обустройство месторождений, пространственная планировка инфраструктуры теснейшим образом связаны с природными характеристиками территории.

Предложенный оригинальный подход к проведению сравнительных оценок экосистемных функций природно-территориальных комплексов ранга урочищ, реализованный на примере южной криолитозоны Большеземельской тундры, позволил сделать следующие выводы.

Для южной криолитозоны Большеземельской тундры в качестве основных оцениваемых парамет-

ров для оценки значимости того или иного урочища и поддержания биосферного равновесия могут быть приняты следующие: регулирование климата, регулирование газового состава атмосферы, гидрологические функции территории, способность почв к аккумуляции и неустойчивость почв к антропогенным воздействиям, биоразнообразие. Они определяют величину интегральной экосистемной услуги, которая рассчитывается через коэффициент относительной экологической значимости K_{033} ($K_{033} = \sum B_i / 24$, где B_i – балльная оценка по каждому параметру).

Расчеты K_{033} для каждого урочища с учетом его зональной и геоморфологической приуроченности показали, что для южной криолитозоны Большеземельской тундры наибольшие значения коэффициента ($\geq 0,7$) характерны для лесов, развитых на талых грунтах; минимальные ($\leq 0,5$) – для тундр, лугов, низких пойм и большей части болот. Причем минимальные значения K_{033} характерны для переувлажненных низинных болот и участков низких пойм, практически лишенных растительности.

Оценка возможности применения на практике предложенного показателя K_{033} с целью выявления наиболее биосферно-значимых участков с целью минимизации их использования может осуществляться на основе расчетных таблиц. Однако гораздо эффективнее следует считать использование карт, визуализирующих пространственные особенности распределения показателя K_{033} . Последние создаются путем картографирования значения индекса K_{033} , который наносится на ландшафтную основу заданного масштаба с использованием метода «градуированного цвета» (например, с шагом 0,1 ед.). Использование подобных карт позволит уже на предпроектном/пред-проектном этапе промышленного освоения территорий выявить и ранжировать вклад различных урочищ в биосферное равновесие, минимизировать использование наиболее биосферно-значимых участков. Такой подход обеспечивает освоение элементов природно-экологического каркаса таким образом, чтобы собственно экономические задачи органично сочетались с экологическими, при этом последние рассматривались в качестве приоритетных. Это возможно, если планируемое обустройство базируется на грамотном вовлечении различных экосистем в хозяйственный оборот. Основой разработки таких планов должно являться территориальное планирование на уровне лицензионных участков недр, подкрепленное специальным картографическим материалом.

Литература

1. Красовская Т.М. Природопользование Севера России. М.: Изд-во ЛКМ, 2008. 277 с.
2. Осадчая Г.Г., Зенгина Т.Ю. Возможности сбалансированного использования биосферного и ресурсного потенциала Большеземельской тундры // Криосфера Земли. Т. XVI. № 2. 2012. С. 43–51.
3. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. 72 с.

4. Тихонова Т.В. Социально-экономическая оценка особо охраняемых природных территорий (на примере заказников Республики Коми) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Вологда. 2011. № 2(14). С.144-157.
5. Тихонова Т.В. Стратегия развития особо охраняемых природных территорий в целях использования и сохранения биоресурсов и экосистемных услуг // Экономика региона. Екатеринбург. № 3 (31). 2012. С. 150-160.
6. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии. М.: Т-во науч.изданий КМК, 2006. 239 с.
7. Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011. 448 с.
8. Осадчая Г.Г., Тумель Н.В. Локальные ландшафты как индикаторы геоэкологической зональности (на примере европейского Северо-Востока) // Криосфера Земли. Т. XVI. №3. 2012. С.62-71.
9. Осадчая Г.Г., Хохлова Е.С. Определение ограничений к природопользованию при вовлечении в освоение территориальных ресурсов южной криолитозоны Большеземельской тундры // Криосфера Земли. Т. XVII. № 3. 2013. С.35-43.
10. Osadchaya G.G., Zengina T. Yu., Koroleva A.M. Landscape Mapping for the Purpose of Geocryological Zonation of the Bolshezemelskaya Tundra // International conference «Earth Cryology: XXI Century» (September 29 – October 3, 2013, Pushchino, Moscow region, Russia). The Program and Conference materials. P. 64-65.
11. Замолотчиков Д.Г. Подход к организации национального рынка экосистемных услуг (http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservice/national_market.html, дата обращения 03.08.2011).
12. Осадчая Г.Г., Мачулина Н.Ю., Головатов О.В. Сравнительный анализ экологических функций локальных ландшафтов крайнего северной тайги // Сборник научных трудов: Материалы науч.-техн. конф. (17-20 апреля 2012 г.). В 3 ч.; ч. 1 / Под ред. Н.Д. Цахая. Ухта: УГТУ, 2012. С.259-263.
13. Букварева Е.Н. Роль наземных экосистем в регуляции климата и место России в постклиматском процессе. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2010.
14. Стеценко А., Сафонов Г. Углеродные инвестиции в леса России / Российские лесные вести. URL: <http://lesvesti.ru/news/expert/922/>.
15. Бобкова К.С., Загирова С.В., Замолотчиков Д.Г. Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны: Международная научная конференция // Лесоведение. № 2. 2012. С.76-78.
16. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность и компоненты баланса углерода в заболоченных коренных ельниках Севера // Лесоведение. № 6. 2007. С. 45-54.
17. Гинзбург А.С. Значение болот России для смягчения антропогенного изменения климата (Экспертная оценка): Материалы семинара «Роль механизмов киотского протокола в развитии лесо- и землепользования в России» (Москва, 14 марта 2005 г.). М., 2005. С.1-31.
18. Накай Н. В. Распределение запасов и годичное депонирование углерода в фитомассе лесов Республики Коми: Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. с/х. наук. Екатеринбург, 2011. 12 с.
19. Парниковые газы – глобальный экологический ресурс: Справочное пособие / Коллектив авторов: В. Х. Бердин, И. Г. Грицевич, А. О. Кокорин. М., 2004. 137 с.
20. Коковкин А.В. Влияние лесов на формирование межечного стока рек Крайнего Севера европейской части СССР// Средаоулучшающая роль леса (экологические проблемы): Тез. докл. Новосибирск, 1984. С. 118-119.
21. Мачулина Н.Ю. Оценка экосистемных функций почвенного покрова южной криолитозоны Большеземельской тундры // Проблемы региональной экологии. 2014. № 4. С.77-88.
22. Атлас почв Республики Коми/Под ред. Г.В.Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. 355 с.
23. Бобылев, С.Н., Медведева О.Е., Сидоренко В.Н., Соловьева С.В. и др. Экономическая оценка биоразнообразия. М.: ГЭФ, 1999.
24. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
25. Зенгина Т.Ю., Осадчая Г.Г. Современные угрозы сохранению основных элементов природно-экологического каркаса Усинского района Республики Коми // Журн. “Известия Коми НЦ УрО РАН”. Вып. 4(20). Сыктывкар, 2014. С. 33-42.

References

1. Krasovskaya T.M. Prirodopolzovanie Severa Rissii [Environmental management of the North of Russia]. Moscow: LKM Publishing house. 2008. 277 p.
2. Osadchaya G.G., Zengina T.Yu. Vozmozhnosti sbalansirovannogo ispolzovaniya biosfernogo I resursnogo potentsiala Bolshezemelskoi tundry [Possibilities of the balanced use of biospheric and resource capacity of Bolshezemelskaya Tundra]/Kriosfera Zemli. Vol. XVI. No. 2. 2012. P. 43-51.
3. Bobylev S.N., Zakharov V. M. Ecosistemniye uslugi I ekonomika [Ecosystem services and economics]. Moscow: JSC LEVKO Printing House, Inst. of sustainable development / Center of environmental policy of Russia. 2009. 72 p.
4. Tikhonova T.V. Socialno-ekonomicheskaya otsenka osobo ohranyaemykh prirodnikh territorii [Social-economic assessment of specially protected natural territories (on the example of wildlife areas of the Komi Republic)] // Economic and social changes: facts, tendencies, forecast. Vologda. 2011. No. 2(14). P. 144-157.
5. Tikhonova T.V. Strateriya razvitiya osobo okhranyaemykh prirodnikh territorii a tselyakh

- sohraneniya i ispolzovaniya bioresusrov iekosistemnykh uslug [Strategy of development of especially protected natural territories to use and preserve bioresources and ecosystem services] // Region economy. Yekaterinburg. No. 3 (31). 2012. P. 150-160.
6. *Landshafntoe planirovanie s elementami inzhenernoi biologii* [landscape planning with elements of engineering biology]. Moscow: Works of scientific publications KMK, 2006. 239 p.
7. *Atlas Respubliki Komi* [Atlas of the Komi Republic]. Moscow: Feoria, 2011. 448 p.
8. *Osadchaya G.G., Tumel N. V.* Lokalniye landshafty kak indikatory geokriologicheskoi zonalnosti [Local landscapes as indicators of geocryologic zonality (on the example of the European Northeast)]//Earth cryosphere. Vol. XVI. No. 3. 2012. P. 62-71.
9. *Osadchaya G.G., Khokhlova E.S.* Opredelenie ogranichenii k prirodopolzovaniyu pri vovlechenii v osvoeniye territorialnykh resursov yuzhnoi kriolotozony Bolshezemelskoi tundry [Determination of restrictions to environmental management involving them into development of territorial resources of the southern cryolitozone of Bolshezemelskaya Tundra] // Earth cryosphere. Vol. XVII. No. 3. 2013. P. 35-43.
10. *Osadchaya G.G., Zengina T. Yu., Koroleva A.M.* Landscape Mapping for the Purpose of Geocryological Zonation of the Bolshezemelskaya Tundra // International conference «Earth Cryology: XXI Century» (September 29 – October 3, 2013, Pushchino, Moscow region, Russia). The Program and Conference materials. P. 64-65.
11. *Zamolodchikov D. G.* Podkhod k organizatsii nacionalnogo rinka ekosistemnykh uslug [Approach to organize national market of ecosystem services] [http: www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/national_market.html](http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/national_market.html), Appl. date 03.08.2011).
12. *Osadchaya G.G., Machulina N. Yu., Golovатов O. V.* Sravnitel'nyy analiz ekologicheskikh funktsii lokalnykh landshaftov krainesevernoi taigi [Comparative analysis of local landscapes ecological functions at Extreme North taiga] // Collected papers: materials of sci. conf. (April 17-20, 2012): in 3 parts; Part 1/Ed. N. D. Tskhadaya. Ukhta: USTU. 2012. P. 259-263.
13. *Bukhareva E.N.* Rol' nazemnykh system v regulatsii klimata i mesto Rosii v postkiotskom processe [Role of land ecosystems in climate regulation and a place of Russia in Post-Kyoto process]. Moscow: Works of sci. publications KMK. 2010.
14. *Stetsenko A., Safonov G.* Uglerodniye investitsii v lesa Rossii [Carbon investments into the woods of Russia] / Russian forest messages. URL: <http://lesvesti.ru/news/expert/922/>.
15. *Bobkova K.S., Zagirova S.V., Zamolodchikova D.G.* Rezervuary i potoki ugleroda v lesnykh i vodnykh ekosistemakh borealnoi zony [International Scientific Conference «Reservoirs and flows of carbon in forest and wetland ecosystems of the boreal zone»] // Silvics. No. 2. 2012. P. 76-78.
16. *Bobkova K.S.* Biologicheskaya produktivnost i komponenty balansa ugleroda v zabolochennykh korennykh elnikakh Severa [Biological productivity and components of the carbon balance in wetlands indigenous north spruce forests] // Silvics. No. 6. 2007. P. 45-54.
17. *Ginzburg A.S.* Znachenie bolot Rossii dlya smygcheniya antropogennogo izmeneniya klimata [Value of bogs of Russia to mitigate the anthropogenous climate change] (Expert assessment): Seminar materials "A role of the Kyoto Protocol mechanisms in the development of forest and land use in Russia", Moscow, March 14, 2005. Moscow: 2005. P. 1-31.
18. *Nakay N.V.* Raspredelenie zapasov i godichnoe raspredelenie ugleroda v fitomasse lesov Respubliki Komi [Distribution of resources and annual deposition of carbon in the forest phytomass in the Komi Republic]: Ph.D. thesis in Agriculture Sciences. Yekaterinburg. 2011. 12 p.
19. *Parnikoviye gazy – globalnii ekologicheskii resurs* [Greenhouse gases as a global ecological resource]: Handbook / Group of authors: V. H. Berdin, I. G. Gritsevich, A. O. Kokorin. Moscow. 2004. 137 p.
20. *Kokovkin A.V.* Vliyanie lesov na formirovanie mezhnogo stoka rek Krainego Severa Evropeiskoi chasti SSSR [Forest influence on formation of rivers' low-flow drain in the Far North of the European part of the USSR] // Environment improving role of forests (environmental problems): Thesis report. Novosibirsk. 1984. P. 118-119.
21. *Machulina N. Yu.* Ocenka ekosistemnykh funktsii pochvennogo pokrova yuzhnoi kriolotozony Bolshezemelskoi tundry [Assessment of soil cover ecosystem functions of the Bolshezemelskaya Tundra southern cryolitozone] // Problems of regional ecology. 2014. No. 4. P. 77-88.
22. *Atlas pochv Respubliki Komi* [Atlas of soils of the Komi Republic] / Eds. G.V.Dobrovolsky, A.I.Taskaev, I.V.Zaboyeva. Syktyvkar: JSC Komi republican printing house/ 2010. 355 p.
23. *Bobylev S.N., Medvedeva O. E., Sidorenko V. N., Solovyova S.V., etc.* Ekonomicheskaya ocenka bioraznoobrazia [Economic assessment of biodiversity]. Moscow: GEF. 1999.
24. *Tishkov A.A.* Biosfeznye funktsii prirodnykh ekosistem Rosii [Biospheric functions of natural ecosystems of Russia]. Moscow: Science. 2005. 309 pages.
25. *Zengina T.Yu., Osadchaya G.G.* Sovremenniy ugrozy sohraneniyu osnovnykh elementov prirodno-ekologicheskogo karkasa Usinskogo raiona Respubliki Komi [Modern threats to preservation of basic elements of the natural ecological carcass of the Usinsk Region of the Komi Republic]. J. Proc. of Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. Issue 4 (20). Syktyvkar, 2014.

Статья поступила в редакцию 10.01.2015.

УДК 612.172

АЛЬФА₂- АДРЕНОРЕЦЕПТОРЫ МИОКАРДА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Ю.В. КОРОТАЕВА*, В.И. ЦИРКИН**

**Вятский государственный гуманитарный университет, г. Киров*

***Казанский государственный медицинский университет, г. Казань*

segecha-meinherz@mail.ru

Приводятся сведения о четырех подтипах альфа₂-адренорецепторов миокарда (А, В, С и D) и рассматривается роль альфа₂ как пресинаптических ауторецепторов в развитии отрицательного инотропного эффекта адреналина на фоне блокады бета₁- и бета₂- АР.

Ключевые слова: миокард, альфа₂-адренорецепторы, инотропный эффект, хронотропный эффект, гипертрофия.

YU.V. KOROTAEVA, V.I. TSIRKIN. ALPHA₂-ADRENERGIC RECEPTORS OF MYOCARDIUM (REVIEW)

The review deals with alfa₂-adrenoreceptors (AR) of the myocardium of humans and animals. Data on 4 subtypes of these receptors (A, B, C, and D) and the role of alfa₂-AR as presynaptic autoreceptors in terminal sympathetic nerves are presented. It is reported that activation of alfa₂-AR, as a rule, is accompanied by the development of negative inotropic and chronotropic effects. This activation also prevents the development of myocardial hypertrophy and other disorders in cardiac performance. All these effects, including cardioprotective ones, indicate that the given type of receptors carries out the function of autoreceptors. Data on the mechanisms underlying all specified effects are given. It is most probable that these mechanisms are related with inhibition of adenylate cyclase (with G_i-protein participation) and activation of protein kinase C (with G_q-protein participation). The role of alfa₂-AR in development of negative inotropic effect of adrenaline against the background of blockade of beta₁- and beta₂- AR is considered.

Keywords: myocardium, alpha₂-adrenoreceptors, inotropic effect, chronotropic effect, hypertrophy

Введение

Альфа₂-адренорецепторы (АР) впервые были описаны как пресинаптические рецепторы, при активации которых ингибируется высвобождение норадреналина из норадренергических нейронов в ЦНС и в периферической нервной системе. Поэтому они были названы ауторецепторами. Было установлено, что альфа₂-АР как ауторецепторы необходимы для регуляции деятельности сердца, регуляции спонтанной двигательной активности в ночное время, повышения продолжительности фазы медленного сна и уменьшения длительности парадоксального сна [1]. Однако в последующем накопились сведения, указывающие на способность альфа₂-АР при их активации норадреналином или выделяющимся из мозгового слоя надпочечников адреналином, модулировать выделение медиатора из неадренергических нейронов, в том числе ацетилхолина, ГАМК, дофамина, серотонина, опиатов и, возможно, других медиаторов. В связи с этим предложено эти пресинаптические альфа₂-АР называть гетерорецепторами [1]. При их активации селективными агонистами альфа₂-АР, среди которых клонидин, бримонидин, дексметомидин, моксонидин,

медетомидин и рилменидин, возникает брадикардия, гипотония, повышение чувствительности барорецепторного рефлекса, седативный, антиноцицептивный, гипногенный эффекты, происходит повышение эффективности ингаляционной анестезии, гипотермии, снижение внутриглазного давления и другие эффекты, знания о которых используются в клинической практике [1]. Настоящий обзор касается преимущественно роли альфа₂-АР как ауторецепторов в регуляции деятельности сердца человека и других животных, и частично в нем также будут представлены сведения о роли альфа₂-АР как гетерорецепторов в регуляции деятельности сердца.

Известно, что миокард содержит альфа₂-АР. Первоначально они были выявлены в сердце мышей [2–5], в частности, в предсердиях [2] и левом желудочке [3,4]. Они также обнаружены в сердце крыс [6–10], в том числе в предсердиях [7], хотя по данным Hirakata H., Fouad-Tarazi F. [11], левый желудочек крыс не содержит альфа₂-АР, так как селективный агонист альфа₂-АР препарат В-НТ 920 не изменял давление в левом желудочке и скорость его нарастания. Альфа₂-АР определены в предсердии морской свинки [12], в левом желудочке кошки [13], в сердце собаки [14–16] и в сердце человека

[17–20], в том числе в предсердии [18] и левом желудочке [17].

Подтипы альфа₂-АР. В настоящее время с помощью различных методов при использовании селективных агонистов различных подтипов альфа₂-АР [1] и применения технологии генной модификации [1] в миокарде человека и других животных определено четыре подтипа альфа₂-АР: подтип А, т.е. альфа_{2A}-АР [1, 2, 4, 5, 7, 8, 18], подтип В, т.е. альфа_{2B}-АР [1, 2, 4, 7, 8, 18], подтип С, т.е. альфа_{2C}-АР [1, 2, 4, 5, 7, 8, 18] и подтип D, т.е. альфа_{2D}-АР [2, 7, 18]. Не исключено, что наличие этих подтипов может меняться в процессе пренатального и постнатального онтогенеза [8]. Так, по данным Porter A. et al. [8], у плодов крысы в миокарде сердца из четырех подтипов альфа₂-АР, характерных для взрослых животных, экспрессированы преимущественно лишь два подтипа – подтип А и С.

Считается [1, 21], что синтез каждого из подтипов альфа₂-АР контролируется отдельным геном. При этом у человека эти гены локализованы в 10-й хромосоме (подтип А), 2-й (подтип В) и 4-й хромосомах (подтип С). Экспрессия альфа₂-АР регулируется различными сигнальными молекулами, в том числе цАМФ, а также стероидными гормонами [21]. Например, известно, что кортикостерон снижает экспрессию альфа₂-АР [21].

Инотропные эффекты активации альфа₂-АР. Показано, что активация альфа₂-АР миокарда вызывает отрицательный инотропный эффект [1, 8, 14, 16, 17, 21]. Так, Guth B. et al. [14] в опытах на миокарде собак при использовании методики, позволяющей в условиях хронического эксперимента проводить измерения регионального утолщения стенок сердца, а также замерять давление в левом желудочке и системное АД, показали, что при выполнении собаками физической нагрузки введение в левое предсердие селективного блокатора альфа₂-АР идазоксана (80 мкг на кг) повышало содержание норадреналина в миокарде и повышало сократительную функцию сердца. Косвенно это означает, что активация пресинаптических альфа₂-АР вызывает отрицательный инотропный эффект. Parker J. et al. [17] полагают, что активация пресинаптических альфа₂-АР уменьшает выделение норадреналина из синапсов и тем самым снижает силу сердечных сокращений. Г.Т.Шишкина, Н.Н.Дыгало [21] сообщают, что у человека агонист альфа₂-АР клонидин (клофелин) вызывает выраженное снижение артериального давления, что используется в клинической практике. Однако, по мнению Gilsbach R., Hein L. [1], к этому гипотензивному эффекту причастны также и альфа₂-АР как гетерорецепторы, при активации которых возрастает влияние вагуса на сердце. Porter A. et al. [8] в опытах на изолированном сердце плода крысы показали, что агонист альфа₂-АР дексметомидин препятствует развитию положительного инотропного эффекта, возникающего при активации бета₁- и бета₂-АР под влиянием изопротеренола. Косвенно это означает, что активация альфа₂-АР дает отрицательный инотропный эффект. Авторы доказали, что эффект дексметомидина, действительно, обусловлен активаци-

ей альфа₂-АР, так как этот эффект блокировался антагонистом альфа₂-АР раувольсцином (rauwolscine). Согласно данным Sinclair M. [16], у собак агонист альфа₂-АР мететомидин снижает сердечный выброс, т.е. снижает силу сердечных сокращений. И лишь в работе Westby J. et al. [13] сообщается о том, что активация альфа₂-АР вызывает положительный инотропный эффект, так как у кошек в условиях *in vivo* при стимуляции симпатического нерва сердца антагонист альфа₂-АР препарат SK&F104078 снижал скорость нарастания давления в левом желудочке и сердечный выброс. По мнению авторов, эти данные указывают на то, что активация постсинаптических альфа₂-АР повышает сократимость миокарда левого желудочка, т.е. усиливает положительный инотропный эффект. В целом, очевидно, что ведущим эффектом активации пресинаптических альфа₂-АР миокарда следует считать отрицательный инотропный эффект, обусловленный снижением выделения норадреналина в терминалях симпатических нервов сердца.

Хронотропные эффекты активации альфа₂-АР. Данные литературы, касающиеся характера изменения ЧСС при активации альфа₂-АР, малочисленны и неоднозначны. По одним данным, стимуляция альфа₂-АР вызывает отрицательный хронотропный эффект, который, скорее всего, обусловлен торможением выделения норадреналина из терминалей симпатических нервов [5, 10, 14, 19]. Так, по данным Guth B. et al. [14], у собак введение в левое предсердие селективного блокатора альфа₂-АР идазоксана повышает ЧСС. Аналогично, Neumeister A. et al. [19] показали, что у человека блокатор альфа₂-АР йохимбин повышает ЧСС. Это означает, что при активации альфа₂-АР снижается ЧСС. Gilsbach R. et al. [5] отмечали, что при введении мышам агониста альфа₂-АР мететомидина ЧСС снижается; однако не исключается, что частично этот эффект обусловлен активацией альфа₂-АР как гетерорецепторов [1, 5]. Boblewski K. et al. [10] в опытах с наркотизированными крысами зарегистрировали, что агонист альфа₂-АР препарат марсанидин (marsanidine) снижает ЧСС и этот эффект блокируется антагонистом альфа₂-АР препаратом RX821002. Однако, по другим данным, активация альфа₂-АР может вызывать положительный хронотропный эффект [9] или не оказывать влияние на ЧСС [20]. Действительно, по данным Т.Л.Зефирова и соавт. [9], антагонист альфа₂-АР йохимбин снижает ЧСС у 1- и 3-недельных крыс, хотя у 6- и 20-недельных крыс он не меняет ее. Mariappan R. et al. [20] полагают, что у человека активация альфа₂-АР не влияет на ЧСС, так как прием агонистов альфа₂-АР клонидина и дексметомидина не изменял у пациентов ЧСС. Мы не исключаем, что характер влияния активации альфа₂-АР зависит от экспрессированного подтипа альфа₂-АР и от степени блокады выделения норадреналина из пресинапса.

Локализация подтипов альфа₂-АР как ауторецепторов. Считается [2–5, 7, 12, 17–19], что альфа₂-АР, расположенные на пресинаптической мембране терминалей симпатических нервов сердца, являются ауторецепторами, т.е. за счет них

тормозится выброс норадреналина. Имеются прямые доказательства способности альфа₂-АР тормозить выделение норадреналина. В частности, по данным Brasch H. [12], активация пресинаптических альфа₂-АР, расположенных на терминалах симпатических нервов предсердий морской свинки, сопровождалась снижением выделения меченного по Н норадреналина.

У мышей функция альфа₂-АР как ауторецепторов реализуется с участием всех четырех подтипов альфа₂-АР, т.е. подтипа А [2–5], подтипа В [3], подтипа С [3–5, 19] и подтипа D [2], при этом ведущую роль, вероятно, играет подтип А [3]. Так, по мнению Wahl C. et al. [2], в предсердиях мыши пресинаптическими ауторецепторами являются подтип А и подтип D. По данным Altman J. et al. [3], в сердце мыши подтип А играет ведущую роль как пресинаптический ауторецептор, а подтипы В и С – лишь дополнительную. Hein L. et al. [4] полагают, что в левом желудочке сердца мыши подтипы А и С являются ведущими ауторецепторами, причем подтип А подавляет выделение медиатора на высоких частотах стимуляции, а подтип С – на низких частотах. По данным этих авторов, у трансгенных мышей, лишенных генов подтипа А и подтипа С альфа₂-АР, концентрации норадреналина в плазме крови выше, чем у мышей дикого типа. По данным Gilsbach R. et al. [5], у трансгенных мышей, лишенных генов подтипа А и подтипа С альфа₂-АР, уровень норадреналина в плазме крови выше, чем у мышей дикого вида. Подобная ситуация сохранялась и при ингибировании дофамин-бета-гидроксилазы, участвующей в синтезе норадреналина. Эти данные, по мнению авторов, доказывают, что активация подтипов А и С альфа₂-АР тормозит выделение норадреналина из терминалей симпатических нервов. По сведениям Neumeister A. et al. [19], у трансгенных мышей, лишенных гена подтипа С альфа₂-АР, увеличивается риск развития застойной сердечной недостаточности, что объясняется ростом выделения норадреналина из нервных окончаний.

У крыс основную роль в реализации функции ауторецепторов играют подтипы В и D [7]. У человека, согласно Rump L. et al. [18], в реализации функции ауторецепторов правого предсердия участвует подтип С, что, по мнению авторов, отличает предсердие человека от предсердия мыши, крысы, морской свинки и кролика, в предсердиях которых доминируют подтипы А и D.

Таким образом, не исключено, что подтип альфа₂-АР, выполняющий функцию пресинаптических ауторецепторов, зависит от видовой принадлежности.

Активация альфа₂-АР миокарда как механизм кардиопротекции. Установлено, что активация альфа₂-АР препятствует развитию патологической гипертрофии миокарда [4, 5, 17], фиброзу миокарда [5] и по этой причине снижает риск развития сердечной недостаточности [4, 17, 19]. Так, Parker J. et al. [17] полагают, что активация пресинаптических альфа₂-АР, уменьшая выделение норадреналина из синапсов, препятствует развитию патологической гипертрофии и снижает риск развития

сердечной недостаточности. Этот вывод авторы делают на основании того, что активация альфа₂-АР у пациентов с хронической сердечной недостаточностью приводит к более выраженному снижению выделения норадреналина и силы сердечных сокращений, чем у пациентов с неизменной функцией левого желудочка. Согласно данным Hein L. [3], мыши, лишенные подтипов А и С альфа₂-АР, имеют повышенные концентрации норадреналина в плазме крови, что способствует развитию гипертрофии сердца, снижению сократимости левого желудочка и развитию сердечной недостаточности. По данным Neumeister A. et al. [19], нокаут гена подтипа С альфа₂-АР увеличивает риск развития застойной сердечной недостаточности, что объясняется ростом выделения норадреналина из нервных окончаний. Gilsbach R. et al. [5] показали, что активация подтипа А альфа₂-АР у мышей сопровождается уменьшением выделения норадреналина из адренергических синапсов в миокарде, что препятствует развитию гипертрофии и фиброза. Однако при хронической перегрузке давлением вследствие десенситизации этот подтип альфа₂-АР перестает выполнять свою функцию и тем самым не препятствует развитию гипертрофии и фиброза.

Таким образом, единичные данные литературы указывают на то, что альфа₂-АР выполняет кардиопротекторную функцию. С этих позиций можно утверждать, что роль альфа₂-АР в деятельности сердца пока еще недооценена в клиническом плане.

Механизмы, лежащие в основе инотропных и хронотропных эффектов активации альфа₂-АР. Данные о механизмах реализации отрицательных инотропного и хронотропного эффектов активации альфа₂-АР представлены в работах ряда авторов [1, 6, 8, 12, 21–23], хотя многое еще остается неясным. Так Lin W. et al. [6], исследуя сердце плодов и новорожденных крыс, показали, что агонист альфа₂-АР клонидин не изменяет активность аденилатциклазы. Косвенно это означает, что цАМФ-протеинкиназа А–сигнальный путь не имеет значения для реализации эффектов, возникающих при активации альфа₂-АР. Однако по мнению ряда авторов, в миокарде желудочков крыс [1, 8, 22, 23] и предсердия морской свинки [12] и человека [1] при активации альфа₂-АР происходит активация G_i-белка, что снижает активность аденилатциклазы, уровень цАМФ, и тем самым – активность протеинкиназы А, что в итоге блокирует экзоцитоз норадреналина. Кроме того, не исключается, что к этому процессу причастен и путь G_q-белок-протеинкиназа С [12]. Полагают, что подтипы альфа₂-АР (А-, В- и С-) связаны с G_i белком, т.е. реализуют единую систему сигнализации [1].

Десенситизация альфа₂-АР. Для альфа₂-АР как ауторецепторов и, вероятно, как гетерорецепторов, характерно явление десенситизации, или даун-регуляция, которая проявляется при длительном воздействии агонистов снижением числа этих рецепторов на мембране, их интернализацией и, в целом, в снижении эффективности их активации [1, 21]. Особенно десенситизация выражена при длительном повышении уровня норадреналина и/или

адреналина, что происходит при сердечной недостаточности и способствует дальнейшему прогрессу этого состояния [1]. Механизм десенситизации заключается в фосфорилировании альфа₂-АР по сериновым и треониновым остаткам, локализованным на внутриклеточных цитоплазматических петлях рецептора, и последующей интернализации, индуцируемой бета-аррестином [1, 21, 22, 24]. Фосфорилирование альфа₂-АР, которое разобщает рецептор с Gi-белком, осуществляется с участием протеинкиназы А, протеинкиназы С и киназы 2 альфа₂-АР. [1, 21, 22, 24]. Фосфорилированные альфа₂-АР связываются с белком бета-аррестином и в составе покрытых клатрином везикул уходят внутрь клетки, т.е. интернализуются, что еще в большей степени нарушает процесс сопряжения альфа₂-АР с Gi-белком [1, 21, 22, 24]. При этом не исключается, что скорость интернализации альфа₂-АР зависит от подтипа этих рецепторов [1, 21]. Недавно был открыт эндогенный белок, так называемый спинофиллин (spinophilin), который блокирует взаимодействие бета-аррестина с альфа₂-АР и с другими рецепторами, ассоциированными с G-белками, и тем самым препятствует развитию десенситизации [1, 24], в связи с чем этот белок рассматривается в качестве эндогенного антагониста GRK2-бета-аррестиновой сигнализации. В целом, противодействие процессу десенситизации альфа₂-АР как ауторецепторов, является клинически важной задачей кардиологии [1, 21, 24].

Роль альфа₂-АР как гетерорецепторов в регуляции деятельности сердца. Опыты на трансгенных мышах, у которых за счет введения промотора дофамин бета-гидроксилазы (Dbh) происходит избирательная экспрессия альфа₂-АР (подтип А) только в адренергических нейронах, позволили дифференцировать участие альфа₂-АР как ауторецепторов и альфа₂-АР как гетерорецепторов в регуляции деятельности сердца и других органов [1]. В частности, удалось показать, что у мышей дикого типа активация альфа₂-АР как гетерорецепторов селективными агонистами этих рецепторов повышает чувствительность барорецепторного рефлекса и одновременно вызывает брадикардию, гипотонию [1]. Эти изменения выражены в значительно меньшей степени у генномодифицированных животных, у которых сохраняются лишь альфа₂-АР как ауторецепторы адренергических терминалей [1]. В основе эффектов, вызываемых при активации альфа₂-АР как гетерорецепторов, вероятнее всего, лежит способность агонистов этих рецепторов усиливать влияние вагуса на сердце (в том числе вследствие ослабления тормозного влияния ГАМК-нейронов на нейроны вагуса и за счет повышения чувствительного барорецепторного рефлекса) и ослаблять вазоконстрикторное действие сосудодвигательного центра, так как брадикардия и гипотензивное состояние, возникающее при введении агонистов альфа₂-АР, очень чувствительны к атропину [1]. По мнению Gilsbach R., Hein L. [1], вклад альфа₂-АР как ауторецепторов в брадикардию и гипотонию, возникающих при введении агонистов альфа₂-АР мышам дикого типа или человеку, на-

много меньше, чем вклад альфа₂-АР как гетерорецепторов. В целом, можно утверждать, что альфа₂-АР как ауторецепторы и как гетерорецепторы препятствуют избыточной деятельности сердца как насоса и тем самым предохраняют сердце от формирования сердечной недостаточности. Однако развитие десенситизации альфа₂-АР может снизить их кардиопротективную функцию [1, 24]. Поэтому важным представляется разработка способов редесенситизации альфа₂-АР, т.е. восстановления эффективности их активности. Остается дискуссионным вопрос о целесообразности применения агонистов альфа₂-АР при сердечной недостаточности для снижения избыточного уровня норадреналина и адреналина в крови и сердце [1], хотя по данным O'Connell T. et al. [25], основанным на результатах многоцентровых исследований, избыточное повышение уровня катехоламинов при сердечной недостаточности представляет собой механизм компенсации, направленный на улучшение кардиопротекторной функции, которая реализуется при активации альфа₂-АР и, особенно, альфа₁-АР. С другой стороны, в настоящее время актуальным является создание селективных агонистов и антагонистов альфа₂-АР как гетерорецепторов, так как гипотония и брадикардия препятствуют клиническому применению агонистов альфа₂-АР как гетерорецепторов для снижения внутриглазного давления, подавления сократительного и несократительного термогенеза, для получения седативного, антиноцицептивного и гипногенного эффектов и повышения эффективности ингаляционных анестетиков [1].

Заключение

Следует отметить, что в условиях постоянно-го приема селективных блокаторов бета₁-АР типа атенолола или метопролола, а также неселективного блокатора бета₁-АР и бета₂-АР пропранолола пациентами кардиологического профиля, важным в клиническом отношении является вопрос о роли альфа₁-АР, альфа₂-АР и бета₃-АР. Действительно, нами в опытах с биоптатами правого желудочка крысы показано, что адреналин, который на интактных биоптатах вызывает положительный инотропный эффект, на фоне атенолола или пропранолола – отрицательный инотропный эффект [26, 27]. Природа этого феномена пока остается неясной, но очевидно его клиническое значение, так как снижение силы сердечных сокращений под влиянием повышенного выделения катехоламинов, например, в условиях стресса у пациентов, принимающих бета-адреноблокаторы, может приводить, как мы предполагаем, к временному снижению насосной функции сердца. Поэтому возникает вопрос о купировании этого состояния. В этих экспериментах нами было показано, что отрицательный инотропный эффект адреналина на фоне блокады бета₂-АР и/или бета₁-АР может быть частично снят так называемыми экзогенными сенситизаторами бета-АР, в том числе милдронатом, гистидином, триптофаном или тирозином, которые повышают эффектив-

ность активации бета₁-АР и бета₂-АР [26, 27]. Представленный обзор данных литературы убедительно свидетельствует о том, что у человека альфа₂-АР миокарда могут быть причастны к проявлению отрицательного инотропного эффекта катехоламинов на фоне блокады бета₂-АР и/или бета₁-АР, так как их активация, за счет блокады выделения норадреналина из терминалей симпатических нервов, как показано рядом авторов [1, 8, 14, 16, 17, 21], уменьшает силу сердечных сокращений. Это означает, что купирование отрицательного инотропного эффекта катехоламинов у пациентов, принимающих антагонисты бета₁-АР и бета₂-АР, может быть эффективно при использовании селективного антагониста альфа₂-АР. При этом мы, однако, не исключаем, что феномен отрицательного инотропного эффекта адреналина на фоне блокады бета₂-АР и/или бета₁-АР может быть связан с активацией альфа₁-АР и бета₃-АР, так как, согласно данным литературы, их активация, в частности, активация альфа₁-АР [25, 28–32] и активация бета₃-АР [33–35] также может вызывать отрицательный инотропный эффект. Данные литературы о том, что активация альфа₂-АР [4, 5, 17], бета₃-АР [36] и, особенно, альфа₁-АР [25, 37–39], препятствует развитию патологической гипертрофии миокарда, позволяют считать, что для снижения явления патологической гипертрофии миокарда (ремоделирования) у пациентов, постоянно принимающих бета-адреноблокаторы, вероятно, необходим комплексный препарат, сочетающий в себе свойства агониста альфа₂-АР, альфа₁-АР и бета₃-АР. В целом, полагаем, что дальнейшее изучение физиологической роли альфа₂-АР как ауторецепторов и/или как гетерорецепторов миокарда, несомненно, представляет большой интерес.

Литература

1. Gilsbach R., Hein L. Are the pharmacology and physiology of α_2 -adrenoceptors determined by α_2 -heteroreceptors and autoreceptors respectively? // *Br. J. Pharmacol.* 2012; Vol. 165. №1. P. 90–102.
2. Wahl C., Trendelenburg A., Starke K. Presynaptic α_2 -autoreceptors in mouse heart atria: evidence for the α_2 subtype // *Naunyn. Schmiedeberg's Arch. Pharmacol.* 1996. Vol. 354. №3. P. 253–261.
3. Altman J., Trendelenburg A., MacMillan L. et al. Abnormal regulation of the sympathetic nervous system in α_2A -adrenergic receptor knockout mice // *Mol. Pharmacol.* 1999. Vol. 56. №1. P. 154–161.
4. Hein L., Altman J., Kobilka B. Two functionally distinct α_2 -adrenergic receptors regulate sympathetic neurotransmission // *Nature*. 1999. Vol. 402. №6758. P. 181–184.
5. Gilsbach R., Schneider J., Lother A. et al. Sympathetic α_2 -adrenoceptors prevent cardiac hypertrophy and fibrosis in mice at baseline but not after chronic pressure overload // *Cardiovasc Res.* 2010. Vol. 86. №3. P. 432–442.
6. Lin W., Seidler F., McCook E., Slotkin T. Overexpression of α_2 -adrenergic receptors in fetal rat heart: receptors in search of a function // *J. Dev. Physiol.* 1992. Vol. 17. №4. P. 183–187.
7. Trendelenburg A., Sutej I., Wahl C. et al. A re-investigation of questionable subclassifications of presynaptic α_2 -autoreceptors: rat vena cava, rat atria, human kidney and guinea-pig urethra // *Naunyn. Schmiedeberg's Arch. Pharmacol.* 1997. Vol. 356. №6. P. 721–737.
8. Porter A., Svensson S., Stamer W. et al. α_2 -adrenergic receptors stimulate actin organization in developing fetal rat cardiac myocytes // *Life Sci.* 2003. Vol. 72. №13. P. 1455–1466.
9. Зефирова Т.Л., Зиятдинова Н.И., Хисамиева Л.И., Зефирова А.Л. Сравнительный анализ влияния блокады α_1 - и α_2 -адренорецепторов на сердечную деятельность крыс в постнатальном онтогенезе // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2011. Т. 151. № 6. С. 607–610.
10. Boblewski K., Lehmann A., Sączewski F. et al. Vagotomy reveals the importance of the imidazoline receptors in the cardiovascular effects of marsanidine and 7-ME-marsanidine in rats // *Pharmacol Rep.* 2014. Vol. 66. № 5. P. 874–879.
11. Hirakata H., Fouad-Tarazi F. The differential effects of α_2 -adrenergic stimulation on the myocardium and coronary vessels in the isolated rat heart // *Life Sci.* 1988. Vol. 43. №24. P. 2025–2033.
12. Brasch H. Field stimulation-induced noradrenaline release from guinea-pig atria is modulated by prejunctional α_2 -adrenoceptors and protein kinase C // *Basic Res. Cardiol.* 1993. Vol. 88. №6. P. 545–556.
13. Westby J., Birkeland S., Rynning S. et al. α -adrenergic vasoconstriction in normal and hypoperfused myocardium during sympathetic nerve stimulation // *Am. J. Physiol.* 1992. Vol. 263. №6. Pt 2. P. 1682–1688.
14. Guth B., Thaulow E., Heusch G. et al. α -adrenergic regulation of myocardial performance in the exercising dog: evidence for both presynaptic α_1 - and α_2 -adrenoceptors // *Basic. Res. Cardiol.* 1990. Vol. 85. Suppl 1. P. 131–141.
15. Armour J. Intrinsic cardiac neurons involved in cardiac regulation possess α_1 -, α_2 -, β_1 - and β_2 -adrenoceptors // *Can. J. Cardiol.* 1997. Vol. 13. № 3. P. 277–284.
16. Sinclair M. A review of the physiological effects of α_2 -agonists related to the clinical use of medetomidine in small animal practice // *Can Vet J.* 2003. Vol. 44. № 11. P. 885–897.
17. Parker J., Newton G., Landzberg J. et al. Functional significance of presynaptic α -adrenergic receptors in failing and nonfailing human left ventricle // *Circulation*. 1995. Vol. 92. № 7. P. 1793–1800.
18. Rump L., Bohmann C., Schaible U. et al. α_{2C} -adrenoceptor-modulated release of norad-

- renaline in human right atrium // *Br. J. Pharmacol.* 1995. Vol. 116. №6. P. 2617–2624.
19. Neumeister A., Charney D., Belfer I. et al. Sympathoneural and adrenomedullary functional effects of α_2 -adrenoreceptor gene polymorphism in healthy humans // *Pharmacogenet Genomics*. 2005. Vol.15. № 3. P. 143–149.
20. Mariappan R., Ashokkumar H., Kuppuswamy B. Comparing the effects of oral clonidine premedication with intraoperative dexmedetomidine infusion on anesthetic requirement and recovery from anesthesia in patients undergoing major spine surgery // *Neurosurg Anesthesiol*. 2014. Vol. 26. № 3. P. 192–197.
21. Шишкина Г.Т., Дыгало Н.Н. Подтип-специфические клинически важные эффекты α_2 -адренорецепторов // *Успехи физиол. наук* 2002. Т.33. № 2. С.30–40.
22. Сергеев П.В., Шимановский Н.Л., Петров В.И. Рецепторы физиологически активных веществ. Волгоград: изд-во «Семь ветров», 1999. 640 с.
23. Philipp M., Hein L. Adrenergic receptor knockout mice: distinct functions of 9 receptor subtypes // *Pharmacol. Ther.* 2004. Vol. 101. № 1. P. 65–74.
24. Wang Q., Zhao J., Brady A. et al. Spinophilin blocks arrestin actions in vitro and in vivo at G protein-coupled receptors. // *Science*. 2004. Vol. 304. № 5679. P. 1940–1944.
25. O'Connell T., Jensen B., Baker A., Simpson P. Cardiac α_1 -adrenergic receptors: novel aspects of expression, signaling mechanisms, physiologic function, and clinical importance // *Pharmacol Rev.* 2013. Vol. 66. № 1. P.308–333.
26. Ноздрачев А.Д., Циркин В.И., Коротаева Ю.В. Способность эндогенного сенситизатора бета-адренорецепторов и его аналогов восстанавливать эффективность активации бета-адренорецепторов миокарда крысы, сниженную пропранололом или атенололом // *ДАН*. 2014. Т.456. № 6. С. 731–734.
27. Циркин В.И., Коротаева Ю.В. Влияние гистидина, триптофана и тирозина на сократимость и адренореактивность миокарда правого желудочка сердца небеременных крыс // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки»*. 2014. № 3. С. 79–90.
28. Kissling G., Blickle B., Ross C. et al. α_1 -adrenoceptor-mediated negative inotropy of adrenaline in rat myocardium // *Physiol*. 1997. № 499. Pt 1. P. 195–205.
29. Nishimaru K., Kobayashi M., Matsuda T. et al. α -adrenoceptor stimulation-mediated negative inotropism and enhanced $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ exchange in mouse ventricle // *Am. J Physiol Heart Circ Physiol*. 2001. Vol.280. №1. P.132–41.
30. Varma D., Rindt H., Chemtob S., Mulay S. Mechanism of the negative inotropic effects of α_1 -adrenoceptor agonists on mouse myocardium // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2003. Vol. 81. № 8. P. 783–789.
31. Wang G., McCloskey D., Turcato S. et al. Contrasting inotropic responses to α_1 -adrenergic receptor stimulation in left versus right ventricular myocardium // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2006. Vol.291. №4. P. 2013–2017.
32. Chu C., Thai K., Park K. et al. Intraventricular and interventricular cellular heterogeneity of inotropic responses to α_1 -adrenergic stimulation // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2013. Vol.304. №7. P.946–953.
33. Cawley S., Kolodziej S., Ichinose F. et al. $\text{sGCa}_{\text{v}1}$ mediates the negative inotropic effects of NO in cardiac myocytes independent of changes in calcium handling // *Am. J. Physiol Heart Circ Physiol*. 2011. Vol.301. №1. P. 157–163.
34. Dessy C., Balligand J. β_3 -adrenergic receptors in cardiac and vascular tissues emerging concepts and therapeutic perspectives // *Adv. Pharmacol.* 2010. Vol.59. P.135–163
35. Moens A., Yang R., Watts V., Barouch L. β_3 -adrenoreceptor regulation of nitric oxide in the cardiovascular system // *J. Mol. Cell Cardiol.* 2010. Vol.48. №6. P.1088–1095.
36. Niu X., Watts V., Cingolani O. et al. Cardioprotective effect of β_3 adrenergic receptor agonism: role of neuronal nitric oxide synthase // *J. Am. Coll Cardiol.* 2012. Vol. 59. № 22. P. 1979–1987.
37. Simpson P. Norepinephrine-stimulated hypertrophy of cultured rat myocardial cells is an α_1 adrenergic response // *J Clin Invest*. 1983. Vol.72. №2. P.732–738.
38. Wang L., Rolfe M., Proud C. Ca^{2+} -independent protein kinase C activity is required for α_1 -adrenergic-receptor-mediated regulation of ribosomal protein S6 kinases in adult cardiomyocytes // *Biochem. J.* 2003. Vol.373. Pt 2. P.603–611.
39. Mohl M., Iismaa S., Xiao X. et al. Regulation of murine cardiac contractility by activation of $\alpha(1A)$ -adrenergic receptor-operated Ca^{2+} entry // *Cardiovasc Res*. 2011. Vol.91. №2. P.310–319.

References

1. Gilsbach R., Hein L. Are the pharmacology and physiology of α_2 -adrenoreceptors determined by α_2 -heteroreceptors and autoreceptors respectively? // *Br. J. Pharmacol.* 2012; Vol. 165. №1. P. 90–102.
2. Wahl C., Trendelenburg A., Starke K. Presynaptic α_2 -autoreceptors in mouse heart atria: evidence for the $\alpha_2\text{D}$ subtype // *Naunyn. Schmiedeberg's Arch. Pharmacol.* 1996. Vol. 354. №3. P. 253–261.
3. Altman J., Trendelenburg A., MacMillan L. et al. Abnormal regulation of the sympathetic nervous system in $\alpha_2\text{A}$ -adrenergic receptor knockout mice // *Mol. Pharmacol.* 1999. Vol.56. №1. P.154–161.

4. Hein L., Altman J., Kobilka B. Two functionally distinct α_2 -adrenergic receptors regulate sympathetic neurotransmission // *Nature*. 1999. Vol. 402. №6758. P.181–184.
5. Gilsbach R., Schneider J., Lother A. et al. Sympathetic α_2 -adrenoreceptors prevent cardiac hypertrophy and fibrosis in mice at baseline but not after chronic pressure overload // *Cardiovasc. Res.* 2010. Vol.86. №3. P.432–442.
6. Lin W., Seidler F., McCook E., Slotkin T. Overexpression of α_2 -adrenergic receptors in fetal rat heart: receptors in search of a function// *J. Dev. Physiol.* 1992. Vol.17. №4. P.183–187.
7. Trendelenburg A., Sutej I., Wahl C. et al. A re-investigation of questionable subclassifications of presynaptic α_2 -autoreceptors: rat vena cava, rat atria, human kidney and guinea-pig urethra // *Naunyn. Schmiedeberg's Arch. Pharmacol.* 1997. Vol.356. №6. P.721–737.
8. Porter A., Svensson S., Stamer W. et al. α_2 -adrenergic receptors stimulate actin organization in developing fetal rat cardiac myocytes // *Life Sci.* 2003. Vol.72. №13. P.1455–1466.
9. Zefirov T.L., Ziyatdinova T.L., Khisamieva L.I., Zefirov A.L. Sravnitel'nyy analiz bliyaniya blokady α_1 - i α_2 -adrenorezeptorov na serdechnuyu deyatel'nost' krysa v postnatalnom ontogeneze [The comparative analysis of influence of blockage α_1 - and α_2 -adrenoreceptors on cardiac activity of rats in postnatal ontogenesis] // *Bull. of Experimental Biology and Medicine*. 2011. Vol. 151. № 6 .P. 607–610.
10. Boblewski K., Lehmann A., Sączewski F. et al. Vagotomy reveals the importance of the imidazoline receptors in the cardiovascular effects of marsanidine and 7-ME-marsanidine in rats// *Pharmacol. Rep.* 2014. Vol.66. № 5. P. 874–879.
11. Hirakata H., Fouad-Tarazi F. The differential effects of α_2 -adrenergic stimulation on the myocardium and coronary vessels in the isolated rat heart // *Life Sci.* 1988. Vol.43. №24. P.2025–2033.
12. Brasch H. Field stimulation-induced noradrenaline release from guinea-pig atria is modulated by prejunctional α_2 -adrenoceptors and protein kinase C // *Basic Res. Cardiol.* 1993. Vol.88. №6. P.545–556.
13. Westby J., Birkeland S., Rynning S. et al. α -adrenergic vasoconstriction in normal and hypoperfused myocardium during sympathetic nerve stimulation // *Am. J. Physiol.* 1992. Vol.263. №6. Pt 2. P. 1682–1688.
14. Guth B., Thaulow E., Heusch G. et al. α -adrenergic regulation of myocardial performance in the exercising dog: evidence for both presynaptic α_1 - and α_2 -adrenoreceptors// *Basic. Res. Cardiol.* 1990. Vol. 85. Suppl 1. P.131–141.
15. Armour J. Intrinsic cardiac neurons involved in cardiac regulation possess α_1 -, α_2 -, β_1 - and β_2 -adrenoreceptors // *Can. J. Cardiol.* 1997. Vol. 13. № 3. P. 277–284.
16. Sinclair M. A review of the physiological effects of α_2 -agonists related to the clinical use of medetomidine in small animal practice// *Can. Vet. J.* 2003. Vol. 44, № 11. P. 885–897.
17. Parker J., Newton G., Landzberg J. et al. Functional significance of presynaptic α -adrenergic receptors in failing and nonfailing human left ventricle // *Circulation*. 1995. Vol. 92. № 7. P. 1793–1800.
18. Rump L., Bohmann C., Schaible U. et al. α_{2C} -adrenoreceptor-modulated release of noradrenaline in human right atrium // *Br. J. Pharmacol.* 1995. Vol. 116. №6. P. 2617–2624.
19. Neumeister A., Charney D., Belfer I. et al. Sympathoneural and adrenomedullary functional effects of α_{2C} -adrenoreceptor gene polymorphism in healthy humans // *Pharmacogenet. Genomics*. 2005. Vol.15. № 3. P. 143–149.
20. Mariappan R., Ashokkumar H., Kuppuswamy B. Comparing the effects of oral clonidine premedication with intraoperative dexmedetomidine infusion on anesthetic requirement and recovery from anesthesia in patients undergoing major spine surgery // *Neurosurg. Anesthesiol.* 2014. Vol. 26. № 3. P. 192–197.
21. Shishkina G.T., Dygalo N.N. Podtip-spezificheskie klinicheskie vazhniye efekty α_2 -adrenoreceptorov// *Uspekhi fiziol. Nauk* [Subtype-specific clinically important effects of α_2 -adrenoreceptors// *Successes of Physiological Sciences*]. Vol. 33. № 2. P.30–40.
22. Sergeev P.V., Shimanovsky N.L., Petrov V.I. Receptory fiziologicheskii aktivnykh veshchestv [Receptors of physiologically active substances] Volgograd: "Sem' vetrov" Publ., 1999. 640 p.
23. Philipp M., Hein L. Adrenergic receptor knockout mice: distinct functions of 9 receptor subtypes // *Pharmacol. Ther.* 2004. Vol. 101. № 1. P. 65–74.
24. Wang Q., Zhao J., Brady A. et al. Spinophilin blocks arrestin actions in vitro and in vivo at G protein-coupled receptors.// *Science*. 2004. Vol. 304. № 5679. P. 1940–1944.
25. O'Connell T., Jensen B., Baker A., Simpson P. Cardiac α_1 -adrenergic receptors: novel aspects of expression, signaling mechanisms, physiologic function, and clinical importance// *Pharmacol. Rev.* 2013. Vol. 66. № 1. P.308–333.
26. Nozdrachev A.D., Tsirkin V.I., Korotaeva Yu.V. Sposobnost' endogennoy sensibilizatora β -adrenoreceptorov i ego analogov vosstanavlivat' effektivnost' aktivatsii β -adrenoreceptorov miokarda krysa, snizhennuyu propranololom ili atenololom [Ability of endogenous sensitizer of β -adrenoreceptors and its analogues to restore efficiency of activation of myocardial β -adrenoreceptors of rat, lowered by propranolol or atenolol] // *DAN*. 2014. Vol.456. № 6. P. 731–734.
27. Tsirkin V.I., Korotaeva Yu.V. Vliyanie gistidina, triptofana i tirozina na sokratimost' i adre-

- noreaktivnist' miokarda pravogo zheludochka serdca neberemennykh kryz [Influence of histidine, tryptophan and tyrosine on contractility and adreno-reactivity of the myocardium right ventricle of pregnant rats] / Bull. of Northern (Arctic) Federal Univ. Series "Medical and biological sciences". 2014. №3. P.79–90.
28. Kissling G., Blickle B., Ross C. et al. Alpha₁-adrenoreceptor-mediated negative inotropy of ad-renaline in rat myocardium // *Physiol.* 1997. № 499. Pt. 1. P. 195–205.
29. Nishimaru K., Kobayashi M., Matsuda T. et al. Alpha-adrenoreceptor stimulation-mediated negative inotropism and enhanced Na(+)/Ca(2+) exchange in mouse ventricle // *Am. J. Physiol. Heart Circ Physiol.* 2001. Vol.280. №1. P.132–41.
30. Varma D., Rindt H., Chemtob S., Mulay S. Mechanism of the negative inotropic effects of alpha 1-adrenoreceptor agonists on mouse myocardium // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2003. Vol. 81. № 8. P. 783–789.
31. Wang G., McCloskey D., Turcato S. et al. Contrasting inotropic responses to alpha₁-adrenergic receptor stimulation in left versus right ventricular myocardium // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2006. Vol.291. №4. P. 2013–2017.
32. Chu C., Thai K., Park K. et al. Intraventricular and interventricular cellular heterogeneity of inotropic responses to α₁-adrenergic stimulation // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2013. Vol.304. №7. P.946–953.
33. Cawley S., Kolodziej S., Ichinose F. et al. sGC_{α1} mediates the negative inotropic effects of NO in cardiac myocytes independent of changes in calcium handling // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2011. Vol.301. №1. P. 57–163.
34. Dessy C., Balligand J. Beta₃-adrenergic receptors in cardiac and vascular tissues emerging concepts and therapeutic perspectives // *Adv. Pharmacol.* 2010. Vol.59. P.135–163
35. Moens A., Yang R., Watts V., Barouch L. Beta₃-adrenoreceptor regulation of nitric oxide in the cardiovascular system // *J. Mol. Cell Cardiol.* 2010. Vol.48. №6. P.1088–1095.
36. Niu X., Watts V., Cingolani O. et al. Cardioprotective effect of beta-3 adrenergic receptor agonism: role of neuronal nitric oxide synthase// *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012. Vol. 59. № 22. P. 1979–1987.
37. Simpson P. Norepinephrine-stimulated hypertrophy of cultured rat myocardial cells is an alpha1 adrenergic response // *J. Clin. Invest.* 1983. Vol.72. №2. P.732–738.
38. Wang L., Rolfe M., Proud C. Ca²⁺-independent protein kinase C activity is required for alpha1-adrenergic-receptor-mediated regulation of ribosomal protein S6 kinases in adult cardiomyocytes//*Biochem. J.* 2003. Vol.373. Pt. 2. P.603–611.
39. Mohl M., Iismaa S., Xiao X. et al. Regulation of murine cardiac contractility by activation of α(1A)-adrenergic receptor-operated Ca²⁺ entry// *Cardiovasc. Res.* 2011. Vol.91. №2. P.310–319.

Статья поступила в редакцию 10.03.2015.

УДК: 553.98:622.279.04(268.45)

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДОННЫХ ГАЗО-ГИДРАТОВ И РИСК ИХ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ШТОКМАНОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.Б. АРЧЕГОВ

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г.Санкт-Петербург

v.archegov@ya.ru

Оценив природные условия в пределах площади Штокмановского газоконденсатного месторождения (ГКМ), к числу потенциально опасных геологических процессов и событий отнесены криогенные процессы, сейсмичность (включая неотектонические процессы), газогидраты, особенности донного рельефа и свойств грунтов и возможность осадки донной поверхности к концу срока эксплуатации.

Ключевые слова: Штокмановское ГКМ, шельф, термобарические условия, газогидраты, эксплуатационное бурение, подводная разгрузка метана, просадка дна, растепление

V.B.ARCHegov. THERMOBARIC CONDITIONS OF BASE GAS-HYDRATES FORMATION AND RISK OF THEIR DESTRUCTION AT DEVELOPMENT OF THE SHTOKMAN GAS-CONDENSATE FIELD

The main reason of gas-hydrate deposits studying actuality is consideration of hydrocarbons as a raw material, that is capable to replace the oil, with its limited reserves. The concentration of methane in the atmosphere increases annually by 1%. Not excluding anthropogenic sources, the researchers associate this with appearance of a large number of underwater methane discharging fields. The most numerous and active methane discharging field was found in the north-eastern Sakhalin shelf and Okhotsk Sea borderland slope.

On the assumption of natural conditions evaluation within the area of the Shtokman gas-condensate field (GCF), among the potentially dangerous geological processes and events may be mentioned: cryogenic processes, seismicity (including neotectonic processes), gas-hydrates, characteristics of the base relief and soil properties, the possibility of back surface subsidence to the end of operating life.

Keywords: thermobaric conditions, gas-hydrates, methane, methane underwater discharging, Shtokman gas-condensate field, shelf, back surface subsidence, development drilling, thawing

Особенности природных условий района исследований

Среди арктических морей нашей страны Баренцево море занимает самое западное положение. Это море имеет естественные рубежи на юге и отчасти на востоке, в остальных частях его границами служат условные линии, проведенные в соответствии с гидрометеорологическими и геологическими признаками. Границы моря закреплены специальным постановлением ЦИК СССР от 27 июня 1935 г.

Дно Баренцева моря – сложнорасчлененная подводная равнина с волнистой поверхностью, несколько покатой к западу и северо-востоку. Наиболее глубокие районы находятся в его западной час-

ти. Море отличается весьма неравномерным распределением глубин. Пересеченный рельеф дна существенно сказывается на гидрологических условиях моря. Положение Баренцева моря в высоких широтах за Полярным кругом, непосредственная связь с Атлантическим океаном и Центральным арктическим бассейном определяют основные черты климата моря. В целом оно имеет полярный морской климат, который характеризуется продолжительной зимой, коротким холодным летом, малой годовой амплитудой температуры воздуха, большой относительной влажностью. Меридиональная протяженность моря, поступление больших масс теплых атлантических вод на юго-западе и приток холодных вод из арктического бассейна создают климатические различия от места к месту [1].

Речной сток невелик по отношению к площади моря и равен в среднем около $163 \text{ км}^3/\text{год}$. Он на 90% сосредоточен в юго-восточной части моря. В этот район несут свои воды самые крупные реки баренцевоморского бассейна. Печора сбрасывает в средний по водности год около 130 км^3 воды, что составляет примерно 70% всего берегового стока в море за год. Сюда же впадают менее крупные реки. Материковый сток весьма неравномерно распределен внутри года. Максимум его наблюдается весной и связан с таянием речного льда и снега в бассейне рек. Минимальный сток отмечается осенью и зимой, когда реки питаются только дождями и грунтовыми водами. Речной сток существенно отражается на гидрологических условиях только в юго-восточной части моря.

Определяющее влияние на природу Баренцева моря оказывает водообмен с соседними морями, главным образом поступление теплых атлантических вод, годовой приток которых равен примерно 74 тыс. км^3 . Из большого количества приносимого ими тепла лишь 12% расходуется в процессе обмена водами Баренцева моря с другими морями. На значительных пространствах этого моря от европейских берегов до 75° с. ш. круглый год наблюдается положительная температура воды на поверхности, и этот район не замерзает. Распределение поверхностной температуры воды характеризуется ее понижением с юго-запада на северо-восток. Зимой на юге и юго-западе температура на поверхности воды равна плюс $4, 5^\circ$, в центральных районах плюс $3-0^\circ$ и в северной и северо-восточной частях она отрицательна и близка к температуре замерзания при солености 32-35 ‰. Летом температура воды $+3-+9^\circ$, прогрев воды до $15-18 \text{ м}$ глубиной [2].

Условия образования газогидратов

В глубоководной зоне Баренцева моря природные условия благоприятны для образования и стабильного существования гидрата метана: глубина моря средняя – $186-222 \text{ м}$, наибольшая – 600 м , температура придонной воды – минус $1-1,5^\circ\text{C}$, геотермический градиент $20-40 \text{ град/км}$, достаточная концентрация растворенного газа. Происхождение газа, по всей видимости, связано с миграцией из нижних слоев осадочного чехла, что подтверждается результатами исследований на месте гибели атомной подводной лодки «Комсомолец», расположенном вблизи западной окраины Баренцева моря [3]. В поверхностных окисленных осадках концентрации метана низки и близки к фоновому содержанию – $(20-30) \cdot 10^{-6} \text{ мг/кг}$. Затем в интервале $45-50 \text{ м}$ количество метана резко увеличивается до $(400-500) \cdot 10^{-6} \text{ мг/кг}$, а на глубине $280-360 \text{ м}$ его концентрация достигает уже $(1400-1700) \cdot 10^{-6} \text{ мг/кг}$. По предварительным оценкам специалистов АМИГЭ, мощность слоя гидратообразования в рассматриваемых условиях может меняться от десятков до $200-300 \text{ м}$. Специальных исследований по определению присутствия газогидратов в отложениях во время буровых и разведочных работ не проводилось [4]. Существуют лишь косвенные признаки, ука-

зывающие на присутствие газогидратов в некоторых поддонных слоях. Присутствие газогидратов в разрезе может вызвать осложнения при проходке, обводнении и эксплуатации промысловых скважин.

Поля газосодержащих осадков могут способствовать развитию воронок, что доказано экспериментально сотрудниками ВНИИЭгазпром [5]. Воронки глубиной $2-8 \text{ м}$ формируются неожиданно и проявляются катастрофически для инженерных объектов. Плотность их распространения может достигать $35 \text{ на } 1 \text{ км}^2$, иногда с некоторой, вероятно вызванной донными течениями, квазилинейностью. Не исключено развитие генетически родственных воронкам грязевых вулканов [6].

Высокое газосодержание переводит мелко- и тонкозернистые пески в плавунное состояние. Пузырьки газа, содержащиеся в поверхностных осадках Печорского моря, снижают водо- и газопроницаемость грунта, переводят его в состояние «тяжелой жидкости». Прочность таких жидкообразных систем стремится к нулю, погружение в них конуса под заданной нагрузкой, несколько замедляясь, может продолжаться до подошвы толщи [7]. Песчаные и супесчаные газонасыщенные толщи Печорского моря (и других аналогичных акваторий) в связи с этим не могут рассматриваться в качестве надежного основания для любых инженерных сооружений.

Слабая изученность Арктики позволяет рассматривать возможную газогидратоносность недр Северного Ледовитого океана в целом только по критериям, основанным на термобарических условиях. Определенный интерес также представляют те участки шельфа, где наряду с термобарическими условиями стабильности гидратов газа отмечается повышенное содержание метана в поддонных отложениях. Такие участки, как правило, связаны с восходящей миграцией газа по разломам и установлены на шельфе Баренцева моря. На шельфах Арктического региона существование благоприятных для образования гидратов условий (давление и температура) связано с многолетней мерзлотой. В глубоководных частях арктических акваторий образование скоплений газовых гидратов возможно также и в районах сосредоточенной фильтрации газосодержащих флюидов.

На данный момент справедливым остается заключение о том, что сведения о визуальных (прямых) наблюдениях природных газовых гидратов в Российской Арктике нет. Тем не менее, наличие потенциальных областей развития газовых гидратов позволяет считать арктические моря перспективным районом для поисков скоплений газовых гидратов (рис.1) [8].

«Охлажденные» осадки занимают центральную, северо- и юго-восточную части моря, примыкающие к Новой Земле. Контуры этой зоны почти совпадают с нулевой изотермой среднепогодной температуры дна. Штокмановское ГКМ, как и многие другие, находится в зоне распространения донных осадков с отрицательными температурами.

В инженерно-геологическом отношении мерзлые и газогидратоносные отложения представляют

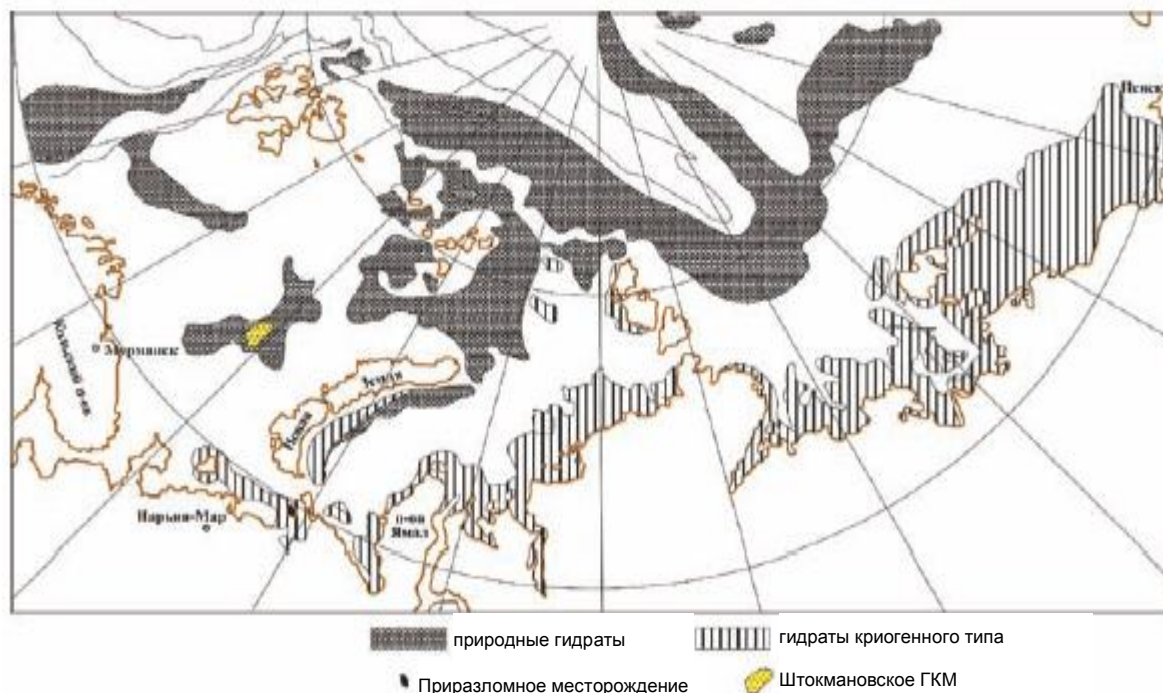


Рис. 1. Газогидратоносные области в российском секторе Северного Ледовитого океана [по: 8].

собой категорию пород особого состава, состояния и свойств, что необходимо учитывать при строительстве стационарных морских ледостойких платформ на арктическом шельфе, строительстве и эксплуатации трубопроводов и других сооружений. Также следует учитывать возможные нарушения естественного теплового режима в верхнем осадочном чехле при бурении и эксплуатации скважин.

Оценка мерзлотности и газогидратоносности основывается в первую очередь на анализе термобарических условий дна и недр. Рассмотрим эти условия на примере Штокмановского ГКМ. Оно расположено в бортовой части Южно-Баренцевской впадины в пределах влияния наиболее стабильного арктического холодного течения со среднеголетней температурой дна, близкой к минус 1–1,5 °С и достигающей до плюс 3–4 °С в поверхностных слоях.

Процедура выявления площадей и зон стабильности гидратов газа сводится к совмещению значений геотермического градиента и давления в конкретной точке дна моря или поддонного разреза с той или иной равновесной кривой гидратообразования метана в координатах давление – время. Наиболее доступными для оценки газогидратоносности являются данные о температуре дна.

Зона стабильности гидратов газа в зависимости от конкретных термобарических условий и состава гидратообразующей системы может распространяться до определенной поддонной глубины, начинаясь непосредственно у дна, либо на некотором расстоянии под ним. При средней глубине моря над Штокмановским ГКМ 300 м, геотермическом градиенте 3 °С/100 м и температуре дна -1,0 °С по номограмме (рис. 2) зона стабильности гидрата метана распространяется до 200 – 250 м ниже дна моря [9].

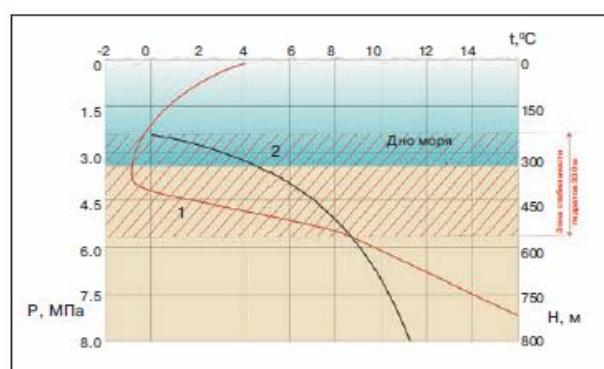


Рис. 2. Зона стабильности гидратов метана над Штокмановским ГКМ.

1 – геотермический градиент; 2 – равновесная кривая гидратообразования [по: 9].

Можно предположить, что в районе Штокмановского ГКМ имеются реальные условия накопления и существования газовых гидратов в разрезе пород под дном моря до глубины 200 м. Анализ факторов, влияющих на термобарические условия газогидратоносности, показал возможность существования нескольких типов зоны стабильности гидратов. По отношению ко дну моря термобарическая зона стабильности гидратов может быть придонной и непридонной, т.е. отделенной от дна интервалом от единиц метров до более 200 м.

Гидратоносность и эксплуатация скважин

Рассмотрим возможные осложнения при строительстве гидротехнических сооружений и эксплуатации скважин в условиях возможных скопления газовых гидратов в придонной части разреза.

Типичным примером здесь могут служить условия в центральной части Баренцева моря, где расположено Штокмановское месторождение, осложненное по некоторым данным тектоническими разломами.

Кроме температуры, давления и минерализации на образование и накопление гидратов существенно влияет литология пород. Для уплотненных сред с ростом дисперсности слагающих породу частиц (от крупнозернистых до мелкозернистых пород) гидратосодержание увеличивается [10]. При дальнейшем увеличении дисперсности до образцов тяжелой супеси гидратосодержание снижается до нуля. Для литологического состава верхней части разреза до глубин 20 – 30 м от дна моря прогнозируется наличие гидратов в виде отдельных вкраплений. На глубинах до 200 – 250 м в разрезе присутствуют породы, способные к аккумуляции значительных скоплений гидратов.

В процессе разработки месторождения вокруг эксплуатационных колонн, вследствие движения по ним теплого газа при его добыче из нижележащих горизонтов, происходит увеличение температуры окружающих пород. Это может привести к изменению фазового состояния воды и газа в гидратонасыщенных интервалах вокруг скважин. Это подобно процессу растепления мерзлых пород при разработке месторождений углеводородов в районах вечной мерзлоты.

На стадии проектных работ для определения размеров зон теплового влияния принято применять модели, в которых используется понятие области фазового перехода или в виде резкой границы раздела между талой и мерзлой зонами, или в виде протяженной области раздела, что соответствует фазовому переходу в спектре температур. Резкая граница раздела имеется в крупнодисперсных средах, например, песках, а протяженная – в тонкодисперсных средах, например суглинках. На Штокмановском ГКМ в породах, слагающих верхние интервалы геологического разреза, фронт фазового перехода может представлять резкую границу [9, 11, 12].

Расчеты показывают также, что при проектом расположении устьев скважин на платформе на расстояниях 3–4 м друг от друга тепловое взаимодействие скважин начинается в течение первого года разработки. На морской платформе, например, пробурено 20 скважин. За 10 лет эксплуатации скважин, т.е. на относительно ранней стадии разработки, зона растепления по расчетам оказалась значительной – более 10 м, что может свидетельствовать о смыкании зон растепления отдельных скважин [9].

Указанные процессы могут привести к осложнениям следующего порядка [10, 13]:

- Грифонообразование – это явление – следствие выделения свободного газа при разложении гидратов. Это является принципиальным отличием от результатов растепления мерзлоты. Так как на 1 м³ гидрата приходится 150 – 180 м³ газа, то в течение первого года разработки может выделиться порядка 10 – 30 тыс. м³ газа на 1 м³ гидратосодержащих пород. Грифонообразование у устья скважин может вызвать перераспределение напряже-

ний в геологическом разрезе из-за изменения упругих характеристик пород значительной области горного массива. Перераспределение напряжений сопряжено с возникновением дополнительных нагрузок, действующих на промышленное оборудование. Грифонообразование с выделением газа на поверхности моря у платформ увеличивает риски пожароопасности и препятствий судоходству из-за уменьшения плотности воды.

- Уменьшение модуля упругости гидратосодержащего интервала пород в области его «растепления», что приводит к дополнительным деформациям этого интервала под давлением горных пород, создаваемым их весом, давлением воды и весом платформы, если она опирается на дно. На поверхности пород эта деформация проявляется в виде опускания дна в области расположения скважин. При жестком закреплении устья скважины на платформе (или подводном модуле) в колонне будут возникать дополнительные нагрузки. Следовательно, наличие скоплений гидратов в зоне работающих скважин является фактором, осложняющим разработку месторождения.

Удлинить срок растепления гидратов можно, если использовать пассивную изоляцию колонн. Однако, учитывая, что разработка месторождения длится десятки лет, это недостаточно надежно. Расчеты показывают необходимость активной изоляции. В принципе для этих целей можно использовать естественную или принудительную циркуляцию холодной морской воды в межтрубном кольцевом пространстве [11]. Для повышения эффективности предложенного способа схема может быть дополнена элементами пассивной тепловой защиты, например, заполнением пространства между лифтовыми трубами и эксплуатационной колонной в интервале гидратонасыщенности инертным газом или установкой труб с пониженным коэффициентом теплопередачи. Другие решения могут быть связаны с отбором части газового потока для охлаждения колонны с использованием эффекта Джоуля-Томпсона. По этому направлению в мире имеются ряд патентов и конкретные конструктивные решения [9].

Одним из возможных факторов риска и негативных последствий разработки нефтегазовых месторождений является осадка земной поверхности над месторождением в результате снижения начального пластового давления в продуктивных пластах и их деформации, что хорошо изучено в мировой практике. Осадка в условиях Штокмановского ГКМ возможна также за счет растепления придонных газовых гидратов.

Следствием смещения земной поверхности может быть выход эксплуатационных скважин из строя из-за разгерметизации заколонных пространств, смятия и слома обсадных колонн, деформации трубопроводов, а также уменьшения клиренса платформы до уровня досягаемости волн и выход из строя крепящих якорей.

Оценка величин осадки поверхности дна моря особенно актуальна, поскольку для морских месторождений предъявляются более жесткие требо-

вания по охране недр, надежности работы скважин, а также морских платформ и подводных модулей.

Расчеты оседания поверхности дна применительно к Штокмановскому месторождению, основанные на использовании геолого-промыслового материала, полученного в результате разведки залежей, представлены в «Проекте разработки Штокмановского газоконденсатного месторождения» (ВНИПИморнефтегаз, 1994г.) и в дальнейшем были доработаны [11,12], но эффект от растепления газогидратов при этом не учитывался. Проведенные расчеты [9] показывают большую вероятность осадки поверхности дна моря при разработке Штокмановского ГКМ. Причем величины просадки существенно зависят не только от степени выработки продуктивных горизонтов, но и от деформационных процессов при разложении гидратонасыщенных придонных слоев.

Проявление риска разрушения придонных газовых гидратов в районе расположения объектов Штокмановского ГКМ неизбежно приведет к таким явлениям, как:

- просадка дна вокруг скважин и в районе размещения газопроводов;
- нарушение крепления и деформации эксплуатационных скважин;
- формирование околоскважинных газопроявлений и грифонов;

Для разработки надежных технических решений по морским объектам Штокмановского ГКМ необходим комплекс специальных исследований по определению зон скопления и параметров донных газовых гидратов.

Литература

1. Арчegov В.Б. Арктические моря России и их будущее // «Нефтегазогеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса востока России»: Сборник материалов научно-практической конференции. 17–21 июня 2013 г., Санкт-Петербург. СПб.: ВИНИТИ, 2013. С. 5–14.
2. Арчegov В.Б. Нефтегазоносность арктических морей России // Труды научно-исследовательского отдела Института военной истории. Т. 9. Кн. 2. Обеспечение национальных интересов России в Арктике / Зап. воен. округ, Воен. акад. Ген. штаба Вооруж. сил Рос. Федерации, Ин-т воен. истории, Гос. поляр. акад. Санкт-Петербург: Политехника-сервис, 2014. С. 38–44.
3. Геологическая обстановка в районе гибели АПЛ «Комсомолец»: состав и свойства донных осадков/Ю.А.Богданов, Е.Г.Гурвич, В.Н.Лукашин, В.В.Серова, З.Н.Горбунова, Г.В.Горбунов, Э.С.Тримонис, С.А.Козлов, А.В.Кондратенко // Океанологические исследования и подводно-технические работы на месте гибели атомной подводной лодки «Комсомолец». М.: Наука, 1996. С. 287–313.
4. Арчegov В.Б. Развитие геологоразведочных работ на нефть и газ в условиях континентального шельфа арктических и дальневосточных морей России // Труды научно-иссле-

дательского отдела Института военной истории. Т. 6. Кн. 2.: Север России в военно-морском и экономическом отношении / Воен. Акад. Ген. штаба Вооруж. сил Рос. Федерации, Ин-т воен. истории. СПб.: Политехника-сервис, 2013. С. 429–434.

5. Валпетер А.П., Безродных Ю.П. Региональные инженерно-геологические исследования на шельфе и их значение для решения инженерных задач. М.: ВНИИЭгазпром, 1987. 36 с.
6. Newton R.S., Cunningham R.S., Schubert C.E. Mud Volcanoes and Pockmarks Seafloor Engineering Hazards or Geological Curiosity. Twelfth Ann. Offshore Technol. Conf., Houston, Tex. Vol.1. Dallas, 1980. P.425-436.
7. Горькова И.М. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. М.: Наука, 1966. 136 с.
8. Соловьев В.А., Гинсбург Г.Д., Теленев Е.В., Михалюк Ю.Н. Криогетермия и гидраты природного газа в недрах Северного Ледовитого океана. Л.: ПГО «Севморгеология», 1987. 150 с.
9. Дмитриевский А.Н., Кульпин Л.Г., Максимов В.М. Проблемы освоения природно-техногенных объектов морской добычи углеводородов в Арктике // МурманшельфИнфо. 2009. № 1 (6). С.11–16.
10. Козлов С.А., Неизвестнов Я.В. Пространственная изменчивость физико-механических свойств донных отложений нефтегазоносной области Баренцево-Карского шельфа // Морские инженерно-геологические исследования. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2003. С.79–85.
11. Кульпин Л.Г. Особенности освоения арктических морских месторождений в условиях гидратонасыщенной субмаринной криолитозоны// Журнал «Нефтяное хозяйство». 2004. № 9. С. 76–79.
12. Koulpine L.G., Dubrovski D.A., Obmoroshewa L.B., Tupysev M.K. Gas Hydrate Bearing Capacity of Submarine Cryolitozone: Complication Prognoses in Exploitation of Arctic Off Shore Fields (Гидратонасыщенность субмаринной криолитозоны и прогноз осложнений при освоении Арктических месторождений)// 2-nd International Conference on Natural Gas Hydrates, Toulouse (France), 1996.P.453–458.
13. Кульпин Л.Г. Баренцево море. Прогноз и преодоление техногенных осложнений при разработке газовых гигантов в условиях гидратонасыщенности придонных слоев и опускания дна моря // Тр. IV Международного технологического симпозиума, 15–17 марта 2005. Институт нефтегазового бизнеса РАГС. М., 2005.

References

1. Archegov V.B. Arkticheskie morya Rossii i ikh budushchee // "Neftegazogeologicheskii prognoz i perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa Vostoka Rossii". Sbornik matrialov nauchno-prakticheskoi konferentsii [Russia's Arctic seas and their future/ "Oil-and gas geo-

- logical forecast and perspectives of the East Russia's oil-and-gas complex". Materials of Sci.-Pract. Conf. June 17-21, 2013, St.Petersburg. – St.Petersburg: VNIGRI, 2013. P. 5-14.
2. *Arhegov V.B.* Neftegazonosnost' arkticheskikh morei Rossii / Trudy nauchno-issledovatel'skogo otdela Instituta voennoi istorii. T. 9. Kn. 2. Obespechenie natsional'nykh interesov Rossii v Arktike // Zap.voen.okrug, Voen.akad.Gen.shtaba Vooruzhen. Sil Ros.Federatsii, In-t voen.istorii, Gos.polyarn.akad.[Oil and gas potential of the Arctic seas of the Russian Federation / Research Dep. Proc. of the Military History Inst. Vol.9. Book 2. Provision of Russia's national interests in the Arctic region // West military District, General Staff Military Academy of the Russian Federation armed Forces, Inst. of Military History, State Polar Academy] St.Petersburg: Polytechnic-Service, 2014. P. 38-44.
3. *Bogdanov Yu.A., Gurvich E.G., Lukashin V.N., Se-rova V.V., Gorbunova Z.N., Gorbunov G.V., Trimonis E.S., Kozlov S.A., Kondratenko A.V.* Geologicheskaja obstanovka v rajone gibeli APL «Komsomolec»: sostav i svojstva donnykh osadkov // Okeanologicheskie issledovaniya i podvodno-tehnicheskie raboty na meste gibeli atomnoj podvodnoj lodki «Komsomolec» [Geological conditions in the area of a nuclear submarine "Komsomolets" destruction: structure and properties of bottom deposits // Oceanologic researches and undersea-technical works at place of a nuclear submarine "Komsomolets" destruction]. Moscow, Nauka, 1996. P. 287-313.
4. *Arhegov V.B.* Razvitie geologorazvedochnykh rabot na neft' i gaz v usloviyakh kontinental'nogo shel'fa arkticheskikh i dal'nevostochnykh morei Rossii / Trudy nauchno-issledovatel'skogo otdela Instituta voennoi istorii. T.6, kn. 2: Sever Rossii v voenno-morskom i ekonomicheskom otnoshenii / Voen.Akad.Gen.Shtaba Vooruzhen.Sil Ros.Federatsii, In-t voen.istorii, n.-i. otd. (voen. Istorii Sev.-zap. Regiona RF) [Exploration development for oil and gas in conditions of the continental shelf of the Arctic and Far Eastern seas of the Russian Federation/ Research Dep. Proc. of the Military History Inst. Vol. 6, book 2: Naval and economical potential of the Northern part of Russia / General Staff Military Academy of the Russian Federation armed Forces. Inst. of Military History (Mil.History of the Northwest Region of the Russian Federation), - St.Petersburg: Polytechnic-Service, 2013. P. 429-434.
5. *Valpeter A.P., Bezrodnikh Yu.P.* Regional'nye inzhenerno-geologicheskie issledovaniya na shel'fe i ih znachenie dlja resheniya inzhenernykh zadach [Regional engineering-geological researches on the shelf and their importance for the solution of engineering problems]. Moscow: VNIIEgazprom, 1987. 36 p.
6. *Newton R.S., Cunningham R.S., Schubert C.E.* Mud volcanoes and Pockmarks seafloor engineering hazards or geological curiosity. Twelfth Ann. Offshore Technol. Conf., Houston, Tex., Vol. 1. Dallas, 1980. P. 425-436.
7. *Gor'kova I.M.* Teoreticheskie osnovy ocenki osadochnykh porod v inzhenerno-geologicheskikh celjah [Theoretical bases of estimation of sedimentary rocks in the engineering-geological purposes]. Moscow, Nauka, 1966, 136 p.
8. *Solov'ev V.A., Ginsburg G.D., Telepnev E.V., Mihalyuk Yu.N.* Kriogeotermiya i gidraty prirodnogo gaza v nedrah Severnogo Ledovitogo okeana [Cryogeothermy and hydrates of natural gas in the depths of the Arctic ocean]. Leningrad, PGO "Sevmorgeologiya", 1987, 150 p.
9. *Dmitrievsky A.N., Kul'pin L.G., Maksimov V.M.* Problemy osvoenija prirodno – tehnogennykh ob'ektov morskoy dobychi uglevodorodov v Arktike [Problems of development of natural-technogenic objects of sea extraction of hydrocarbons in the Arctic regions]. Murmansk, fInfo, 2009, № 1 (6). P.11-16.
10. *Kozlov S.A., Neizvestnov Ya.V.* Prostranstvennaja izmenchivost' fiziko- mehanicheskikh svojstv donnykh otlozhenij neftegazonosnoj oblasti Barentsevo-Karskogo shel'fa // Morskie inzhenerno-geologicheskie issledovaniya [Spatial variability of physical-mechanical properties of sea-floor sediments of oil-and-gas bearing area of Barents-Kara shelf // Sea engineering-geological researches. St.Petersburg, VNIIOkeangeologiya, 2003. P.79-85.
11. *Kul'pin L.G.* Osobennosti osvoenija arkticheskikh mor-skih mestorozhdenij v uslovijah gidratonasyshhennoj sub-marinnoj kriolitozony // Journal «Neftjanoe hozjajstvo» [Peculiarities of development of the Arctic sea deposits in conditions of hydrate saturated submarine cryolitozone// J. "Oil economy". 2004, № 9. P. 76 - 79.
12. *Koulpine L.G., Dubrovski D.A., Obmorosheva L.B., Tupyshev M.K.* Gidratonasyshchennost' submarinnoj kriolitozony i prognoz oslozhnenij pri osvoenii Arkticheskikh mestorozhdenij [Gas hydrate bearing capacity of submarine cryolitozone: complication prognoses in exploitation of Arctic off shore fields] //2-nd Intern. Conf. on Natural Gas Hydrates, Toulouse (France). 1996. P. 453-458.
13. *Kul'pin L.G.* Barentsevo more. Prognoz i preodolenie tehnogennykh oslozhnenij pri razrabotke gazovykh gigantov v uslovijah gidratonasyshchennosti pridonnykh sloev i opuskanija dna morja// Tr. IV Mezhdunarodnogo tehnologicheskogo simpoziuma [The Barents sea. The forecast and overcoming of technogenic complications at exploitation of gas giants in conditions of gas hydrate bearing capacity of seafloor layers and lowering of the sea bottom// Proc. of IV Intern. Technological Symp.], March 15-17, 2005. Institute of petro-gas business RAGS. Moscow, 2005.

Статья поступила в редакцию 04.03.2015.

УДК 902 (470.13)

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

*Институт языка, литературы и истории Коми научного центра УрО
РАН, г. Сыктывкар*

zherebcov@mail.illhkomisc.ru

На основе археологических данных и привлечения письменных источников рассматриваются вопросы освоения и заселения арктической и субарктической зоны Европейского Северо-Востока с древнейших времен до эпохи средневековья. Выявлены исходные районы освоения территории и причины, оказавшие влияние на эти процессы. Дана этнокультурная интерпретация средневековых памятников.

Ключевые слова: Арктика, климатические изменения, миграции, освоение, археологические культуры, промысловые ресурсы, этнокультурные связи

I.O. VASKUL, A.V. VOLOKITIN, I.L. ZHEREBTSOV, V.N. KARMANOV,
M.V. KLENOV, A.M. MURYGIN, P.YU. PAVLOV. **DEVELOPMENT OF THE
ARCTIC AND SUBARCTIC ZONE OF THE NEAR PECHORA AREA IN
THE ANCIENT TIME AND THE MIDDLE AGES ACCORDING TO ARCHEOLOGY**

During the Eneolithic Age (beginning - third quarter of III millennium B.C.) the region is settled by bearers of Chuzhyael archaeological culture, which basic area is the taiga zone of Northern Pre-Urals. Occurrence of antiquities of this culture in the Polar region is connected with favorable environmental conditions. The beginning of subboreal cold snaps and reduction of territory occupied with forests causes outflow of the population to the Pre-Polar zone of modern northern taiga where materials of Choinovtino culture of the Eneolithic epoch (last quarter of III – first half of II millennium B.C.), Ataman-Nyur, Lebyazhye archaeological cultures of the Bronze Age (middle of II – beginning of I millennium B.C.) are revealed. In the Arctic zone not numerous short-term “Lebyazhye” camp-sites are found. In the end of the Bronze Age bearers of Korshakovo culture that had come from behind the Urals began to develop Bolshezemelskaya and Malozemelskaya tundra. In the forest zone of the Pechora Pre-Polar area antiquities of cultures of figure-stamped and textile-impressed ceramics were spread.

In the Early Iron Age, in the first half of I millennium B.C., the population of the Near-Pechora area uses the regions of Bolshezemelskaya and Malozemelskaya tundra as hunting-fishing territory. In the second half of I millennium B.C., in the maximum cold snap, there is an outflow of human collectives from the Arctic zone of the Near-Pechora area. In the first half – middle of I millennium A.D. in the Arctic and Subarctic zones of the Near-Pechora area complexes of Bichevnik and Moreyu cultural types are spread. In the middle – second half of I millennium A.D. in territory of Bolshezemelskaya and Malozemelskaya tundra the subarctic culture genetically connected with cultures of the Ob-Yamal north is formed.

In the beginning of II millennium A.D. the process of Old Russian colonization of the region starts. The first archaeological evidence of penetration of the Russians to the Pechora area refers to XII century and is presented, basically, by complexes of Old Russian metal wares; in XIII-XVI centuries Russian settlements are fixed. The result of the process of colonization of the Low Pechora area was that this territory was entered in the structure of the Russian state and a new ethnocultural map of the region was created.

Keywords: Arctic regions, climatic changes, migrations, development, archaeological cultures, trade resources, ethnocultural contacts

2. Освоение арктической и субарктической зон Припечорья в эпоху энеолита-бронзы – средневековья*

В эпоху энеолита – бронзы (III – начало I тыс. до н.э.) начинается новый этап освоения арктической и субарктической зоны Припечорья и прилегающих к ней районов Большеземельской и Малоземельской тундр. К энеолитическому периоду (III – первая пол. II тыс. до н.э.) относятся древности нео-энеолитической чужьяельской археологической культуры (далее АК), памятники которой на среднем этапе ее развития (начало – третья четв. III тыс. до н.э.) были распространены в бассейне Мезени, Печоры, Большеземельской тундре. Появление памятников этой культуры в Заполярье связано с благоприятными климатическими условиями, благодаря которым лесная зона была распространена вплоть до побережья Баренцева моря [1]. Известны чужьяельские поселения со стационарными наземными и углубленными в землю жилищами и большими коллекциями вещевого инвентаря (Нерчей II, Пижма II, Ружникова, Колва-вис 25) и временные стоянки с очень небольшим количеством материала (Ортино, Море-ю) [1]. Основные находки – керамика, каменный инвентарь. Глиняная посуда типичных чужьяельских форм декорирована ямками, гребенчатым штампом. Отличительной особенностью тундровой керамики является применение фигурнозубого и сотового орнамента, отсутствующего на Мезени. Аналогии подобному орнаменту уводят, по мнению В.С. Стоколоса, к культурам Западной Сибири и Зауралья. Каменный инвентарь представлен кремневыми скребками различной формы, комбинированными орудиями, ножами, скобелями, проколками, наконечниками стрел, сланцевыми топорами, долотами, пилами. Отличия от кремневого инвентаря мезенских памятников проявляются в появлении поздних форм наконечников: листовидных, треугольных, треугольничерешковых (?) [1]. Памятники последнего третьего этапа чужьяельской АК в арктической и субарктической зоне Припечорья отсутствуют, что связано с начавшимся суббореальным похолоданием. По этой же причине неизвестны в указанном районе и находки, относящиеся к чойновтинской АК эпохи энеолита. Самые северные пункты обнаружения чойновтинской керамики с органическими примесями в тесте, декорированной гребенчатым, шнуровым, резным орнаментом в бассейне нижней Печоры – поселения Пижма II на оз. Ямозеро и Ружникова на Косминских озерах [1].

Эпоха бронзы (середина II – начало I тыс. до н.э.) представлена в рассматриваемом регионе памятниками атаман-нюрской, лебяжской и коршаковской археологических культур. Древности первой из названных культур распространены в бассейнах

рек Печоры и Вычегды в пределах таежной зоны. Самыми северными из них являются поселения Ягъель и Адзьва II на р. Усе у Северного полярного круга. Для культуры характерны многоугольные жилища, кремневые изделия, среди которых ведущее место занимают наконечники стрел нескольких типов, чрезвычайно разнообразная по форме и орнаментации глиняная посуда, известны металлические изделия. Глиняная посуда обнаруживает близость с керамическими комплексами самусьской общности в Зауралье и чирковско-сейминской культуры в Среднем Поволжье и отражает проникновение носителей этих керамических традиций на территорию Европейского Северо-Востока (далее – ЕСВ) [1].

Местную линию в развитии культуры населения ЕСВ отражает лебяжская АК. По мнению исследователей, это североευропейская культура, основной ареал которой – таежная зона бассейна р. Печора, бассейн средней и верхней Вычегды [1, 2]. Культура характеризуется наземными жилищами, окруженными завалинкой, широкогорлыми чашевидными сосудами, декорированными ямками под венчиком и наклонными рядами, горизонтальными линиями, ромбической сеткой, зигзагами из оттисков гребенчатого штампа на шейке и плечиках. Под влиянием «атаманнюрцев» в орнаментации керамики появляются проташенные линии [1]. На позднем этапе развития культуры в орнаменте, наряду с зубчатыми узорами, присутствуют шнуровые линии, прокатанные линии и крестовидные отпечатки [1, 2]. Кремневый инвентарь характеризуется скребками на отщепах, в том числе с подтесанной спинкой, листовидными и треугольными наконечниками стрел, обломками наконечников копий. Выявлены многочисленные следы бронзолитейного производства: обломки тиглей, сплески и обломки металла, глиняные металлургические стержни [1]. В арктической зоне Припечорья обнаружены ранние лебяжские памятники (Ружникова, Кыско, Колва-вис 20, Приозерская 4, 6, Адзьвинская 5, 6) [1, 3]. На поселениях Ружникова и Кыско найдена керамика. На стоянках Колва-вис 20, Приозерская 4, 6, Адзьвинская 5, 6 вместе с глиняной посудой обнаружены кремневые изделия. Стоянки, видимо, носят сезонный промысловый характер. Лебяжские материалы найдены в Адакской I пещере, расположенной на р. Усе у Северного полярного круга. В юго-западном Беломорье выделяются памятники типа Бохта II, керамический комплекс которых близок лебяжскому [4].

Памятники коршаковской АК распространены в Большеземельской и Малоземельской тундрах и Печорском Приполярье [1, 3]. Выделяются поселения как места многократного использования местности (типа Коротаиха 1981/10) и кратковременные стоянки (типа Нерчей I). Изучены легкие жилища типа чумов со слабо углубленными в почву площадками округлой формы. Внутри жилых сооружений расчищены очаги, состоявшие из кострища и идущей от него вверх по наклонной площадке за пределы постройки траншеи (Коротаиха 1979/3). На поселениях Коротаиха 1979/3 и 4 найдены предме-

*В предыдущем номере журнала была опубликована первая часть статьи «ОСВОЕНИЕ АРКТИЧЕСКОЙ И СУБАРКТИЧЕСКОЙ ЗОН ПРИПЕЧОРЬЯ В ДРЕВНОСТИ И СРЕДНЕВЕКОВЬЕ ПО ДАННЫМ АРХЕОЛОГИИ» - «Освоение арктической и субарктической зоны Припечорья в эпоху камня». Настоящая работа является второй частью этой публикации.

ты, связанные с бронзолитейным производством: глиняное сопло, литейная форма для отливки плоского предмета, литейная шишка. Каменный инвентарь представлен сланцевыми плитами, кремневыми наконечниками стрел, кремневыми, кварцитовыми и сланцевыми наконечниками дротиков, кремневыми и кварцитовыми скребками, сланцевыми и кварцитовыми топорами и др. Визитной карточкой культуры является керамика. Она представлена сосудами полуяцевидной формы с конусовидным или закругленным дном. Большинство из них изготовлено техникой выколачивания. На внутренних стенках сохранились отпечатки ткани или мелкоячеистой сетки, на которой производилась формовка сосудов. Орнамент образован наклонными рядами зубчатых отпечатков, ямками и мелкой катаной волной. Зачастую ямки под венчиками сопровождаются рельефными отворотиками. Ниже узоров из катаной волны на сосудах нанесены отпечатки грубой ткани [1]. Как полагают исследователи, керамические комплексы коршаковской культуры не имеют местных корней и предполагают их зауральское происхождение. В.И. Канивец сравнивал коршаковскую глиняную посуду с памятниками типа Сумпанья II [3]. В.С. Стоколос, поддержав эту точку зрения, расширил круг аналогий за счет лозьвинской керамики и выдвинул предположение о втором возможном пути проникновения населения коршаковской культуры – из районов Таймырского Заполярья [1].

В конце периода в южных районах изучаемого региона на поселениях водораздельных озер появляются зауральское население, украшавшее глиняную посуду крестовидными отпечатками, и население с «текстильной» керамикой, пришедшее из более южных областей лесной зоны Восточной Европы [1].

Таким образом, эпоха энеолита-бронзы в Печорском Приполярье и Заполярье в начале периода характеризуется заселением региона носителями чужьяельской АК и усилением с середины II тыс. до н.э. миграционных процессов, как и на всем ЕСВ. Именно в этот период, наряду с традиционными путями освоения арктической зоны Припечорья, с территории таежной зоны бассейнов рек Печора, Вычегда и Мезень, фиксируется новое направление – Зауралье, Западная Сибирь, север Восточной Сибири. Взаимодействие разнотипных и разнотипных групп населения отразилось в появлении сходных мотивов орнамента глиняной посуды. По мнению В.С. Стоколоса, влияние мигрантов на местное лебяжское население было незначительным и пришельцы либо растворились в местной среде, либо, как в случае с носителями коршаковской АК, продвинулись в западные районы севера европейской части России [1].

Немногочисленны исследованные памятники раннего железного века, что обусловлено дальнейшим ухудшением климатических условий в I тыс. до н.э. [5]. Большинство из них относится к первому, ананьинскому этапу этого периода, значительно меньше памятников гляденовского времени. Древности ананьинского времени представлены на

территории ЕСВ комплексами четырех культурно-хронологических типов, выделенных В.И. Канивцом: Ластва (VIII–VI вв. до н.э.), Чаркабож (VIII–VI вв. до н.э.), Перный (VI–III вв. до н.э.), Ямашор (VI–III вв. до н.э.) [3]. Формирование культурного типа Ластва происходило на основе лебяжской культуры эпохи бронзы. Культурный тип Чаркабож сложился в результате переселения из-за Урала носителей «крестовой керамики» и их взаимодействия с местным населением. Сложение культурного типа Перный произошло в результате взаимодействия носителей ластинских традиций и переселенцев из Прикамья, культурный тип Ямашор является восточной параллелью Перному и отражает зауральское влияние в орнаментации глиняной посуды. Памятники названных культурных типов входили в ананьинскую культурно-историческую область (общность) [6]. Как свидетельствуют имеющиеся данные, в арктической и субарктической зонах Припечорья представлены материалы культурных типов Ластва, Перный и Ямашор. Для керамических комплексов всех этих культурных типов характерна глиняная посуда чашевидной формы с минеральными примесями в тесте, декорированная в верхней части тулова ямками, зубчатым штампом, шнуром, фигурными отпечатками. Для перныйской и ямашорской керамики присуща такая деталь шейки, как воротничок.

Судя по опубликованным Г.А. Черновым материалам, в тундровой зоне Печорского Заполярья известны три стоянки ананьинского времени (Падимейская 7, 32 и Сандибей-ю 7). На этих памятниках обнаружены фрагменты от 11–12 сосудов (Падимейская 7–3, Падимейская 32–1, Сандибей-ю 7 – 7–8 сосудов), украшенных ямками, шнуром, зубчатыми отрисками, отрисками фигурного штампа [7], что говорит о кратковременном, сезонном характере этих стоянок. Большинство археологических памятников расположено в южной части региона, в Печорском Приполярье. Керамика ананьинского времени обнаружена на водораздельных озерах Ямозеро (поселение Пижма II), Косминские (поселения Кыско, Ружникова). На нижней Печоре и Усе выявлены поселения культурных типов Ластва, Чаркабож, Перный и Ямашор. Среди них – раннеананьинское поселение (тип Ластва) у с. Медвежка, поселения культурного типа Перный Лабажское у с. Окунев Нос и Перный в окрестностях д. Няшабож, поселение Чаркабож недалеко от одноименной деревни, поселение культурного типа Ямашор Сынявом I у д. Сынянырд и др. Материалы раннеананьинского времени обнаружены в Адакской I пещере на р. Усе. Особо необходимо отметить Шиховской археологический комплекс у д. Гаревое в Усть-Цилемском районе РК. Здесь выявлены могильник и поселения, относящиеся к культурным типам Перный и Ямашор. Материалы перечисленных памятников свидетельствуют о постоянном обитании населения, оставившего ластинские, чаркабожские, перныйские и ямашорские памятники в регионе. На западе жители Печорского Приполярья контактировали с носителями позднебеломорской и лууконсаари культур, на востоке – с населением,

оставившим памятники перегребнинского типа в нижнем Приобье.

Древности следующего, гляденовского периода (конец III–II вв. до н.э. – первой пол. I тыс. до н.э.) относятся в бассейне р. Печора к пиджской АК (Печорский бассейн), памятники которой распространены в таежной зоне ЕСВ. Известны поселения, пещерные святилища и погребения. Керамика этой культуры характеризуется круглодонными сосудами чашевидной формы с минеральными добавками в глиняное тесто. Посуда орнаментирована в верхней части резными узорами, ямками, шнуровыми и зубчатыми отпечатками, каннелюрами. Считается, что культура сформировалась на базе культурных типов ананьинского времени, что прослеживается в форме сосудов, построении схемы их орнаментации, наличии узоров, выполненных шнуром, ямками, зубчатыми отпечатками, типах поселений, погребальном обряде [8, 9]. Новыми в декоре глиняной утвари являются резные узоры и каннелюры. Если резные узоры характерны для культур, входивших в гляденовскую культурную общность, то каннелюры резко выделяют керамический комплекс пиджской АК [8]. За ее пределами сосуды с каннелюрами в пределах ЕСВ известны только в двух пунктах: поселение Вис I у д. Синдор (в окрестностях Синдорского озера) и поселение Себъяг I в низовьях р. Сев. Кельтма (левый приток Вычегды). В арктической зоне Припечорья древности пиджской культуры на раннем этапе ее существования отсутствуют на территории Большеземельской тундры. Это связано с пиком похолодания, который приходится на переходное время от суббореального к субатлантическому периоду в последней четверти I тыс. до н.э., что вызвало сдвиг к югу зоны тундры на 150 км от современной границы [5]. Материалы пиджской АК в Печорском Приполярье и Заполярье представлены в зоне современной лесотундры и крайне северной тайги на поселениях Пижма I–II, Ружникова, Кыско, Пижемский Гумежек, Минина Виска I, Сынянырд V, в Адакском I пещерном святилище, могильнике Новый Бор I.

Культурная ситуация в регионе изменяется в начале I тыс. н.э. На основе взаимодействия населения пиджской АК и продвинувшихся из-за Урала носителей кулайской (усть-полуйской) культуры в Печорском крае формируются памятники бичевнической культуры типа, характеризующиеся сосудами чашевидной формы, декорированными зубчатыми отпечатками, ямками, каннелюрами, овальными вдавлениями. Бичевнические древности распространены в лесной и тундровой зонах ЕСВ, Верхнем Прикамье, Нижнем Приобье [10, 11]. В Большеземельской тундре выделены близкие бичевническим керамические комплексы типа Море-ю [12]. Новое освоение арктической и субарктической зон бассейна р. Печора было обусловлено, прежде всего, благоприятными климатическими условиями, позволившими, судя по радиоуглеродным датировкам поселения у Мыса Входной, уже в первые века нашей эры выйти на побережье Баренцева моря [13]. Еще одним фактором, способствовавшим освоению этого региона в первой пол. I тыс. н.э. и

усилению культурных связей между ЕСВ и Нижним Приобьем, стало развитие с конца I тыс. до н.э. транспортного оленеводства [14]. Это вызвало увеличение мобильности населения, связало отдаленные территории севера Евразии друг с другом. Этнокультурные связи с нижнеобским регионом документируются материалами Шиховского могильника в Печорском Приполярье и могильника на оз. Пожемты за Северным полярным кругом, распространением керамики, украшенной горизонтальными каннелюрами, сходных типов металлических украшений, культовой пластики. Несомненно, памятники типа Бичевник I, обнаруженные в разных географических и природно-климатических зонах, следует рассматривать в качестве одного из ретрансляторов культурных новаций на ЕСВ и в Нижнем Приобье. Не будет преувеличением предположение о том, что именно с этого времени начинается процесс формирования в арктической зоне Припечорья культуры, генетически связанной с нижнеобско-ямальским кругом культур.

Археологических памятников середины – второй пол. I тыс. н.э., на основе материалов которых можно охарактеризовать этнокультурную ситуацию в регионе в эпоху раннего средневековья, немного (поселения Море-ю II, Хутыюнкосе I, Мыс Входной, Коматывис I, Сударма I, Минина Виска I, городище Гнилка и Ортинское, жертвенные места Хэйбидя-Пэдара и Гнилка). Они расположены в разных частях Малоземельской и Большеземельской тундр, разнотипны (поселения, городища, святилища), разновременны (часть из них содержат материалы более позднего времени) и не позволяют создать полного представления о материальной культуре, этнокультурных особенностях оставивших их коллективов, и тех процессах, которые происходили здесь во второй пол. I тыс. н.э. и на рубеже I–II тыс. н.э.

Сравнительно-типологический анализ керамических материалов эпохи средневековья позволил выделить три типа глиняной посуды (Море-ю, Хутыюнкосе, Коматывис), соответствующих трем хронологическим этапам развития в Малоземельской и Большеземельской тундрах «субарктической» археологической культуры. Наиболее ранним из них является тип Море-ю (вторая четверть – середина I тыс. н.э.), который, как было указано выше, одновременен бичевническому культурному типу. Отличительной чертой керамического комплекса является сочетание в орнаменте ямок, горизонтальных каннелюр и зубчатых отпечатков, среди которых оригинальны овальные двузубые. Синхронна керамике типа Море-ю изредка встречающаяся на заполярных памятниках глиняная посуда шойнатыйского типа, характерная для лесной зоны ЕСВ. Тип Хутыюнкосе датируется третьей четвертью I тыс. н.э. Его отличительной чертой является керамика, ведущими признаками орнамента которой являются ямки, каннелюры, зубчатые отпечатки, сочетание отступающей и печатной техники нанесения зубчатых отпечатков. Замыкают хронологический ряд раннесредневековых источников памятники с керамикой типа Коматывис, характеризующейся сосудами с сильно утолщенным венчиком,

украшенными ямочно-ребенчатым орнаментом [12]. Подобная посуда обнаружена во втором горизонте поселения Карпова Губа на западном побережье о-ва Вайгач, имеющим радиоуглеродную дату ^{14}C 1180 ± 40 л. н. (ЛЕ-2844), примерно – вторая пол. VIII – сер. IX в. н. э. [15], и в слое III поселения Мыс Входной на северном побережье Югорского п-ова с радиоуглеродной датой 1080 ± 40 ^{14}C л. н. (ЛЕ-4054), вторая пол. IX – сер. X в. н. э. [15, 16]. Предложенная схема культурно-хронологического развития керамических комплексов населения арктической зоны ЕСВ получила подтверждение в ходе новейших исследований в Большеземельской и Малоземельской тундрах [17].

Все эти памятники относятся к местной культуре охотников на дикого северного оленя субарктической зоны северо-востока Европы, связанной своим происхождением с нижнеобско-ямальским (угорским или самодийским по этнокультурной принадлежности) кругом археологических культур [12]. По результатам раскопок многослойного поселения Мыс Входной на материковом побережье пролива Югорский Шар Л.П. Хлобыстин определил его как памятник арктической приморской культуры, поселение охотников на морского зверя. Керамика верхних слоев типична для глиняной посуды Большеземельской тундры второй пол. I тыс. н. э. Глиняная посуда из нижележащих слоев отражает влияние продвинувшихся на северо-восток Европы групп населения с севера Западной Сибири (устьеполуйского, саровского-кулайского). Хозяйственно-культурный тип этого приморского населения имел сложный характер и включал в себя как развитую морскую, так и сухопутную охоту с сезонной сменой основного промысла. Высказано предположение, что облик средневековой культуры на северо-востоке Большеземельской тундры в течение длительного времени определялся притоком нижнеобского и ямальского населения [13]. М. Ясински и О.В. Овсянников выдвинули гипотезу о том, что нижнепечорские городища второй пол. I тыс. н. э. (Ортинское и Гнилка) служили племенными центрами местного населения, известного под именем летописной «печеры» или «сииртя» ненецких преданий, имевшими тесные связи с Северным Приуральем и Нижним Приобьем. Они полагают, что эти памятники прекратили существование после X в. в процессе установления даннических отношений и подчинения печорских племен русскому влиянию [18, 19].

В Арктической зоне за пределами тундр Европейского Севера аналогии субарктической керамики втор. пол. I тыс. н. э. (как раннего, так и позднего облика) имеются на памятниках прибрежно-береговой полосы п-ова Ямал – землянки поселения Тиутей-сале [20, 21] и дюнная стоянка Тиутей-сале на западном побережье [20, 22], сопка Харде-седе, поселение Находка на восточном побережье [23]. Дюнная стоянка Тиутей-сале датирована эпохой средневековья (третья четв. I тыс. н. э.) и относится к зеленогорской культуре [22, 24], остальные – к оронтурскому типу керамики Нижнего Приобья – VI–IX вв. н. э. [21, 23]. Типологически близкая больше-

земельской керамика представлена на памятниках центральной части п-ова Ямал, где датируется в пределах V–IX вв. н. э. [25, 26].

Меньше свидетельств о контактах заполярного населения с коллективами таежной зоны Ижмо-Печорского бассейна. Пока известно не менее пяти поселений (Зыбун-нюр III, Усть-Айюва I, Брывинское, Кыско, Ружникова), на которых единичные находки субарктической керамики могут свидетельствовать об эпизодическом проникновении небольших групп из арктического региона северо-востока Европы в более южные районы Северного Приуралья вплоть до 63° с.ш. (поселение Усть-Айюва I).

Таким образом, анализ имеющихся источников из европейских тундр, Нижнего Приобья и п-ова Ямал позволяет сделать вывод о том, что в эпоху раннего средневековья континентальные и прибрежно-береговые районы тундровой зоны северо-востока Европы, в том числе Припечорья, населяли коллективы, в материальной культуре которых отчетливо просматриваются черты сходства с населением обско-ямальского севера (древнеугорским или самодийским). Это сходство дает возможность предполагать, что, по крайней мере, во второй пол. I тыс. н. э. субарктические и арктические районы европейского сектора Евразии были заселены близкородственными коллективами, происхождение которых в большей степени было связано с областями, лежащими к востоку от Уральского хребта.

Новый этап в освоении изучаемого региона в первой четверти II тыс. н.э. начинается с проникновением новгородцев. В это время появляются первые письменные свидетельства, бесспорно, касающиеся Печорского края. Они весьма отрывочны и скудны. Из начальных страниц русских летописей [27] можно узнать, что в число народов, уплачивающих дань Руси, входила «печера». В повествовании новгородца Гюраты Роговича (1096 г.), «печера» названа людьми, дающими дань Новгороду. Там же рассказывается о народе «югра», возможно, обитавшем в Припечорье, и упомянута «самоядь» (ненцы), соседствующая с югрой. Данное упоминание «самояди», очевидно, свидетельствует о начале процесса их проникновения в Большеземельскую тундру, что привело к смене аборигенного населения в регионе [19]. К сожалению, по летописным данным практически невозможно установить географическую локализацию этих народов, а в случае с печерой – и этническую принадлежность. Впоследствии письменные источники упоминают Печеру как волость, подчиненную Великому Новгороду. Источники конца XIII – начала XIV вв., относящиеся к великокняжеской юрисдикции, т.н. «печорские акты», включают «промысловые патенты» «Жиле со товарищи», Михайлу, Матфею и Андрею Фрязиным на морской и птичий промысел, где Печера упомянута как область или волость, а жители названы печеряне, без какой-либо этнической нагрузки [28]. Последнее упоминание печорян относится к 1481 г. С момента строительства на Нижней Печоре Пустозерского городка (1499 г.) Печорская волость становится Пустозерской и начинает-

ся новый этап освоения региона в общем ключе государственной политики восточного «прирастания» России.

Следует отметить, что, несмотря на крайнюю скудость сообщений первых русских летописных сводов, у большинства российских исследователей не вызывает сомнения гипотеза о том, что населению Руси район Нижней Печоры был достаточно хорошо известен уже к началу XII в. Определенную ясность в картину по истории освоения Северного Припечорья первой пол. II тыс. н.э. приносят немногочисленные археологические источники, в числе которых материалы с поселения Ортинского (XI–XII вв.), святилища VI–XIII вв. Гнилка, поселенческие комплексы Новый Бор 1–4 (XIII–XV вв.), Пустозерское поселение (XVI–XX вв.). Среди случайных сборов из Большеземельской тундры известны находки двух топоров (XI–XII и XIV–XV вв.), а также фрагменты неорнаментированной круговой посуды. Топор XI–XII вв. был найден в окрестностях г. Нарьян-Мара, другой – на Городецком озере. Обломки круговой посуды, вместе с бронебойным наконечником стрелы XI–XIV вв., происходят из сборов на стоянках Пустозерская 3/5 [29, 30] и Нарьян-марская 5/14 [31]. Очевидно, что эти стоянки относятся к упомянутой в письменных источниках XIV в. Печерской волости, представлявшей собой крайний северо-восточный форпост Русского государства.

Памятники, расположенные на территории Ненецкого АО (Ортино, Гнилка, Пустозерск), были обследованы в конце XX в. экспедициями Института истории материальной культуры (ИИМК) РАН под руководством О.В. Овсянникова и введены в научный оборот [19]. В настоящее время значительный интерес вызывает слабо исследованный комплекс памятников на левом берегу р. Печора у пос. Новый Бор (Усть-Цилемский р-н РК), открытый археологами Коми НЦ УрО РАН. Он включает четыре городища, пять (?) селищ и могильник, оставленных как местным аборигенным населением, так и русскими поселенцами.

Особый интерес у исследователей вызывает Селище Новый Бор 3. Данный памятник характеризуется наличием уличной планировки построек. Вдоль мыса, образованного берегами протоки Денисов Шар и р. Смолокурка, на площади около 6,5 га фиксируются более 40 сооружений. Археологически были исследованы остатки двух производственных построек (площадью 60 и 64 кв. м). Одна из них предположительно являлась косторезной мастерской, вторая – кузницей с двухкамерным горном. Общие размеры сооружений, их конструктивные детали, типы производственных сооружений, вещевой инвентарь позволяют сопоставить селище с памятниками Северо-Запада Руси XIV–XVI вв. Культурная принадлежность селища подтверждается находками русской круговой посуды.

Таким образом, письменные и археологические источники позволяют наметить общую канву процесса освоения русским населением бассейна р. Печора. Первые археологические свидетельства проникновения русских на Печору относятся к XII в. и представлены, в основном, комплексами древне-

русских изделий из металла. Период XIII–XVI вв. находит отражение уже в большем количестве памятников, среди которых известны русские поселения. Письменные свидетельства рисуют Нижнюю Печору в «допустозерский» период как место периодического пребывания русских промысловых ватаг. Однако полученные археологами предварительные данные говорят о более плотном заселении региона как русскими промысловиками, так и аборигенным населением. Таким образом, русская колонизация Нижней Печоры является лишь страницами в истории освоения арктических территорий и формировании нового аборигенного населения.

Заключение

Археологические свидетельства пребывания человека на крайнем севере европейской России начиная с конца плейстоцена и в голоцене, трудно переоценить. Они чрезвычайно важны для понимания адаптивных процессов на фоне глобальных климатических изменений. Самые северные в Европе археологические памятники начальной поры верхнего палеолита, сочетают в своей индустрии мустьерские и собственно верхнепалеолитические черты. Стоянка Бызовая связана с естественным «кладбищем мамонтов». В ее индустрии прослеживаются формы, характерные для широко известной костенковско-стрелецкой культуры. Второй эпизод проникновения на крайний Север палеолитического населения наблюдается после длительного перерыва, обусловленного крайне неблагоприятным климатическим фоном, в конце верхнего палеолита, около 13 тыс. л. назад. Стоянки, среди которых выделяются пещерные, и, в частности, наиболее изученная Медвежья пещера, входят в состав уральской археологической культуры.

Более многочисленные мезолитические памятники, показывают освоение региона, начиная с рубежа пребореала-бореала голоцена. Это кратковременные стоянки, связанные с водоемами. Можно предположить их принадлежность небольшим мобильным группам охотников и в какой-то мере рыболовов. Годовой хозяйственный цикл их включал перемещения на значительные расстояния. Отмеченное сходство одних групп стоянок с центром Русской равнины, других – с Прикамьем, показывает направление передвижения населения в эпоху мезолита.

Подобная картина наблюдается и в неолите. Сезонные стоянки раннего неолита (первая пол. VI тыс. до н.э.), близкие верхневолжской культуре и стоянки начальных этапов среднего неолита (первая пол. V тыс. до н.э.) – льяловской культуры очерчивают северные границы периферийных частей, вероятнее всего, являющихся промысловыми территориями названных культур и общностей.

В эпоху энеолита-бронзы прослеживается несколько адаптивных стратегий пребывания населения в этом регионе. Так, в начале эпохи энеолита арктическая и субарктическая зоны Припечорья были заселены носителями чужьяельской АК, что было обусловлено распространением лесов вплоть до побережья Баренцева моря. В дальней-

шем, с началом суббореального похолодания и сокращением территории, занятой лесами, население отходит в Приполярье, в зону современной северной тайги, где по берегам р. Печора и ее притоков, а также на водораздельных озерах Центрального Тимана зафиксированы материалы чойновтинской АК эпохи энеолита, атаман-нюрской и лебяжской АК эпохи бронзы. В Печорском Заполярье обнаружены кратковременные стоянки носителей лебяжской культуры, что свидетельствует о том, что территория Большеземельской тундры использовалась как промысловая территория лебяжцев. Возможно, эта же модель применима и для населения оставившего памятники атаман-нюрской культуры, самые северные поселения которой (Ягель) выявлены на р. Усе у Северного полярного круга. В конце бронзового века территорию Большеземельской и Малоземельской тундр осваивают пришедшие из-за Урала носители коршаковской АК, хозяйственно-культурный тип которых был, вероятно, приспособлен к проживанию в высоких широтах. За пределами тундры поселения коршаковцев малочисленны и располагаются в приполярных районах.

В раннем железном веке, в первой пол. I тыс. до н.э. население Припечорья, потомки лебяжцев, использует районы Большеземельской и Малоземельской тундр в качестве промысловой территории. Стоянки этого времени немногочисленны, а найденные материалы свидетельствуют об их кратковременном, сезонном характере. Во второй пол. I тыс. до н.э., в период максимального похолодания, происходит отток человеческих коллективов из арктической зоны Припечорья. Археологические памятники расположены только в пределах таежной зоны Печорского Приполярья.

В первой пол. I тыс. н.э. начинается новый этап в освоении изучаемого региона. В ходе взаимодействия носителей пиджской и кулайской АК в Печорском бассейне формируется бичевницкий культурный тип. Для хозяйственной модели населения, оставившего эти памятники, характерно использование различных природно-климатических зон. В середине – второй половине I тыс. н.э. на территории Большеземельской и Малоземельской тундр формируется субарктическая культура, обнаруживающая сходство с культурами обско-ямальского севера, предполагается этническое родство этих культурных образований. Хозяйственно-культурный тип населения представлял собой сложную систему и включал приморскую и сухопутную охоту с сезонной сменой занятий. С носителями субарктической культуры связано появление в регионе нового типа памятников – городищ, которые исследователи склонны рассматривать как племенные центры местного населения.

Со второй четверти II тыс. н.э. начинается процесс древнерусской колонизации Европейского Северо-Востока, завершившийся вхождением Печорского края в состав Русского государства и созданием новой этнокультурной карты региона.

Статья подготовлена по программе ориентированных фундаментальных исследований УрО РАН «Арктика», проект № 12-6-9-008 «Освоение арктической зоны Припечорья в древности и средневековье», программе фундаментальных исследований Президиума РАН, проект № 12-П-6-1002 «Формирование и развитие археологических культур эпохи железа на территории Европейского Северо-Востока: традиции и инновации»; программе междисциплинарных фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-м-5в-2037 «Влияние природной среды и климата на расселение первобытного человека в голоцене в бассейнах Ижмы и Вычегды».

Литература

1. Стоколос В.С. Энеолит и бронзовый век // Археология Республики Коми. М.: ДиК, 1997. С. 213–313.
2. Канивец В.И. Канинская пещера. М.: Наука, 1964. 135 с.
3. Канивец В.И. Печорское Приполярье. Эпоха раннего металла. М.: Наука, 1974. 150 с.
4. Жульников А.М. Поселения эпохи раннего металла Юго-Западного Прибеломорья. Петрозаводск: Паритет, 2005. 310 с.
5. Никифорова Л.Д. Динамика ландшафтных зон голоцена Северо-Востока Европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М., 1982. С. 154–162.
6. Ашихмина Л.И., Васкул И.О. Памятники ананьинской культурной общности // Археология Республики Коми. М.: ДиК, 1997. С. 314–348.
7. Чернов Г.А. Атлас археологических памятников Большеземельской тундры. М.: Наука, 1985. 169 с.
8. Васкул И.О. Памятники гляденовской культурной общности. М.: ДиК, 1997. С. 349–399.
9. Васкул И.О. Шиховской могильник раннего железного века (первые результаты исследований). Сыктывкар, 2002. 52 с. (Научные доклады/Коми научный центр УрО РАН; Вып. 451).
10. Мельничук А.Ф. Этнические процессы и освоение Северного Прикамья в эпоху раннего железного века – позднего средневековья // Материалы Междун. науч. конф. «Исторические истоки, опыт взаимодействия и толерантности народов Приуралья» (к 30-летию Камско-Вятской археологической экспедиции). Ижевск, 2002. С. 101–109.
11. Мошинская В.И. Археологические памятники севера Западной Сибири // Свод археологических источников. М.: Наука, 1965. Вып. ДЗ-8. 87 с.
12. Мурыгин А.М. Печорское Приуралье: эпоха средневековья. М.: Наука, 1992. 182 с.
13. Хлобыстин Л.П., Питулько В.В. Многослойное поселение Мыс Входной // Древности Русского севера. Вып. 1. Вологда, 1996. С. 123–133.

14. Федорова Н.В. Олень, собака, кулайский феномен и легенда о сихиртя // Древности Ямала. Вып. 1. Екатеринбург-Салехард: УрО РАН, 2000. С. 54–66.
15. Каган М.М., Питулько В.В. Этнокультурные процессы I тыс. н. э. в Трансуральском Заполярье / AD POLUS // Археологические изыскания. СПб., 1993. Вып. 10. С. 103–109.
16. Хлобыстин Л.П., Питулько В.В., Станюкович А.К. Древнее поселение приморских охотников Карпова Губа на острове Вайгач // Взаимодействие культур Северного Приуралья в древности и средневековье. Сыктывкар, 1993. С. 116–127. (МАЕСВ. Вып.12).
17. Мурыгин А.М., Карманов В.Н., Кленов М.В. Новые археологические исследования в тундрах северо-востока Европы. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН. 2012. 68 с.
18. Ясински М.Э., Овсянников О.В. Взгляд на Европейскую Арктику // Архангельский Север: проблемы и источники. Т. I. СПб.: Центр «Петербургское Востоковедение», 1998. 464 с.
19. Ясински М.Э., Овсянников О.В. Пустозерск. Русский город в Арктике. СПб.: Петербургское Востоковедение, 2003. 400 с.
20. Чернецов В.Н. Древняя приморская культура на полуострове Ямал // СЭ. 1935. № 4/5 С. 109–133.
21. Чернецов В.Н. Нижнее Приобье в I тысячелетии н. э. // МИА. 1957. № 58. С. 136–245.
22. Чернецов В.Н. Древняя история Нижнего Приобья // МИА. 1953. № 35. С. 7–71.
23. Лашук Л.П. «Сииртя» – древние обитатели Субарктики // Проблемы антропологии и исторической этнографии Азии. М., 1968. С. 178–193.
24. Морозов В.М., Стефанов В.И. Исследования в бассейне реки Казыма // Археологические открытия Урала и Поволжья. Сыктывкар, 1989. С. 155–158.
25. Брусницина А.Г., Ощепков К.А. Памятники археологии Среднего Ямала (левобережье нижнего течения р. Юрибей) // Древности Ямала. Вып. 1. Екатеринбург – Салехард: УрО РАН, 2000. С. 79–111.
26. Плеханов А.В. Ямальская Арктика в эпоху средневековья: памятники в зоне типичной тундры // Археология Севера России: От эпохи железа до Российской империи. Екатеринбург-Сургут: Изд-во «Магеллан», 2013. С. 157–165.
27. Повесть временных лет. Т. I. М.-Л., 1950.
28. Карамзин Н.М. История Государства Российского. Репр. воспроизведение издания пятого. Кн. I, прим. к Т. IV. Гл. VII. С. 87; Кн. I, прим. к Т. IV. Гл. IX; Кн. I, прим. к Т. IV. Гл. IX. М., 1988. С. 127).
29. Чернов Г.А. Археологические находки в Центральной части Большеземельской тундры // Тр. комиссии по изуч. четвертич. периода. Т. 7. Вып. 1. М., 1948.
30. Чернов Г.А. Стоянки древнего человека в бассейне Печоры // Кратк. сообщ. ИИМК. Вып. 39. М., 1948.
31. Чернов Г.А. Археологические находки в восточной части Большеземельской тундры // СА. XV. М., 1951.

References

1. Stokolos V.S. Jeneolit i bronzovyy vek [The Eneolithic and Bronze Age] // Arheologija Respubliki Komi. [Archaeology of the Komi Republic] Moscow: DiK, 1997. P. 213–313.
2. Kanivets V.I. Kaninskaja peshhera. [Kanin cave] Moscow: Nauka, 1964. 135 p.
3. Kanivets V.I. Pechorskoe Pripoljar'e. Jepoha rannego metalla. [Pechora circumpolar. The Early Metal Era]. Moscow: Nauka, 1974. 150 p.
4. Zhul'nikov A.M. Poselenija jepohi rannego metalla Jugo-Zapadnogo Pribelomor'ja. [The settlements of the Early Metal of southwestern White-Sea area]. Petrozavodsk: Paritet, 2005. 310 p.
5. Nikiforova L.D. Dinamika landshaftnyh zon golocena Severo-Vostoka Evropejskoj chasti SSSR [The dynamics of landscape zones of Holocene of the northeast of the European part of the USSR] // Razvitie prirody territorii SSSR v pozdnem plejstocene i golocene [Development of nature in the USSR in the late Pleistocene and Holocene]. - Moscow, 1982. P. 154–162.
6. Ashikhmina L.I., Vaskul I.O. Pamjatniki anan'inskoj kul'turnoj obshhnosti [Sites of Anan'ino cultural community] // Arheologija Respubliki Komi [Archaeology of the Komi Republic]. - Moscow: DiK, 1997. P. 314–348.
7. Chernov G.A. Atlas arheologicheskikh pamjatnikov Bol'shezemel'skoj tundry [Atlas of archaeological sites of Bolshezemelskaya tundra]. Moscow: Nauka, 1985. 169 p.
8. Vaskul I.O. Pamjatniki gljadenovskoj kul'turnoj obshhnosti [Sites of Glyadenovo cultural community]. Moscow: DiK, 1997. P. 349–399.
9. Vaskul I.O. Shihovskoj mogil'nik rannego zheleznogo veka (pervye rezul'taty issledovaniy) [Shihovsky burial ground of the Early Iron Age (the first results of the research)]. Syktyvkar, 2002. 52 p. (Scientific reports)/ Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS; Issue 451).
10. Mel'nichuk A.F. Jetnicheskie processy i osvoenie Severnogo Prikam'ja v jepohu rannego zheleznogo veka – pozdnego srednevekov'ja [Ethnic processes and the development of the Northern Kama area in the early Iron Age - the late Middle Ages] // Materials of Intern. Sci. Conf. «Historical sources, Experience of interaction and tolerance of the Pre-Urals people» (To 30th anniversary of the Kama-Vyatka archeological expedition). Izhevsk, 2002. P. 101–109.
11. Moshinskayja V.I. Arheologicheskie pamjatniki severa Zapadnoj Sibiri [Archaeological sites of the north of Western Siberia] // Svod arheologicheskikh istochnikov [Code of archaeological sources]. Moscow: Nauka, 1965. Issue DZ-8. 87 p.
12. Murugin A.M. Pechorskoe Priural'e: jepoha srednevekov'ja [Pechora Urals: the era of the Middle Ages]. Moscow: Nauka, 1992. 182 p.
13. Khlobystin L.P., Pitul'ko V.V. Mnogoslojnoe poselenie Mys Vhodnoj [Multilayer settlement

- Mys Vkhodnoi] // Drevnosti Russkogo severa [Antiquities of the Russian North]. Issue 1. - Vologda, 1996. P. 123-133.
14. Fedorova N.V. Olen', sobaka, kulajskij fenomen i legenda o sihirtja [Deer, dog, kulaysky phenomenon and the legend of sihirtya] // Drevnosti Jamala [Antiquities of Yamal]. Issue 1. Ekaterinburg-Salekhard: Ural Br., RAS, 2000. P. 54-66.
 15. Kagan M.M., Pitul'ko V.V. Jetnokul'turnye processy I tys. n. je. v Transural'skom Zapoljar'e [Ethno-cultural processes in I millennium A.D. in the Trans-Urals Polar Region] // AD POLUS/ Arheological searches. St.Petersburg, 1993. Issue 10. P. 103-109.
 16. Khlobystin L.P., Pitul'ko V.V., Stanjukovich A.K. Drevnee poselenie primorskih ohotnikov Karpova Guba na ostrove Vajgach [The ancient settlement of maritime hunters Karpov Guba on the island Vaygach] // Vzaimodejstvie kul'tur Severnogo Priural'ja v drevnosti i srednevekov'e [The interaction of cultures of Northern Urals in ancient and medieval times]. Syktyvkar, 1993. P. 116-127. (MAESV. Issue 12).
 17. Murygin A.M., Karmanov V.N., Klenov M.V. Novye arheologicheskie issledovaniya v tundrah severo-vostoka Evropy [New archaeological research in the tundra of the northeast Europe]. Syktyvkar, 2012 (Proc. Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS). 68 p.
 18. Jasinski M.Je., Ovsjannikov O.V. Vzgljad na Evropejskuju Arktiku [A glance at the European Arctic] // Arhangel'skij Sever: problemy i istochniki [Arkhangelsk North: Problems and Sources]. Vol. I. St.Petersburg.: Centre «Peterburgskoe Vostokovedenie», 1998. 464 p.
 19. Jasinski M.Je., Ovsjannikov O.V. Pustozersk. Russkij gorod v Arktike [Pustozersk. Russian city in the Arctic]. St.Petersburg: Peterburgskoe Vostokovedenie, 2003. 400 p.
 20. Chernetsov V.N. Drevnjaja primorskaja kul'tura na poluostrove Jamal [Ancient maritime culture on the Yamal Peninsula] // SE [Soviet ethnography]. 1935. No. 4/5 P. 109-133.
 21. Chernetsov V.N. Nizhnee Priob'e v I tysjacheletii n. je [Low Ob area in the I millennium A.D.]. // MIA. 1957. No. 58. P. 136-245.
 22. Chernetsov V.N. Drevnjaja istorija Nizhnego Priob'ja [The ancient history of the Low Ob area] // MIA. 1953. No. 35. P. 7-71.
 23. Lashuk L.P. «Siirtja» - drevnie obitateli Subarktiki [Siirtja "- the ancient inhabitants of the Subarctic]// Problemy antropologii i istoricheskoy jetnografii Azii [Problems of anthropology and historical ethnography of Asia]. - Moscow, 1968. P. 178-193.
 24. Morozov V.M., Stefanov V.I. Issledovaniya v bassejne reki Kazyma [Researches in the Kama basin] // Arheologicheskie otkrytija Urala i Povolzh'ja [Archaeological discoveries of the Urals and the Volga region]. Syktyvkar, 1989. P. 155-158.
 25. Brusnitsina A. G., Oshchepkov K.A. Pamjatniki arheologii Srednego Jamala (levoberezh'e nizhnego techenija r. Juribej) [Archaeological sites of the Middle Yamal (left bank of the lower reaches of the river Yuribey)] // Drevnosti Jamala [Antiquities of Yamal]. Issue 1. Ekaterinburg – Salekhard: UrO RAN, 2000. P. 79-111.
 26. Plekhanov A.V. Jamal'skaja Arktika v jepohu srednevekov'ja: pamjatniki v zone tipichnoj tundry [Yamal Arctic in the Middle Ages: the sites in the area of the typical tundra] // Arheologija Severa Rossii: Ot jepohi zheleza do Rossijskoj imperii [Archaeology of the Russian North: From the Iron Age to the Russian Empire]. Ekaterinburg-Surgut: Magellan Publ., 2013. P. 157-1 27. Povest' vremennyh let. Vol. I. Moscow-Leningrad, 1950.
 27. Povest' vremennyh let [The Tale of Bygone Years]. Vol. I. Moscow-Leningrad, 1950.
 28. Karamzin N.M. Istorija Gosudarstva Rossijskogo [History of the Russian State]. Repr. Of V edition. Book I, Notes to Vol.IV. Ch. VII. P.87; Book I, Notes to Vol.IV. Ch. IX; Book I, Notes to Vol.IV. Ch. IX. Moscow, 1988. P.127).
 29. Chernov G.A. Arheologicheskie nahodki v Central'noj chasti Bol'shezemel'skoj tundry [Archaeological finds in the central part of the Bolshezemelskaya tundra] // TKICH P [Proc. of the Commission for Quaternary Research]. Vol.7, Issue 1. Moscow, 1948.
 30. Chernov G.A. Stojanki drevnego cheloveka v bassejne Pechory [Sites of ancient man in the Pechora basin]// KSIIMK [Brief Communications Institute of History of Material Culture]. Issue 39. Moscow, 1948.
 31. Chernov G.A. Arheologicheskie nahodki v vostochnoj chasti Bol'shezemel'skoj tundry [Archaeological finds in the eastern part of the Bolshezemelskaya tundra]// SA [Soviet archeology]. XV. Moscow, 1951.

Статья поступила в редакцию 14.10.2014.

УДК 94(470)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ О ПОСЕВАХ, УРОЖАЕ И КОЛИЧЕСТВЕ ЗЕРНА В СЕЛЬСКИХ ЗАПАСНЫХ МАГАЗИНАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ГУБЕРНИИ В 1870–1886 гг.

С.И. ЧУДОВ

ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар

ChudovX@mail.ru

Дан сравнительный анализ по теме хлебных запасных магазинов и данных о посевах и сборе урожая на территории Архангельской губернии в 1870–1886 гг. На основании материалов Государственного архива Архангельской области (ГААО) и Российского государственного исторического архива (РГИА) выявлены соответствия и различия в цифровых показателях.

Ключевые слова: Архангельская губерния, архивные материалы, сельские запасные магазины, урожай, посев, анализ

S.I. CHUDOV. THE COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL INDICATORS ON SEEDINGS, CROP AND AMOUNT OF GRAIN IN RURAL STORE SHOPS OF ARKHANGELSK PROVINCE IN 1870-1886

The paper represents the comparative analysis of digital indicators on the grain stored in bakery store shops and taken as loan from them, and also data on the seedings and corn crops presented in reports of the governors and reports of the Commission on National Provisioning to the Ministry of State Property of the Arkhangelsk province for 1870-1886. The first type of sources was kept in the Russian State Historical Archive (RSHA), the second – in the State Archive of the Arkhangelsk region (SAAR).

The historical documents allowing to expand the idea on the activity of bakery store shops and to reveal productivity of agriculture, are introduced in the scientific turnover.

The analysis of digital indicators from different archives, for availability and visualization, are tabulated, that allows to reveal both compliances, and distinctions.

At comparative analysis of materials from two archives the essential difference in digital indicators on the quantity of the grain stored in bakery store shops and taken as loan from them is observed. In reports of the governor the overestimated indicates of the stored bread and the underestimated indicates of the grain taken as loan are presented as compared with the data provided by the Committee on National Provisioning of the Arkhangelsk province to the Ministry of State Property. The explanation lies in the desire of the governor to embellish the state of things in the province. While the data sent to the Ministry of State Property were checked by the Control Chamber which was competent in problems of provisions supply in regions, and in case of discrepancy sent claims. Therefore, most likely, they reflected real state of things in bakery shops in the province.

Figures on the seedings and corn crops are almost identical in materials of RSHA and GAAO funds that speaks of the lack of any falsifications in the given segment of the reporting.

Keywords: Arkhangelsk province, archive, archival materials, rural store shops, crop, seedings, analysis.

Основным источником для исследования темы выступают отчеты губернаторов Архангельской губернии. Отношение к данному виду источников неоднозначное. Так, Б.Г. Литвак в своем исследовании утверждает, что отчеты губернаторов не всегда были достоверны, и в своем выводе он солидарен с ранее высказанным мнением А. Фортунатова [1]. А.С. Минаков, в свою очередь, считает, что дан-

ный исторический источник заслуживает доверия и утверждает, что благодаря данной форме отчетности происходила взаимосвязь между центром империи и её окраинами [2]. А.С. Бражникова в своей статье «Губернаторские отчеты: изучение источника в отечественной историографии» [3] подчеркивает неоднозначное отношение историков к данному виду исторических источников на различных

этапах развития историографической мысли, указывая, что советские историки раскритиковали данный вид источников за несоответствие содержащихся в них исторических данных. Российский историк культуры В.С. Библер так говорил об исторических источниках: «Расшифровывая исторический факт, мы включаем в современную действительность фрагменты действительности прошедшей, и тем самым раскрываем историзм современности. Мы сами развиваемся как культурные субъекты, т.е. субъекты, прожившие долгую историческую жизнь (100, 300, 1000 лет). Мы действуем как исторически памятливые субъекты» [4]. Тем не менее, исключительная значимость архивных материалов в историческом исследовании не подвергается сомнению.

Цифровые данные о посевах, урожае и зерновых запасах в хлебных запасных магазинах позволяют проанализировать сельскохозяйственную деятельность в Архангельской губернии, от результативности которой зависело обеспечение продовольствием жителей данного региона. Определение достоверности сведений, отложившихся в разных архивах, выступает важным фактором в построении адекватных реалиям прошлого исследований, посвященных как развитию сельского хозяйства, так и обеспечению собственными продуктами питания.

Материалы фондов Российского государственного исторического архива (далее РГИА) и Государственного архива Архангельской области (далее ГААО) являются историческими источниками, анализ которых лежит в основе исторических исследований. Российский государственный исторический архив является крупнейшим историческим архивом в Европе и одним из крупнейших в мире. Документы фондов РГИА (1 368 фондов, 6 576 620 единиц хранения) датируются концом XVIII – началом XX в. (отдельные документы датируются с XIII в. по 20-е гг. XX в.) [5]. Материалы по хлебным запасным магазинам, посевам и урожаям содержатся в фондах № 1 263 (5 971 дело), 1 281 (6 104 дела), 1 284(291 150 дел)[6]. На 1 января 2010 г. в составе ГААО насчитывается 8 510 фондов, 2 731 800 дел, 28 026 ед. фотодокументов [7]. Материалы по хлебным запасным магазинам, посевам и урожаям содержатся в фондах № 53, 54.

Цель настоящего исследования – дать сравнительный анализ цифровых показателей о посевах, урожае и количестве зерна в запасных магазинах Архангельской губернии по данным источников, сохранившихся в РГИА и ГААО.

Выбор хронологических рамок исследования – 1870–1886 гг. – предопределен сохранившимися в фондах ГААО отчетами, отправленными из дирекции хлебозапасных магазинов Ар-

хангельской губернии в министерство государственных имуществ с 1870 по 1886 гг. Материалы о состоянии хлебозапасных магазинов по отчетам губернаторов Архангельской губернии, отложившиеся в фондах РГИА, отражают более широкий хронологический период. Однако отсутствие в фондах ГААО данных по всем годам не позволяет осуществить сравнительный анализ в полном объеме.

Институт сельских запасных магазинов был основан Петром I 29 октября 1720 г. [8] с целью обеспечения населения продовольствием на случай неурожая. Магазины располагались в административных центрах и на перекрестках дорог для максимально оперативного обеспечения продовольствием. Их наполнение производилось за счет населения путем сбора ежегодного налога. 29 ноября 1799 г. был законодательно утвержден объем сбора, равный 3 четвертям озимого и 3 четверикам ярового хлеба [9]. Император Александр I 14 апреля 1822 г. внес изменения. Согласно указу, норма сбора хлеба с населения в сельские запасные магазины была снижена до двух четвертей с души [10]. 5 ноября 1834 г. был принят устав о народном продовольствии [11], который регламентировал все аспекты деятельности института сельских запасных магазинов. Уставом 1834 г. определялась норма сбора зерна в сельские запасные магазины в размере одной четверти ярового и полчетверти озимого зерна. Фактически норма сбора озимых и яровых культур была установлена в полторы четверти зерна. Сокращение нормы объяснялось неспособностью населения сдавать ранее установленные законодательством объемы продовольствия.

Для наглядности в табл. 1 сведены сохранившиеся годовые показатели о количестве хлеба в сельских запасных магазинах (из фондов РГИА и ГААО). Показатель «на лицо» отражает наличие количества хлеба за каждый год. Показатель «в ссудах и недоимках» демонстрирует количество хлеба, взятое займы из сельских запасных магазинов и невозвращенное по ссудам. Данные за 1870 г. по отчетам РГИА представлены в пудах, а данные ГААО – в четвертях. Можно произвести лишь приблизительное сравнение сведений этих показателей. Одна четверть зерна равна 8 пудам [12], путем

Таблица 1

Хлебные запасы в сельских запасных магазинах по материалам ГААО [13] и РГИА[14] за 1870–1886 гг.

Годы	РГИА				ГААО			
	Количество хлеба в сельских запасных магазинах				Количество хлеба в сельских запасных магазинах			
	На лицо		В ссудах и недоимках		На лицо		В ссудах и недоимках	
	Оз	Яр	Оз	Яр	Оз	Яр	Оз	Яр
1870	478 191	пудов	-	-	11 118	23 804	29 904	110 230
1881	40 397	142 358	13 491	58 813	17 927	54 116	23 897	81 909
1882	27 055	84 319	13 143	57 747	15 734	51 305	25 730	84 421
1883	23 957	85 458	16 004	56 320	16 197	56 133	24 707	79 435
1884	25 037	74 447	25 037	74 447	13 259	56 741	27 281	77 112
1885	-	-	-	-	13 729	35 787	26 738	98 529
1886	26 354	71 803	13 305	68 740	15 556	41 680	23 231	93 317

простого арифметического подсчета получаем 59 773 четверти зерна в хлебных запасных магазинах в 1870 г. Однако нет разделения данного количества хлеба на яровые и озимые культуры, что делает сравнительный анализ материалов РГИА и ГАО невозможным. Данные за последующие годы приводятся в соизмеримых объемах.

При сравнении количественных показателей, отложившихся в разных архивах за один и тот же год, выявляются существенные различия. Например, в 1882 г. «на лицо» озимых культур, по материалам РГИА, имелось 27 055 четвертей, а по материалам ГАО этот показатель равен 15 734 четвертям. Разницу в 11 321 четверть трудно списать на человеческий фактор, т.е. ошибку, допущенную в подсчетах. Вычислительной техники на тот момент не существовало, и подсчеты проводили вручную. Однако такую серьезную разницу трудно не заметить. Объяснить это возможно лишь попыткой губернатора зависеть по-казатель наличия хлеба как по озимым, так и яровым культурам.

В столбце «в ссудах и недоимках» прослеживается диаметрально противоположная ситуация. Здесь наблюдается занижение показателей в отчетах губернатора по сравнению с данными, высылаемыми в министерство государственных имуществ из дирекции о народном продовольствии Архангельской губернии. Например, в 1886 г. показатель яровых культур «в ссудах и недоимках», по данным РГИА, равнялся 68 740 четвертей, а по данным ГАО – 93 317 четвертей. Разница в 24 577 четвертей существенна.

Таким образом, данные о состоянии хлебозапасных магазинов в отчетах губернаторов (фонды РГИА) существенно отличаются от показателей, высылаемых комиссией народного продовольствия в министерство государственных имуществ (фонды ГАО). Можно предположить, что в отчетах губернаторов данные о хранимом хлебе сознательно завышались, а цифровые показатели недоимок, наоборот, занижались. Возможной мотивацией изменений статистических данных в отчетах губернаторов выступало желание придать благополучие губернии в деле обеспечения продовольствием. Фактически речь идет о фальсификации губернаторами Архангельской области реального положения дел о состоянии хлебозапасных магазинов.

А вот данные, направляемые в Министерство государственных имуществ, проверялись контрольной палатой, которая была компетентна в вопросе обеспечения продовольствием в регионах, и скрупулезно проверяла все данные по отчетам. И, соответственно, в случае несоответствия направлялись претензии. Поэтому, скорее всего, они отра-

жали реальную картину состояния зернового запаса в магазинах в губернии. Отсюда и несоответствие между данными отчетов губернаторов и материалами, отправляемыми в Министерство государственных имуществ.

Для наглядности в табл. 2 сведены воедино данные о посевах и урожаях по Архангельской губернии с 1870 по 1886 гг., отложившиеся в РГИА и ГАО.

Сравнительный анализ цифровых показателей о посевах и урожае по материалам двух архивов позволяет утверждать, что разница была незначительной. Некоторые отличия в них можно списать на человеческий фактор, т.е. ошибки при подсчете или переписке. Так, например, разница в

Таблица 2

*Данные о посевах и урожаях озимых и яровых культур
в Архангельской губернии по данным ГАО [15] и РГИА [16]
за 1870–1886 гг.*

Годы	РГИА				ГАО			
	Посеяно		Собрано		Посеяно		Собрано	
	Оз	Яр	Оз	Яр	Оз	Яр	Оз	Яр
1870	16 171	62 481	68 076	212 183	16 175	62 483	62 078	212 185
1878	17 602	51 888	69 515	223 884	17 580	58 310	10 075	221 760
1879	18 158	60 128	55 548	200 096	18 157	60 126	55 548	200 095
1881	17 955	61 011	61 721	216 614	17 956	61 011	61 723	216 615
1882	18 327	60 416	69 199	230 892	18 331	60 419	69 201	230 896
1883	18 099	61 595	62 465	228 426	18 102	61 598	64 468	228 427
1885	-	-	-	-	18 659	61 568	76 008	208 458
1886	17 722	61 958	88 674	238 089	17 722	61 958	88 674	239 089

данных по озимым культурам за 1878 г. составляет

22 четверти, а данные по собранным яровым культурам за 1883 г. различаются всего на одну четверть. Данная тенденция прослеживается на протяжении всего периода с 1870 по 1886 гг. Исключение составляют показатели по собранному урожаю озимых культур за 1878 г., разница между данными РГИА и ГАО составляет 59 440 четвертей. Хотя данные по посеву озимых культур за 1878 г. не отличаются. Разница между цифровыми показателями по материалам архивов ГАО и РГИА по посевам яровых культур наблюдается за 1878 г., она составляла 6 422 четверти, что довольно существенно и нельзя списать на неточности в переписывании сведений, хотя данные по сборам яровых культур практически не отличаются. В целом, цифровые показатели о посевах и урожаях, зафиксированные в материалах РГИА и ГАО, отличаются незначительно, что нельзя сказать о состоянии хлебозапасных магазинов.

Таким образом, сравнительный анализ материалов двух архивов позволяет констатировать, что наблюдается существенная разница в цифровых показателях о количестве хранимого в хлебных запасных магазинах и взятого в ссуду из них зерна. В отчетах губернатора представлены завышенные показатели хранимого хлеба в сельских запасных магазинах и заниженные показатели взятого в ссуду зерна из них по сравнению с данными, предоставляемыми комитетом по народному продоволь-

ствию Архангельской губернии Министерству государственных имуществ. Объяснение можно связать с желанием губернатора приукрасить положение дел в губернии. Цифры о посевах и урожае практически идентичны в материалах фондов РГИА и ГААО, что говорит об отсутствии каких-либо фальсификаций в данном сегменте отчетности.

Литература

1. Литвак Б.Г. Очерки источниковедения массовой документации. М.: Наука, 1979. С. 164–165.
2. Минаков А.С. Новые исследования о губернаторской власти в Российской империи // Преподавание истории и обществознания в школе (ПИОШ). 2011. № 8. С. 33–38.
3. Бражникова А.С. Губернаторские отчеты: изучение источника в отечественной историографии // Вестник Челябинского государственного университета. 2013. № 12 (303). С. 83–89.
4. Библиер В.С. Исторический факт как фрагмент действительности (Логические заметки) // Источниковедение: теоретические и методические проблемы. М., 1969. [Интернет портал]. URL: http://www.bibler.ru/bis_istor_fakt.html. (дата обращения 05.10.2014).
5. Информационный ресурс «Архивы России». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rusarchives.ru/federal/rgia/character.shtml> (Дата обращения 05.10.14)
6. Официальный сайт РГИА. [Электронный ресурс] URL: <http://www.fgurgia.ru/start.do;jsessionid=AE0E42733749A9299FB609CF112938C8> (Дата обращения 05.10.14)
7. Информационный ресурс «Архивы России». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rusarchives.ru/state/gaao/character.shtml> (Дата обращения 05.10.14)
8. О сборе ржи в запасные магазейны со всего государства, в прибавку прежде собранного количества // Полное собрание законов Российской империи. Собрание первое. Т. VI. СПб., 1830. С. 252–253.
9. Об учреждении в казенных и помещичьих селениях запасных хлебных магазинов с годовой пропорцией // Полное собрание законов Российской империи. Т. XXV. Собрание первое. СПб., 1830. С. 897.
10. Об учреждении в каждой губернии комиссии для продовольствия в неурожайные годы жителей хлебом и денежным пособием // Полное собрание законов Российской империи. Собрание первое. Т. XXXVIII. СПб., 1830. С. 146–153.
11. Высочайшее утверждение о запасах для пособия в продовольствии // Полное собрание законов Российской империи. Собрание второе. Т. IX. СПб., 1835. С. 691–705.
12. Каменцева Е., Устюгов Н. Русская метрология. М., 1975. С. 247.
13. ГААО. Ф. 53. Оп. 2. Д. 925; Ф. 53. Оп. 1. Т. 2. Д. 1588; Д. 1654; Д. 1728; Д. 1788; Д. 1829; Д. 1886.
14. РГИА. Ф. 1263. Оп. 1. Д. 3550; Ф. 1284. Оп. 70. Д. 314; Ф. 1284. Оп. 223. Д. 90; Ф. 1284. Оп. 223. Д. 148; Ф. 1284. Оп. 223. Д. 152; Ф. 1284. Оп. 223. Д. 99.
15. ГААО. Ф. 53. Оп. 2. Д. 925; Ф. 53. Оп. 1. Т. 2. Д. 1434; Д. 1489; Д. 1588; Д. 1654; Д. 1728; Д. 1788; Д. 1829; Д. 1886.
16. РГИА. Ф. 1263. Оп. 1. Д. 3550; . Ф. 1284. Оп. 69. Д. 197; Ф. 1284. Оп. 70. Д. 208; Ф. 1284. Оп. 70. Д. 314; Ф. 1284. Оп. 223. Д. 90; Ф. 1284. Оп. 223. Д. 99, 148.

References

1. Litvak B.G. Ocherki istochnikovedeniya massovoj dokumentacii [Sketches of a source study of mass documentation]. – Moscow: Nauka, 1979. P. 164-165.
2. Minakov A.S. Novye issledovaniya o gubernatorskoj vlasti v Rossijskoj imperii [New researches about the governor's power in the Russian Empire] // Prepodavanie istorii i obshhestvoznaniya v shkole (PIOSH) [Teaching history and social science at school]. 2011. № 8. P. 33-38.
3. Brazhnikova A.S. Gubernatorskie otchety: izuchenie istochnika v otechestvennoj istoriografii [Governor's reports: studying of a source in a domestic historiography] // Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo universiteta [Bull. of Chelyabinsk State Univ.]. 2013. № 12 (303). P. 83-89.
4. Bibler V.S. Istoricheskij fakt kak fragment dejstvitel'nosti (Logicheskie zametki) [Historic fact as reality fragment (Logical notes)] // Istochnikovedenie: teoreticheskie i metodicheskie problemy [Source study: theoretical and methodical problems]. Moscow, 1969. [Internet portal]. URL: http://www.bibler.ru/bis_istor_fakt.html. (data obrashheniya 05.10.2014).
5. Informacionnyj resurs «Arhivy Rossii» [Information resource "Archives of Russia"]. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.rusarchives.ru/federal/rgia/character.shtml> (Appl. date 05.10.14)
6. Oficial'nyj sajт RGIА [Official site of RGIА]. [Jelektronnyj resurs] URL: <http://www.fgurgia.ru/start.do;jsessionid=AE0E42733749A9299FB609CF112938C8> (Appl. date 05.10.14)
7. Informacionnyj resurs «Arhivy Rossii» [Information resource "Archives of Russia"]. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.rusarchives.ru/state/gaao/character.shtml> (Appl. date 05.10.14)
8. O sbore rzhi v zapasnye magazejny so vsego gosudarstva, v pribavku prezhde sobrannogo kolichestva [About collecting rye in store shops from all state, in increase to collected before quantity] // Polnoe sobranie zakonov Rossijskoj Imperii. Sbranie pervoe. Tom VI. [Complete collection of laws of the Russian Empire. First collection. Book VI] – St.Petersburg, 1830. - P. 252-253.
9. Ob uchrezhdenii v kazennyh i pomeshhich'ih selenijah zapasnyh hlebnnyh magazinov s godo-

- voj proporciej [About establishment in state and landowner settlements of storeroom bakery shops with the annual proportion] // *Polnoe sobranie zakonov Rossijskoj Imperii. Sobranie pervoe. Tom XXV* [Complete collection of laws of the Russian Empire. First collection. Book XXV]. St.Petersburg, 1830. P. 897.
10. *Ob uchrezhdenii v kazhdoy Gubernii komissii dlja prodovol'stvija v neurozhajnye gody zhitelej hlebom i denezhnym posobiem* [About establishment in each Province of the Commission for Provisions Supply in lean years of inhabitants with bread and allowance] // *Polnoe sobranie zakonov Rossijskoj Imperii. Sobranie pervoe. Tom XXXVIII* [Complete collection of laws of the Russian Empire. First collection. Book XXXVIII]. – St.Petersburg, 1830. P. 146-153.
 11. *Vysochajshee utverzhenie o zapasah dlja posobija v prodovol'stvii* [The royal statement about stocks for provisions supply] // *Polnoe sobranie zakonov Rossijskoj Imperii. Sobranie vtoroe. Tom IX* [Complete collection of laws of the Russian Empire. Second collection. Book IX]. – St.Petersburg, 1835. P. 691 – 705.
 12. *Kamenceva E., Ustjugov N. Russkaja metrologija* [Russian metrology]. Moscow, - 1975. P. 247.
 13. *GAAO. F. 53. Op. 2. D. 925; F. 53. Op. 1. T. 2. D. 1588; D. 1654; D. 1728; D. 1788; D. 1829; D. 1886.*
 14. *RGIA. F. 1263. Op. 1. D. 3550; F 1284. Op. 70. D. 314; F. 1284. Op. 223. D. 90; F 1284. Op. 223. D. 148; F. 1284. Op. 223. D. 152; F. 1284. Op. 223. D. 99.*
 15. *GAAO. F. 53. Op. 2. D. 925; F. 53. Op. 1. T. 2. D. 1434; D. 1489; D. 1588; D. 1654; D. 1728; D. 1788; D. 1829; D. 1886.*
 16. *RGIA. F. 1263. Op. 1. D. 3550; . F. 1284. Op. 69. D. 197; F. 1284. Op. 70. D. 208; F. 1284. Op. 70. D. 314; F. 1284. Op. 223. D. 90; F. 1284. Op. 223. D. 99, 148.*

Статья поступила в редакцию 25.11.2014.

УДК 82:801.6; 398:801.6

ФОЛЬКЛОРНАЯ ТРАДИЦИЯ В ПОЭМЕ «ПЯТЫЙ ИНТЕРНАЦИОНАЛ» В.В. МАЯКОВСКОГО. ПУШКИНСКИЙ КОД В ПОЭТИКЕ

М.А. ГАЛИЕВА

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
mariana.galieva@yandex.ru

В данной статье предпринята попытка «соединить» фольклорную и пушкинскую традиции в поэтике В.В.Маяковского и рассмотреть их в контексте его поэмы «Пятый интернационал».

Ключевые слова: **Маяковский, фольклор, поэтика, ритуал**

M.A. GALIEVA. FOLKLORE TRADITION IN V.V. MAYAKOVSKY'S POEM "THE FIFTH INTERNATIONAL". PUSHKIN'S CODE IN POETICS

Functioning of folklore and Pushkin's traditions in poetics of V. Mayakovsky is considered. This problem has already been raised by literary critics, however folklore and Pushkin's traditions were considered mainly from the point of view of "stylizations and borrowings". An attempt of "connection" of these traditions and their consideration in context of the poem "The Fifth International" is undertaken. Parallels with poetics of charms, riddles, fairy tales are drawn. Great attention is given to a ritual ornament of the poem, internal forms of folklorism. The genetic nature of the images connected with "heavenly bodies" comes to light.

Keywords: **Mayakovsky, folklore, literature, poetics, ritual**

Фольклорная традиция в поэтике В.Маяковского – тема довольно сложная, требующая серьезного обоснования, поскольку поэты-футуристы и авангардисты многим «сопротивлялись» и в традиции, и архаике. В «Пощечине общественному вкусу» прямо заявлен «отказ» от классиков, но об «отказе» от всего древнего писал и сам поэт, вспоминая свои юношеские годы обучения, экзамен, который он почти провалил, не сумев дать верное толкование слову «око»: «Поэтому возненавидел сразу – все древнее, все церковное и все славянское. Возможно, что отсюда пошли и мой футуризм, и мой атеизм, и мой интернационализм» [1, с. 12]. Этим же обусловлено и отношение к Пушкину, вернее, к пушкинской традиции.

Вопрос о фольклоризме Маяковского поднимался еще в 1930–1940-е гг. в статьях А. Дымшица [2, 3], И. Дукора [4, с. 122 – 143]. В дальнейшем он получил разработку в исследованиях и диссертации И.С. Правдиной [5], в семинарии «В.В. Маяковский» Е.И. Наумова [6], в котором косвенно затрагивались вопросы, связанные с фольклорными элементами в творчестве поэта. В этих работах большое внимание уделялось *внешним проявлениям фольклорной традиции*. Иначе взглянули на проблему И.П. Смирнов и А.М. Панченко, выявляя важность *травестийного мотива* в раннем творчестве поэта, проявившегося в разных формах: «<...> момент перерождения, регенерации – смерти

старого и обновления – одна из центральных значимостей в художественном мире ранних поэм и трагедий Маяковского. Преображение символизируется у него особыми знаками, среди которых выделяется травестийный мотив – мотив смены одежд» [7, с. 37]. О пушкинской традиции в поэтике Маяковского тоже писали, но с позиций «притяжения и отталкивания». Однако В.В. Мусатов показал близость между усвоением пушкинской художественной системой и поэтикой Маяковского фольклорной традиции [8], указывая тем самым сразу на несколько проблем, которые и будут нас интересовать в данной статье. Ее цель заключается в выявлении фольклорной традиции в поэме Маяковского «Пятый интернационал», которая во многом связана с «пушкинским сюжетом». Связь поэмы и с фольклором, и с творчеством Пушкина носит латентный характер. Основные задачи исследования сводятся к доказательству существования не вторичных форм фольклоризма в поэтике Маяковского и к высвечиванию «пушкинского кода» в поэме, а также к доказательству того, что фольклорная традиция преломилась через «пушкинский сюжет».

В поэме «Пятый интернационал» автор отсылает читателя непосредственно к Пушкину, к поэме «Руслан и Людмила»:

горой-головой плыву головасть,
второй какой-то брат черноморий.

[1, с. 120]

Прежде чем мы разберемся в важности этого отсыла, обратимся к образности текста поэмы, который построен на *травестийном начале* – герой не просто возвышается над городами, миром, всей планетой и, наконец, солнечной системой, не просто видит «живую географию», а облачается в «небесно-защитную» одежду:

Мое пребывание небом не считано,
и я
от зорь его,
от ветра,
от зноя
окрасился весь небесно-защитно —
тело лазоревосинесквозное. [1, с. 107]

Вспомним, что в поэме «Облако в штанах» происходит тоже травестирование – облачение, как бы *опоясывание* героя небесными светилами: заглавный образ «облака в штанах», *солнце моно-клем* в глазу, руки-пятулчия. Какую природу имеют эти образы? Стоит ли здесь ограничиваться только футуристической авангардистской парадигмой, связанной напрямую с эстетикой кубистов, с их опытами в изображении изломов человеческого тела? «После 1906 г. открывается настоящая оргия прямых линий, углов, кубических и плоских фигур. Геометрия *искажает человеческое тело* (разрядка наша – М.Г.), подвергая его унижительной пытке, и под конец полностью вытесняет всякие остатки органических форм из поля зрения художника» [9, с. 350]. Думается, что не все так прозрачно.

Травестийное начало, конечно, хорошо усвоенное фольклором, в такой «небесной» парадигме проявилось в поэтике заговоров, в которой особым образом выделяется формула «небесного ограждения». Эта формула отражает перенимание человеком, читающим заговор, *космических сил природы* через переодевание небесными светилами / телами: «Читающий заговор не только окружает себя тыномъ, но еще одѣвается небомъ, покрывается облаками, подпоясывается ясными зорями, обсаживается частыми звѣздами и т. Д.» [10, с. 254]. В работах последних лет указывается на то, что человек в заговорной поэтике *большой*, т.е. он воплощает собой *космическую модель*, его голова уходит к звездам [11, с. 146]. Однако, чтобы не быть обвиненными в искусственности установленных параллелей, оговорим на данном этапе исследования теоретический аспект проблемы фольклоризма.

Для исследователя, дающего фольклористический комментарий к тексту, проблема всегда должна приобретать теоретический характер: знал или не знал поэт фольклор, каковы источники такого знания и насколько это важно для его художественной системы? На первые два вопроса ответ утвердителен: Маяковский с детских лет знал и грузинский язык, и грузинский фольклор. Кроме того, попав в футуристскую среду, в знаменитую «Гилею», он мог ознакомиться со многими фактами фольклора через В. Хлебникова, сознательно ориентировавшегося на архаическое мышление (см.: манифест «Труба марсиан», статья «О пользе изучения сказок»). Но любое «знание» не обязывает поэта к «присяге на верность» фольклору. В этой

связи уместно привести несколько выразительных фактов из истории литературы, на первый взгляд, не имеющих непосредственного отношения к нашей проблеме.

Первый факт связан с творчеством А.К.Толстого. Писатель в своих письмах к А.М.Жемчужникову указывает на создание переделанной им баллады «Садко» (заметим, что поэт намеренно взялся за переделку хорошо известного фольклорного текста) и на то, что произведение не очень поддается обработке. Обусловлено это, по замечанию самого поэта, бесполезностью «соревнования» с фольклором: «Посылаю тебе переделанную балладу «Садко» <...> Кажется, теперь лучше, потому что нет рассказа, а стало быть, *нет бесполезного и опасного соревнования с былиной, которая будет всегда выше переделки*» [12, с. 349] (*курсив наш* – М.Г.). Из комментария поэта, художника слова, можно извлечь существо нашей методологической проблемы – не всегда задумка автора, *намеренная ориентация на фольклор*, удачно осуществляется, несмотря на то, что творец, казалось бы, умело распорядился фольклорными источниками; зачастую бывает наоборот – нет намеренного обращения писателя к фольклору, но фольклорная традиция, в той или иной форме живет в его творчестве. Второй факт относится к творчеству В. Брюсова – его раннее стихотворение «Творчество», вызвавшее недоумение критики за одну только строчку:

Всходит месяц обнаженный

При лазоревой луне...

[13, с. 35]

Сам Брюсов вспоминал по этому поводу: «Г-н Соловьев, стараясь убедить меня, что месяц и луна в сущности однозначные понятия – точно я и без него этого не понимаю! – острил, между прочим, на тему о том, что неприлично-де ему, месяцу, всходить обнаженному при ней, луне <...>. В стихотворении, о котором идет речь, моей задачей было изобразить процесс творчества» [13, с. 567 – 568]. Однако, думается, ни критик, ни даже сам поэт не поняли в полной мере особой образности стихотворения (первый, видимо, – за «культурной» неграмотностью, второй – не думал об источниках своей поэзии). Для Брюсова это было просто ранним символистским опытом, способом «внушить читателю», как он объяснял особое настроение. Но поэт бессознательно, сам того не подозревая, воссоздал картину, характерную для сюжетики русского фольклора, для свадебной обрядности, в которой, конечно же, присутствуют и месяц, и луна. Итак, в первом случае художник слова намеренно обращается к фольклорному источнику, во втором – поэт, можно сказать, отрицает фольклор, не осознавая возможного источника своей метафоричности, а результаты зеркально противоположны. Вопреки «намеренному обращению» фольклорный материал не поддается качественной художественной обработке, желаемой автором.

В свете такого теоретического посыла о сознательном/бессознательном обращении к устно-поэтическому творчеству возвратимся еще раз к поэме Маяковского и уже с полной уверенностью отметим, что в поэме проявлена имплицитно фор-

мула «чудесного ряжения». Герой поэмы, во-первых, рядится, «затягивается облаками-с», во-вторых, ощущает себя бестелым (тоже наблюдается и в поэме «Человек»):

и я
титанисто
боролся с потерей
привычного
нашего
плотного тела. [1, с. 107]

В-третьих, герой мыслится не человеком вообще, а *людогоусем*:

Какой я к этому времени –
даже определить не берусь.
Человек не человек,
а так –
людогоусь. [1, с. 99]

В поэме «150000000» появится образ человека-коня, Ивана-коня, а в поэме «Про это» герой и вовсе «размедвеживается». Как это все может быть объединено? С одной стороны, исследователи отмечают поэтику «грубой плоти» в поэмах Маяковского [14, с. 95 – 96], с другой – как мы успели отметить, герой «теряет тело». Разберемся сначала с уподоблением себя животному, которое, надо отметить, проявилось уже в раннем творчестве поэта [15, с. 43 – 50].

Оборачивание зверем (у Маяковского это: бык, лось, гусь, конь, медведь) генетически связано с *тотемическими** *верованиями*, отразившимися в скрытой форме в сказке. Подобные примеры можно отыскать и в грузинском, и в русском фольклоре. В первом такими *животными-тотемами* выступали коза, овца, конь, во втором – медведь, корова (сказки «Иван – Медвежье Ушко», «Иван – коровий сын» показательны в этом отношении). Оборачивание зверем означает *перенимание сил* тотема, приобщение главным образом к *солнечному знанию*. Однако, как это может быть связано с травестированием, одеванием себя облаками, солнцем, зарей, ветром и вообще отказом от телесности? В солнечных мифах герой оборачивается в шкуру животного-тотема (свинья, коза, лошадь), олицетворяющего солнце [16, с. 167]. Таким образом, *формула космического ограждения/переодевания*, известная по заговорам, семантически близка *солнечным метаморфозам героя*. Кроме того, в данном контексте срабатывает параллель с поэтикой М.И. Цветаевой, где отразились подобные представления. Так, в поэме «Автобус», в цикле «Георгий» героиня *оборачивается зарей*, ее глаза содержат за собой также, как и у Маяковского, «солнечную», «небесную» семантику. Если о прямом знакомстве Маяковского с фольклором, сказками А.Н. Афанасьева точно утверждать нельзя, то о знакомстве Цветаевой с афанасьевскими сказками говорить приходится и даже необходимо. Она сама указывала на значимость для нее двух вещей – книги по мифологии и сказок А.Афанасьева. Итак, установленные типологии и выявление подобных представлений

(оборачивание зарей, отказ от тела) в поэтике М.Цветаевой с определенной долей уверенности позволяют говорить о том, что и в поэтике Маяковского это не поэтическая вольность. Метафоры, связанные с травестийным мотивом, «небесной символикой» генетически восходят к *заговорной поэтике*. В свете представленного фольклористического комментария иначе и раскрывается смысл строк, из-за которых, в сущности, и была предпринята наша статья:

И я
на этом самом
на море
горой-головой плыву головоастить,
второй какой-то брат черноморий. [1, с. 120]

На первый взгляд, здесь все прозрачно – прямая отсылка к пушкинскому «Руслану и Людмиле». Однако, вероятно, здесь сказывается не только этот сюжет, а, может, вообще не этот. Герой поэмы, превращаясь в *людогоуса*, заимел длинную шею, на которой вертится и осматривает таким образом всю Вселенную:

Как только голова поднялась над лесами,
обозреваю окрестность.

Такую окрестность и обозреть лестно.

[1, с. 99]

В «Евгении Онегине» во сне Татьяны представляются «страшные чудовища»:

Еще страшней, еще чуднее:
Вот рак верхом на пауке,
Вот череп на гусиной шее
Вертится в красном колпаке. [17, с. 92]

Последние две строчки вызывают особенно много «недоумений» и споров. Так, В.А. Смирнов связывает эти строчки с «Арзамасом», приводя в качестве доказательства протокол арзамасцев, в котором упоминается «красный колпак» [18, с. 52]. Допустим, что это, может быть, действительно подкреплено биографически, но если во внимание брать *фольклорную действительность*, и к этому приложить «шуточный», т.е. балагурный тон протокола, то мы сталкиваемся со скоморошечьей традицией, с *миром, наоборот, веселым хаосом*. Конечно, можно по-разному было бы интерпретировать смысл этих строк, однако, возвращаясь к литературе начала XX в., открытой мифу, обратимся в качестве продуктивной параллели, к поэме С.Есенина «Черный человек». Первые строчки поэмы вызвали множество споров в литературоведении:

Голова моя машет ушами,
Как крыльями птица. [19, с. 188]

Эта метафора восходит, с одной стороны, к загадкам о смерти («Сидит утка на плоту»), с другой – к *ритуальному хаосу*, обрядово-погребальному комплексу [20]. Есенин, создавая свои последние вещи, испытывал значительное влияние А.С. Пушкина.

Вероятно, что выявление фольклорного кода в поэме Маяковского осложняется *пушкинской традицией*, преломлением фольклорной традиции через «пушкинские сюжеты». В этой связи остается еще несколько нерешенных вопросов. Из чего тогда

* тотемизм – древнейшая форма религии

вырос пушкинский образ? Конечно, здесь можно говорить о поэтике русской сказки, об образе Бабы Яги, связанной с «садом черепов», со *змеиным культом* и страной *первопредков* [21, с. 185 – 186], но существует еще один сюжет из сборника Древних российских стихотворений, собранных Киршеем Даниловым – сюжет «Голубиной книги». Для А.Пушкина этот сборник был, можно сказать, настольной книгой [22, с. 361 – 404]. К этим текстам обращались и поэты начала XX в. В «Голубиной книге» дается прямое указание на связь человеческого тела и всего сущего с Солнцем, Луной, звездами:

Со(п)нцо праведно – от очей его,
Светел месяц – от темичка,
Темная ночь – от затылечка,
Заря утренняя – от бровей божьих,
Часты звезды – от кудрей божьих! [22, с. 211]

Заметим, в «Пятом интернационале» В.Маяковского тело человека представляет собой *Мировую ось*:

со всей вселенной впитывай соки
корнями вросших в землю ног. [1, с. 113]

Видение себя «огромнейшей радиостанцией» отсылает также к фольклорным образам, представлениям тела в виде *музыкального инструмента*, а также и к ранней поэтике, образной системе поэмы «Флейта-позвоночник». Позвоночник в виде флейты наводит на мысль о *музыке сфер*. Таким образом, можно говорить о проблеме *космизации личности*, о представлениях, идущих от русского, грузинского фольклора в поэтике В.Маяковского. Кроме того, в связи с переодеванием себя небесными светилами, представлением себя Мировой осью, можно поставить вопрос об *энтелехии** культуры, о сопричастности как самого поэта, так и его героя к другим эпохам:

Воздух
голосом прошлого
ветрится басов... [1, с. 102]

Поэма «Пятый интернационал», тема объединения народов даны глазами героя, стоящего «у веков на страже». Существенно то, что такая социально-политическая проблема представлена человеком новым, *небывалым*, «человеком не человеком», т.е. героем *космического порядка*. Неслучайно В.Маяковский в разговоре с Р. Якобсоном говорил в связи с этой поэмой об *искусстве будущего*, которое связано с образованием модели *Нового Человека*. Однако парадокс состоит в том, что для создания такого человека необходимо обращение поэта к мифу, фольклору, архаике, и обращение это иногда происходит опосредованно – например, через пушкинскую традицию, которая все-таки была сильна и в авангардистской среде и выразилась латентно.

Литература

1. *Маяковский В.В.* Я сам // Полн. собр. соч.: В 13 т. М.: Гос. Изд-во худож. Лит., 1955–1961. Т. 1. С. 12.
2. *Дымицкий А.* Маяковский и народное творчество // Красная новь. 1936. № 4. С. 201–214.
3. *Дымицкий А.* Маяковский и фольклор // Литературный современник. 1940. № 3. С. 125–131.
4. *Дукор И.* Маяковский – крестьянам // Литературный критик. 1940. № 5–6. С. 122–143.
5. *Правдина И.С.* Маяковский и русское народно-поэтическое творчество: Дис. Канд. филол. Наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1953. С. 14.
6. *Наумов Е.И.* Маяковский В.В.: Семинарий. Л.: Гос. Учеб.-пед. Изд-во Министерства просвещения РСФСР, 1963. С. 444.
7. *Панченко А.М., Смирнов И.П.* Метафорические архетипы в русской средневековой словесности и в поэзии начала XX в. // ТОДРЛ XXVI. Древнерусская литература и русская культура XVIII – XX вв. М.: Наука, 1971. С. 37.
8. *Мусатов В.В.* Пушкин и русское житиевое творчество // Пушкинская традиция в русской поэзии первой половины XX века. М.: Российск. Гос. Гуманит. Ун-т., 1998. С. 13 – 162.
9. *Лифшиц М.* Миф и действительность. От кубизма к абстракции // Мифология древняя и современная. М.: Искусство, 1980. С. 350.
10. *Познанский Н.* Заговорные мотивы // Заговоры. Опыт исследования происхождения и развития заговорных формул. М.: Индрик, 1995. С. 254.
11. *Топорков А.Л.* Мотив «чудесного одевания» в русских заговорах XVII – XVIII вв. // Заговорный текст. Генезис и структура. М.: Индрик, 2005. С. 143 – 174.
12. *Толстой А.К.* Собр. Соч. В 5 т. М.: ТЕРРА – Книжный клуб; Литература, 2001. Т. 5. С. 349.
13. *Брюсов В.* Собр. соч.: В 7 т. М.: Худ. Лит., 1973. Т. 1. С. 35.
14. *Альфонсов В.Н.* Поэт – живописец // Слова и краски. Очерки из истории творческих связей поэтов и художников. М.; Л.: Сов. Писатель, 1966. С. 95 – 96.
15. *Галиева М.А.* Фольклорная традиция в поэтике В.В. Маяковского и С.А. Есенина. Внутренний диалог: поэма «Инония» и стихотворение «Ко всему» // Известия ЮФУ. Филологические науки. 2014. № 4. С. 43 – 50.
16. *Афанасьев А.Н.* Сказка и миф // Афанасьев А.Н. Народ-художник: Миф. Фольклор. Литература. М.: Сов. Россия, 1986. С. 167.
17. *Пушкин А.С.* Полн. собр. Соч.: В 10 т. Л.: Наука. Ленингр. Отд-ние, 1977–1979. Т. 5. С. 92.
18. *Смирнов В.А.* Литература и фольклорная традиция: вопросы поэтики (архетипы «женского начала» в русской литературе XIX – начала XX века): Пушкин. Лермонтов. Достоевский. Бунин. Иваново: Юнона, 2001. С. 52.
19. *Есенин С.А.* Черный человек // Полн. собр. соч. В 7 т. М.: Наука: Голос, 1997. С. 188.

*энтелехия – движущая сила культуры, которая заключается в фольклоре и мифе; это созвучность одной, более поздней, эпохи другим.

20. Галиева М.А. Формула космического ограждения в поэме С.А. Есенина «Пугачев» // Вестник АГУ. 2014. Вып 3 (145). С. 100 – 103.
21. Лаушкин К.Д. Баба-Яга и одноногие боги. (К вопросу о происхождении образа) // Фольклор и этнография. Л.: Наука, 1970. С. 185–186.
22. Путилов Б.Н. «Сборник Кирши Данилова» и его место в русской фольклористике // Древние Российские стихотворения, собранные Киршею Даниловым. М.: Наука, 1977. С. 361 – 404.

References

1. Mayakovsky V.V. Ya sam [Me, of my own] // Mayakovsky V.V. Complete collection: in 13 vol. Moscow: Gos. Izd-vo hudozh. Lit., 1955–1961. Vol 1. P. 12.
2. Dymshic A. Majakovskij i narodnoe tvorcestvo [Mayakovsky and folk art] // Krasnaja nov' Publ., 1936. № 4. P. 201–214.
3. Dymshic A. Majakovskij i fol'klor [Mayakovsky and folklore] // Literaturnyj sovremennik [Literary contemporary], 1940. № 3. P. 125–131.
4. Dukor I. Majakovskij – krest'janam [Mayakovsky – to peasants] // Literaturnyj kritik [Literary critic], 1940. № 5–6. P. 122–143.
5. Pravdina I.S. Majakovskij i russkoe narodno-pojeticheskoe tvorcestvo: Dis. Kand. Filol. Nauk. [Mayakovsky and Russian folk-poetry: Dissert. for a candidate's degree] Moscow: MGU im. M.V. Lomonosova, 1953. P. 14.
6. Naumov E.I. V.V. Majakovskij: Seminarij. [Mayakovsky: Seminar] Leningrad: Gos. Ucheb.-ped. Izd-vo. Ministerstva Prosveshhenija RSFSR, 1963. P. 444.
7. Panchenko A.M., Smirnov I.P. Metaforicheskie arhetipy v russkoj srednevekovoj slovesnosti i v poezii nachala XX v. [Metaphorical archetypes in Russian medieval literature and poetry of the early XX c.] // TODRL XXVI. Drevnerusskaja i russkaja kul'tu-ra XVIII – XX vv. [Proc. of the Division of Old Russian literature XVI. Old Russian literature and Russian culture of XVIII – XX centuries.] Moscow: Nauka, 1971. P. 37.
8. Musatov V.V. Pushkin i russkoe zhiznetvorcestvo [Pushkin and Russian life creation] // Musatov V.V. Pushkinskaja tradicija v russkoj poezii pervoj poloviny XX veka [Pushkin's tradition in Russian poetry of the first half of the XX century]. Moscow: Rossijsk. Gos. Gumanit. Un-t., 1998. P. 13 – 162.
9. Lifshic M. Mif i dejstvitel'nost'. Ot kubizma k abstrakcii [Myth and reality. From Cubism to abstraction] // Lifshic M. Mifologija drevnjaja i sovremennaja [Mythology of ancient and modern]. Moscow: Iskusstvo, 1980. P. 350.
10. Poznanskij N. Zagovornye motivy [Charms tune] // Poznanskij N. Zagovory. Opyt ussdovaniya proishozhdenija i razvitija zagovornyh formul [Charms. Experience of study the origin and development formulas of charms]. Moscow: Indrik, 1995. P. 254.
11. Toporkov A.L. Motiv «chudesnogo odevanija» v russkikh zagovorah XVII – XVIII vv. [Motif of «wonderful dressing» in Russian charms of XVII – XVIII c.] // Zagovornyj tekst. Genezis i struktura [Charms text. Genesis and Structure]. Moscow: Indrik, 2005. P. 143 – 174.
12. Tolstoj A.K. Collected works: in 5 vol. Moscow: TERRA – Book club; Literatura, 2001. Vol. 5. P. 349.
13. Bryusov V. Collected works: in 7 vol. Moscow: Hud. Lit., 1973. Vol. 1. P. 35.
14. Al'fonsov V.N. Pojet – zhivopisec [Poet – painter] // Al'fonsov V.N. Slova i kraski. Ocherki iz istorii tvorcheskikh svjazej pojetov i hudozhnikov [Words and colors. Essays from the history of creative communications of poets and artists]. Moscow; Leningrad: Sov. Pis., 1966. P. 95–96.
15. Galieva M.A. Fol'klornaja tradicija v pojetike V.V. Majakovskogo i S.A. Esenina. Vnutrennij dialog: pojema «Inonija» i stihotvorenie «Ko vsemu» [Folklore tradition in the poetics of V.V. Mayakovsky and S.A. Esenin. Internal dialogue: the poem “Inonia” and the poem “To all”] // Izvestija JuFU. Filologicheskie nauki [Proc. of Southern Fed. Univ. Philology.]. 2014. № 4. P. 43 – 50.
16. Afanas'ev A.N. Skazka i mif [Fairy tale and myth] // Afanas'ev A.N. Narod-hudozhnik: Mif. Fol'klor. Literatura [People-artist: Myth. Folklore. The Literature]. Moscow: Sov. Rossiya, 1986. P. 167.
17. Pushkin A.S. Poln. Collected works: in 10 vol. Leningrad: Nauka. Leningr. Otd-nie, 1977–1979. Vol.5. P.92
18. Smirnov V.A. Literatura i fol'klornaja tradicija: voprosy pojetiki (arhetipy «zhenskogo nachala» v russkoj literature XIX – nachala XX veka): Pushkin. Lermontov. Dostoevskij. Bunin [Literature and folk tradition: questions of poetics (archetypes “the feminine” in Russian literature of XIX – early XX century): Pushkin. Lermontov. Dostoevsky. Bunin] Ivanovo: Junona, 2001. P. 52.
19. Esenin S.A. Chernyj chelovek [Black man] // Esenin S.A. Complete collection: in 7 vol. Moscow: Nauka: Golos, 1997. P. 188.
20. Galieva M.A. «Formula kosmicheskogo ograzhdenija» v pojeme S.A. Esenina «Pugachev» [“Formula of outer fence” in the poem of S.A. Esenin “Pugachev”] // Vestnik AGU [Bull. of Altai State Univ.]. 2014. Issue 3 (145). P. 100 – 103.
21. Laushkin K.D. Baba-Yaga i odnonogie bogi. (K voprosu o proishozhdenii obraza) [Baba Yaga and one-legged gods. (On the origin of the image)] // Fol'klor i jetnografija. [Folklore and Ethnography]. [“Kirsha Danilov's collection” and his place in the Russian folkloristics]. Leningrad: Nauka, 1970. P. 185 – 186.
22. Putilov B.N. «Sbornik Kirshi Danilova» i ego mesto v russkoj fol'kloristike [“Kirsha Danilov's collection” and its place in the Russian folkloristics] // [Ancient Russian poems collected by Kirsha Danilov]. Moscow: Nauka, 1977. P. 361 – 404.

Статья поступила в редакцию 12.10.2015.

УДК 811.511.132'373.613:811.161.1

BORROWABILITY OF FUNCTION AND DISCOURSE WORDS: THE KOMI CASE*

MARJA LEINONEN

University of Helsinki
marja.leinonen@kolumbus.fi

The paper is concerned with the implicational scales for borrowed discourse words presented by Yaron Matras. The implications are checked for Komi and Russian, and found for the most correct.

Keywords: borrowability of discourse words, implications, Komi, Russian

ЛЕЙНОНЕН, МАРЬЯ. ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАИМСТВОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ДИСКУРСИВНЫХ СЛОВ (НА ПРИМЕРЕ КОМИ ЯЗЫКА)

Статья посвящена выяснению закономерностей заимствования функциональных и дискурсивных слов из русского языка в коми. Исследование проводится на основе теоретических построений Я.Матраса, который собрал данные из разных языков, находящихся в ситуации контакта с другими языками, и на этом материале предложил ряд импликаций, отражающих последовательность проникновения иноязычных элементов в условиях дискурса. Согласно этой теории, заимствование языковых единиц подчиняется определенному порядку: согласные звуки усваиваются в языке-реципиенте раньше гласных; выражение периферийных локальных отношений заимствуется раньше выражения ядерных локальных отношений; существительные заимствуются легче, чем глаголы и т.д. Я. Матрас объясняет такой порядок заимствования определенными психологическими факторами, которые воздействуют на говорящих в разных логических или прагматически сложных ситуациях. Коми язык сохраняет свою исконную грамматическую структуру и базовый словарь, однако в течение сотен лет он заимствовал из русского языка как отдельные лексические элементы, так и образцы прагматических структур, типы построения контекста, способы организации дискурсивных конструкций с калькированием и заимствованием отдельных элементов. Проведенное исследование показало, что закономерности проникновения русских дискурсивных единиц в коми язык, в целом, не противоречат выдвинутому Матрасом предположениям. Вопрос о психологической основе этих импликаций представляется более сложным и пока не может быть окончательно разрешен.

Ключевые слова: заимствование дискурсивных слов, импликации, коми, русский

1. Implicational scales of borrowability

The best-known language contact hierarchy for a time was that by Thomason & Kaufmann [1], renewed to some extent by Thomason («moderate structural borrowing» in syntax of coordination and subordination) [2, p. 70; 3]. For the topic, see [4]. Here, very specific recent suggestions for such a hierarchy by Yaron Matras will be applied to Komi.

On the basis of 25 languages from different parts of the world, Matras [5] has put together a hierarchy of borrowings on various levels and categories of language, including functional categories. Matras specializes

in Romani variants from different parts of the world, which serve as a basis for his implicational hierarchies. Several publications by Matras [5, 6] contain extensive suggestions of psychological motivations for the borrowings in question, which I shall quote to some extent, without comment. That I shall leave to those who are bilingual.

Below, the source of lexical borrowing in Komi is Russian.

2. The implicational borrowability scales of Matras [5], applied to Komi

The scales are to be read as an implicational borrowing hierarchy, i.e. the item on the right is only borrowed if the item on the left is also borrowed. A question

* Paper read at the conference «Language contacts: the state of the art», Helsinki, 28-30.8.14

mark means that the relevant information for Komi is not available, or not known to me.

1. Adoption of new consonants > adoption of new vowels:

in Komi, only consonants /f/, /c/, /x/, borrowed together with loan words.

2. Prosodic features > segmental phonological features:

– ? (no information).

3. Phonological features in loanwords > independent phonological features:

self-evident, see 1. Besides, Russian influence has produced new phonotactic rules.

Movement between morphological types: (poly-synthetic > less so > agglutinative > more isolating, agglutinative > more analytic).

Komi: co- and subordinate sentences appear instead of morphological means (dvandva *aja-pia*; gerundials) – more isolating.

4. Peripheral local relations > core local relations:

one adposition is a loan: *bok-* «side», no borrowing for core local relations. Preposition *na* adopted in phrasemes only: *ki na ki* «hand in hand». In this group, Matras includes diminutive derivation. Komi has borrowed several Russian diminutive and other suffixes (KJaE).

5. Modals: obligation > necessity > possibility > ability > desire (volition):

Komi: *dolžön / dolzen, ob'azan, vynužden* > *byt'* > none > none > *okota / okotitny*.

6. Mood and modality > aspect / aktionsart > future tense > (other tenses).

Komi: future tense with a separate verb. In aspect and aktionsart matter replication as well as shared patterns. In Komi: *-rit*, a derivative suffix. Voice and valency are pattern-oriented, with increased frequency of an existing option. In Komi: passives based on the reflexive marker with instrumental agent are modeled on the Russian passive construction.

7. Nouns > verbs.

Komi: nouns preponderate.

8. Numerals: over 10 > below 10.

Komi: this is the case in speech.

9. Numerals: more formal contexts > less formal contexts.

Komi: borrowing in dates, complicated expressions from Russian; also terms.

10. Higher numerals 1000, 100 > above 20 > above 10 > above 5 > below five.

Komi: probably so (dial): *tyšeća rublej, sto rublejys*.

11. Lower ordinals > higher ordinals.

Komi: *pervöj / pervoj*, suppletive. Dates and sums with Russian numerals, and numerals involved in institutions of Russian origin are retained.

12. Exclusivity > inclusivity (separation of a single concept from a larger set: order of prominence, e.g. temporal sequence, or the attention granted to the object) «without», «instead of» «except for», contrast, phasal change («already»), restriction («only»), superlative).

Komi: *öprić, meste, uže* (dial); *töl'kö/tol'kö, samöj*.

13-18. Connectors and discourse words (see below § 3.).

19. Positive > negative answer particles.

Komi: *da* > *ne*.

20. Always > never > now, then.

Komi: *vek* > none > *šetšas*.

21. Days of week > times of day.

Komi: weekdays all, none for times of day – *peknića, vöskrešeññö....*

22. Superlative > comparative.

Komi: superlative with *samöj*.

23. Nominal constituents (possessor, adjective) > ? (no information)

24. Copula predications > verbal predications.

Komi: ? (no information)

Other tendencies: negation particles are borrowed.

Komi: *ne, ni* both alone and combined. *nebud'* / *nebug'* (dial), *neötcyd'* «not only once», *neuna* «a little; not-much», *ñinöm* «something, nothing», *ñekod* «no one», and in partial negation.

Relative particles; no borrowings in Komi.

Word-class borrowing hierarchy (by frequency): nouns, conjunctions > verbs > discourse markers > adjectives > interjections > adverbs > other particles, adpositions > numerals > pronouns > derivational affixes > inflectional affixes [5, p. 61].

Komi: adpositions and pronouns hardly borrowed, inflectional affixes not at all.

3. Earliest mentions in written sources

Since nearly everything on the scale seems to be borrowed, the scales might just as well be turned around. A diachronic development might therefore show the order of borrowing. On the basis of existing literature, I have tried to establish the order in which the items of the scale can be observed in the written language. [See also 13].

Conjunctions:

13. But > or > and.

but = *no* (14th cent); *ödnakö* (1884),

or = *il'i/l'ibö* (1813), *lubö/al'i* (1884),

and = *i* (14th cent.), *da* (1780),

and / but = *a* (14th cent.); *žö* (1813).

14. Concessive, conditional, causal, purpose > others:

Concessive «although»: *köt'a* (1813), *chötj / chötja* (1844).

Conditional «if»: *ježeli* (1813), *jesl'i (-kö)*, *ñežö, köli, inö, köby, ježeli bud'i* (1884), *raz* (1949).

Causal «because»: *da, dak* (dial), *pötömu štö, potomu što* (dial, coll).

Clause-final causal «and, because»: *da* (1920).

Purpose: *ystä med* (1844), *medby* (mid-1800s), *yštö med* (1884), *(med) štöby* (dial).

Other subordinators:

Comparison «like»: *rövnö (štö)*, *kak* (dial).

Temporal «when»: *ödva* (mid-1800s), *kövda / kölda* (dial), *raz, pöka / poka* (1949).

Degree «rather than»: *lutsö čem, čem* (dial).

15. Factual complementizers > nonfactuals:

Explicative «that, what»: *što* / *štö* (mid-1800s), *yštö* (myj), *myj yštö*, *uštösy* (dial).

Non-factual complementizer:

«as if»: *byttö* (mid-1800s), *byttö-kö*, *kak byttö*, *buttö*, *byttö(kö)nös* (1884, dial).

Phasal adverbs and focus particles:

16. Yet, already > still > no longer:

1) «yet, still»: *ještše* (mid-1800s, dial, coll), *ještši-na* (1920), *ješšö* (1961).

2) «already, still»: *uže* (dial, coll).

17. Only > too > (even):

«only»: *tol'kö* (mid-1800s, 1961).

«too»: (X-)da / *daj*, (X-)i (dial, 1921, 1949), *tožö* (1961), *tože* (dial, coll).

«neither»: (X-)ni (1921, 1949).

«even»: *dažö* (mid-1800s, 1961).

18. Discourse markers > other particles

Fillers, tags, hesitation markers (pragmatic detachability):

voť (mid-1800s) «there», *inö* / *inös* (mid-1800s, 1961) «then, that is», *budī* (1961) «maybe, for instance»; *tak*, *značit*, *to jest'* «so»; *vrod'e* «like» (dial), *vobse* / *vobse-sö* / *voobšöm* (dial, coll) «generally, that is»; «other particles»: *vet* / *vöt* (mid-1800s) / *ved* / *öd* (1961) «you know».

Utterance modifiers:

šörövnö (mid-1800s) «all the same», *šötaki* / *všo-taki* (mid-1800s, 1961) «nevertheless», *pöžaluj* (mid-1800s, 1961) «perhaps», *pravda* (1884, 1961) «true», *köñešnö* «of course», *pervoj* «first», *naprimer* «for example», *ladnö* «all right», *napervo* (1961) «as for me»; *po-moemu* (dial) «in my opinion», *a ničego* (dial) «that's OK», *vsmysle* (dial) «in the sense of, that is».

Indefinites and interrogatives: no borrowed indefinites, except dial *-ñebud'*, *-libö* «Q-something». No borrowed interrogatives.

4. Adverbs:

No implicational scales, but popular borrowings in Matras' lists are: metalinguistic (= utterance modifiers), procedural, propositional, epistemic expressions, evaluations of time and degree, markers of discourse structure and force, interactional performatives, and evaluatives.

a) Epistemic adverbs: *navernö* (mid-1800s, 1961) «surely», *bukval'nö*, *imenne* (1920) «literally, exactly», *pödi-kö* «perhaps», *raž* / *ražve* (mid-1800s, 1961) «really?», *ñeuželi* «surely not», *zabyľ* / *zbyľ* (mid-1800s) «really», *ñepremennö* (1920, 1961) «absolutely», *nađejnö* «probably», *ödva(kö)* «hardly», *d'ejstviteľnö* «really», *ud'iviteľnö* (1961) «astonishingly»; *vozmöžnö*, *možet* (*byť*), *möžnö* (dial) «perhaps», *kažeca* (dial) «it seems», *fšö žö* (dial) «all the same».

b) Evaluations of time: *samej* «exactly then», *obyčnö* «usually», *solšem* (1920) «entirely», *šeťšas* / *tšaze*, *šeťšasön* / *seičas* (1920, 1961) «now, at once», *öpet'* (1920) «again», *strazu* / *srazu* (dial, 1961) «at once», *kak raz* (dial) «just then».

c) Evaluations of degree: *zdövel'nö* / *zdövöl'* (mid-1800s, 1961) «enough», *proťš* (mid-1800s, 1961) «totally», *tšut'*, *tökörö* (mid-1800s, 1961) «hardly

just now», *prösta/pröstö* «simply», *pöštī* (*štö*) (1920, 1961) «almost», *pöllinnö* (1920) «totally», *ver'ee* «rather, more exactly», *ösöbennö/osobenno* (1961) «particularly»; *primernö* «approximately», *v osnownomsö* «basically», *lutššö* «better», *polnostu* «completely», *točnö* «exactly», *söwšem* «totally».

d) Procedurals: *davaj* (1920) / *vaj* (1961) «let's», exhortative inclusive *-t'e*: *munam-t'e* (dial) «let us go».

e) Greetings, exclamations: *tšur!* «mind you!», *čolöm* «hello» (mid-1880s), *pröštī*, *prošaj* (1920), *pröščaj* (1961) «farewell», *zдорovo* (mid-1800s, 1961), *čolöm-zdorovo*, *-byttö* «hello» (1961), *pašibö* «thanks», *zdravstvuj'te* «how are you», *pöžalujsta* «please, you are welcome».

f) Other: *narošnö* «on purpose», *kažnöj* / *každöj* (1920, 1961) «every», *stav* «all», *praviľnö*, *ñepraviľnö* «right, not-right», *pramöj* «rather, fairly», *ökurat* / *ökuratrñöja* (1961) «exactly»; *spolnosti* «fully», *meždī tem* «meanwhile» (dial).

g) More complex relations:

privative: *öpriťš* «except», *prötiv* (1961) «against, counter», *pöpereg* (1961, 2000) «against, counter», *zatö* (dial, 1961) «in return», *a to* (1961, 2000) «or else», *naprasno* (1920), *daröm* (1961), *zra* «in vain» (dial), *bez t'ebja* (dial) «in your absence», *meste* / *mestān* / *mestaö* / *mestayn* (dial, 2000) «instead of».

5. Comments:

Conjunctions: «but-no», «and-i» are early loans in translations. «or-ili» is later. Komi had no coordinating conjunctions. «da» is perhaps later, a multi-purpose, originally clause-final particle. Most of the rest attested in the 1800s had Komi counterparts, and they, especially the hybrids were later relegated to dialectisms. The literary language has imported many more complex sub- and co-ordinating conjunctions [see 7, or the dictionaries]. The fuller sources begin in mid-1800s, they already contain nearly everything. Dialects differ, depending on their physical contacts with Russians, later on literacy.

Adverbs: Early dictionaries included much dialect material, well-known loans for greetings, evaluations of degree, epistemic loans. Evaluations of time seem to start from XXth cent. Procedurals, epistemic and degree loans increase. The dictionary of 1961 included many Russian loans in all fields (ca. 25% of all the lexical items are Russian loans), many of them synonyms to Komi equivalents.

6. Motivations in Matras 2007:

In Matras' opinion, gaps in lexicon, prestige, social acceptability are not enough, as is suggested, e.g., in Aikhenvald [8, pp. 26-31]: combination of a tendency to fill a gap and to be able to say what your neighbours say similarly accounts for the borrowability of conjunctions, especially «or». Being able to say so is based on pragmatic salience of a construction, matching genres, and a tendency to achieve word-for-word and morpheme-per-morpheme intertranslatability.

More important for Matras are:

1) frequency, meaning, usage (new consonants, lower ordinals, nouns),

2) cognitive complexity, low expectedness or accessibility (factual embedded events, linked independent events; contrast, concessives, phasal change, restrictive focus, superlative, condition, external modality) – the speakers' assertive authority is potentially reduced,

3) «conversational tension» and emotive level: prosody, unexpected chains of arguments, contradicting or challenging presuppositions, responsibility for content beyond domain of secure knowledge, intervening with hearer-sided processing (discourse markers, connectors, causality markers).

Borrowing is a socially accepted compromise when the controlling the selection coincides with other sources of tension, unifying the structures, need to reduce the cognitive load – «fusion of the two systems». The susceptibility of a great number of grammatical categories to borrowing is pre-determined by their language processing function, therefore universal» [5, pp. 66-68].

Concerning exceptions, Matras states [5, p.36]: «It would be naive and counter-productive to ignore tendencies in a substantial group of languages only because they are not followed by all, or because they might be contradicted in 1-2 instances».

In our case, nearly all the predictions are fulfilled. There are very few exceptions; the most striking one is perhaps the absence of adpositions and personal pronouns – although a closer look at colloquial language may bring a «correction» even on this point.

7. General

As a more general conclusion, it may be remarked that Komi is not a mixed language. It retains its grammatical structure and basic vocabulary. It has during several hundreds of years adopted from Russian not only lexical items, but also salient pragmatic patterns and types of context, ways of organizing discourse structures with calquing and borrowing. In terms of A. Aikhenvald, we are dealing with a layered language: «Intensive language contact with heavy diffusion of patterns – phonetic, phonological, morphological, syntactic, and especially pragmatic – with or without any diffusion of forms results in a layered, not a mixed language» [8, p.10].

References

1. Thomason, Sarah G. & Terrence Kaufman. Language contact, creolization, and genetic linguistics. University of California Press, 1988.
2. Thomason, Sarah G. Language contact: an introduction. Georgetown University Press, 2001.
3. Leinonen, Marja. Influence of Russian on the syntax of Komi // *Finnisch-ugrische Forschungen*, Band 57, Heft 1-3. Helsinki, 2002, pp. 195-358; Leinonen, Marja. Russian influence on the Ižma Komi dialect // *International Journal of Bilingualism*, 2009. Volume 13, Number 3, pp.309-330; Schlachter, W. 1974: Die koordinierenden Konjunktionen des Syrjänschen als Entlehnungsproblem / *Acta linguistica Academiae Scientiarum Hungaricae*, tomus XXIV, F 1-4, pp. 331-336.
4. Matras, Yaron 2010: Contact, Convergence, and Typology / *The Handbook of Language Contact*, ed. Raymond Hickey. Wiley-Blackwell, pp. 66-85; Matras, Yaron 1998: Utterance modifiers and universals of grammatical borrowing. *Linguistics* 36, pp.281-331.
5. Matras, Yaron. The borrowability of structural categories / *Grammatical borrowing in cross-linguistic perspective*, ed. Yaron Matras, Jeanette Sakel. Berlin, New York: Mouton de Gruyter, 2007, pp. 31-73.
6. Matras, Yaron. *Language Contact*. Cambridge Textbooks in Linguistics. Cambridge University Press, 2009.
7. Maitinskaya K.E. Служебные слова в финно-угорских языках [Syntactic words in the Finno-Ugric languages]. Moscow, 1982 [Majtinskaja, K.E. Služebnye slova v finno-ugorskih jazykah. Moskva, 1982]; *О́ня коми кыв*. Морфология/[Modern Komi grammar, Ed. G.V.Fedyuneva. Syktyvkar, 2000]; Попова Э.Н. История развития союзов в коми языке [History of development of conjunctions in the Komi language]// Пути развития пермских языков история и современность [Ways of development of the Permian languages, history and the present] / *Proc. of the Inst. of Language, Literature and History*. Issue 73. Syktyvkar, 2014. [Popova E.N. Istorija razvitiya sojuzov v komi jazyke] pp. 123-138.
8. Aikhenvald, Alexandra Y. *Grammars in Contact: A Cross-Linguistic Perspective* / Alexandra Y. Aikhenvald and R. M. W. Dixon (ed.) *Grammar in Contact. A Cross-Linguistic Typology. Explorations in linguistic typology*, 4. Oxford University Press, 2006, pp. 1-66.

Examples from text collections, dictionaries and grammars:

Источники

14th cent. – translations of religious texts by St. Stephen of Perm into Old Permian (in: К. Редей. Влияние церковнославянского языка на семантику и синтаксис древнепермского языка. Сыктывкар, 1996 / Rédei Károly. Vlijanie cerkovnoslavjanskogo jazyka na semantiku i sintaksis drevnepermjskogo jazyka. Syktyvkar, 1996).

1780 – Komi word lists by Academician I. Lerehin (in: В.И. Лыткин. Древнепермский язык. М., 1952 / V. I. Lytkin. Drevnepermjskij jazyk. Moskva, 1952).

1813 – А. Флеров. Зырянская грамматика. СПб., 1813 / A. Fljorov: Zyrjanskaja grammatika. St.Peterburg – the first printed grammar of Komi.

1844 – M. A. Castrén: *Elementa grammatices syrjaenae*. Helsingforsiae – A grammar of (Ižhma) Komi.

mid-1800s – J. Kalima 1910: *Die russischen Lehnwörter im Syrjänischen*. Mémoires de la Société Finno-Ougrienne XXIX. Helsingfors - based

on F. J. Wiedemann: Syrjänischdeutsches Wörterbuch nebst einem wotjakisch-deutschen, Petersburg 1880 – based in turn on Н. Попов. Русско-коми словарь (рукопись, 1830–1860) / Russian-Komi manuscript dictionary of N. Popov, 1830–1860s, and П. Савваитов. Грамматика зырянского языка. СПб., 1850 / P. Savvaitov: Grammatika zyrjanskogo jazyka. St.Peterburg, 1850.

1884 – F.J. Wiedemann: Grammatik der syrjänischen Sprache mit Berücksichtigung ihrer Dialekte und des Wotjakischen. St. Peterburg.

1920 – Volksdichtung der Komi (Syrjänen), gesammelt und herausgegeben von D.R. Fokos-Fuchs, Budapest 1951 – based on his manuscripts of 1916–1917 / 1920.

1921 – Sandrö Vasrölön (V.A. Molodcov) Komi grammatika tuj pis'ködys'. Syktyvdin, 1921// В.А. Молодцов. Коми грамматика туй писькөдысь. Сыктывдин, 1921. – the first grammar written in Komi.

1949 – Д.В. Бубрих. Грамматика литературного коми языка. Л., 1947 / D.V. Bubrih. Grammatika literaturnogo komi jazyka. Leningrad, 1947.

1961 – Коми-русский словарь / Под ред. В.И. Лыткина. М., 1961/ Komi-russkij slovar', ed. V. I. Lytkin. Moskva, 1961 – the first extensive (ca. 25.000 words) bilingual dictionary of Komi.

2000 – Ёнія коми кыв. Морфология / Под ред. Г. В. Федюневой. Сыктывкар, 2000 / Ñnija komi kyy. Morfologija, ed. G. V. Fedjunjova. Syktyvkar, 2000. – the new grammar of Komi.

Dial – Dialect monographs, text collections, other materials from 1930–1980s (see Leinonen 2002).

Coll – colloquial language of the XXth cent.

KjaE – Komi jazyk enciklopedija, ed. G.V.Fedjunjova / Коми язык. Энциклопедия / Под ред. Г.В. Федюневой. М., 1998.

Статья поступила в редакцию 18.03.2015.

УДК 656 (470.13)

ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ ПЕРИФЕРИЙНЫХ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

Н.М. БОЛЬШАКОВ, В.В. ЖИДЕЛЕВА, С.В. РАБКИН

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург
Сыктывкарский лесной институт, г. Сыктывкар
institute@sfi.komi.com*

Даны определения сущности, роли и места транспортной доступности периферийных сельских территорий с позиции научного обоснования государственной транспортной стратегии в условиях современной рыночной экономики и происходящих институциональных изменений.

Ключевые слова: нормальная транспортная доступность, максимально эффективное комбинирование видов транспорта, критерий оценки качества регионального управления

N.M. BOLSHAKOV, V.V. ZHIDELEVA, S.V. RABKIN. TRANSPORT ACCESSIBILITY OF PERIPHERAL RURAL TERRITORIES: THEORY, METHODOLOGY, PRACTICE (CASE STUDY OF THE KOMI REPUBLIC)

Theoretical and methodological approaches to research of transport accessibility of rural territories of the region are considered. Definitions of essence, role and place of transport accessibility of peripheral rural territories from the point of view of scientific substantiation of the state transport strategy in conditions of modern market economy and occurring institutional changes are given. The essence and characteristic features of the concept "normal transport accessibility" are revealed. On the basis of the analysis of the current state and existing practices the expert possibilities and restrictions in use of reserves of increase of transport accessibility are shown. The new synthetic indicator of estimation of the territorial transport organization - the cumulative transport accessibility, based on cooperation, instead of competition of various types of transport is proposed.

Keywords: normal transport accessibility, the most efficient combination of types of transport, criterion of regional management quality evaluation

Актуальность проблемы

Развитие транспортного комплекса напрямую влияет на социально-экономическое развитие Республики Коми, промышленности и является одним из важнейших факторов роста уровня и качества жизни. На протяжении долгого времени решение вопросов совершенствования региональной транспортной системы было неоправданно отнесено к второстепенным задачам регионального развития. Строительство и реконструкция транспортных объектов напрямую связывалось с определением прямых рыночных выгод и во многом превратилось в саморегулируемый процесс движения товарных и финансовых потоков. Преобладание над теорией и практикой идей методологии, принятой в

«mainstream», привело к созданию достаточно неоднозначной ситуации. Базовые постулаты развития региональной экономической системы были поставлены в зависимость от прямой экономической выгоды, а не от решения вопросов комплексного социально-экономического развития конкретных территорий, обеспечивающих на всей территории Республики Коми соблюдение общенациональных стандартов условий проживания человека при выработке единой транспортной политики. Отсюда возникает необходимость поиска новой методологической базы, позволяющей рассмотреть проблемы теоретического и практического обоснования решения вопросов адекватной полномасштабной системной оценки территориальной дифференциации с позиции происходящих институциональных

изменений таких социально-экономических явлений, как транспортная доступность¹ территории и мобильность населения. Оценка различных пространственных индикаторов благосостояния имеет большое значение для совершенствования системы регионального мониторинга уровня жизни населения, в том числе для повышения качества имеющихся оценок и прогнозов развития человеческого капитала.

В происходящей среди ученых-экономистов дискуссии о поиске нового категориального наполнения современной экономической теории и возвращения к осознанию ее как классической экономической теории (политэкономии) [1] особый научный интерес приобретает факт конкретизации экономистами теории на практику экономического развития как возможности практической реализации теоретических концепций в рамках программ социально-экономического развития регионов как основы территориального развития страны. Поэтому все больший научный интерес представляет исследование новых форм пространственной организации транспорта и расселения в рамках региона и конкретных муниципалитетов. Современное системное преобразование экономического пространства связано, прежде всего, с разрешением парадигмы саморазвития территориальных транспортно-экономических систем на принципах теории полицентризма и в конечном итоге превращения централизованного транспортно-экономического пространства в сетевое полицентрическое пространство [2]. Все отмеченное выше свидетельствует о неизбежности переоценки базовых показателей территориального развития, поиска новых критериальных подходов их определения.

Изменение самой институциональной среды регионов заставляет искать более эффективные институты экономического развития [3]. Транспортная доступность сельских периферийных территорий может быть рассмотрена в качестве такого института. Однако это требует оценки ряда традиционных показателей, характеризующих ее развитие с позиций реализации вышеобозначенных теоретико-методологических постулатов. Для более адекватной оценки уровня развития транспорта и его инфраструктурных объектов (сети) применяется показатель транспортной доступности. Показатели транспортной доступности как важная региональная характеристика при учете параметра периферийности востребованы органами государственной власти субъектов РФ в установлении дифференцированных нормативов отчислений в местные бюджеты для создания муниципальных дорожных фондов в соответствии с Федеральным законом от 03.12.2012 г. № 244-ФЗ «О внесении изменений в Бюджетный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации»².

Однако не всегда на уровне муниципальных органов власти этот показатель определяется как значимый. И дело не только в том, что не используется реальный механизм субсидирования местных бюджетов. В большей степени это проблема восприятия показателя транспортной доступности как важнейшего показателя оценки качества жизни населения. Здесь важно осознание данной институциональной проблематики как на теоретическом, так и практическом уровнях. Во многом современная экономика представляет собой своеобразную систему, где механизм ее самоорганизации отражается в структуре институтов, т. е. в исторически формирующихся устойчивых правилах социального взаимодействия хозяйствующих субъектов [4]. Основным участником этого процесса является человек, и удовлетворение его потребностей может выступать в качестве главного «экономического императива» территориального развития. Отсюда логично предположить, что оценка отраслевых показателей развития должна исходить из формирования условий эффективности функционирования важнейших институтов экономики. Сама специфика функционирования транспортной системы определяет своим состоянием и развитием эффективность института создания и распределения общественного продукта.

Методические подходы

К понятию «транспортная доступность», по нашему мнению, можно подходить с позиции потребителя транспортной продукции и рассматривать его как интегральный показатель качества транспортного продукта (услуги)³. В классическом определении стоимости товара, в том числе и транспортного продукта, качество присутствует и влияет на его смысл и полноту: «...стоимость всякого товара определяется тем рабочим временем, которое требуется для производства товара нормального качества» [5]. Таким образом, в «Капитале» Маркса заложены основы методологии исследования применимой и к такой сложной экономической категории, как транспортная доступность пространства⁴. Так как нормальная транспортная доступность опосредует процесс сведения индивидуальных затрат времени к общественно необходимому, то отсюда следует важный вывод, что *нормальная транспортная доступность – это уровень общественно необходимых затрат времени на преодоление пространства определенным видом транспорта, определяемый уровнем развития производительных сил общества и соответствующим ему уровнем развития потребностей хозяйства и населения в перевозках.*

³ Сущность любой продукции определяется ее полезностью. Так как продукция транспорта, т. е. перевозка, полезна для пользователей не как вещь, а как деятельность, к ней применимо понятие услуги – как способа выражения *потребительной стоимости труда* работников транспорта, который относится к материальной сфере производства.

⁴ Традиционно понятие пространства отождествлялось с понятием близости (contiguity).

¹ Доступный – такой, которого можно достичь, который подходит для всех по возможности пользоваться (по умеренности цены) (Ожегов С. И. Словарь русского языка. М., 1968).

² URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_149043/.

Сущность транспортной доступности определяет закон экономии времени и потому основные показатели, характеризующие это явление, должны быть функцией времени. Чем выше транспортная доступность, тем меньше требуется общественно необходимых затрат времени на единицу транспортного продукта. Важно, что такая тенденция существует как объективная данность. К. Маркс отмечал: «Всякая экономия, в конечном счете, сводится к экономии времени» [6]. Этим подчеркивается роль транспортной доступности, которая является предметным содержанием транспортного капитала как системы общественно-производственных отношений между хозяйствующими субъектами, выражающей способность приносить эффект экономической синергетики в условиях кооперации базовых факторов рыночной стоимости транспортной инфраструктуры. Она выступает как основа создания условий для общественно свободного времени, поддержания должного уровня пространственной и экономической мобильности населения по мере повышения уровня транспортной доступности территорий. В рыночных условиях она прокладывает путь через случайно складывающиеся ценовые отношения, технические и технологические инновации или изменения в организации транспортного производства и транспортно-логистического управления. Здесь мы находим подтверждение, что экономическое время влияет на цену транспортных услуг и транспортный доход.

Транспортная доступность как фактор расширенного воспроизводства

В современных условиях под воздействием научно-технического прогресса и новых организационных и экономических форм обобществления (мультимодальных перевозок, транспортных кластеров, интеллектуальных транспортно-логистических систем и др.) произошел важнейший сдвиг: транспортная доступность (качество транспортных услуг) стала одним из определяющих факторов расширенного воспроизводства. Качество транспортных услуг означает процесс повышения потребительной стоимости (полезности) транспортных продуктов в связи с совершенствованием потребностей людей и общества. В этом воспроизводственном по своей сути процессе происходит модернизация существующих потребительных стоимостей (скорости, регулярности, надежности и др.), исчерпание возможностей старых и создание новых транспортных услуг, соответствующих уровню современных потребностей и требований к качеству транспортного продукта. При этом транспортные потребности в современном постиндустриальном обществе носят все более и более комплексный характер, и для их удовлетворения необходимы взаимодействие, взаимодополнение друг другом разных видов транспорта, многих потребительных стоимостей транспортных услуг (развитие общественного транспорта, стыковка видов транспорта, транспортно-пересадочные узлы и т. д.).

В связи с многофункциональной полезностью транспортных ресурсов и услуг они, переходя

из обособленного состояния в общественную форму единой региональной транспортной системы, синтезируются не в единые потребительные стоимости, а в совокупную транспортную доступность, создаваемую на основе кооперации, а не конкуренции различных видов транспорта. Совокупность проявляется в том, что доступность выступает не как момент удобства связи до некоторых населенных пунктов, а показывает возможность маневрирования разными видами транспорта для осуществления грузовых и пассажирских перевозок внутри региона. Показатель совокупной транспортной доступности является важнейшей синтетической характеристикой территориальной организации транспорта, показывающей возможности взаимодополнения (кооперации) различных видов транспорта внутри единой региональной транспортной системы по достижению любого населенного пункта территории региона из любого другого.

Таким образом, нами зафиксировано важное теоретическое положение. Именно в этом выражается характер взаимосвязей общества с транспортной сферой в современных экономических условиях. Он должен являться отправным пунктом, по поводу которого возникают экономические отношения, и исходным в организации инновационно ориентированного транспорта.

Качество транспорта как средства производства

Важно также отметить, что на основе теории общественного развития, ставящей во главу угла прогресс производительных сил, можно сделать вывод, что именно устойчивая тенденция опережающего повышения качества транспорта и инфраструктурных объектов (сети) как средств производства служит осевой линией роста уровня конкурентоспособных транспортных услуг (прежде всего коммерческой скорости и надежности).

Рассмотрим известные пропорции общественного продукта транспортного сектора при расширенном воспроизводстве, применив буквенные обозначения, которыми пользовался Маркс при анализе проблем воспроизводства в «Капитале», где в нашем примере в качестве второго подразделения транспортного производства выступают транспортные услуги: $l(c + v + m) > lc + lc$. На наш взгляд, это условие следует понимать не только с количественной, но и качественной стороны. Конкретно уровень качества или потребительной стоимости (транспортной доступности) вновь воспроизводимых средств производства (транспорта и путей сообщения) в перспективе (тенденции) должен быть выше, чем у замещаемых ими, выбывающих по физическому или моральному износу. Нарушение этой закономерности может привести к созданию ситуации «институциональной ловушки» – понятия, обозначенного в работах В.М. Полтеровича [7]. В частности, наличие, при относительном видовом развитии транспортной инфраструктуры, населенных пунктов, не имеющих или имеющих ограниченную транспортную доступность. Возникновение подобного «неэффективного состояния» является прямым следствием *отсутствия региональной*

транспортной стратегии и хаотическим решением проблем транспортной доступности по мере их обострения.

Потребительная стоимость (полезность) транспортной доступности может быть достигнута только при определенном уровне качества (как совокупности потребительских свойств транспортного продукта всех видов транспорта, а также входящих в него компонентов). Исходя из изложенного можно выстроить следующую динамическую модель:

$$W \rightarrow Q, V \rightarrow R \rightarrow N \rightarrow K \rightarrow S,$$

где W – потенциальная потребительная стоимость транспортной доступности, Q – нормальное (номинальное) качество транспортной доступности, V – скорость, R – регулярность, N – надежность, K – система сервиса, S – платежеспособный спрос.

Представленная динамическая модель в рыночных условиях реализуется через складывающиеся ценовые отношения, инновационную логику или координацию отраслевых программ развития отдельных видов транспорта.

Главные доминирующие социально-экономические процессы в регионе отчетливо выражаются в транспортной сети, связывающей различные поселения и наделяющей каждое из них ролью и весом в системе создания валового регионального продукта, которая и обуславливает судьбу каждого населенного пункта. Поэтому сеть дорожно-транспортных коммуникаций является фундаментальной пространственной конфигурацией, в которой заключены логика и значение каждого населенного пункта, включенного в сеть.

Состояние дорожно-транспортной сети в Республике Коми

В Республике Коми существуют значительные территории, не имеющие выхода на современную дорожно-транспортную сеть. Более того, уровень транспортной доступности сильно дифференцирован и социально, и функционально. Различное время транспортной доступности для населения сельских периферийных территорий является по существу критическим источником социального неравенства. Своеобразная вершина этого процесса – угроза обеспечению многочисленных сельских населенных пунктов услугами социальной инфраструктуры и соответственно сохранению региональной системы разделения труда. В этом контексте рассматривается нами вопрос о возможности инкорпорации (включения) сельских периферийных территорий республики в систему дорожно-транспортных коммуникаций.

По сравнению с другими северными регионами в Республике Коми доля сельского населения выше, поэтому проблемы уровня и качества жизни, транспортной доступности на селе особенно сильны. Проблемы транспортной доступности сельских территорий обостряются процессом снижения концентрации населения в крупных (свыше 3 тыс. чел.) селах: за последний межпереписной период доля их жителей снизилась с 23% до 21. За последние 20 лет в республике шло сокращение численности населения, а также уменьшение количества посе-

лений и за счет этого увеличилось среднее расстояние между поселениями, а их людность снизилась (см. таблицу). Снижение густоты поселений, удлинение расстояний между поселениями еще больше повышают требования к мобильности транспортной системы, что, в свою очередь, требует повышения качества дорожной сети и организации движения пассажирского транспорта. Нарушение этой закономерности, несомненно, скажется на уровне жизни населения. Как уже отмечалось, хорошая транспортная обеспеченность (доступность) является одной из важных составных частей качества жизни.

Динамика расселения Республики Коми [8]

Показатель	Год переписи	
	2002 г.	2010 г.
Количество поселений, ед.	770	759
В том числе:		
городские	41	39
сельские	729	720
Площадь, тыс. кв. км	415,9	416,8
Численность населения, тыс. чел.	1018,7	901,2
В том числе:		
городское	766,6	693,4
сельское	252,1	207,8
Густота сети поселений на 1000 кв. км, ед.	1,85	1,82
Плотность населения, чел./ кв. км	2,45	2,16
Средняя людность одного сельского поселения, чел.	345,8	288,6

При анализе проблем и перспектив развития дорожно-транспортной сети Республики Коми важно учитывать объективные процессы усиления дифференциации сельских территорий в последние десятилетия. Пространства вокруг городов преимущественно характеризуются позитивной транспортной доступностью. Сельские территории вне сферы влияния городов (в пространственных теориях их называют периферией [9]) имеют совершенно иные черты. На основе анализа ряда показателей – удаленности, инфраструктурной обустроенности, транспортной доступности, снижения численности и уровня жизни населения – выделены периферийные сельские территории республики: Усть-Цилемский, Ижемский, Удорский, Троицко-Печорский, Усть-Куломский и Койгородский районы. Для периферийных сельских территорий характерными проблемами являются: сокращение численности населения за счет оттока и естественной убыли, ухудшение демографической ситуации, нехватка квалифицированных кадров, неразвитость транспортной инфраструктуры и др.

При территории республики 416,8 тыс. кв. км, численности населения 901,2 тыс. чел. 260 сельских населенных пунктов не обеспечены социально значимой автотранспортной связью по дорогам с твердым покрытием. Семь муниципальных образований из 20 («Печора», «Инта», «Воркута», «Усинск», «Вуктыл», «Усть-Цильма» и «Ижма»), где прожива-

ет 236 тыс. чел., не имеют постоянного круглогодичного автомобильного сообщения со столицей республики – городом Сыктывкар. Модернизация лесной промышленности привела к обострению социальных проблем в отдаленных деревнях и лесных поселках, где исчезают аграрные предприятия, ликвидируются бригады лесозаготовителей и население переходит на натуральное хозяйство. Из-за увеличивающейся урбанизации населения по мере того как сельская молодежь мигрирует в города, в настоящее время мы имеем *устойчивый тренд снижения численности населения периферийных сельских территорий*, а также *тенденцию роста количества малочисленных населенных пунктов*. Так, по данным переписи населения 2010 г. [8], из 720 сельских населенных пунктов и 39 городов и поселков городского типа в 36 никто не живет, в 98 проживает менее 10 чел., в 152 – от 11 до 50 чел., в 182 – от 51 до 200 чел., в 215 – от 201 до 1000 чел. Таким образом, в 70% сельских населенных пунктов республики проживает по 200 и менее человек, которые нуждаются в кардинальном улучшении социальной среды обитания на основе развития дорожно-транспортных коммуникаций. С ростом значения и развития коммерческих сельскохозяйственных связей с городскими рынками подобные периферийные поселения будут также покидаться населением.

Основным препятствием развития поселений республики является недостаточная обеспеченность территории наземными транспортными коммуникациями круглогодичного функционирования. По плотности железных и автомобильных дорог республика находится на одном из последних мест в Российской Федерации, расстояние между населенными пунктами превосходит среднероссийские показатели более чем в три раза. В сложившихся условиях только проведение *оптимизации системы пространственного размещения населенных пунктов* на периферийных сельских территориях способно обеспечить действительное повышение доступности и качества транспортных услуг в соответствии с социальными стандартами и стратегическими вызовами времени.

Повышению транспортной доступности сельских территорий республики препятствует несовершенство внутренней структуры транспортного комплекса. Прежде всего, это несбалансированность работы различных видов транспорта, отсутствие их четкого взаимодействия, а также пропорциональности развития всех звеньев внутри каждого вида транспорта. Внутри отдельных видов транспорта наблюдается диспропорция в развитии подвижного состава и транспортной инфраструктуры (например, рост количества и грузоподъемности автомобилей, с одной стороны, и состояние дорожной сети – с другой). Существующая дорожно-транспортная сеть не соответствует территориальной структуре производства и системе расселения как по типологии сети, так и по пропускной способности. Каждый вид транспорта развивается и функционирует с учетом только своих интересов фактически независимо от других.

Государственная политика, определяющая национальные цели и приоритеты на сельских территориях, предусматривает быстрые и позитивные изменения. Так, в Концепции устойчивого развития сельских территорий РФ на период до 2020 г.⁵ утверждается, что «государственная политика в области развития социальной и инженерной инфраструктуры сельских территорий ориентируется на кардинальное улучшение социальной среды обитания лиц, проживающих в сельской местности, повышение доступности социально-культурных и торгово-бытовых услуг на основе развития дорожно-транспортных коммуникаций, стационарных, мобильных и дистанционных форм обслуживания».

При обсуждении ситуации с транспортной доступностью сельских населенных пунктов до жизненно важных поселенческих центров часто преобладают не объективный анализ ресурсов и ограничений, а утвердившиеся представления, связанные со стремлением любой ценой сохранить сложившуюся систему расселения из геополитических соображений или затормозить процесс ее сжатия. Поэтому предложения в основном формируют в первую очередь с позиции увеличения финансовых вложений, причем без оценки можно ли в принципе решить проблемы территориальной связности республики, улучшить транспортную доступность этих территорий и с помощью каких инструментов. Представляется, что в этих условиях *принципиальным решением стратегических вызовов*, с которыми сталкиваются периферийные сельские территории, является *максимальное использование и максимально эффективное комбинирование всех видов транспорта* (автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного), сбалансированное развитие транспортной инфраструктуры как федерального, так и межмуниципального и муниципального уровней, формирование новых или возобновление утраченных воздушных связей между центрами муниципальных образований, увеличение объема использования водных путей, развитие сети пригородных железнодорожных перевозок. *Ни один из отдельных видов транспорта не может самостоятельно решить задачу полного транспортного обеспечения Республики Коми*. Существуют достаточно точно определенные сферы и преимущества применения каждого вида транспорта в зависимости от особенностей и степени транспортабельности груза, скорости и расстояния его перемещения, скорости, расстояния и комфортности перевозки пассажиров. Рыночные отношения в экономике заставляют каждый вид транспорта, каждое транспортное предприятие искать свое место на рынке транспортных услуг. Поэтому именно *норматив показателя совокупной транспортной доступности* должен обеспечивать потребление социально гарантированного минимума услуг: доступность места работы, административного центра, больницы, школы с соблюдением соответствующей

⁵ Об утверждении Концепции устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020 г.: распоряжение Правительства РФ от 30.11.2010 г. № 2136-р. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107793/.

скорости движения специального транспорта (машин скорой помощи, пожарных, полиции), кардинально улучшать социально-экономические условия жизни на периферийных сельских территориях.

Другой вариант связан с *процессом оптимизации системы расселения, с поддержкой миграции населения на территории с более развитой транспортной доступностью*, с реализацией проектов переселения жителей сел с глубоко депрессивной экономикой, экстремально дорогими социальными услугами и плохой транспортной доступностью. Если первое направление, несмотря на трудности его реализации, региональные и муниципальные власти считают достаточно перспективным, то проекты переселения жителей в основном вызывают активное противодействие. Связано это не только с периодически возникающими довольно опасными с точки зрения человеческого развития и развития экономики республики суждениями о необходимости закрепления населения на определенных малонаселенных территориях (аргументы, ниспровергающие такого рода предложения, давно выработаны и экономической теорией и практикой), но и с неудачными попытками проводить подобную практику.

В качестве примера реализации такого проекта и возникающих при этом трудностях можно привести переселение жителей лесного поселка Поинга Сыктывдинского района Республики Коми [10]. Три дома, построенных для его жителей в рамках соответствующей республиканской программы в местечке Пичипашня на окраине муниципального центра – с. Вьльгорт, для проживания оказались непригодны. Несмотря на существенные недоделки, муниципалитет и застройщик «Сыктывкарский промкомбинат» принуждают жителей к переезду через уведомление о том, что, если не переедут в новые квартиры, то застройщик их просто продаст. Жители же Поинги решили обратиться прямо к Президенту страны. Судьбу этого населенного пункта пришлось решать с участием Главы республики.

Развитие транспортного комплекса республики неотделимо от мировой тенденции урбанизации населения и формирования городских агломераций при экономическом развитии, от процессов, происходящих в постиндустриальном обществе, его социальной структуре. Поэтому практике переселения жителей периферийных населенных пунктов в обозримой перспективе нет альтернативы [11]. Эта тенденция отвечает тезису Маркса, что всякому способу производства соответствует свой особый закон народонаселения [12]. Успех возможен при наличии следующих условий:

- выбор правильных критериев оценки социально-экономической эффективности проектов переселения;
- небольшая численность переселяемых жителей;
- тяжелые условия проживания в населенном пункте из-за отсутствия транспортной доступности;

- существенное повышение качества жизни в результате переселения;

- проведение общественных слушаний жителей поселения на ранней стадии проекта переселения;

- активное взаимодействие руководителей региона с переселяемыми жителями.

Транспортная доступность и инновационное развитие экономики Республики Коми

Современные реалии экономического развития свидетельствуют о том, что устойчивое развитие транспортной инфраструктуры является важнейшим элементом стратегического планирования, в том числе и регионального развития. Формирование высокоразвитой системы транспортных коммуникаций, развитая сеть авиаперевозок, транспортных узлов и логистических центров «может стать мощнейшим локомотивом модернизации и инновационного развития экономики» [13]. В этой связи необходимо акцентировать внимание на роль транспортной системы в обеспечении экономической безопасности страны.

Вопросы развития транспортной инфраструктуры напрямую связаны с *определением критериев и пороговых значений* экономической безопасности. Сами показатели транспортной доступности могут и должны выступать в качестве таковых значений. Отсутствие бесперебойного движения грузов и пассажиров создает реальные угрозы жизнедеятельности людей, обострения социально-экономических противоречий.

Система обеспечения региональной экономической безопасности также претерпевает закономерные изменения. Так, новая *парадигма обеспечения экономической безопасности* на региональном уровне определяет необходимость осуществления крупных экономических мероприятий, не ожидая помощи от федерального центра, по неотложным ситуациям на территории, связанным с локальными экономическими бедствиями или экономическими просчетами (ошибками) на федеральном уровне [14]. Это совершенно *новая модель взаимоотношений федерального центра, регионов и органов местного самоуправления*. Она определяет, прежде всего, новый уровень ответственности органов местной власти, в том числе и в вопросах обеспечения гарантий транспортной доступности. Все это невозможно без воссоздания на региональном уровне *механизма стратегического планирования и реализации конкретизированных программ дорожно-транспортного развития*.

Таким образом, выявленные особенности и тенденции расселения во взаимосвязи с развитием транспортной доступности периферийных территорий позволили *определить интересы и приоритетные направления* повышения уровня транспортного обслуживания населения, а также обосновать их *конкурентные преимущества*.

Проведенный анализ показал, что в настоящее время используются далеко не все резервы повышения транспортной доступности населенных

пунктов на периферийных сельских территориях Республики Коми. Основными направлениями на пути решения данной проблемы выступают:

- комплексный подход к развитию региональной дорожно-транспортной сети на основе кооперации и взаимодополнения различных видов транспорта, использование видовых преимуществ каждого из магистральных и местных видов транспорта для увеличения территориальной связности республики и улучшения доступности сельских территорий; использование инновационных видов транспорта (судов на воздушной подушке типа «Марс», экранопланов, скоростных пригородных поездов, трамваев и т. д.);

- оптимизация системы расселения с созданием условий для выезда населения из депрессивных и бесперспективных населенных пунктов на территории с более развитой транспортной доступностью на основе реализации проектов переселения жителей сел с глубоко депрессивной экономикой, экстремально дорогими социально значимыми услугами и плохой транспортной доступностью;

- компенсация части трудоспособного населения, проживающего вне нормативных зон транспортной доступности сельских периферийных территорий, повышенных экономических и временных затрат на получение минимального комплекса социальных услуг, поскольку в кратчайшие сроки не удастся кардинально изменить их транспортную дискриминацию, выраженную в постоянном недополучении гарантированного минимума социальных услуг (специализированной медпомощи, учреждений соцкультбыта и т. д.);

- формирование новых или восстановление утраченных связей (маршрутов) между центрами муниципальных образований на основе развития региональной авиации, увеличения объема использования водных путей, сохранения сети пригородных железнодорожных перевозок;

- осуществление грузовых перевозок древесного сырья, строительных материалов и др. для технологических нужд крупнейших корпораций (ОАО «Монди СЛПК», «Северсталь», нефтяных компаний и т. д.) в основном по железным дорогам и водным путям, сохранение автомобильных дорог для перемещения легкового и пассажирского транспорта;

- обеспечение баланса нормативного содержания сети автодорог общего пользования федерального, межмуниципального (регионального) и муниципального (местного) значения;

- соблюдение рационального баланса между потенциалом дорожной сети и ростом автомобильного парка;

- решение транспортных проблем, таких как повышение связности дорожной сети, способных дать мультипликативный эффект.

Политика, направленная на использование всех резервов повышения транспортной доступности и соответствующей оптимизации затрат на периферийных сельских территориях, неизбежно должна включать отказ от искусственного сохранения населенных пунктов с глубоко депрессивной эконо-

микой, экстремально дорогими социально значимыми услугами и плохой транспортной доступностью. Возникающие конфликты с местным сообществом наиболее успешно разрешаются, если в этом процессе принимает участие руководство регионального уровня.

Ограничение на пути внедрения оптимизации расселения должно состоять только в том, чтобы она не была слепком с каких-то априори заданных установок, а на деле служила действительному повышению транспортной доступности и доступности социально-культурных и торгово-бытовых услуг, отвечала интересам населения. Важно активно использовать лучшую региональную практику решения проблемы транспортной доступности на периферийных сельских территориях при распределении капитальных вложений (дорожного фонда) с учетом демографических перспектив соответствующих населенных пунктов.

Другие механизмы, использование которых направлено на повышение транспортной доступности на сельских территориях, связаны с внедрением общественного контроля за организацией форм предоставления транспортных услуг, которые вызывают наибольшую озабоченность в обществе.

Очевидно, что одними призывами к повышению качества транспортной доступности и снижению издержек транспортного производства не обойтись. Нужна продуманная транспортная политика государства и действенная система ее реализации на всех уровнях. Реальная и лучшая перспектива состоит в переходе к новой государственной политике регулирования развития транспортного комплекса. Транспортная доступность сельских территорий должна стать критерием оценки качества управления на региональном и муниципальном уровнях.

С учетом масштабов территории с низким уровнем обеспеченности современной транспортной инфраструктурой только государство имеет необходимые финансовые и материальные ресурсы для транспортного комплекса и промышленности, подготовки кадров. В Республике Коми не только необходимость, но и широкие возможности поисковой работы и экспериментального моделирования в области развития транспортного комплекса. С учетом творческого отношения к проблеме развития современной транспортной инфраструктуры можно надеяться на большие перспективы инициатив по проектированию инновационных транспортно-логистических систем на новой концептуальной базе.

Определенные надежды на улучшение положения связываются с разрабатываемой Федеральным правительством *Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 г.*⁶, совершенствованием «транспортных составляющих» стратегических концепций, планов и программ региона и муниципалитетов, созданием муниципальных дорожных фондов в соответствии с Федеральным законом от 03.12.2012 г. № 244-ФЗ «О внесении

⁶ URL: http://www.mintrans.ru/upload/iblock/1f3/ts_2030.doc.

изменений в Бюджетный кодекс РФ и отдельные законодательные акты РФ»⁷. В Госдуме подготовлен законопроект «О государственном стратегическом планировании»⁸. Документ должен установить правила взаимодействия всех органов с тем, чтобы грамотно планировать, программировать развитие отраслей и территорий, а также привлекать реальные инвестиции, которые обеспечивают экономический рост в региональных и муниципальных образованиях. Благодаря новому закону *разработка стратегий развития*, включающих в себя схемы расселения и размещения производительных сил, в том числе и дорожно-транспортных коммуникаций, *станет обязательным документом для регионов и муниципальных образований*.

Однако изначально необходимо четко *рассчитать бюджетные и другие приоритеты, а государственные программы развития должны быть актуализированы* [15]. В этой связи весьма важными являются разработка региональной стратегии развития транспортного комплекса в соответствии со Стратегией развития транспортного комплекса РФ и создание эффективного механизма ее реализации на муниципальном уровне. Реализация инновационных транспортных продуктов, техники, технологий и процессов управления позволяет открыть новые возможности для выравнивания и гармонизации развития различных муниципальных образований, решения демографических проблем и смягчения диспропорции размещения и уровня жизни населения, в том числе на основе *повышения пространственной мобильности*. Повышение транспортной доступности сельских периферийных территорий будет оказывать наиболее значительное влияние на выравнивание *перспектив развития человеческого капитала* вне зависимости от населенного пункта. Политика регионального развития транспортной доступности может быть эффективной, если она основана на *развитии институциональной среды, повышении качества управления, использовании опыта успешных инноваций, реализации программы повышения мобильности населения*. Благоустроенные, соединенные современной дорожно-транспортной сетью и системой связи сельские поселения с высоким качеством жизни – самый верный показатель мудрости и профессионализма государственного подхода к региональному управлению.

Литература

1. *Нуреев Р.М.* Базовые предпосылки современной экономической теории (Economics) и их критика: доклад на ученом совете Института экономики РАН. URL: http://www.inecon.org/docs/Nureev_paper_2013.pdf.
2. *Татаркин А.И., Анимитца Е.Г.* Формирование парадигмальной теории региональной экономики // Экономика региона. 2012. №3. С. 19.
3. *Романова О.А.* Неоиндустриализация как фактор повышения экономической безопасности старопромышленных районов // Экономика региона. 2012. № 2. С. 79.
4. *Кирдина С.Г.* Институциональные изменения и принцип Кюри // Экономическая наука современной России. 2011. № 1. С. 8–19.
5. *Маркс К., Энгельс Ф.* Капитал. Критика политической экономики. Т. 1. Соч. Изд. 2-е. Т. 23. М.: Политиздат, 1963. 900 с.
6. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Изд. 2-е. Т. 46. Ч. 1. С. 117.
7. *Полтерович В.М.* Институциональные ловушки: есть ли выход? // Общественные науки и современность. 2004. № 3. С. 5.
8. *Итоги Всероссийской переписи населения 2010 г.* Республика Коми: в 7 т. Т. 1: Численность, размещение, возрастно-половой состав населения: стат. сб. / Территор. орган Федерал. службы гос. статистики Респ. Коми (Комистат); Редкол.: В.П.Кутепов (пред.) и др. Сыктывкар, 2012. 99 с.
9. *Лажнецов В.Н.* Территориальное развитие: методология и опыт регулирования. СПб.: Наука, 1996. 109 с.
10. *Барин рассудит?* Отчаявшиеся переселенцы из Поинги решили обратиться к Путину // Красное знамя. 2013. 26 декабря. С. 8.
11. *Стародубровская И.* Предоставление социальных услуг на территориях интенсивной депопуляции: есть ли решение? // Вопросы экономики. 2013. № 11. С. 89–111.
12. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 23. С. 365.
13. *Глазьев С.Ю., Ивантер В.В., Макаров В.Л., Непелов А.Д. и др.* О стратегии развития экономики России: препринт / Под ред. С.Ю. Глазьева. М.: ООИ РАН, 2011. С. 10.
14. *Татаркин А.И., Ку克林 А.А.* Изменение парадигмы исследования экономической безопасности региона // Экономика региона. 2012. № 2. С. 29.
15. *Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию 12 декабря 2013 г.* URL: <http://www.kremlin.ru/news/19825>.

References

1. *Nureev R.M.* Bazovye predposylki sovremennoi ekonomicheskoi teorii i ikh kritika: doklad na uchenom sovete Instituta ekonomiki RAN [Base preconditions of the modern economic theory (Economics) and their criticism: the report at the Scientific Council of the Institute of Economy, RAS]. URL: http://www.inecon.org/docs/Nureev_paper_2013.pdf.
2. *Tatarkin A.I., Animitsa E.G.* Formirovanie paradigmal'noi teorii regional'noi ekonomiki// Ekonomika regiona [Formation of paradigm theory of regional economy// Region economy]. 2012. No. 3. P. 19.
3. *Romanova O.A.* Neindustriya kak faktor povysheniya ekonomicheskoi bezopasnosti staropromyshlennykh raionov// Ekonomika regiona [Neoindustrialization as the factor of increase of economic safety of old industrial regions// Region economy]. 2012. No. 2. P. 79.
4. *Kirdina S.G.* Institutsional'nye izmeneniya i printsip Kyuri// Ekonomicheskaya nauka sov-

⁷ URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_149043/.

⁸ URL: <http://rusnod.ru/theme1869.html>.

- remennoi Rossii [Institutional changes and Currie principle// Economic science of modern Russia]. 2011. No. 1. P. 8-19.
5. *Marx K., Engels F.* Kapital. Kritika politicheskoi ekonomiki [The capital. Criticism of political economy]. Collected works. Edition 2. Vol. 23. Moscow: Politizdat, 1963. 900 p.
6. *Marx K., Engels F.* Collected works. Edition 2. Vol. 46. Part 1. P. 117.
7. *Polterovich V.M.* Institutsional'nye lovushki: est' li vykhod?// Obshchestvennye nauki i sovremennost' [Institutional traps: whether there is an exit?// Social studies and the present]. 2004. No. 3. P. 5.
8. *Itogi Vserossiiskoi perepisi naseleniya 2010 goda.* Respublika Komi: v 7 t. T.1: Chislennost', razmeshchenie, vozrastno-polovoi sostav naseleniya: stat. sb./ Territ. organ Federal. sluzhby gos.statistiki Resp. Komi (Komistat) [Results of the All-Russia 2010 population census. The Republic of Komi: in 7 volumes. Vol. 1: Number, placing, age-sex composition of the population: Statistical collection/ Territorial body of Federal Agency of the state statistics of the Republic of Komi (Komistat)]. Eds. V.P.Kutepov et al. Syktyvkar, 2012. 99 p.
9. *Lazhentsev V.N.* Territorial'noe razvitie: metodologiya i opyt regulirovaniya [Territorial development: methodology and regulation experience]. St.Petersburg: Nauka, 1996. 109 p.
10. *Barin rassudit? Otchayavshiesya pereselentsy iz Poingi reshili obratit'sya k Putinu.* [The barin will judge? The despaired immigrants from Poinga decided to address Putin]// Krasnoe znamya. 2013. December 26, No. 74. P. 8.
11. *Starodubrovskaya I.* Predostavlenie sotsial'nykh uslug na territoriyakh intensivnoi depolyatsii: est' li reshenie?// Voprosy ekonomiki [Granting of social services in territories of intensive depopulation: whether there is a decision?// Problems of Economy]. 2013. No. 11. P. 89-111.
12. *Marx K., Engels F.* Soch. [Collected works]. Vol. 23. P. 365.
13. *Glazyev S.Yu., Ivanter V.V., Makarov V.L., Nekipelov A.D. et al.* O strategii razvitiya ekonomiki Rossii: preprint [On the strategy of development of economy of Russia: preprint] / Ed. S.Yu. Glazyev. Moscow: Department of Social Sciences, RAS, 2011. P. 10.
14. *Tatarkin A.I., Kuklin A.A.* Izmenenie paradigmy issledovaniya ekonomicheskoi bezopasnosti regiona// Ekonomika regiona [Change of a paradigm of research of economic safety of the region// Region economy]. 2012. No. 2. P. 29.
15. *Poslanie Prezidenta Rossiiskoi Federatsii Federal'nomu Sobraniyu* [The message of the President of the Russian Federation to Federal Meeting]. December 12, 2013. URL:<http://www.kremlin.ru/news/19825>.

Статья поступила в редакцию 21.01.2014.

УДК 910

ГЕОГРАФИЯ И РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО*

В.Н. ЛАЖЕНЦЕВ

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

Аргументирована сложившаяся ситуация снижения роли географии как науки в организационной деятельности управленческих структур Русского географического общества (РГО). Автор подчеркивает, что и в организации самой географической науки есть немало проблем, которые следует рассматривать именно в рамках РГО, объединяющих различных специалистов, но решающих одну генеральную задачу оптимизации взаимосвязей между природой и обществом и формирования геосистем, удобных для жизни человека.

Ключевые слова: географическая наука, географическое образование, географическая практика, Русское географическое общество

V.N.LAZHENTSEV. GEOGRAPHY AND THE RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

Five theses on the given theme represent the response of the author to the current situation with decrease of the role of geography as science in organizational activity of administrative structures of the Russian Geographical Society which began to function mainly as a public organization on distribution of data about nature, about living conditions in various places of Russia, on development of tourism and patriotic education. Recognizing great importance of the above directions, nevertheless it is necessary to say that in the organization of the very geographical science there are many problems which should be considered within the limits of the Russian Geographical Society, uniting various experts, but solving one general problem of optimization of interrelations between nature and the society and formation of the geosystems convenient for human life.

Keywords: Geographical science, geographical formation, geographical practice, Russian Geographical Society

Связь науки и общественно-политической деятельности иногда приобретает утрированный волновой характер. Это вызвано как объективной необходимостью актуализации определенных процессов (модернизации экономики, технологических и социальных инноваций, освоения арктических территорий, реализации крупных народнохозяйственных проектов), так и субъективными представлениями о методах формирования общественного мнения относительно имиджа тех или иных властных структур.

Активизация деятельности Русского географического общества (РГО) в последние годы обусловлена главным образом инициативами Президента Российской Федерации, председателя Попечительского совета РГО В.В. Путина и министра обороны, Президента РГО С.К. Шойгу по развитию географической культуры граждан нашей страны, в первую очередь, молодежи. Правоммерно подчер-

кивается значение патриотического воспитания, распространения различных сведений о природе и обществе России, возвышения места и роли нашей Родины в мировом сообществе.

Ориентация на всестороннее знание родной земли и истории Отечества отчетливо выражается в грантовой политике дирекции РГО. Так, в 2014 г. приоритетными были темы: «Единство России в многообразии: многонациональность, многоконфессиональность и культурное разнообразие», «Арктика: жизнь, быт и промыслы коренных народов Севера, экологическая безопасность, текущий уровень загрязнения и очистка региона, сценарии климатических изменений, биоразнообразие, промышленное освоение», «70-летие Победы в Великой Отечественной войне», «Олимпийское наследие», «Сохранение, изучение и защита редких видов животных: амурского тигра, дальневосточного леопарда, ирбиса, белухи и белого медведя». Поддержаны грантами проекты, направленные на популяризацию известных российских деятелей в области науки, в первую очередь, географии, культуры и истории, а также научно-просветительские

* Составлено на основе доклада автора на VII Географических чтениях им. проф. В.А. Витязевой. 8 апреля 2015 г. Сыктывкар: Коми республиканское отделение Русского географического общества.

проекты, рассчитанные на детскую аудиторию. Особо выделено направление по изучению и пропаганде природного богатства Байкала, Камчатки, Эльбруса и др. Приветствуется экологический туризм, путешествия и экспедиции. Аналогичная тематика характерна и для региональных отделений РГО. Вслед за инициативами Центра руководители субъектов Федерации также стали принимать активное участие в организации различного рода общественных мероприятий и освещении их от лица географии в средствах массовой информации.

Каждый человек, наблюдающий за активной деятельностью РГО и его руководителей, безусловно, оценивает ее (деятельность) как успешную и весьма полезную. Однако среди географов, профессионально занимающихся преподавательской, исследовательской и проектной работой, возникает вопрос: как эта разнонаправленность соотносится с самой географической наукой (?) и естественное пожелание: наряду с многочисленными направлениями деятельности РГО нельзя забывать и о его научном предназначении.

Тематику деятельности РГО необходимо формировать с учётом достижений географии и наличия научно-методологических проблем в изучении пространственной соразмерности и взаимообусловленности природных и общественных процессов. «Стержнем» современной географии является изучение и проектирование (планирование) природно-хозяйственных систем.

Чтобы укрепить позиции РГО в научно-исследовательской и экспертологической работе, надо помнить, что оно (общество) изначально состоит при Российской академии наук, как и ещё 25 научных обществ, в которых на первом плане находятся вопросы проведения и координации научных исследований, критической оценки полученных результатов. В традициях РГО, которое было создано в 1845 г. с целью «...собрать и направить лучшие молодые силы России на всестороннее изучение родной земли» [1], – внимательное отношение к формированию тематики и программ географической деятельности, в том числе и экспедиций, с учетом достижений мировой науки о взаимосвязях в пространственных системах «природа–население–хозяйство».^{**} Отступать от такой традиции, как

нам представляется, не следует, тем более, что речь идет не только о систематизации накопленных знаний, но и о преемственности поколений географов [2].

РГО, как задумывалось и в царские, и советские времена, является организацией, наиболее приспособленной для обсуждения и решения теоретических и методологических проблем, синтеза мнений представителей географических факультетов университетов, научно-исследовательских и проектных институтов, практиков территориального планирования. Особого внимания заслуживают давно поставленные вопросы о целостности географии, а теперь и о ее сохранении, экспериментально-преобразовательном характере географической деятельности и совершенствовании географического образования.

Были времена солидарного понимания сущности предметного содержания географии «как науки о законах развития пространственно-временных систем, формирующихся на земной поверхности (в масштабе, позволяющем представить их на общегеографических и тематических картах) в процессе взаимодействия природы и общества, о методах регулирования этих систем и управления ими» [3, с.11]. Согласие наблюдалось и в оценке конструктивизма географии: не только описание, но преобразование [4].

Такое понимание нерасчлененной и целенаправленной на улучшение условий жизни людей географии необходимо хотя бы для того, чтобы грамотно и сопряженно проводить инженерно-геологический, геофизический, медико-биологический и социально-экономический мониторинг проблемных земельных участков селитебной и промышленной местности с учетом метаболизма (внутренних перемещений вещества и энергии) фаций, урочищ и других физико-географических единиц, формировать реестр промышленных, инновационно-технологических, жилых и рекреационных площадок с оценкой «функций мест», заданных самой природой и накопленной материальной и духовной культурой. Важно также усилить конструктивную роль территориального планирования; это возможно только путем его географизации, включая природно-хозяйственное районирование и разработку для каждого выделенного на научной основе района комплекса хозяйственных мероприятий. При этом

^{**} Когда мы говорим о мировой географической науке, то имеем в виду не только классические учения зарубежных авторов (от А. Гумбольдта и К. Риттера до У. Дейвиса, А. Вебера, В. Кристаллера, А. Лёша, У. Айзарда, В. Бунге, Д. Харви и многих др.), но, прежде всего, научное наследие отечественных учёных: Д.Н. Анучина (общая география, антропология и этнография), Д.П. Арманда (ландшафтоведение и научные основы охраны окружающей среды), Л.С. Берга (зональное физико-географическое районирование и ландшафтоведение), А.А. Борзова (общая география и картография), Н.И. Вавилова (география растений и генетика), В.И. Вернадского (учение о био- и ноосферах), И.П. Герасимова (конструктивная география), А.А. Григорьева (учение о типах физико-географической среды), Л.Н. Гумилёва (учение об этногенезе и биосфере Земли), В.В. Докучаева (почвообразование в общей системе географических процессов, создание русской ландшафтной школы), С.В. Калесника (землеведение), В.С. Преображенского (методология комплексных географических исследований), В.Б. Сочавы (учение о геосистемах), В.Н. Сука-

чёва (учение о биогеоценозах), А.Е. Ферсмана (учение о геохимических узлах и районах минералообразования), В.А. Анучина (изучение влияния географического фактора на развитие общества), М.К. Бандмана (наука о программно-целевых ТПК), Н.Н. Баранского (общая география и методика преподавания географии), А.Г. Гранберга (математическое моделирование пространственно-экономических систем), Н.Н. Колосовского (экономическое районирование и формирование территориально-производственных комплексов), И.В. Комара (научная трактовка природно-ресурсных циклов), К.П. Космачёва (географическая экспертология), А.А. Минца (географические основы организации природопользования), В.В. Покишевского (география населения), Ю.Г. Саушкина (теоретическая география и природно-хозяйственное районирование), В.М. Четыркина (проблемный подход к экономическому районированию) и многих др.

следовало бы соблюдать принцип пространственной соразмерности между природными и социально-экономическими системами, что предполагает включение в модели общественного воспроизводства стоимостных оценок территориальных сочетаний природных ресурсов и условий, а также экологической функции ландшафтов.

Вместе с тем, сами географы, имеющие высокий авторитет в научном сообществе, признают, что география продолжает быстрее дифференцироваться, чем интегрироваться. Мы всё ещё имеем «расплывшуюся во все стороны географию» (слова В.В. Докучаева), а это опасно как для самой географической науки, так и для практики рационального природопользования и территориальной организации общества. Такого рода опасности усиливаются неопределенностью существующих ныне позиций относительно не только целостности (нерасчлененности) географии, но и ее частных научных дисциплин, постепенным «размыванием» географических дисциплин и подменой их смежными отраслями знаний.

Еще раз подчеркнем: РГО, как подразделение при РАН, могло бы сыграть роль «площадки» для рассмотрения теоретико-методологических основ интеграции географических дисциплин и «внедрения» географического метода исследований во многие другие науки. В этой связи уместно напомнить одну из законодательных формулировок, касающейся РАН: «Целями деятельности Российской академии наук являются: проведение и развитие фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований, направленных на получение новых знаний о законах развития природы, общества, человека и способствующих технологическому, экономическому, социальному и духовному развитию России»[5]. Это относится и к Русскому географическому обществу.

Новизна современной географии заключается в научном объяснении социальной функции геосферы, первостепенной роли исторических приобретений (включая разнообразие природных и культурных ландшафтов) и интеллектуальных ресурсов в размещении производительных сил.

Ситуация в обществе меняется, как говорится, на глазах. Географические формы организации хозяйства вроде те же (концентрация, специализация, комбинирование, кооперирование, интеграция), но содержание их становится совершенно другим. Теперь решающую роль играет территориальная концентрация знаний и инноваций; страны и регионы во все большей мере специализируются в силу исторических накоплений; пространственно комбинируются интеллектуальные возможности специалистов, происходит их кооперирование в рамках территориальных кластеров с решением конкретных проблем инновационного развития; межстрановая и межрегиональная интеграция все более осуществляется как управляемая взаимосвязь разнообразных сфер деятельности. Огромную роль стали играть людские, денежные и информационные потоки, а также высокая мобиль-

ность организационных структур управления, усиление попутного эффекта от одного вида деятельности для ряда других видов и, соответственно, взаимообусловленности размещения объектов и субъектов хозяйственной деятельности [6, 7].

Кроме того, следовало бы учесть актуальность тематики «география и рынок». Рыночное пространство, как общественная данность, едино, но оно многослойно; рынок отдельных видов продукции и услуг имеет свои границы конкурентной и монопольной среды. Роль экономико-географического положения предприятий, как фактора хозяйственной деятельности, возрастает потому, что их руководители (уже без Госплана и Госснаба) должны ежедневно сверяться с окружающей рыночной средой. Для этого им необходимо иметь оперативные экономические карты, отражающие состояние факторов и условий производства, вновь возникающих возможностей и угроз.

Географический конструктивизм и географическая новизна не должны выпадать из поля зрения РГО.

География нацелена на формирование географического мышления человека. Человек должен уметь позиционировать себя одновременно в различных пространствах: природных, социальных, экономических, этнокультурных, политических, духовных и др. Не только позиционировать, но и защищать свои пространственные права.

Иначе возможны серьезные ошибки в выборе профессии и трудоустройстве, организации домашнего хозяйства и бизнеса, в определении своей гражданской позиции относительно территориально-административного и политического устройства государства. Полезно понимать содержание таких абстрактных понятий, как «единое экономическое пространство», «приватизированное пространство», «пространственное поведение».

Географическое мышление подкрепляется специальными измерениями земного пространства. Его измеряют транспортными затратами (изокостами), временем в пути и скоростью оборота экономических ресурсов (изохронами) и др. Вполне понятно значение экономической оценки расстояний (далеко – близко; вспомним поговорку: «за морем телушка – полушка, да рубль – перевоз»), расчетов плотности размещения объектов, степени их разобщенности, сопряженности и проницаемости. Все более возрастает внимание человека к территории как к базису своей жизнедеятельности и экономическому ресурсу. Это внимание особенно значимо в ведении домашнего хозяйства не только на селе, но и в городе, что обусловлено необходимостью «привязки к месту» домостроений, дворовых территорий, коммунальных сетей, дачных участков и многих других объектов социально-бытовой инфраструктуры. Территория стала центральным звеном организации соседских общин (территориального общественного самоуправления). Они занимают планировкой и благоустройством своего пространства, ландшафтной архитектурой, утилизацией отходов, культурными и спортивными меро-

приятными, сохранением красивых мест, защитой прав членов общины, рассмотрением спорных вопросов, договорными отношениями с организациями ЖКХ, муниципалитетами и предприятиями. Именно так география становится, по словам Н.Н.Баранского, «общенародной наукой» (цит. по: 3, с.268).

В России, в том числе и в Республике Коми, географическое образование, географические исследования и географическая практика должным образом не организованы.

Если судить о географическом образовании в школе по вопросам тестов при сдаче ЕГЭ, то можно подумать, что география сводится к заучиванию разного рода номенклатуры, названий объектов, расположенных в той или иной стране или регионе. Но есть основания для более оптимистичных суждений, например, содержание журнала «География в школе» или «Энциклопедия для детей: Т.3. География» (М., 1994). В первом примере хорошо просматривается профессионализм преподавателей-географов, умеющих применить научный подход к объяснению причин разнообразия окружающей человека природы и результатов его труда^{***}; во втором – сам факт величия Географии, ее диалектики, заключающейся в переходе от открытий земель, морей и океанов к открытиям сложного устройства географических комплексов, соединяющих в себе миры камня, почвы, воздуха, воды, живых организмов и представляющих собой определенные предпосылки для жизнедеятельности человека и общества.

Другой образовательный журнал – «География» – дает относительно полное представление о том, на что следовало бы ориентироваться при подготовке географических курсов в вузах, а именно, на научное объяснение механизмов пространственно-временных перемещений и концентрации природных веществ, растительности и животных, товаров, услуг, людей и их знаний; на конструирование природно-технических и других территориальных и акваториальных хозяйственных систем в соответствии с естественно-историческими закономерностями взаимообусловленного развития природы и общества. Это является стержнем географического образования, на который «наназываются» частные дисциплины: геоморфология, гидрология, геоботаника, экология (в её первозданном значении как науки, изучающей взаимодействия в системе «хозяин – дом»), демография, региональная экономика, геоинформатика и другие в том объеме, который необходим для подготовки именно Географа, а не кого-то другого.

^{***} Примером такого творческого подхода к преподаванию географии является Сыктывкарская школа №36 с углубленным изучением отдельных предметов, где успешно функционирует кафедра географии. О новых подходах к системному объяснению взаимосвязи природы и общества рассказала Т.В. Мартынова в своем докладе на VII Географических чтениях (г.Сыктывкар, 8 апреля 2015 г.). Здесь же В.А. Камашевым был представлен весьма интересный опыт ТЦ «Вымпел» в г. Сосногорске Республики Коми обучения географии непосредственно в экспедициях школьников. Однако таких примеров крайне мало.

На географию нападают критики с обвинениями в ее невостребованности и необходимости замены физической географии геоэкологией, а социально-экономической географии регионоведением, региональной экономикой или еще чем-нибудь. Это все приходящее... Уже в настоящее время (а тем более в перспективе) явно прослеживается актуальность геосистемной организации определенных видов деятельности, особенно – природопользования, территориального планирования и градостроительства, территориальной организации производства, транспорта и социальной инфраструктуры, туризма и зон рекреации. Без географии в таких делах никак нельзя, конечно, если она сама правильно организована [8].

Как представляется автору, в институте естественных наук Сыктывкарского государственного университета следовало бы создать кафедру географии и установить ее тесную связь с педагогическим институтом того же университета, где необходимо усилить «теорию и методику преподавания географии», и с теми институтами и факультетами, где географические знания полезны, например, при преподавании демографии, этнографии, культурологии, региональной экономики и территориального управления. В условиях дефицита квалифицированных преподавателей сделать это весьма сложно; требуется время на подготовку докторов и кандидатов географических наук. Но организовать курс теоретической и прикладной географии (общий для всего института естественных наук) можно уже в ближайшее время. Географические основы лесоводства – потенциальный предмет преподавания в Сыктывкарском лесном институте, а проектирование природно-технических комплексов – в Ухтинском государственном техническом университете.

Организация географической науки в академическом научном центре не может быть ограничена географической «окраской» геологии, биологии, физиологии, химии, математики, истории и экономики. Необходима География как таковая!

В рекомендациях съездов РГО неоднократно предлагалось региональным академическим центрам создать географические подразделения (лаборатории, отделы, институты). Однако должной реакции со стороны центров не последовало.

Пример Коми НЦ УрО РАН показывает, что в многообразной геологической тематике существенное место занимают исследования в области тектоники, геофизики, геохимии, геоморфологии, палеогеографии, нацеленные, в том числе на познание закономерностей минералообразования в локальных и региональных структурах недр, что служит основанием для геолого-экономического районирования и выделения практически значимых территориальных сочетаний минеральных ресурсов. Биологи внесли существенный вклад в выявление закономерностей формирования геобiocенозов тундры и тайги, понимание которых способствует рациональной организации сельского и промыслового хозяйства. Специалисты особо выделяют успехи Института биологии Коми НЦ в части изу-

чения географии почв, геоботаники, ихтиологии, орнитологии, лесоведения и лесо-экономического районирования. Среди достижений физиологов отметим результаты исследований в области медицинской географии, используемых в организации здравоохранения с учетом сложных и экстремальных природно-климатических условий. Разработка химических технологий ориентирована на разнообразие растительных ресурсов Севера и их биологические характеристики; сопряженный анализ свойств природных и искусственных материалов во многом предопределяет будущий производственный профиль Республики Коми. Наряду с теоретическими физико-математическими исследованиями проводится прикладной математический анализ, например, сезонных гидрологических режимов северных рек. Весьма интересными и полезными являются научные труды, раскрывающие значение климатического фактора в демографической динамике, заселении и расселении людей на Европейском Севере. Общественная география представлена в Институте социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ по направлениям демографии и расселения населения, природно-ресурсной экономики, территориальной организации хозяйства [9].

Однако примеров системного изложения знаний о природе, населении, хозяйстве и культуре крайне мало. Можно указать лишь на Атлас Республики Коми [10], в котором прослеживается пространственная взаимосвязь между отдельными элементами живой и неживой природы в границах природно-территориальных комплексов тундровых, лесотундровых и таежных равнин, предгорий и гор, а также отражено влияние природно-климатических условий на человека и хозяйство.

В стратегии развития Коми НЦ УрО РАН надо учесть, что только при фундаментальном развитии географии можно получить научные результаты, позволяющие практически правильно проводить геополитику и региональную политику, комплексное и отраслевое районирование, территориальное планирование, формировать региональную и муниципальную экономику и статистику, развивать геоинформатику и картографию, районное и ландшафтное проектирование, проводить экологическую экспертизу. Делать это необходимо с широким привлечением членов РГО, но обязательно на научной основе.

Настоящая статья носит рекомендательный характер и отражает убежденность автора в необходимости развития на Европейском Севере физической, социально-экономической и общей (единой) географии. Именно такая ориентация первоначально определила содержание основных номинаций на гранты в деятельности Коми республиканского отделения РГО и его Попечительского совета на среднесрочную перспективу. Среди них: проведение теоретических и прикладных научных исследований в области географии; устойчивое развитие территорий; использование новейших технологий в географических исследованиях; природоохранная

деятельность; краеведение; сохранение этнографического, исторического и культурного наследия Республики Коми; эколого-географическое образование и просвещение; популяризация географических знаний; организация экспедиций и путешествий, отвечающих целям и задачам Русского географического общества; молодежные и школьные эколого-географические проекты (экспедиции, конференции, конкурсы); издательские проекты. В данном перечне, как нам представляется, удачно сочетается научная и общественная деятельность РГО. Чтобы усилить ее научную составляющую, необходимо конструктивно подойти к организации географического образования и геосистемных исследований.

Литература

1. *Русское географическое общество* / <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. *Исаченко А.Г.* История географической науки как эстафеты поколений ученых // *Известия РГО*. 2012. Т.144. Вып. 1. С. 3 – 16; Вып. 2. С.1 – 18.
3. *Саушкин Ю.Г.* Географическая наука в прошлом, настоящем, будущем. М.: Просвещение, 1980. 269 с.
4. *Герасимов И.П.* Советская конструктивная география: Задачи, подходы, результаты. М.: Наука, 1976. 208 с.
5. *Федеральный закон РФ от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»* (Ст. 6).
6. *Новый взгляд на экономическую географию. Обзор. Доклад о мировом развитии-2009.* Вашингтон: Всемирный банк, 2009. 33 с. (Веб – сайт: www.worldbank.org Электронная почта: feedback@worldbank.org)
7. *Пилисов А.Н.* Новая экономическая география (НЭГ) и ее потенциал для изучения размещения производительных сил России // *Региональные исследования*. 2011. №1. С. 4–31.
8. *Сычев О.* Географические специальности // *Абитуриент*. 2008. № 7. http://www.proforientator.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=132:2009-11-19-20-16-48&catid=21:2009-11-13-21-14-09
9. *Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук (1944 – 2014).* Сыктывкар, 2014. 156 с. (Коми научный центр УрО РАН).
10. *Атлас Республики Коми.* М.: Феория, 2011. 448 с.

References

1. *Russkoe geograficheskoe obshchestvo* [Russian Geographical Society] / <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. *Isachenko A.G.* Istoriya geograficheskoi nauki kak estafeta pokolenii uchenykh // *Izvestiya RGO* [History of geographical science as succession of generations of scientists // *Transactions of the Russian Geographical Society*. 2012. Vol. 144. Issue 1. P. 3-16; Issue 2. P. 1-18.

3. *Saushkin Yu.G.* Geograficheskaya nauka v proshlom, nastoyashchem, budushchem. M.: Prosveshchenie [Geographical science in the past, present, future]. Moscow: Education, 1980. 269 p.
4. *Gerasimov I.P.* Sovetskaya konstruktivnaya geografiyaZh zadachi, podkhody, rezul'taty [The Soviet constructive geography: problems, approaches, results]. Moscow: Nauka, 1976. 208 p.
5. *Federal'nyi zakon RF* ot 27 sentyabrya 2013g. № 253-FZ "O Rossiiskoi akademii nauk, reorganizatsii gosudarstvennykh akademii nauk i vnesenii izmenenii v otchel'nye zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii (St. 6) [The federal law of the Russian Federation of September 27, 2013 № 253-FZ "About the Russian Academy of Sciences, reorganization of the state academies of sciences and modification of separate acts of the Russian Federation (Article 6)].
6. *Novyi vzglyad na ekonomicheskuyu geografiyu. Obzor. Doklad o mirovom razvitii - 2009.* Vashington: Vsemirnyi bank, 2009 [New view on economic geography. The review. The report on world development - 2009. Washington: the World bank, 2009]. 33 p. (Website: www.worldbank.org E-mail: feedback@worldbank.org)
7. *Pilyasov A.N.* Novaya ekonomicheskaya geografiya i ee potenuiad dlya izucheniya razmeshcheniya proizvoditel'nykh sil Rossii// Regional'nye issledovaniya [New economic geography and its potential for studying the placement of productive forces of Russia// Regional researches]. 2011. No. 1. P. 4-31.
8. *Sychev O.* Geograficheskie spetsial'nosti// "Abiturient" [Geographical specialities// "The entrant"]. 2008. No. 7. http://www.proforientator.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=13_2:2009-11-19-20-16-48&catid=21:2009-11-13-21-14-09
9. *Komi nauchnyi tsentr Ural'skogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk (1944-2014)* [Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences (1944-2014)]. Syktyvkar, 2014. 156 p. (Komi Science Centre, Ural Branch, RAS).
10. *Atlas Respubliki Komi.* [Atlas of the Komi Republic]. Moscow: Feoriya, 2011. 448 p.

Статья поступила в редакцию 10.03.2015.

УДК 314:330.59-057.75(470-17)

УРОВЕНЬ ЖИЗНИ ПЕНСИОНЕРОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ: ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ И СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ

Л.А. ПОПОВА, Е.Н. ЗОРИНА

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

Статья посвящена оценке уровня жизни людей пенсионного возраста в Республике Коми. Рассмотрены тенденции среднего размера пенсии по возрасту в сравнении с динамикой инфляции потребительских цен, соотношения пенсии со средней заработной платой работающих и прожиточным минимумом пенсионера в Российской Федерации и Республике Коми. На материалах социологического обследования «Проблемы третьего возраста» раскрыты субъективные оценки уровня жизни, источники дохода и характер занятости людей пенсионного возраста.

Ключевые слова: Республика Коми, постарение населения, пенсия, прожиточный минимум, доходы, субъективные оценки уровня жизни

L.A. POPOVA, Ye.N. ZORINA. LIVING STANDARD OF PENSIONERS OF THE KOMI REPUBLIC: DYNAMICS OF INDICATORS AND SUBJECTIVE ESTIMATES

The paper deals with the estimation of the living standard of retirement age people in the Komi Republic. In conditions of acceleration of ageing of the country population, going by especially considerable rates in the North, this theme is of great interest.

The tendencies of the average level of retirement pension in comparison with dynamics of consumer prices inflation, correlation of pension with average wages of working people and the living wage of a pensioner in the Russian Federation and the Komi Republic are considered. The dynamics of pension security indicators testifies to increase of the living standard of the Russian pensioners. With that, in the 2000-s there was more significant improvement of situation in the Komi Republic.

On materials of sociological research “The problems of the third age” the subjective estimates of living standard, sources of income and character of occupation of the people of retirement age were revealed. Subjective estimates comply with objective data: elderly people on the average do not feel themselves so poor as is often considered. About two-thirds of respondents have estimated the level of incomes as sufficient and acceptable. At the same time the share of working pensioners is increasing. In our opinion, this is the consequence of increased activity of the population of the third age, the reflection of their desire to realize their resource potential more fully. The most significant determinants for labor and public activity of elderly people are the age, level and attitude to education.

Keywords: the Komi Republic, ageing of the population, pension, living wage, income, subjective estimates of living standard

Введение

Демографическое старение, т.е. увеличение в составе населения удельного веса старших возрастов, является одним из глобальных вызовов современности. Его не избежит ни одна страна. В России доля населения старше трудоспособного возраста к началу 2014 г. составила 23,5% [1], повысившись за последние полвека в два с лишним раза. В силу ряда причин темпы постарения заметно ускорились. В условиях роста ожидаемой про-

должительности жизни российского населения, которая достигла максимальных значений за всю историю (в 2013 г. 70,8 лет для всего населения, 65,1 – для мужчин и 76,3 – для женщин [1]), Россия приближается к модели демографического старения, характерной для промышленно развитых стран, в которых население стареет как «снизу» – из-за невысокой рождаемости, так и «сверху» – вследствие дальнейшего увеличения продолжительности жизни.

В Республике Коми четверть века назад доля населения в возрасте старше трудоспособного бы-

ла практически в два раза ниже, чем в среднем по России: в 1989 г. 9,9 и 18,5%, соответственно [2]. Со второй половины 1980-х гг. для Коми характерно устойчивое отрицательное миграционное сальдо, обуславливающее повышенные темпы демографического старения. В результате этого постепенно происходит сближение уровня постарения населения республики с общероссийским. К началу 2014 г. удельный вес лиц пенсионного возраста достиг 19,7, а в сельской местности – 22,2%, т.е. 20 %-ный порог старости на селе уже превышен. При этом в Республике Коми, как в северном регионе, повсеместно применяется льготный возраст выхода на пенсию (50 лет для женщин, 55 – для мужчин). С учетом этого в 2014 г. 27,7% жителей республики [1] по возрасту являются пенсионерами (отметим, что в официальных документах употребляется формулировка «пенсионер по старости», мы предлагаем называть их «трудовыми пенсионерами по возрасту», считая такое определение более корректным). 26,5% горожан и 31,7% жителей сельской местности старше возраста, который для одних означает прекращение трудовой деятельности, для других – появление наряду с зарплатой нового стабильного источника доходов. И в том, и в другом случае происходит изменение статуса человека по источникам и уровню доходов.

Реальный рост числа и доли людей пенсионного возраста чрезвычайно актуализирует вопросы активного и благополучного долголетия. Среди них не только состояние здоровья населения старшего возраста, но и качество жизни, соблюдение прав пожилых людей в разных сферах, их включенность в социум, возможности трудовой активности, проблемы социального самочувствия и пр. И, конечно же, важнейшими индикаторами благополучия людей пенсионного возраста являются уровень доходов и его субъективная оценка, которая во многом определяет их социальное самочувствие.

Тенденции уровня пенсионного обеспечения

Прежде всего, рассмотрим динамику среднего уровня трудовой пенсии по возрасту и сравним темпы роста пенсии со средней инфляцией потребительских цен. С начала 2000 г. по конец 2013 г. средняя пенсия увеличилась в стране в 19,6 раз [3]. В результате разрыв в размере российских пенсий с пенсиями в промышленно развитых странах сократился от 50 до двух–четырех раз, вполне пристойных даже без учета разного уровня цен. В Республике Коми, как и в большинстве северных регионов (за исключением Тывы), размер пенсии по возрасту закономерно выше общероссийского. В 2000-х гг. превышение нарастает (рис. 1). За 2000–2013 гг. средняя пенсия увеличилась в Коми в 21,2 раза. Если на начало 2000 г. средний размер трудовой пенсии в Коми был больше общероссийского уровня на 17,0%, то на конец 2013 г. он стал выше на 26,8% [3–5].

При этом Россия является лидером по размеру пенсий на постсоветском пространстве. В абсолютных цифрах нашим показателям соответствует только Прибалтика, однако значительно более до-

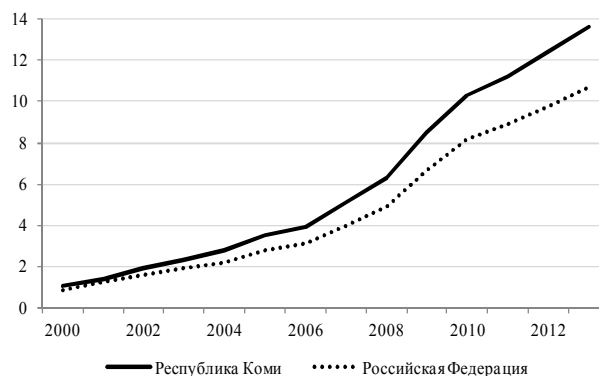


Рис. 1. Динамика среднего размера трудовой пенсии по возрасту (на конец года), тыс. руб. [3].

рогая «коммуналка» оставляет балтийским пенсионерам гораздо меньше денег на жизнь, чем они могли бы сохранить в России. Российские пенсии в 2000-х гг. росли в два раза быстрее средней инфляции потребительских цен (рис. 2). В последние годы темп их роста несколько замедлился, но продолжает оставаться выше инфляции. К настоящему времени катастрофа пенсионного обеспечения 1990-х гг. в стране в целом преодолена.

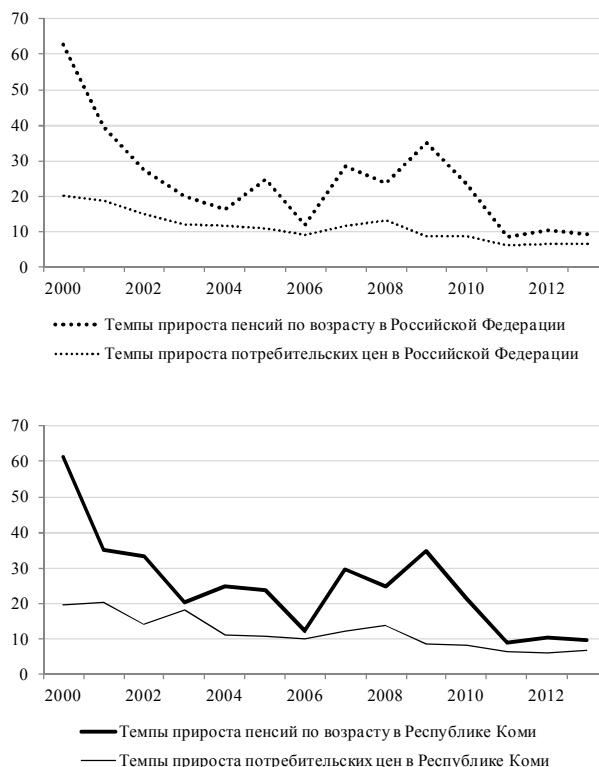


Рис. 2. Динамика темпов прироста среднего размера трудовой пенсии по возрасту и темпов прироста потребительских цен в Российской Федерации и Республике Коми, % [3].

В последние годы средняя пенсия по возрасту составляет в России 36–39% заработной платы работников организаций [3]. Уровень пенсионного обеспечения пожилых людей после снижения в первой половине 2000-х гг. вновь достаточно близок к минимальному уровню, рекомендованному в

экономически развитых странах. По нормативам Европейского Союза, например, пенсия по возрасту не может быть менее 40% от средней зарплаты простого рабочего. В большинстве северных территорий, особенно в добывающих регионах с высокой зарплатой, это соотношение хуже. В Ханты-Мансийском, Ямало-Ненецком, Ненецком и Чукотском автономных округах и Сахалинской области оно не достигает 30%. В Магаданской области, Якутии и Камчатском крае составляет 30–36%. В Республике Коми, как и в Мурманской области, в последние годы на общероссийском уровне, в то время как в начале 2000-х гг. отставало довольно сильно (рис. 3). Лишь в Тыве, Архангельской области и Карелии соотношение пенсии и зарплаты превышает пропорции в целом по стране. Однако во многом это связано с невысоким уровнем заработной платы в указанных регионах, т.е. хорошее соотношение размера пенсии со средней заработной платой в регионе не является неоспоримым доказательством высокого уровня жизни пенсионеров. Но, с другой стороны, средняя зарплата достаточно сильно определяет региональный уровень цен на основные товары.

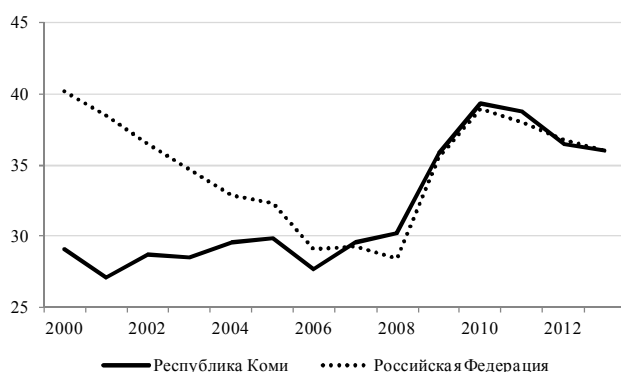


Рис. 3. Динамика соотношения среднего размера трудовой пенсии по возрасту со среднемесячной номинальной начисленной заработной платой работников организаций, % [3].

На наш взгляд, наиболее точно благополучие материального положения пенсионеров отражает соотношение размера пенсии с уровнем прожиточного минимума пенсионера. В последнее десятилетие прослеживается положительный тренд этого показателя (рис. 4). Если в 2000 г. средняя пенсия в России была меньше прожиточного минимума пенсионера на 7,1%, то в конце 2012 г. она превысила прожиточный минимум на 85,4% [5]. В течение 2013 г. соотношение заметно ухудшилось (до 77,9%), но в целом за последние годы трудовая пенсия по возрасту на 75–85% опережает прожиточный минимум российского пенсионера.

В Карелии эта цифра стабильно выше. В Республике Коми так же, как в Архангельской области, Ямало-Ненецком и Чукотском автономных округах, данное соотношение близко к общероссийскому. В остальных северных субъектах превышение средней пенсией прожиточного минимума пенсионера составляет от 30 до 70%. Т.е. в большинстве север-

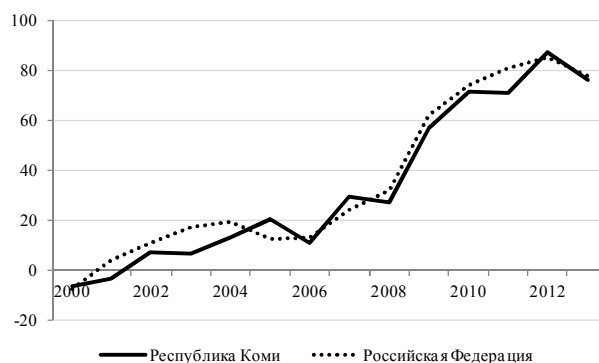


Рис. 4. Превышение средним размером трудовой пенсии по возрасту уровня прожиточного минимума пенсионера, % [3].

ных территорий, и особенно в богатых сырьевых регионах, материальное положение пенсионеров следует оценивать как более неблагоприятное на фоне общей дороговизны жизни.

Таким образом, динамика среднего размера пенсии по возрасту в сравнении с темпами инфляции потребительских цен, соотношения пенсии со средней заработной платой работающих и величиной прожиточного минимума пенсионера отражает рост уровня жизни российских пенсионеров, в том числе и неработающих. В Республике Коми улучшение пенсионного обеспечения более существенное, чем в среднем по стране. При этом повсеместно наблюдается повышение доли работающих пенсионеров. В 2000-х гг. процент работающих в общей численности пенсионеров вырос в России с 16 до 39% [3], в Коми – с 30 до 50% [6]. С одной стороны, это можно интерпретировать как следствие возрастания потребностей в условиях улучшения условий жизни, а с другой – как результат активизации населения третьего возраста, желания полнее реализовать свой ресурсный потенциал. Одним из способов проверки этих гипотез может быть субъективная оценка людьми пенсионного возраста уровня своих доходов.

Субъективные оценки пенсионерами уровня доходов

С целью исследования уровня и характера доходов, социального самочувствия и ресурсного потенциала северных пенсионеров в 2013 г. нами было проведено социологическое обследование «Проблемы третьего возраста». Всего было опрошено 932 чел. в возрасте 55 лет и старше. В целом выборка (подробно она описана в монографии [7]) оказалась достаточно удачной, сильного рассогласования массива опрошенных с генеральной совокупностью населения республики старше 55 лет нет. Поэтому результаты обследования, с учетом при их интерпретации особенностей выборки (несколько повышенный процент лиц с начальным профессиональным образованием, сельского населения и женщин, а также меньший процент работающих пенсионеров), являются вполне репрезентативными.

Прежде всего, следует отметить, что обследование продемонстрировало оптимистичный в целом настрой у населения старшего возраста. Практически по всем группам вопросов преобладают средние или позитивные ответы. Даже в субъективной оценке уровня своих доходов, вопреки сложившимся стереотипам, что пенсионеры живут в крайней нищете и все время жалуются на нехватку средств, преобладает вариант «Денег достаточно для приобретения необходимых продуктов, одежды» – так считают 54,4% респондентов (табл. 1). Более четверти опрошенных (26,3%) ответили, что «Денег хватает только на покупку продуктов питания», а 4,7% – что «Денег не хватает даже на продукты питания». В то же время 11,3% людей пенсионного возраста отметили, что доходы позволяют им ни в чем себе не отказывать. В варианте «Другое», в который вписали свои ответы 30 чел., преобладают ответы ближе к вариантам «Денег хватает только на покупку продуктов питания» (с примечанием, что их хватает еще и на коммунальные расходы или на лекарства) и «Денег не хватает даже на продукты питания». Но шесть ответов в городской местности можно отнести к варианту «Денег достаточно, чтобы ни в чем себе не отказывать».

Таблица 1

**Распределение ответов на вопрос
«Как Вы оцениваете уровень Ваших доходов?»**

Варианты ответов	Общий %
Денег достаточно, чтобы ни в чем себе не отказывать	11,3
Денег достаточно для приобретения необходимых продуктов, одежды	54,4
Денег хватает только на покупку продуктов питания	26,3
Денег не хватает даже на продукты питания	4,7
Другое	3,2
Нет ответа	0,1
Всего	100,0

Таким образом, около 12% опрошенных лиц пожилого возраста оценивают уровень доходов как достаточный, чтобы ни в чем себе не отказывать. Почти 55% – как приемлемый («Денег достаточно для приобретения необходимых продуктов, одежды»). Но практически третья часть пенсионеров оценивают свои доходы на уровне физиологического существования: только на продукты питания, и то с трудом.

Ниже всего субъективные оценки уровня своих доходов у людей от 65 до 80 лет, и особенно в группе 70–74 года. В более молодых возрастах, очевидно, большую позитивную роль играет наличие работы и доходов от нее, в старших – снижение потребностей. А после 80 лет также и увеличение пенсии: при достижении этого возраста ее фиксированный базовый размер увеличивается в два раза [8].

Тесная связь удовлетворенности пенсионеров своими доходами прослеживается с уровнем их образования. Как достаточные и приемлемые оценивают свои доходы 75% опрошенных с высшим

профессиональным и 68% со средним специальным образованием, что, безусловно, связано с их высокой востребованностью в экономике. У лиц с начальным профессиональным образованием и без специального образования удовлетворенность доходами на уровне ниже среднего по массиву (59 и 56%). Выше процент довольных доходами в городах (67% против 63 в сельской местности). Примерно такая же разница между мужчинами (69%) и женщинами (65%). Но эти различия практически в пределах статистической погрешности социологических измерений.

Как уже отмечалось, обследование показало, что примерно у третьей части пенсионеров доходов с трудом хватает лишь на продукты питания. Недостаточный в целом уровень материального обеспечения пенсионеров выявил и вопрос «Напишите, пожалуйста, какие проблемы больше всего волнуют лично Вас», который был задан в анкете в открытой форме. Безусловно, открытая формулировка вопроса имеет следствием значительный процент неответивших респондентов. Так, в нашем обследовании на этот вопрос ответило менее половины респондентов (48,7%: 454 человека из 932). Но с другой стороны, ответы, полученные на вопросы, свободные от подсказок интервьюера, требующие от опрашиваемого не просто выбрать готовый вариант, а подумать и самому сформулировать свое мнение, позволяют более достоверно обозначить проблемы, которые по-настоящему волнуют участников обследования.

Самыми распространенными, наряду с проблемами здоровья, оказались трудности, связанные с недостаточным уровнем доходов. В той или иной форме их отметили 35% ответивших на этот вопрос (17% всего массива). Еще 14% ответивших (7% опрошенных) указали дороговизну жизни (высокие цены на продукты, услуги ЖКХ, лекарства). Эти два варианта при кодировке учитывались как несовместимые альтернативы – соответственно, для 24% всех опрошенных пенсионеров материальные трудности и дороговизна ощущаются настолько остро, что расцениваются ими как главная личная проблема. Хотя на этот вопрос наиболее активно отвечали пенсионеры от 70 до 80 лет, больше всего материальные проблемы и дороговизна жизни волнуют молодых пенсионеров. Между мужчинами и женщинами, городом и селом разница несущественна. Менее других эти проблемы касаются пенсионеров с высшим профессиональным образованием, а также без специального образования.

Учитывая особенности выборочного массива, можно предположить, что оценка пенсионерами республики уровня своих доходов является еще более позитивной, чем показали результаты обследования, в котором около двух третей респондентов оценили размер доходов как достаточный и приемлемый. А материальные проблемы и дороговизну жизни в качестве главной личной проблемы, наоборот, расценивает меньший выявленного уровня (24%) процент людей пенсионного возраста. Таким образом, несмотря на не очень значительный размер пенсии, не достигающий пока минимального

уровня, рекомендованного в экономически развитых странах, люди пожилого возраста в среднем чувствуют себя не такими бедными, как это зачастую принято считать. В значительной степени это связано с тем, что практически все пенсионеры имеют дополнительные источники доходов.

Структура доходов людей пенсионного возраста

Почти пятая часть респондентов (19,5%) на вопрос о дополнительных доходах отметила «Ничего, кроме пенсии» (табл. 2), хотя всем пенсионерам положено, по меньшей мере, полное освобождение от налогов с пенсии. Государственные льготы являются самым распространенным вариантом ответа, однако их отметили только 38,1% опрошенных. Совершенно очевидно, что некоторые из льгот, например налоговые, не расцениваются пенсионерами в качестве дохода. Скорее всего, в этом вопросе участниками опроса учитывались только социальные доплаты к пенсии, субсидии на оплату ЖКУ и льготы ветеранам труда, которые ежемесячно поступают непосредственно на личный счет пенсионера.

Таблица 2

Распределение ответов на вопрос «Имеете ли Вы дополнительные источники дохода, кроме пенсии?»

Варианты ответов	Общий %
Ничего, кроме пенсии	19,5
Льготы от государства	38,1
Зарплата	33,9
Подработки время от времени	6,4
Помощь детей	14,8
Сбережения, проценты от банковского вклада	4,0
Проценты от акций, ценных бумаг	1,0
Доходы от аренды недвижимости	0,5
Помощь благотворительных организаций	0,6
Другое	2,7
Всего	121,5

Зарплату в вопросе о дополнительных доходах отметили около трети респондентов (33,9%), еще 6,4% – подработки время от времени. Таким образом, более 40% опрошенных людей пенсионного возраста имеют доходы от трудовой деятельности. Безусловно, доля работающих сильно зависит от возраста. В группе 55–59 лет работают почти 70% опрошенных: свыше 60% отметили зарплату, около 9% – подработки. В возрасте 60–64 года эти виды дополнительных доходов имеют примерно 45% респондентов (соответственно, 35 и 10%), в возрасте 65–69 лет – около 35% (28 и 7%). И даже в возрасте 70–74 года продолжают работать почти 15% участников опроса: 12% получают стабильную зарплату, а 3% периодически подрабатывают.

Такая же четкая связь трудовых дополнительных доходов прослеживается с уровнем образования. Работают две трети (66,5%) пенсионеров с высшим профессиональным образованием, в том

числе 55% отметили, что получают зарплату, а 11,5% подрабатывают время от времени. Из пенсионеров со средним профессиональным образованием заняты 44%: 38% получают зарплату, 6% работают от случая к случаю. Среди опрошенных с начальным профессиональным образованием работающих оказалось не более 27% (20 и 7%, соответственно), среди пожилых людей без специального образования – всего 14% (11 и 3%).

В два раза чаще стабильную работу имеют городские пенсионеры (40% против 20 на селе), что также весьма закономерно, как и тесная связь занятости с возрастом и образованием. Однако временные подработки в городе и селе распространены практически одинаково (по 6,5% опрошенных). Мужчины чаще женщин отмечают трудовые виды дополнительных доходов. Но разница не очень существенная. Причем по стабильной работе ее практически нет: зарплату отметили 33,8% женщин и 34,2 – мужчин. А вот подработки у мужчин распространены в два раза чаще: 10% против 5 у женщин.

Помощь детей в качестве дохода оценили 14,8% опрошенных. Очевидно, в этом случае речь идет о достаточно систематической материальной поддержке со стороны младших родственников. Заметно более распространенной она становится после 70 лет: в старших возрастах этот вид дополнительных доходов отметили 20–27% респондентов. Сбережения, проценты от банковских вкладов, акций, ценных бумаг, а также доходы от аренды недвижимости в совокупности указали только 5,5% опрошенных. Реально эта цифра может быть не более 4%, поскольку вопрос о дополнительных доходах предполагает совместимость альтернативных вариантов ответов, и один и тот же пожилой человек мог отметить все три варианта, связанных с наличием к старости некоего материального запаса в виде денежных накоплений или недвижимости. Помощь от благотворительных организаций получают 0,6% опрошенных. В варианте «Другое» 2,7% участников опроса указали доходы от личного подсобного хозяйства (и в сельской, и в городской местности), донорство, помощь родственникам, доход от продажи вязаных изделий, доход от своего бизнеса, дотации с последнего места работы, а также отраслевые надбавки к пенсии и участие в негосударственном пенсионном фонде.

Формы занятости населения старшего возраста

Высокий процент позитивных оценок размера доходов связан с тем, что уровень потребностей у людей старшего возраста, как правило, ниже, чем у молодежи. А у современных российских пенсионеров, прошедших через «лихие 90-е», сформировались очень скромные потребности. Но во многом это обусловлено и тем, что значительная часть пенсионеров продолжает трудовую деятельность. Как уже отмечалось, трудовые дополнительные доходы имеют 40,3% участников опроса: 33,9% указали зарплату и 6,4 – временные подработки (см. табл. 2). На прямой вопрос «Работаете ли Вы в настоящее время?» положительно ответили 35,5% респондентов. На вопрос, сформулированный бо-

лее детально, с конкретизацией характера занятости, ответили 36,4% опрошенных. Очевидно, в прямом вопросе оказались неуказанными случаи работы на дому и в приусадебном товарном хозяйстве, которые люди зачастую не склонны «без подсказки» оценивать в качестве работы. Соответственно, последняя цифра верней отражает уровень занятости участников опроса.

Большинство работающих пенсионеров заняты полную трудовую неделю по прежнему месту работы: 63% работающих респондентов, что составляет 23% всех опрошенных (табл. 3). Еще 7,4% трудятся на старом рабочем месте в рамках частичной занятости. Т.е. около 70% работающих участников опроса (или более четверти всех респондентов) трудятся на своих прежних рабочих местах. Почти 16% работающих респондентов заняты полную трудовую неделю на работе, куда обычно может устроиться пенсионер (вахтер, сторож, уборщица, гардеробщица и пр.), еще 5,3% трудятся на такой работе на часть ставки. 2,7% ответивших являются владельцами собственного бизнеса. Остальные 5,6% работают на дому, занимаются сетевым маркетингом, время от времени подрабатывают, работают вахтовым способом, но некоторые из них трудятся и по своей специальности в другой организации: на полную ставку или на часть.

Таблица 3

**Распределение ответов на вопрос
«Если Вы работаете, то как Вы можете
охарактеризовать свою трудовую
деятельность?»**

Варианты ответов	Валидный % (от числа ответив- ших)	Общий %
Работаю полную трудовую неделю по прежнему месту работы	63,1	23,0
Работаю на часть ставки (несколько дней) по прежнему месту работы	7,4	2,6
Работаю полную трудовую неделю на работе, куда обычно может устроиться пенсионер (вахтер, сторож, уборщица, гардеробщица и пр.)	15,9	5,8
Работаю на часть ставки (несколько дней) на работе, куда обычно может устроиться пенсионер (вахтер, сторож, уборщица, гардеробщица и пр.)	5,3	2,0
Работаю на себя (у меня свой бизнес)	2,7	1,0
Работаю на дому	0,9	0,3
Занимаюсь сетевым маркетингом (распространение продукции)	0,3	0,1
Другое	4,4	1,6
Всего	100,0	36,4

С возрастом процент работающих пенсионеров, безусловно, убывает. Среди участников опроса моложе 60 лет работают более 63%, причем почти три четверти из них (73%) заняты полную рабочую неделю по прежнему месту. В возрасте 60–64 лет трудятся 37% респондентов, из которых в рамках полной занятости на старом месте рабо-

тают немногим более половины (56%). В группе 65–69 лет трудятся 30% опрошенных, из них на прежнем рабочем месте на полную ставку заняты уже меньше половины (42%). В возрасте 70–74 года работают 14% респондентов, менее трети которых (31%) заняты на привычном рабочем месте целый день.

Как видим, с возрастом снижается не только процент работающих пенсионеров, что закономерно, но в их составе сокращается доля занятых по прежнему месту работы, т.е. пожилые люди постепенно вытесняются со своих рабочих мест. Это безусловное свидетельство существования в России возрастной дискриминации на рынке труда [9, 10]. А для приема на хорошую работу нынешними российскими работодателями, по утверждению А.Г. Левинсона, введен ценз в 35–40 лет, который отражает факт изменения у человека в силу возраста неких психофизиологических качеств: снижение подвижности психики, гибкости, физической силы, работоспособности, повышение утомляемости [11]. Из-за этого в старших возрастах преобладают более простые формы занятости, как правило, сопровождаемые частичным наймом.

Такая же четкая зависимость занятости пенсионеров прослеживается от уровня их образования. Тот или иной вид трудовой деятельности отметили 59% пожилых людей с высшим образованием. Причем подавляющее большинство из них (84%) работает на прежнем рабочем месте: 75% на полную ставку, 9 – на часть. Среди пенсионеров со средним специальным образованием трудится 41%, из которых 68% заняты на старой работе (61 и 7%, соответственно). С начальным профессиональным образованием работает 23% пожилых людей. Среди пенсионеров без профессионального образования – лишь 11%. Доли занятых на прежних рабочих местах у этих категорий работающих пенсионеров также заметно ниже. Отчасти, конечно, это связано с тем, что более высоким уровнем образования характеризуются молодые возрастные группы массива опрошенных.

Сильно различается уровень занятости людей третьего возраста по типу населенных пунктов. В городской местности работает 42% пенсионеров, в сельской – лишь 25. Эта разница во многом обусловлена более высокими возможностями городских жителей трудиться по прежнему месту работы: 65% работающих горожан старшего возраста заняты на старой работе на полную ставку и 7% – на часть. В сельской местности соответствующие цифры составляют 55% и 9,5. В условиях нехватки рабочих мест на селе пожилые активней «выпробовываются» на пенсию, в лучшем случае переводятся на неполную занятость. Ниже здесь и возможность найти работу, традиционную для пенсионеров: в сельской местности такие рабочие места заполняются населением трудоспособного возраста.

У опрошенных пожилых мужчин и женщин уровень занятости практически одинаков. Но женщины гораздо чаще продолжают трудиться по прежнему месту работы: 75% работающих женщин против 55 работающих мужчин. Особенно значительна разница среди занятых на часть ставки:

8,5% женщин и 3,5 – мужчин. Очевидно, что женщины старшего возраста в большей степени стараются держаться привычного рабочего места, пусть даже с потерей в оплате, в то время как мужчины активней ведут себя в поисках новой работы.

На прямой вопрос о наличии работы 64,5% участников опроса ответили, что не работают. С учетом ответивших на вопрос о характере занятости, эта цифра несколько сокращается – до 63,6%. На вопрос о причинах незанятости ответили чуть больше 90% из числа неработающих респондентов. Очевидно, для остальных 10% этот вопрос не представляется актуальным, например, из-за возраста. Среди ответивших подавляющее большинство (почти 65%) также сослались на возраст (табл. 4). При этом только треть из них написала, что возраст не позволяет им работать. Две трети отметили свое право на пенсионное обеспечение. Очевидно, 42,8% неработающих пенсионеров вполне удовлетворены размером пенсии в совокупности с причитающимися к ней льготами и искать дополнительные трудовые доходы не планируют.

Таблица 4

**Распределение ответов на вопрос
«Если Вы уже не работаете, напишите, почему»**

Варианты ответов	Валидный % (от числа ответивших)
На пенсии по возрасту	42,8
Возраст не позволяет работать	22,1
Не могу работать по состоянию здоровья	30,1
Нет мест или работы для трудоустройства	6,3
Сокращение или ликвидация предприятия	1,5
Помогаю детям в воспитании внуков	2,6
Ухаживаю за больными, престарелыми родственниками	0,7
Работаю по дому, на огороде	2,0
Занимаюсь подсобным хозяйством	0,4
Нет желания	5,2
Всего	113,7

30% неработающих участников опроса, ответивших на вопрос о причинах незанятости, сослались на здоровье. На все остальные варианты приходится не более 19% ответов (общая сумма превышает 100%, поскольку многие ответившие сформулировали по две–три причины своей незанятости). Почти в 8% ответов в той или иной форме отмечена нехватка рабочих мест. Такие ответы более распространены в сельской местности. Там же чаще встречаются ссылки на очень низкую оплату труда, при которой пенсия вполне является альтернативой зарплате, и на большое количество работы по хозяйству, а также варианты ответов, которые можно трактовать как случаи дискриминации по возрасту: «культурно попросили уйти с работы», «в сельской местности нет свободных вакансий для лиц после 60 лет», «не берут из-за возраста», «для стариков нет работы на селе», «нет работы на селе для пенсионера», «до города ездить далеко, а на селе не берут на работу из-за возраста», «ушла на

пенсию по собственному желанию в 51 год, уступив место молодому специалисту» и пр. Очевидно, что дискриминация по возрасту в трудовой сфере связана, прежде всего, с недостатком рабочих мест. Некоторые ответившие (3,5%) отметили уход за детьми и больными родственниками, около 2,5% – работу по дому, огороде, в подсобном хозяйстве. И, наконец, более 5% констатировали отсутствие желания работать.

Информацию о занятости в пенсионном возрасте и отношении пожилых людей к работе предоставляет еще один вопрос обследования: «А хотели бы Вы сейчас, будучи на пенсии, еще поработать?». Он был адресован всем участникам опроса – соответственно, в нем был предусмотрен вариант ответа «И так работаю». Только 23,3% респондентов выбрали этот вариант (табл. 5). Напомним, что на прямой вопрос «Работаете ли Вы в настоящее время?» утвердительно ответили 35,7% опрошенных, на вопрос о характере своей занятости ответы дали 36,4% респондентов, а наличие дополнительного трудового дохода указали 40,3% участников обследования.

Таблица 5

**Распределение ответов на вопрос
«А хотели бы Вы сейчас, будучи на пенсии,
еще поработать?»**

Варианты ответов	Общий %
Да	24,3
Нет	52,4
И так работаю	23,3
Нет ответа	0,1
Всего	100,0

Подавляющее большинство ответивших «И так работаю» (72%) заняты на старом рабочем месте, еще 18% работают полную трудовую неделю на работе, куда может устроиться пенсионер. Иными словами, в качестве полноценной занятости люди пенсионного возраста склонны оценивать, главным образом, работу по прежнему месту трудовой деятельности и работу в другом месте, но на полную ставку, т.е. стабильную занятость. А всякую другую работу, даже несмотря на то, что она приносит доход, они расценивают не только как временную и ситуативную, которую они готовы поменять на другую, но и как вынужденную: только ради приработка.

Около четверти респондентов (24,3%) на вопрос «А хотели бы Вы сейчас, будучи на пенсии, еще поработать?» ответили утвердительно. Больше половины из них (13,1%), заметим, в момент опроса имели работу, но они были не прочь ее поменять, найти лучшее рабочее место. Другая половина (11,2%) – это неработающие, которые хотели бы устроиться на работу. Иными словами, трудовой потенциал людей пенсионного возраста используется далеко не полностью: резерв составляет не менее 10%.

Однако большинство опрошенных (52,4%) на вопрос «А хотели бы Вы сейчас, будучи на пенсии, еще поработать?» ответили отрицательно. Т.е.

свыше половины людей старше 55 лет считают, что уже заслужили право на отдых. Конечно, распространенность этого варианта ответа очень тесно коррелирует с возрастом. Если до 60 лет лишь чуть больше четверти опрошенных не имеют желания продолжать работать, то в следующей возрастной группе 60–64 года – уже почти половина (45%). В группе 65–69 лет – больше половины (55%) опрошенных предпочитают уже не работать, в группе 70–74 года – свыше 80%, в возрастах старше 75 лет – более 90–95%. Таким образом, стремление продолжать работу преобладает примерно до 65 лет. В старших возрастах большая часть опрошенных уже предпочитает заслуженный отдых.

Такая же тесная связь нежелания продолжать работу в пенсионном возрасте существует с уровнем образования респондентов, который определяет характер занятости человека. Чем ниже уровень образования, тем чаще опрашиваемые отмечают, что больше не хотят работать: от 35% среди респондентов с высшим образованием до 77% среди респондентов без профессионального образования. Более распространено стремление отдохнуть, наконец, в пенсионном возрасте от работы у женщин (54% против 49 у мужчин) и в сельской местности (63% против 47 в городе). Все это вполне закономерно с учетом худших условий труда на рабочих местах, не требующих высокой образовательной подготовки; двойной занятости женщин на работе и дома на протяжении всей трудовой биографии и продолжения ими в пенсионном возрасте выполнения широкого круга домашних работ, а также семейных обязанностей по уходу за внуками и правнуками; высокой занятости сельских жителей в домашнем хозяйстве и нетоварном сельхозпроизводстве, а также в среднем более тяжелых по сравнению с городской местностью условий труда на селе. Иными словами, стремление у людей пожилого возраста продолжать работу связано не только с хорошим состоянием их собственного физического здоровья, но и с благоприятными условиями труда на рабочих местах, на которые они могут претендовать, а также с наличием у них достаточного «свободного времени», чтобы работать без двойной нагрузки.

Выводы

Таким образом, катастрофа пенсионного обеспечения 1990-х гг. к настоящему времени в России в целом преодолена. Динамика среднего размера пенсии по возрасту в сравнении с уровнем инфляции потребительских цен, со средней заработной платой по экономике и величиной прожиточного минимума пенсионера свидетельствует о заметном повышении уровня жизни российских пенсионеров. В Республике Коми в 2000-е гг. произошло более значительное улучшение ситуации с пенсионным обеспечением. Субъективная оценка уровня жизни, выявленная в рамках обследования «Проблемы третьего возраста», соответствует объективным данным: пожилые люди чувствуют себя далеко не такими бедными, как мы привыкли считать. Около

двух третей опрошенных оценивают уровень своих доходов как достаточный и приемлемый.

Одновременно с этим наблюдается увеличение доли работающих пенсионеров. На наш взгляд, это, прежде всего, следствие активизации населения третьего возраста, отражение его желания полнее реализовать свой ресурсный потенциал. Объяснение работы в пенсионном возрасте лишь экономическими мотивами, нуждаемостью и недостатком пенсионного обеспечения является неверным. Главнейшим стимулом для продолжения трудовой деятельности после выхода на пенсию остается востребованность и включенность в социальные и профессиональные отношения. К труду у работающих пенсионеров не менее требовательное отношение, чем у представителей трудоспособного возраста. Почти 20% незанятых пенсионеров желают устроиться на работу. Наиболее сильными детерминантами для трудовой активности людей старшего возраста являются возраст, уровень и отношение к образованию.

Учитывая, что массив опрошенных характеризуется пониженным уровнем образования и занятости, ресурсный потенциал населения третьего возраста можно оценить выше зафиксированного в ходе обследования. Поэтому представляется обоснованным требование исключить из практики любые формы возрастной дискриминации в сфере занятости. Использование ресурсного потенциала населения третьего возраста в немалой степени способствует экономическому процветанию страны, что приобретает особую актуальность в условиях ускорения демографического старения. Работа, возможность приносить пользу своим близким и всему обществу, увеличение продолжительности активной жизни в огромной степени содействуют возрастанию общей продолжительности жизни человека, а это одна из целей социального государства. И, наконец, трудовая деятельность пожилых людей является основным средством повышения уровня их доходов и, соответственно, улучшения социального самочувствия.

Статья подготовлена в рамках Программы УрО РАН № 14 «Фундаментальные проблемы региональной экономики», проект «Человеческий капитал северного региона: возможности расширения воспроизводства среднего класса» (регистрационный номер 15-14-7-6).

Литература

1. *Демографический ежегодник* Республики Коми. 2014: Стат. сб. / Комистат. Сыктывкар, 2014. 197 с.
2. *Численность, размещение, возрастно-половой состав населения. Итоги Всероссийской переписи населения 2010 года.* Республика Коми. Т. 1. Сыктывкар, 2012. 99 с.
3. *Официальный сайт Росстата.* URL: <http://www.gks.ru>.
4. *Социальное положение и уровень жизни населения России.* 2003: Стат. сб. / Госкомстат России. М., 2003. 463 с.

5. *Статистический ежегодник Республики Коми*: Стат. сб. / Госкомстат. Сыктывкар, 2001. 325 с.
 6. *Информационно-аналитический обзор «Республика Коми. Итоги 2012»*. Часть I. Сыктывкар, 2013.
 7. *Попова Л.А., Зорина Е.Н.* Экономические и социальные аспекты старения населения в северных регионах. Сыктывкар, 2014. 122 с.
 8. *Федеральный закон от 17.12.2001 г. № 173-ФЗ «О трудовых пенсиях в Российской Федерации»* // *Собрание законодательства РФ*, 24.12.2001, №52 (1 ч.), ст. 4920.
 9. *Доброхлеб В.Г.* Ресурсный потенциал и занятость пожилых людей в современной России. Ярославль: ЛАД, 2004. 234 с.
 10. *Смолюкин А.А.* Трудовой потенциал пожилых людей // *Социологические исследования*. 2014. №5. С. 97–103.
 11. *Левинсон А.Г.* Институциональные рамки старости // *Вестник общественного мнения: данные, анализ, дискуссии*. 2011. Т. 109. №3. С. 52–81.
- References**
1. *Demograficheskij ezhegodnik Respubliki Komi*. [The Demographic year-book of the Komi Republic]. 2014: Stat. coll. / Komistat. Syktyvkar, 2014. 197 p.
 2. *Chislennost', razmeshhenie, vozrastno-polovoj sostav naselenija. Itogi Vserossijskoj perepisi naselenija 2010 goda* [Number, placement, age and sexual structure of the population. Results of the All-Russian population census of 2010]. Komi Republic. Vol. 1. Syktyvkar, 2012. 99 p.
 3. *Oficial'nyj sayt Rosstata* [The Official site of Rosstat] URL: <http://www.gks.ru>.
 4. *Social'noe polozhenie i uroven' zhizni naselenija Rossii* [Social status and standard of living of the population of Russia.]. 2003: Stat. call. / Goskomstat Rossii [Federal State Statistics Service]. Moscow, 2003. 463 p.
 5. *Statisticheskij ezhegodnik Respubliki Komi* [Statistical year-book of the Komi Republic]: Stat. coll. / Goskomstat [Federal State Statistics Service]. Syktyvkar, 2001. 325 p.
 6. *Informacionno-analiticheskij obzor «Respublika Komi. Itogi 2012»* [Information analytical review "The Komi Republic. Results 2012"]. Part I. Syktyvkar, 2013.
 7. *Popova L.A., Zorina Ye.N.* Jekonomicheskie i social'nye aspekty starenija naselenija v severnyh regionah. [Economic and social aspects of population ageing in the Northern regions]. Syktyvkar, 2014. 122 p.
 8. *Federal'nyj zakon ot 17.12.2001g. № 173-FZ «O trudovyh pensijah v Rossijskoj Federacii»* [The federal law of 17.12.2001 №173-FL «About Labor Pensions in the Russian Federation »] // *Sobranie zakonodatel'stva RF* [The legislation collection of the Russian Federation], 24.12.2001, №52 (Part 1), art. 4920.
 9. *Dobrohleb V.G.* Resursnyj potencial i zanjatost' pozhiyh ljudej v sovremennoj Rossii [Resource potential and occupation of the elderly people in modern Russia]. *Jaroslavl'* [Yaroslavl]: LAD, 2004. 234 p.
 10. *Smol'kin A.A.* Trudovoj potencial pozhiyh ljudej [Labor potentialities of aged people] // *Sociologicheskie issledovanija* [Sociological studies]. 2014, №5. P.97-103.
 11. *Levinson A.G.* Institucional'nye ramki starosti [The institutional framework of the old age] // *Vestnik obshhestvennogo mneniya: dannye, analiz, diskussii* [The Russian Public Opinion Herald: Data. Analysis. Discussions]. 2011, Vol.109, №3. P.52-81.

Статья поступила в редакцию 10.03.2015.

УДК 539.18/19

SPATIAL STRUCTURE OF HELIUM TRIMERS AS CONFIRMATION OF STRUCTURELESSNESS IN QUATARONS

A.M. ASKHABOV

Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS
xmin@geo.komisc.ru

It is shown that new experimental data [1] on spatial structure of helium trimers, demonstrating absence of certain structure in them, can be considered as the proof of similar absence of structure in clusters of "hidden" phase (quatarons) in crystal-forming media. Thus it is supposed that the dynamism of structure can be as well realized in cluster structures (quatarons) with a large number of atoms ($n > 3$) if mainly van der Waals bonds between atoms, molecules or other structural units forming them are retained in quatarons. In the process of establishment of strong chemical bonds between atoms quatarons become more and more similar to rigid objects, which form and structure is quite predictable, while hollow quatarons, for example, carbon at covalent bonds between atoms are transformed in fullerenes.

Keywords: structure of helium trimers, clusters of "hidden" phase, quatarons, crystal growth

А.М. АСХАБОВ. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ТРИМЕРОВ ГЕЛИЯ КАК ПОДТВЕРЖДЕНИЕ БЕССТРУКТУРНОСТИ КВАТАРОНОВ

Показано, что новые экспериментальные данные [1] по пространственной структуре тримеров гелия, демонстрирующие отсутствие у них определенной структуры, можно рассматривать как доказательство аналогичной бесструктурности кластеров «скрытой» фазы (кватаронов) в кристаллообразующих средах. При этом предполагается, что динамичность структуры может реализоваться и в кластерных структурах (кватаронах) с большим числом атомов ($n > 3$), если в кватаронах сохраняются преимущественно вандерваальсовы связи между образующими их атомами, молекулами или иными структурными единицами. По мере установления прочных химических связей между атомами кватароны приближаются к жестким объектам, форма и структура которых вполне предсказуема, а полые кватароны углерода, к примеру, при ковалентных связях между атомами трансформируются в фуллерены.

Ключевые слова: структура тримеров гелия, кластеры "скрытой" фазы, кватароны, рост кристаллов

In December, 2014 in the journal "Nature. Communications" there appeared an article of a large international team (Germany, China, Italy) headed by J. Voigtsberger on the structure of trimers ${}^4\text{He}_3$ and ${}^3\text{He}{}^4\text{He}_2$ [1]. This work is of interest as it has principle importance for understanding the original physical conditions of small (van der Waals) cluster forms of matter, including peculiarities of the structural organization of specific cluster forms of "hidden" phase (quatarons). In fact cluster helium forms in this case act as modelling objects for studying quatarons, though the authors had absolutely another goals and objectives.

Initially the work was motivated by disputes on spatial structure of molecules ${}^4\text{He}_3$ proceeding for more than twenty years. Some works prove the linear character of arrangement of atoms in this molecule, while

others affirm that the molecule has the form of a regular triangle [2]. The work above [1] really finishes these disputes. There it is shown that actually the **molecule ${}^4\text{He}_3$ has no certain structure. Atoms in ${}^4\text{He}_3$ form a chaotic cloud. They with identical probability are distributed in spherical volume.**

New experimental data in the quoted work [1] were obtained on setting «COLTRIMS». Clusters (molecules) of ${}^4\text{He}_3$ were formed at escape of gaseous helium from the nozzle, separated on weights and under the influence of femtosecond laser impulses the atoms in molecules were ionized. Scattering at the expense of Coulomb repulsion, the molecules were registered in special detectors. In these experiments it was possible to define distance and angles between atomic bonds and by that to make conclusions on the sizes and the

form of initial molecules. As a result the unexpected absence of structure in ${}^4\text{He}_3$ trimer was established.

Thus, the possibility of existence of molecules (trimers) without the ordered structure is proved. This result, obviously, can also be considered as the first experimental proof of the reality of existence of non-structured quatarons and, accordingly, of the quataron form of the atomic-molecular organization of matter in the nanoworld.

Earlier, our ideas on dynamic structure of pre-crystallization clusters were based on the general theoretical calculations, or on indirect experimental data. In confirmation of our ideas we referred to A.Ziveil's researches [3] who had established presence of transitive state in the process of formation of molecules from separate atoms. As a result of special experiments [4] carried out for the solution of the problem on formation of fullerenes from separate atoms or fragments of graphite layers, the assumption on the liquid cluster-precursor was made. As in these experiments graphite layers consisted of carbon ${}^{12}\text{C}$, and separate atoms from ${}^{13}\text{C}$, then at assemblage of fullerenes from fragments ${}^{12}\text{C}$ the taking place mixing of atoms of carbon could not be.

The idea about dynamism of the structure of pre-crystallization clusters was first stated by the author more than 15 years ago within the new ideas on cluster self-organization of matter at nanolevel (the quataron concept). Fundamentals of this concept are given in [5, 6].

The key element of the quataron concept is the existence of a special form of the atomic-molecular organization of matter as nano-size clusters of the so-called "hidden" phase that were named quatarons. These clusters are not particles of a new (crystal) phase and were interpreted as pre-crystallization (pre-nucleation) formations.

It was shown that transformation of quatarons into crystalline nuclei is possible only at achievement of the sizes $r \geq 4\delta$ where δ approximately corresponds to diameter of cluster-forming atoms (molecules). Quatarons, despite small binding energy (mainly van der Waals bonds) retain their integrity, but represent the dynamic structures similar to molecules of ${}^4\text{He}_3$. It is interesting that the dynamic structure of pre-nucleation clusters is reflected in the name «DOLLOP» (Dynamically Ordered Liquid - Like Oxyonion Polymers) which was given to these clusters by the authors of the work [7]. Ability to continuous reorganization of structure makes the definition of their equilibrium structure or prediction of the instant form impossible and senseless, though sometimes they try to interpret quatarons as regular or semiregular polyhedrons. As a whole in the range of the sizes from δ to 4δ the structure of quatarons, depending on number and type of bonds between atoms, evolves from almost full lack of structure to more or less ordered objects close to 4δ .

In the process of establishment of chemical bonds between the increasing number of atoms quatarons become more and more similar to rigid structures. The limiting case of such evolution for hollow quatarons is their full transformation into fullerenes [8]. Quatarons, as a rule, exist in such conditions when formation of bonds and their rupture occurs continu-

ously. In rare cases, when inter-atomic bond is very strong, as for example, covalent bonds between atoms of carbon, there appears a chance of fixing of corresponding rigid structure of fullerene type.

The easy change of distances between atoms and angles of bonds between them, characteristic of quatarons, allows to consider quatarons as the ideal building units at growth of crystals. They easily (practically without kinetic resistance) incorporate in a crystal lattice (are reconstructed on growing faces). On this basis the modern quataron theory of crystals formation [9] is built according to which quatarons are the basic building units in growth of crystals. The most probable form of reorganization of quatarons on a crystal face is the formation of the two-dimensional nuclei providing layer-by-layer growth of crystals. Disintegration of weakly-bound quatarons on a growing face to separate atoms with the subsequent atomic growth of a crystal is thus quite probable.

Thus, we can say that after work [1] discussions about spatial structure of quatarons, as well as helium trimers, are coming to an end. However the problem on the nature of surprising similarity of behaviour of atoms in quatarons and helium clusters is still unclear. It is especially surprising that absence of structure is not the characteristic property of molecules of all inert gases. For example, Ne_3 represents rigid enough triangle [10]. In this connection there is the assumption of the possible superfluidity of quataron nanophase.

In conclusion we should say that the established absence of structure in cluster forms demands leaving from the settled tradition of their description as energetically minimized and geometrically optimized (equilibrium) structures towards the recognition of high energy state and morphological variability of quatarons, existing in nonequilibrium conditions. This in turn demands working out of new theoretical approaches and experimental methods with the high spatial-temporal resolution for studying not got in "a chemical trap" small cluster forms of matter and avoided hit in "symmetrical trap" nano-cluster amorphous matter. When and under what conditions the atoms manage to avoid hit in these "traps" is the fundamental question which still remains without the satisfactory answer.

This work is supported by RFBR (14-05-00592a) and Grant of the President of the Russian Federation for support of Leading Science School (SC-4795.2014.5).

References

1. Voigtsberger J., Zeller S., Becht J. et al. Imaging the structure of the trimer systems ${}^4\text{He}_3$ and ${}^3\text{He}{}^4\text{He}_2$ // Nature communications, 2014 (Dec.), 5:5765doi:10.1038/ncomms6765.
2. Bressanini D., Morosi G. What is the shape of helium trimer? // J. Phys. Chem. A., 2011. Vol. 115. PP. 10880-10887.
3. Zewail A.N. Femtochemistry: Atomic-Scale Dynamics of the chemical Bond// J. Phys. Chem. A, 2000. 104 (24). PP. 5660-5694.
4. Ebbesen T.W., Tabuchi J., Tanigaki K.// Chem. Phys. Lett., 1992. Vol. 191, PP. 336-338.

5. *Askhabov A.M.* Klasternaya (kvataronnaya) samoorganizatsiya veshchestva na nanourovne i obrazovanie kristallicheskikh i nekristallicheskikh materialov [Cluster (quataron) self-organization of matter at nanolevel and formation of crystalline and non-crystalline materials] // Proc. of All-Russia Mineralogical Society, 2004. Vol. 133, No. 4. P. 108-123.
6. *Askhabov A.M.* Kvataronnaya kontseptsiya: osnovnye idei i nekotorye prilozheniya [The quataron concept: main ideas and some applications] // Proc. of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2011, No. 3)7). P. 70-77.
7. *Gebauer D. et al.* Pre-nucleation clusters as solute precursors in crystallization // Chem. Soc. Rev., 2014 . Vol. 43. PP. 2348-2371.
8. *Askhabov A.M.* The quataron model of fullerenes formation] // Solid State Physics, 2005, Vol. 47, No.6. P. 1186-1190.
9. *Askhabov A.M.* Evolyutsiya i konkurentsia idei v teorii rosta kristallov v XX veke [Evolution and competition of ideas in the theory of crystals growth in XX century] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2012. No. 6. P. 24-25.
10. *Ulrich B. et al.* Imaging of the structure of the argon and neon dimer, trimer and tetramer//J. Phys. Chem. A., 2011. Vol. 115. PP. 6936-6941.

**I СЪЕЗД ИСТОРИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ
«ИСТОРИЯ И КУЛЬТУРА РОССИЙСКОГО СЕВЕРА В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ,
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ И ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОМ ИЗМЕРЕНИЯХ»
(Сыктывкар, 31 марта – 4 апреля 2015 г.)**

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Министерство образования Республики Коми, Северная секция Научного совета по исторической демографии и исторической географии РАН, Общество изучения Коми края при поддержке Главы Республики Коми и Государственного Совета Республики Коми провели в Сыктывкаре с 31 марта по 4 апреля I съезд историков Республики Коми «История и культура Российского Севера в исследовательском, образовательном и просветительском измерениях».

Проведение съезда было приурочено к 45-летию ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН и Году патриотизма в Республике Коми. Такой масштабный форум, объединивший ученых, преподавателей вузов, учителей, краеведов, музейных и библиотечных работников, общественных деятелей, студентов и школьников, интересующихся историей и гуманитарными исследованиями, впервые прошел в Республике Коми. На съезд было подано более 200 заявок. География участников съезда: Сыктывкар, Москва, Пермь, Нарьян-Мар, Киров, Воронеж, Новосибирск, Муром, Ижевск, Ростов-на-Дону, Ухта, Минск (Белоруссия), София (Болгария).

Открытие съезда прошло 1 апреля в Государственном Совете Республики Коми. Работу съезда открыл И.Л. Жеребцов, директор ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН. С приветственным словом к участникам обратился председатель Государственного Совета Республики Коми И.В. Ковзель. С поздравлениями в адрес института и его сотрудников выступили: зам. председателя Правительства Т.Н. Николаева, которая поздравила присутствующих с юбилеем ИЯЛИ от имени Главы и Правительства Республики Коми, министр национальной политики Республики Коми Г.И. Габушева, министр культуры А.С. Прокудина, руководитель архивного агентства республики Е.М. Перминова, председатель духовного управления мусульман Республики Коми В. Гаязов. Всеми был отмечен весомый вклад сотрудников института в развитие региона и исторической науки в целом.

Ректоры трех республиканских вузов – Сыктывкарского лесного института В.В. Жиделева, Коми республиканской академии государственной службы и управления Н.А.Нестерова, Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина М.Д. Истиховская подчеркнули огромную роль института в становлении и развитии гуманитарного образования.

Сотрудникам института были вручены награды, грамоты и благодарности от государственных органов, министерств и ведомств.

На *пленарном заседании* сотрудниками ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН А.А. Поповым, Э.А. Савельевой и В.Э. Шараповым были сделаны доклады, представлявшие общие направления развития исторических, археологических и этнографических исследований на сегодняшнем этапе. Ректор СГУ М.Д. Истиховская ознакомила слушателей с актуальными проблемами современного исторического образования. Также на пленарном заседании Д.А. Несанелисом, генеральным директором ООО «Фонд “Региональная политика”», был представлен доклад об изучении истории развития нефтегазовой промышленности в Тимано-Печорском регионе.

В рамках I съезда историков было проведено 14 научно-организационных мероприятий (конференций, симпозиумов и круглых столов). Мероприятия прошли на площадках ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН, СГУ им. П. Сорокина, Национального музея Республики Коми, Коми республиканской академии государственной службы и управления.

В течение двух дней работал *симпозиум «Коми край в военной истории России. К 70-летию Победы в Великой Отечественной войне»*. Основное внимание докладчиков было уделено истории Коми АССР, как тылового региона в годы Великой Отечественной войны. Рассматривались вопросы повседневной жизни населения, демографические проблемы, история учреждений, развитие авиации и ударнического движения в годы войны. Также были представлены вопросы военной истории XIX в. и исследования Первой мировой войны.

Всероссийский симпозиум «Древняя и средневековая история Севера: синтез источников (по данным археологии, лингвистики, антропологии, естественнонаучных дисциплин)», прошедший в рамках съезда, объединил ученых из Сыктывкара и Перми. На симпозиуме были обсуждены новейшие исследования по археологии европейского Северо-Востока, изучение керамических комплексов и погребальных комплексов в Прикамье, добыча и использование металла на Урале и Поволжье в V–XVIII вв., деревянные надмогильные конструкции курганных могильников бассейна р. Вычегда.

В рамках *Всероссийского симпозиума «Социально-экономическая, политическая и социокультурная история российских северных территорий»* был обсужден широкий спектр вопросов, представленных в докладах исследователями из Сыктывкара, Ухты, Кирова и Воронежа по культурному,

правовому, экономическому развитию северных регионов в XIX–XX вв., были также рассмотрены проблемы развития образовательных и государственных учреждений.

В работе *симпозиума «Краеведение и гуманитарные исследования на европейском Севере России»* участвовали краеведы, сотрудники музеев, библиотек, ученые, учащиеся школ и гимназий, педагоги. Активное участие в симпозиуме принимала группа учащихся Гимназии искусств при Главе РК им. Ю.А. Спиридонова и Центра детского творчества Эжвинского района г.Сыктывкара. Большинство докладов отражало работу, которая ведется в школах и центрах дополнительного образования по уточнению сведений об участниках Великой Отечественной войны, сбору воспоминаний и первоисточников, составляющих семейные реликвии (фотографии, письма с фронта, похоронки и т.д.) Студенты и школьники также принимали участие в *Молодежной секции*, где обсуждались разноплановые аспекты истории Республики Коми.

В докладах участников *симпозиума «История коми литературы»*, где выступили ученые-литературоведы, нашли отражение значимые аспекты истории и поэтики коми литературы. В рамках *Всероссийского симпозиума с международным участием «Источниковедение и историография истории и культуры Российского Севера»* были рассмотрены проблемы формирования и публикации комплексов источников. Также в рамках съезда провели работу *Всероссийский симпозиум с международным участием «Россия и Болгария: история и современность»*, *Всероссийский симпозиум «Формирование этнокультурного и культурно-исторического пространства Республики Коми»* и *Всероссийская научная конференция студентов и аспирантов «Проблемы истории материальной и духовной культуры народов России»*.

Большой интерес у участников и слушателей вызвали круглые столы. Эта форма оказалась крайне востребована широким кругом лиц, интересующихся гуманитарными современными исследованиями. *Круглый стол «Актуальные проблемы собирания и публикации фольклорных материалов»* был посвящен обсуждению актуальных вопросов современной фольклористики, собиранию, систематизации, архивации и публикации фольклорных материалов. В рамках круглого стола состоялась презентация книги «Актуальные проблемы собирания и публикации фольклорных материалов», изданной к 100-летию со дня публикации первого в Коми крае сборника фольклорных материалов. Доклады, озвученные на *круглом столе «Культура языка и современное терминологическое образование в коми языке»*, содержали информацию о современном состоянии коми языка, затрагивали проблемы нормирования, соблюдения орфографических и орфоэпических правил, популяризации коми языка.

На базе СГУ им. П.Сорокина было проведено два круглых стола, на которых присутствовали ученые, преподаватели высших учебных заведений и колледжей, учителя школ, студенты, общественные деятели, представители духовенства. На *круглом столе «История как фактор национальной безопасности»* обсуждались вопросы интерпретации и фальсификации истории. В ходе активной дискуссии были высказаны различные точки зрения. В целом признано, что общую озабоченность вызывают у исторического сообщества сокращение часов преподавания истории в школе и вузах, низкое качество школьных учебников, падение интереса к истории в обществе, попытки переоценки итогов Второй мировой войны. Общий итог, к которому пришли участники, состоял в том, что подобные встречи отвечают вызовам времени и их необходимо продолжать на регулярной основе.

Широкая дискуссия также состоялась в рамках *круглого стола «Общенациональная и региональная история в образовательных курсах школ, ссузов и вузов»*. В работе круглого стола приняло участие около 60 чел. На круглом столе были рассмотрены вопросы историко-культурного стандарта преподавания отечественной истории, линейной и концентрической систем преподавания истории, преподавания региональной истории. Учителя и преподаватели настаивали на том, что необходимо ввести в обязательном порядке преподавание региональной истории, для этого следует разработать вариативные учебные планы с включением предметов «История и культура Республики Коми», «География Республики Коми», также необходимо разработать учебник по дисциплине «История и культура Республики Коми». Присутствующие отметили потребность в регулярных обсуждениях актуальных педагогических проблем в формате круглых столов, с участием не только педагогов и преподавателей, но и представителей общественности и ученых.

На *заключительном пленарном заседании* были заслушаны отчеты руководителей симпозиумов, конференций и круглых столов, намечены перспективы будущих съездов и принята резолюция о создании Коми регионального отделения Российского исторического общества.

Завершилась работа съезда 4 апреля «Днем историка» в Сыктывкарском государственном университете.

Ответственный секретарь Оргкомитета съезда,
зав. сектором историко-демографических
и историко-географических исследований
Российского Севера
ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН, к.и.н.

Н.М. Игнатова

ЛЮЦИЯ МИХАЙЛОВНА БЕЗНОСИКОВА



Люция Михайловна Безносилова.

Она автор более 140 научных работ, опубликованных в России, Эстонии, Венгрии, Финляндии. Люция Михайловна является одним из авторов статей по коми языку в энциклопедических изданиях «Коми язык» (1998), «Республика Коми» (1997, 1999, 2000), «Историко-культурный атлас Республики Коми» (1997).

Безносилова Люция Михайловна родилась 29 апреля 1940 г. в с. Важгорт Удорского р-на. В 1956 г. семья переехала в Сыктывкар. После окончания средней школы №1 г. Сыктывкара в 1958 г. поступила в Коми государственный педагогический институт на историко-филологический факультет. Закончив его в 1963 г., девять лет успешно работала журналистом в республиканской газете «Югд туй», является членом Союза журналистов России.

В 1972 г. Люция Михайловна перешла на работу в ИЯЛИ на должность младшего научного сотрудника и в том же году поступила в очную аспирантуру Коми филиала АН СССР с прикомандированием в аспирантуру Института языкознания АН СССР (г. Москва). Во время учебы в аспирантуре ей посчастливилось общаться с ведущими учеными страны, крупнейшими специалистами в области финно-угорского и общего языкознания академиком Б.А.Серебренниковым, профессорами В.И.Лыткиным, К.Е.Майтинской, А.П.Феоктистовым и др.

1978 г. в Тартуском госуниверситете (Эстония) Люция Михайловна успешно защитила кандидатскую диссертацию «Роль диалектной лексики в формировании словарного состава коми литературного языка», выполненную под руководством видного коми лингвиста Е.С.Гуляева. Это первая научная монографическая работа послужила индикатором ее дальнейшей исследовательской деятельности, сформировала сферу научных интересов. Более 40 лет проработала Люция Михайловна в отделе языка ИЯЛИ Коми научного центра, став одним из ведущих специалистов в области коми лексикологии, диалектологии, истории коми литературного языка.

Но более всего она известна среди финно-угроведов как высококвалифицированный лексиколог и лексикограф, талантливый исследователь

лексического богатства коми языка. Л.М.Безносиковой достаточно подробно описаны основные категории коми лексики, разработаны принципы передачи ее в словарях различного типа. Под руководством Люции Михайловны группой единомышленников и при непосредственном ее участии увидела свет целая серия новых для коми языкознания лингвистических словарей, отражающих лексику коми языка с различных точек зрения: «Словарь антонимов коми языка» (1992), «Словарь омонимов коми языка» (1993), «Словарь эпитетов коми языка» (1994), «Школьный этимологический словарь коми языка» (1996), «Словарь синонимов коми языка» (2002). Итогом многолетней трудоемкой работы стали самые полные на сегодняшний день «Коми-русский словарь», содержащий свыше 31 тыс. слов, и «Русско-коми словарь» – свыше 52 тыс. слов. На их основе были составлены несколько раз переизданные коми-русский и русско-коми словари, и используемые, главным образом, в школьном обучении.

Словари, выполненные под руководством Л.М.Безносиковой, восполнили существенный пробел в коми лексикографии, стали образцом для создания аналогичных работ по другим финно-угорским языкам России.

В течение многих лет Л.М. Безносилова исследовала проблему взаимодействия живого разговорного и литературного языков, участия диалектного компонента в формировании лексического фонда коми литературного языка. На основе эмпирических данных она впервые дифференцировала роль диалектной лексики в развитии и обогащении словарного состава коми литературного языка, огромное значение творческого потенциала коми писателей в расширении и интенсификации богатств живой народной речи. Особенно это актуально сегодня, когда языковая коммуникация переживает переходный период и наблюдается снижение языковой культуры личности, неуважительное отношение к родному языку, нарушение норм и искажение стиля. Эти исследования обобщены в работах «Роль писателей в обогащении лексики коми литературного языка» (1976), «Роль диалектной лексики в формировании словарного состава коми литературного языка» (1985), а также в коллективном издании «Современный коми язык. Лексикология» (1985), монографии «Удорский диалект коми языка» (1990; соавтор В.А.Сорвачева), входящей в серию фундаментальных исследований коми диалектов.

Люция Михайловна – активный участник и организатор трех Международных конгрессов финно-угроведов: IV – 1985 г. (Сыктывкар), VII – 1990 г. (Дебрецен, Венгрия), VIII – 1995 г. (Ювяскюля, Финляндия).

Научная деятельность юбиляра получила международное признание. С 2004 г. она является зарубежным членом Финно-угорского общества (Хельсинки).

Труды Л.М. Безносовой внесли существенный вклад в исследование коми языка, решение ряда практических задач строительства и дальнейшего совершенствования коми литературного языка. Они высоко оценены общественностью республики, ведущими финно-угроведами в нашей стране и за рубежом, отмечены правительственными наградами. Люция Михайловна награждена Почетными грамотами Президиума Верховного Совета (1968) и Совета министров Коми АССР (1971), Коми обкома профсоюзов ра-

ботников просвещения, высшей школы и научных учреждений (1985), Президиума Коми филиала АН СССР (1985), Министерства по делам национальностей Республики Коми (1997), Президиума РАН (2010); удостоена почетного звания «Заслуженный деятель науки Республики Коми» (1994). Она является трехкратным лауреатом Государственной премии РК в области науки (1998, 2001, 2003), премии Правительства Республики Коми им. П. Сорокина (2004).

Друзья и коллеги сердечно поздравляют Люцию Михайловну с юбилеем, желают ей доброго здоровья, успехов, позитивных эмоций. Кузь нэм да бур шуд!

редколлегия

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 1,5 печ.л.), оригинальные статьи (до 0,8 печ.л) и краткие сообщения (до 0,3 печ.л.) теоретического и экспериментального характера по проблемам естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, в том числе региональной направленности. Статьи должны отражать результаты законченных и методически правильно выполненных работ. К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни.

Направляя статью в наш журнал, Вы соглашаетесь с нашим **Положением о публикационной этике журнала** (на сайте журнала). Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, учитывая новизну, научную значимость и актуальность представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не рассматриваются.

Общие требования к оформлению рукописей

Статьи должны сопровождаться направлением научного учреждения, где была выполнена работа. В необходимых случаях должно быть приложено экспертное заключение. Организация, направляющая статью, как и автор(ы), несет ответственность за её научное содержание, достоверность и оригинальность приводимых данных. Изложение материала статьи должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть подписана всеми авторами (автором) с указанием (полностью) фамилии, имени, отчества, домашнего адреса, места работы, служебного и сотового телефонов и e-mail.

В редакцию подается рукопись статьи в двух экземплярах – на бумаге и на диске в редакторе WinWord под Windows. Математические статьи могут подаваться в редакторе TEX. Электронная и бумажная версии статьи должны быть идентичны. Электронный вариант рукописи может быть прислан по электронной почте на адрес редакционной коллегии: journal@presidium.komisc.ru. Текст должен быть набран на компьютере (шрифт Times New Roman, кегль 14) в одну колонку через 1,5 интервала на бумаге форматом А4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала должны быть не менее: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 25 мм. Количество иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должно превышать 5–7 шт., количество иллюстраций в кратких сообщениях – 2–3 шт.

Первая страница рукописи оформляется следующим образом: в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким (информированным) и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и города (для иностранных авторов – также страны). Ниже печатается электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал следует краткая аннотация (8–10 строк), в которой сжато и ясно описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова (не более 6–8). Далее идут инициалы и фамилии авторов, название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке. Английская аннотация объемом (до 2000 п.з. или 1 м.с.) для читателей, не владеющих русским языком, должна быть независимым источником информации (пересказом статьи). В тех случаях, когда текст статьи поделен на разделы, автор может подобным образом разделить и текст аннотации. Редакция проверяет качество английского текста и в одностороннем порядке вносит необходимые правки. Во избежание разночтений автор в отдельном файле представляет русский текст, по которому был произведен перевод расширенной аннотации.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение». Отдельно прилагаются подрисовочные подписи.

Во введении в максимально лаконичной форме должны быть изложены цель, существо и новизна рассматриваемой задачи с обязательным кратким анализом данных наиболее важных и близких по смыслу работ других авторов. Однако введение не должно быть обзором литературы. В разделе «Материал и методы» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Единицы измерения следует приводить в Международной системе единиц (СИ). Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывают только суть метода и дают обязательно ссылку на источник заимствования, а в случае модификации – указывают, в чем конкретно она заключается.

При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в аннотации), необходимо давать их полное наименование, и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. Сокращение проводить по ключевым буквам слов в русском написании. Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Все названия видов флоры и фауны при первом упоминании в тексте обязательно даются на латыни с указанием авторов.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

Таблицы должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Все результаты измерений должны быть обработаны и оценены с применением методов вариационной статистики. Таблицы нумеруются по мере упоминания в статье, каждой дается тематический заголовок и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9–10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 рix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль 9–10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не 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. Общее число страниц в книге (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75).
3. Казаков К.К. Название диссертации: Дис. канд. биол. наук. М.: Название института, 2002. 164 с.

References:

1. Ivanov I.I. Nazvanie stat'i [Article title] // Nazvanie zhurnala [Journal title]. 2005. T.41. № 4. S. 18–26.
2. Petrov P.P. Nazvanie knigi [Book title]. M.: Nauka, 2007. Obshche chislo stranic v knige (naprimer, 180 s.) ili konkrernaya stranica (naprimer, S. 75.).
3. Kazakov K.K. Nazvanie dissertatsii [Dissertation title]: Dis. kand. biol. nauk. M.: Nazvanie instituta, 2002. 164 s.

При наличии большого количества авторов в списке литературы указываются все.

Для транслитерации списка литературы удобно использовать интернет-ресурс <http://translit.ru/>

При несоблюдении этих перечисленных правил статья не рассматривается редакционной коллегией, а возвращается авторам на доработку.

Все статьи проходят рецензирование и в случае необходимости возвращаются авторам на доработку. Рецензирование статьи закрытое. Возможно повторное и параллельное рецензирование. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактирования статьи. Статьи публикуются в порядке очередности, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а, следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегия не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 5–7 дней должен вернуть ее в редакционную коллегия или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и диски не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте**; нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;
- в числовых значениях **десятичные разряды отделяются запятой**;
- вставка символов **Symbol**.

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw, Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:

Ответственному секретарю редакционной коллегии

журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Надежде Валериановне Ладановой

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,

Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 209

Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212) 24-17-46

E-mail: journal@presidium.komisc.ru.

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ

Коми научного центра
Уральского отделения РАН

Вып. 2(22)

Редактор Т.В.Цветкова
Компьютерный дизайн и стилистика Р.А.Микушев
Компьютерное макетирование Н.А.Сулейманова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999.
Компьютерный набор. Подписано в печать 19.06.2015.
Формат бумаги 60x84¹/₈. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 16. Уч.-изд.л. 16. Тираж 300. Заказ №10.

Редакционно-издательский отдел
Коми научного центра УрО РАН.
167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.

Адрес учредителя: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН,
167982, ГСП-2, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.