Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Коми научный центр УрО РАН

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№1(21) **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. Чукреев,* д.б.н. *Д.Н. Шмаков*

Редакционный совет:

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

Адрес редакции:

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

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 52047

ISSN 1994-5655

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

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

№1(21) **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 January, 2007.

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

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.Ф. Соколов. Стабилизация неизвестного минимально-фазового объекта с липшицевой неопределенностью и ограниченным внешним возмущением 6
И.В. Антонец, Е.А. Голубев, Л.Н. Котов. Наноструктура аморфных гранулированных композитных пленок $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$ 13

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

М.М. Пискайкина, И.В. Пийр, М.С. Королева, В.А. Белый. Синтез и свойства твердых растворов титанатов висмута со структурой пирохлора..... 22

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

А.Б. Захаров, В.И. Пономарев, О.А. Лоскутова, В.Н. Шубина. Влияние эксплуатации наземного и водного транспорта на биологические ресурсы горных рек национального парка «Югыд ва».....26
Л.Г. Мартынов. Виды хвойных в коллекции Ботанического сада Института биологии Коми научного центра и перспективы их использования в озеленении.....36
Л.И. Иржак, Б.Ф. Дерновой. Изменения кардиогемодинамики человека при постуральных пробах 44
И.А. Кириллова. Орхидные Приполярного Урала: особенности биологии и структура ценопопуляций.....48

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

А.И. Антошкина, В.А. Салдин, Н.Ю. Никулова, З.П. Юрьева, Е.С. Пономаренко, А.Н. Сандула, Н.А. Канева, Л.А. Шмелёва, Д.Н. Шеболкин, А.Н. Шадрин, Н.А. Инкина. Реконструкция осадконакопления в палеозое Тимано-Североуральского региона: направления исследований, результаты, проблемы и задачи.....55

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

К.О. Рустамова. Математическое моделирование характера распределения контактного давления между внутренней поверхностью конического уплотнителя и стенкой цилиндра 73
И.И. Волкова, А.А. Волков. О возможности прогноза показателей разработки нефтяных месторождений Республики Коми с использованием рядов динамики.....83

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

И.О. Васкул, А.В. Волокитин, И.Л. Жеребцов, В.Н. Карманов, М.В. Кленов, А.М. Мурыгин, П.Ю. Павлов. Освоение арктической и субарктической зоны Припечорья в древности и средневековье по данным археологии (часть I) 88
Г.А. Некрасова. Конкуренция иллатива и послелогов в коми-пермяцком языке 95
А.Н. Рассыхаев. Этапы формирования собрания рукописных фольклорных материалов в отделе фондов Национального музея Республики Коми 101
П.Ф. Лимеров. Поэма «Биармия» как итог исследовательской деятельности Каллистрата Жакова по реконструкции древнего мировоззрения коми-зырян 110

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

В.Н. Лаженцев. Актуализация некоторых конституционных положений в связи с вопросами территориального развития..... 117

ЮБИЛЕИ 123

CONTENTS

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

V.F. Sokolov. Stabilization of unknown minimum-phase plant under Lipschitz uncertainty and bounded extremal disturbance 6
I.V. Antonets, E.A. Golubev, L.N. Kotov. Nanostructures of amorphous granular composite films $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$ 13

CHEMICAL SCIENCES

M.M. Piskaikina, I.V. Piir, M.S. Koroleva, V.A. Beliy. Synthesis and properties of solid solutions of bismuth titanate with pyrochlore structure 22

BIOLOGICAL SCIENCES

A.V. Zakharov, V.I. Ponomarev, O.A. Loskutova, V.N. Shubina. Assessment of surface and water transport impacts on the biological resources of mountain rivers in the National Park "Yugyd Va" 26
L.G. Martynov. Species of conifers in collection of the Botanical Garden of the Institute of Biology of the Komi Science Centre and the prospects of their usage in city tree planting 36
L.I. Irzhak, B.F. Dernovoy. Changes in the human cardiohemodynamics under the influence of postural tests 44
I.A. Kirillova. Orchids of Subpolar Urals: features of biology and structure of populations 48

GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

A.I. Antoshkina, V.A. Saldin, N.Yu. Nikulova, Z.P. Yuryeva, E.S. Ponomarenko, A.N. Sandula, N.A. Kaneva, L.A. Shemeleva, D.N. Shebolkin, A.N. Shadrin, N.A. Inkina. Reconstruction of sedimentation in the Palaeozoic of the Timan - North Urals region: directions of research, results, problems and objectives 55

TECHNICAL SCIENCES

K.O. Rustamova. Mathematical modelling of contact pressure distribution between conical sealing inner surface and cylinder wall 73
I.I. Volkova, A.A. Volkov. On the possibility of forecasting the indicators of oil fields development of the Komi Republic with use of time series 83

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 archeology 88
G.A. Nekrasova. Interchange of the illative and postpositions in the Komi-Permian language 95
A.N. Rassykhaev. Stages of formation of collection of hand-written folklore materials in the Funds Department of the National Museum of the Komi Republic 101
P.F. Limerov. The poem "Biarmia" as a result of Kallistrat Zhakov's research activities on the reconstruction of the ancient Komi-Zyryan world outlook 110

SOCIAL SCIENCES

V.N. Lazhentsev. Actualization of some constitutional positions in connection with territorial development 117

ANNIVERSARIES 123

Журналу «Известия Коми научного центра» исполнилось пять лет. За эти годы он занял заметное место среди многопрофильных журналов, издаваемых в научных центрах Российской академии наук. Стал узнаваем, приобрел определенный авторитет, вошел в список ВАК. Проект себя в полной мере оправдал. Теперь надо двигаться дальше.

Мы начинаем новую пятилетку с того, что подали заявку на включение в библиографическую и реферативную базу данных «Scopus». Для того, чтобы удовлетворять соответствующим требованиям, пришлось по ряду параметров приблизиться к международным стандартам. Этим же стандартам отвечает и принятое нами положение о публикационной этике, решение о публикации статей не только на русском, но и на английском языках, расширение состава редакционного совета за счет включения в него представителей из других стран. При этом идеология журнала осталась неизменной – это многопрофильное издание, охватывающее все основные отрасли естественнонаучных и общественных наук. Как и оговаривалось в начале проекта, мы не исключаем в будущем издание отдельных тематических выпусков. В частности, в редакционном портфеле накапливается достаточно материала для подготовки спецвыпуска по арктической тематике. Среди наших ближайших планов – расширение сотрудничества с вузами республики, не только с Ухтинским государственным университетом, который выступает нашим партнером в издании «Известий» и формирует в основном раздел «технические науки». Необходимость регионального ВАКовского журнала все острее ощущает наша вузовская молодежь.

Как мы и предполагали, главными авторами нашего журнала в прошедшие годы были сотрудники Коми научного центра, на долю которых приходится 67% публикаций. Однако журнал привлек внимание исследователей не только Уральского и Северо-Западного регионов, на которых мы, прежде всего, рассчитывали. В журнале публиковались статьи не только из разных регионов России (9%), но и из зарубежных стран (1%). На долю вузов нашей республики приходится 19% публикаций. Из институтов Коми научного центра безусловным лидером является Институт биологии (15% всех статей).

Мы и дальше будем позиционировать себя как модельный журнал регионального комплексного научного центра, открытый для публикации оригинальных статей из других научных центров, городов и стран.

Я с удовлетворением отмечаю, что за прошедшие годы на страницах журнала нашли отражение многие оригинальные научные идеи, давшие импульс для развития новых направлений исследований. Для многих молодых ученых страницы журнала стали стартовой площадкой, позволили заявить о себе, о своих результатах.

Не могу не отметить консолидирующую и объединяющую роль «Известий» для научных организаций центра. В этом смысле общий журнал выступает как один из важнейших центров коллективного пользования, который нас объединяет и делает единым научно-исследовательским комплексом на Севере, тесно взаимодействующим с вузами региона.

И последнее, я остаюсь убежденным сторонником повышения роли и места отечественных журналов. Мир в целом, а не только Россия, не может полагаться только на журналы так называемой большой тройки – США, Англии и Нидерландов и наукометрические расчеты одной страны (США), как бы авторитетны они ни были. И поэтому важно развивать и поднимать уровень научной периодики в нашей стране. Я признаю, что задача поддержания высокого уровня журнала, издаваемого в провинции, не из простых. Ее решение требует не только материальных затрат, но и качественной работы редколлегии, заинтересованного участия многих людей и организаций. Я глубоко благодарен преданному коллективу энтузиастов журнала, квалифицированным рецензентам, техническим работникам, благодаря труду которых журнал вышел на достойный уровень.

До встречи на страницах журнала «Известия Коми научного центра УрО РАН».

Главный редактор журнала
академик А.М. Асхабов

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 1(21). Сыктывкар, 2015.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 517.977 + 62-50

СТАБИЛИЗАЦИЯ НЕИЗВЕСТНОГО МИНИМАЛЬНО-ФАЗОВОГО ОБЪЕКТА С ЛИПШИЦЕВОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМ ВНЕШНИМ ВОЗМУЩЕНИЕМ

В.Ф. СОКОЛОВ

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

Рассматривается задача стабилизации неизвестного минимально-фазового объекта с липшицевой неопределенностью и ограниченным внешним возмущением с неизвестной верхней границей. Предлагаемый конечно-сходящийся алгоритм онлайн оценивания неизвестных параметров объекта, липшицевой неопределенности и верхней границы возмущения обеспечивает стабилизацию неизвестного объекта и онлайн верификацию его модели.

Ключевые слова: **робастное управление, адаптивное управление, идентификация, липшицева неопределенность, верификация модели**

V.F. SOKOLOV. **STABILIZATION OF UNKNOWN MINIMUM-PHASE PLANT UNDER LIPSCHITZ UNCERTAINTY AND BOUNDED EXTERNAL DISTURBANCE**

The paper addresses to problem of adaptive stabilization of unknown minimum-phase plant under Lipshitz uncertainty and bounded external disturbance. The nominal model of the plant is taken in the form of autoregressive moving average (ARMA) discrete-time system with unknown coefficients from a known bounded convex prior set. All the models from the prior set are minimum-phase, that is, input of any model is guaranteed to be bounded under bounded output. No upper bound on the external disturbance is assumed to be known to controller designer. Xie L.L. and Guo L. showed in 2000 that, in the case of the Lipshitz uncertainty that depends on the previous value of the output only, the particular value $3/2+\sqrt{2}$ of the Lipshitz constant L is critical for the simplest dynamical plant: any plant with $L \geq 3/2+\sqrt{2}$ can not be surely stabilized by any causal feedback while any plant with $L < 3/2+\sqrt{2}$ can be surely stabilized with the use of nonparametric online estimation of the unknown Lipschitz uncertainty. C. Huang and L. Guo have generalized this result to the stabilization of unknown minimum-phase plant under known upper bounds on the Lipshitz uncertainty and the external disturbance with the use of the exhaustive method over sufficiently small grid in the prior set of unknown coefficients of the nominal model.
In the present paper, stabilization of unknown plant with $L < 3/2+\sqrt{2}$ and unknown upper bound on the external disturbance is achieved with the use of the Yakubovich's method of recurrent objective inequalities for synthesis of adaptive control. This method allows to construct a simple finitely-convergent projecting estimation algorithm that guarantees not only the stabilization of the closed loop system but online model validation as well.

Key words: **robust control, adaptive control, identification, Lipschitz uncertainty, model validation**

1. Введение

В самых общих словах под *адаптивным* понимается управление, обеспечивающее достижение цели за счет оценивания тех или иных неопределенностей (параметров) в системе управления по данным измерений [1]. Под *робастным* понимается управление, обеспечивающее достижение цели для всех объектов с неопределенностями из определенного допустимого множества без оценивания неопределенности по данным измерений [2]. При этом неопределенности разных видов могут оказаться эквивалентными с точки зрения теории робастного управления. Например, в ℓ_1-теории робастного управления условия робастной устойчивости и оценки качества одинаковы для трех типов неопределенностей с ограниченными коэффициентами усиления: линейных нестационарных, нелинейных стационарных и нелинейных нестационарных [3, 4]. Од-

нако с точки зрения адаптивного управления стационарные неопределенности существенно отличаются от нестационарных, допуская потенциальную возможность их онлайн оценивания с целью повышения качества управления.

Потенцильные возможности обратной связи, основанной на оценивании по данным измерений непараметрической нелинейной стационарной неопределенности, удовлетворяющей условию Липшица, были впервые исследованы в статье [5] для простейшей динамической модели объекта управления вида

$$y_{t+1} = f(y_t) + u_t + w_{t+1}\,, \quad t = 0, 1, 2, \ldots\,, \qquad (1)$$

где вещественные числа y_t, u_t, w_t обозначают соответственно выход объекта, управление и неизвестное ограниченное возмущение в момент t. Неизвестная функция $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ описывает липшицеву неопределенность в системе:

$$|f(x_1) - f(x_2)| \leqslant L|x_1 - x_2| \quad \forall x_1, x_2 \in \mathbb{R}\,.$$

В работе [5] было показано, что значение постоянной Липшица $L = 3/2 + \sqrt{2}$ является критическим. Если $L \geqslant 3/2 + \sqrt{2}$, то для любой обратной связи, т.е для управления вида

$$u_t = U_t(y_0, \ldots, y_t, u_0, \ldots, u_{t-1})\,, \quad t = 0, 1, 2, \ldots\,, \qquad (2)$$

с любыми функциями U_t, и любой ограниченной последовательности возмущений w найдется липшицева функция f, при которой выход замкнутой системы (1), (2) будет неограниченным. В [5] была также построена обратная связь с бесконечной памятью, основанная на оценивании липшицевой неопределенности по данным измерений и гарантирующая асимптотически оптимальное отслеживание любого заданного ограниченного командного сигнала при любой неопределенности с постоянной Липшица $L < 3/2 + \sqrt{2}$ и любом ограниченном возмущении w.

В работах [6, 7] рассматривалась более общая динамическая модель объекта управления, содержащая в правой части уравнения (1) дополнительный линейный член ay_t с неизвестным коэффициентом a из известного ограниченного множества, и была решена задача асимптотически субоптимального слежения со сколь угодно малым сужением класса допустимых липшицевых неопределенностей.

В статье [8] рассматривалась более общая модель минимально-фазового динамического объекта с липшицевой неопределенностью и ограниченным возмущением, содержащая неизвестный вектор параметров из известного ограниченного множества. Было предложено [8] адаптивное управление с бесконечной памятью, обеспечивающее стабилизацию объекта с неизвестными параметрами при известной верхней границе величины возмущения w и известной постоянной Липшица $L < 3/2 + \sqrt{2}$. Алгоритм адаптации заключался в последовательном переборе и проверке данными измерений векторов параметров из конечной δ-сети априорного множества допустимых параметров при достаточно малом значении выбираемого параметра $\delta > 0$. Проверка приемлемости текущей оценки ξ_i неизвестного вектора параметров ξ осуществлялась проверкой соблюдения определенных границ для выходов и управлений, вытекающих из априорных предположений о модели и неравенства $|\xi - \xi_i| \leqslant \delta$.

В настоящей работе рассматриваются минимально-фазовые объекты управления со стандартной номинальной моделью в виде уравнения авторегрессии и скользящего среднего

$$\begin{aligned} y_{t+1} = \;& a_0 y_t + \cdots + a_n y_{t-n} + b_0 u_t + \cdots + b_m u_{t-m} + \\ & + f(y_t) + w_{t+1} \end{aligned}$$

с неизвестным набором коэффициентов

$$\xi = (a_0, \ldots, a_n, b_0, \ldots, b_m)\,.$$

Предполагаются известными выпуклое ограниченное множество, содержащее вектор ξ, и верхняя оценка $L_{max} < 3/2 + \sqrt{2}$ постоянной Липшица L. Верхняя граница возмущения w предполагается неизвестной. Для обеспечения адаптивной стабилизации объекта базовый алгоритм оценивания неопределенности, предложенный в [5], дополняется простым алгоритмом проекционного типа для оценивания неизвестного вектора ξ и верхней границы возмущения w. Как и в работах [6, 7], предлагаемый алгоритм адаптивной стабилизации имеет конечную память и обеспечивает онлайн верификацию используемой для управления модели.

Обозначения:

$\mathbb{N} = \{0, 1, 2, \ldots\}$ – множество натуральных чисел;

$\mathbb{R}$ – поле вещественных чисел;

$x_p^q = (x_p, x_{p+1}, \ldots, x_q)$ – отрезок вещественной последовательности $x = (x_0, x_1, \ldots)$;

$|x_p^q| = \max_{p \leqslant k \leqslant q} |x_k|$;

$|\phi|$ – евклидова норма вектора ϕ;

$\|G(\lambda)\| = \sum_{k=0}^{+\infty} |g_k|$ для устойчивой передаточной функции $G(\lambda) = \sum_{k=0}^{+\infty} g_k \lambda^k$.

2. Постановка задачи

Пусть объект управления описывается моделью

$$y_{t+1} = a(q^{-1})y_t + b(q^{-1})u_t + f(y_t) + w_{t+1}\,, \quad t \in \mathbb{N}\,, \qquad (3)$$

в которой последовательности y, u, w обозначают соответственно выход объекта, управление и неизвестное ограниченное возмущение. Неизвестная функция $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ удовлетворяет условию Липшица

$$|f(x_1) - f(x_2)| \leqslant L|x_1 - x_2| \quad \forall x_1, x_2 \in \mathbb{R} \qquad (4)$$

и называется *липшицевой неопределенностью* в модели (3). Априорная информация о неизвестной постоянной Липшица L заключается в неравенстве

$$L \leqslant L_{max} < \frac{3}{2} + \sqrt{2} \qquad (5)$$

с известной верхней границй L_{max}. Операторные полиномы $a(q^{-1})$ и $b(q^{-1})$, характеризующие номинальную модель объекта, т.е. модель без неопределенности и возмущения, определяются формулами

$$a(q^{-1})y_t = a_0 y_t + \cdots + a_n y_{t-n}\,,$$

$$b(q^{-1})u_t = b_0 u_t + \cdots + b_m u_{t-m}\,.$$

Таким образом, номинальный объект описывается стандартным уравнением авторегрессии и скользящего среднего. Априорная информация о неизвестном наборе коэффициентов ξ полиномов a и b имеет вид включения

$$\xi = (a_0, \ldots, a_n, b_0, \ldots, b_m) \in \Xi\,, \tag{6}$$

в котором известное априорное множество коэффициентов Ξ является *выпуклым, замкнутым и ограниченным* и включает только *минимально-фазовые* модели, т.е. для любого вектора $\xi \in \Xi$ соответствующий полином $b(\lambda) = b_0 + b_1\lambda + \cdots + b_m\lambda^m$ устойчив (не имеет корней в замкнутом единичном круге комплексной плоскости $|\lambda| \leqslant 1$).

Априорная информация о неизвестном возмущении w заключается в его ограниченности:

$$W = \sup_{t \geqslant 0} |w_t| < +\infty\,,$$

и верхняя граница W предполагается неизвестной.

Требуется построить обратную связь с *конечной памятью*, стабилизирующую замкнутую систему управления, т.е. гарантирующую ограниченность выхода y и управления u.

3. Стабилизация объекта с известной номинальной моделью

Рассмотрим сначала объекты управления с известной номинальной моделью, т.е. с известным вектором коэффициентов $\xi \in \Xi$ и опишем стабилизирующую обратную связь с конечной памятью для таких объектов. Выберем произвольное число $\varepsilon > 0$, параметр алгоритма стабилизации и разобьем вещественную ось на полусегменты длины ε:

$$\mathbb{R} = \bigcup_{k \in \mathbb{Z}} [k\varepsilon, (k+1)\varepsilon)\,. \tag{7}$$

Для любой выбранной обратной связи вида (2) обозначим через

$$(y_{k_0}, y_{k_1}, y_{k_2}, \ldots)$$

подпоследовательность выходов, попадающих в содержащий их полусегмент разбиения первыми:

$$y_{k_j} \in [k\epsilon, (k+1)\epsilon) \Rightarrow \forall t < k_j \;\; y_t \notin [k\epsilon, (k+1)\epsilon)\,.$$

Для каждого $t = 1, 2, \ldots$ положим

$$i_t = \operatorname*{argmin}_{\{k_j | k_j < t\}} |y_t - y_{k_j}|\,. \tag{8}$$

В силу (8) значение y_{i_t} является ближайшим к y_t из известных к моменту t элементов подпоследовательности $(y_{k_0}, y_{k_1}, \ldots)$:

$$|y_t - y_{i_t}| = \min_{\{k_j | k_j < t\}} |y_t - y_{k_j}|\,.$$

В каждый текущий момент времени t оценка неизвестного значения $f(y_t)$ липшицевой неопределенности f вычисляется следующим образом:

$$\hat{f}_t(y_t) = y_{i_t+1} - a(q^{-1})y_{i_t} - b(q^{-1})u_{i_t}\,. \tag{9}$$

Из уравнения модели (3) следует равенство

$$\hat{f}_t(y_t) = f(y_{i_t}) + w_{i_t+1}\,,$$

объясняющее смысл и происхождение используемой оценки липшицевой неопределенности. Заметим, что для вычисления правой части (9) необходимо, наряду с каждым элементом y_{k_j}, запоминать данные $y_{k_j-n}, \ldots, y_{k_j+1}$ и $u_{k_j-m}, \ldots, u_{k_j}$. Разбиение вещественной оси на полусегменты и запоминание только одного выхода в каждом полусегменте разбиения позволит обеспечить конечную память алгоритма стабилизации.

Введем обозначения для рекуррентно вычисляемых минимального и максимального к моменту времени t значений выхода

$$\underline{y}^t = \min_{i \leqslant t} y_i = \min\{\underline{y}^{t-1}, y_t\}\,,$$

$$\overline{y}^t = \max_{i \leqslant t} y_i = \max\{\overline{y}^{t-1}, y_t\}\,.$$

Управление в момент времени t определяется формулой

$$b(q^{-1})u_t = -\hat{f}_t(y_t) - a(q^{-1})y_t + \frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t)\,, \quad t = 1, 2, \ldots\,, \tag{10}$$

с начальными значениями $u_{-m+1} = \cdots = u_0 = 0$.

Устойчивость замкнутой системы управления (3), (10) гарантируется следующей теоремой.

Теорема 1. Пусть полином $b(\lambda)$ устойчив и $L < \frac{3}{2} + \sqrt{2}$. Тогда при любом $\varepsilon > 0$ и любых начальных значениях $y_{-n}, \ldots, y_0$ выход и управление в замкнутой системе управления (3), (10) ограничены.

Теорема 1 является простым следствием основного результата, теоремы 2 из раздела 5, и приводится для облегчения понимания закона управления для объекта с неизвестной номинальной моделью.

4. Верификация модели

Возвратимся к рассмотрению объекта управления с неизвестным вектором коэффициентов ξ. Алгоритм стабилизации (10) будет использоваться для объекта с неизвестным ξ путем замены этого вектора его оценкой ξ_t, вычисляемой рекуррентным алгоритмом адаптации по данным измерений. Поскольку верхняя граница возмущения W и постоянная Липшица L предполагаются неизвестными, они также будут оцениваться.

Полная информация в момент времени $t+1$ о неизвестных значениях ξ, L, W, согласованных с данными измерений y_{-n}^{t+1}, u_{-m+1}^{t} и априорной информацией об объекте управления, без учета неравенства (5) и включения (6), заключена в неравенствах

$$\begin{aligned}&|y_{i+1} - a(q^{-1})y_i - b(q^{-1})u_i - \\ &(y_{j+1} - a(q^{-1})y_j - b(q^{-1})u_j)| = \\ &|f(y_i) + w_{i+1} - (f(y_j) + w_{j+1})| \leqslant L|y_i - y_j| + 2W\,,\end{aligned} \tag{11}$$

$0 \leqslant j < i \leqslant t$. Ниже будет установлено, что для стабилизации объекта с неизвестной номинальной моделью не обязательно проверять для текущих оценок (ξ_t, L_t, W_t) набора неизвестных параметров (ξ, L, W) все неравенства вида (11) и достаточно ограничиться

проверкой только одного из этих неравенств

$$|y_{t+1} - a^t(q^{-1})y_t - b^t(q^{-1})u_t - (y_{i_t+1} - a^t(q^{-1})y_{i_t} - b^t(q^{-1})u_{i_t})| \leqslant L_t|y_t - y_{i_t}| + 2W_t\,, \quad (12)$$

в котором полиномы a^t и b^t соответствуют вектору коэффициентов ξ_t и индекс i_t определен в (8). Другими словами, для онлайн верификации модели управляемого объекта достаточно обеспечить справедливость при всех достаточно больших t только неравенств (12). Описанный подход к верификации модели лежит в рамках метода рекуррентных целевых неравенств, предложенного В.А Якубовичем в начале 1960-х гг. для решения задач адаптивного управления при ограниченных возмущениях с известной верхней границей [1].

5. Стабилизация объекта с неизвестной номинальной моделью

В этом разделе описано решение поставленной в разделе 2 задачи с помощью простого с вычислительной точки зрения конечно-сходящегося алгоритма оценивания проекционного типа.

Обозначим через

$$\theta = (\xi, L, W)$$

вектор-строку всех неизвестных параметров модели (3). Априорная информация о векторе θ имеет вид

$$\theta \in \Theta = \left\{\ (\xi, L, W) \mid \xi \in \Xi\,, 0 \leqslant L \leqslant L_{max}\,, W \geqslant 0\ \right\}. \quad (13)$$

В качестве начальной оценки неизвестного вектора θ выбирается вектор

$$\theta_0 = (\xi_0, 0, 0)$$

с любой начальной строкой коэффициентов $\xi_0 \in \Xi$.

Выберем достаточно малое число $\delta > 0$, характеризующее размер мертвой зоны при обновлении оценок (ограничение на δ указано в теореме 2), и введем обзначения

$$\begin{aligned}
&\phi_t = (y_t, \ldots, y_{t-n}, u_t, \ldots, u_{t-m})^T\\
&\eta_t = \operatorname{sign}\left[y_{t+1} - \xi_t\phi_t - (y_{i_t+1} - \xi_t\phi_{i_t})\right]\\
&\psi_t = (\eta_t(\phi_t - \phi_{i_t})^T, |y_t - y_{i_t}|, 2)^T\\
&e_t = \eta_t(y_{t+1} - y_{i_t+1})\,.
\end{aligned}$$

Благодаря этим обозначениям

$$a(q^{-1})y_t + b(q^{-1})u_t = \xi\phi_t\,,$$

и неравенство (12) эквивалентно неравенству

$$|y_{t+1} - \xi_t\phi_t - (y_{i_t+1} - \xi_t\phi_{i_t})| \leqslant L_t|y_t - y_{i_t}| + 2W_t$$

и неравенству

$$\theta_t\psi_t \geqslant e_t$$

для текущей оценки $\theta_t = (\xi_t, L_t, W_t)$. Вектор θ_t рекуррентно обновляется в момент времени $t+1$ по формуле

$$\theta_{t+1} = \begin{cases} \theta_t, \text{ если } e_t \leqslant \theta_t\psi_t + \delta|\psi_t|,\\ Pr_\Theta\left[\theta_t + \dfrac{e_t - \theta_t\psi_t}{|\psi_t|^2}\psi_t^T\right], \text{ в противном случае,}\end{cases} \quad (14)$$

где Pr_Θ обозначает оператор ортогонального проектирования на множество Θ.

Формула (14) имеет простую геометрическую интерпретацию. Неравенство (12) для вектора θ_t представляет собой пару линейных неравенств, из которых только одно может нарушаться для текущей оценки θ_t. Именно это линейное неравенство задает полупространство

$$\Omega_{t+1} = \left\{\ \hat\theta = (\hat\xi, \hat L, \hat W) \mid \hat\theta\psi_t \geqslant e_t\ \right\}.$$

Текущая оценка θ_t изменяется только в том случае, если расстояние от вектора θ_t до полупространства Ω_{t+1} больше δ. В этом случае вычисляется ортогональная проекция θ_t на полупространство Ω_{t+1} и, если эта проекция оказывается вне априорного множества Θ, производится дополнительное проектирование на это множество. Получившийся вектор становится оценкой θ_{t+1}.

Полезные для адаптивного управления свойства алгоритма оценивания (14) устанавливаются в следующей лемме.

Лемма 1. Пусть объект управления описывается моделью (3) с неизвестным вектором коэффициентов $\xi \in \Xi$, множество Ξ выпуклое, и управление осуществляется произвольной обратной связью вида (2). Тогда для любого параметра $\delta > 0$ число изменений векторов θ_t не превосходит числа

$$\frac{|\theta - \theta_0|^2}{\delta^2} = \frac{\sqrt{|\xi - \xi_0|^2 + L^2 + W^2}}{\delta^2} \quad (15)$$

и для достигаемого за конечное время предельного значения

$$\theta_\infty = (\xi_\infty, L_\infty, W_\infty) = \lim_{t\to+\infty}\theta_t$$

при всех достаточно больших t выполнены неравенства

$$|y_{t+1} - \xi_\infty\phi_t - (y_{i_t+1} - \xi_\infty\phi_{i_t})| \leqslant L_\infty|y_t - y_{i_t}| + 2W_\infty + \delta|\psi_t|\,. \quad (16)$$

Доказательство. Из выпуклости априорного множества коэффициентов Ξ следует выпуклость определенного в (13) множества Θ. Поэтому если при изменении вектора θ_t имеем

$$\theta'_{t+1} = \theta_t + \frac{e_t - \theta_t\psi_t}{|\psi_t|^2}\psi_t^T \notin \Theta\,,$$

то в силу выпуклости Θ

$$|\theta_{t+1} - \theta| \leqslant |\theta'_{t+1} - \theta|\,.$$

Заметим, что $\theta\psi_t \geqslant e_t$ при всех t, поскольку каждое такое неравенство является одним из двух линейных неравенств (12) для вектора θ. Из определения θ'_{t+1} следует равенство $\theta'_{t+1}\psi_t = e_t$ и, следовательно, $(\theta'_{t+1} - \theta)\psi_t \leqslant 0$. Т.к. при каждом изменении оценок θ_t выполнено неравенство $e_t - \theta_t\psi_t > \delta|\psi_t|$, то

$$|\theta_t - \theta|^2 = \left|(\theta'_{t+1} - \theta) - \frac{e_t - \theta_t\psi_t}{|\psi_t|^2}\psi_t^T\right|^2 = |\theta'_{t+1} - \theta|^2 -$$

$$2(\theta'_{t+1} - \theta)\psi_t\frac{e_t - \theta_t\psi_t}{|\psi_t|^2} + \left|\frac{e_t - \theta_t\psi_t}{|\psi_t|^2}\psi_t^T\right|^2 > |\theta_{t+1} - \theta|^2 + \delta^2\,.$$

Из последнего неравенства тотчас следует искомая верхняя оценка (15) для числа возможных изменений оценок θ_t и справедливость неравенств $e_t \leqslant \theta_\infty\psi_t + \delta|\psi_t|^2$ для достигаемого за конечное время предельного значения θ_∞. Остается заметить, что в

силу данных выше определений ψ_t и e_t из неравенств $e_t \leqslant \theta_\infty \psi_t + \delta|\psi_t|^2$ следуют неравенства (16). □

Управление неизвестным объектом (3) осуществляется с помощью регулятора вида (9), (10), в котором неизвестные операторные полиномы $a(q^{-1})$ и $b(q^{-1})$ заменены операторными полиномами $a^t(q^{-1})$ and $b^t(q^{-1})$, соответствующими текущей оценке набора коэффициентов ξ_t:

$$\hat{f}_t(y_t) = y_{i_t+1} - \xi_t \phi_{i_t}\,, \tag{17}$$

$$b^t(q^{-1})u_t = -\hat{f}_t(y_t) - a^t(q^{-1})y_t + \frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t)\,,\ t = 1, 2, \dots\,. \tag{18}$$

Устойчивость замкнутой системы управления гарантируется следующей теоремой.

Теорема 2. Пусть объект управления описывается уравнением (3) с неизвестным вектором коэффициентов $\xi \in \Xi$, априорное множество коэффициентов Ξ является выпуклым, замкнутым и ограниченным, и известны постоянные C_1, C_2 и C_3 такие, что

$$\left\| \frac{1}{b(\lambda)} \right\| \leqslant C_1,\ \|a(\lambda)\| \leqslant C_2,\ \|b(\lambda)\| \leqslant C_3 \quad \forall \xi \in \Xi. \tag{19}$$

Пусть постоянная Липшица L неопределенности f удовлетворяет неравенству (5), и параметр $\delta > 0$ алгоритма оценивания (14) выбран достаточно малым так, что

$$L_{max} + D\delta < \frac{3}{2} + \sqrt{2 - 4D\delta}\,, \quad D\delta < \frac{1}{2}\,,$$

где постоянная D определена в (26). Тогда алгоритм оценивания (14) гарантирует сходимость оценок θ_t за конечное время, и адаптивный регулятор (17)-(18) обеспечивает ограниченность выхода и управления в замкнутой системе управления.

Доказательство. Докажем сначала основное вспомогательное неравенство (25), на которое опирается доказательство устойчивости замкнутой системы.

Из леммы 1 следует, что существует момент времени t_* такой, что при всех $t \geqslant t_*$ выполнены неравенства (16). В силу (17) и равенства $a^t(q^{-1})y_t + b^t(q^{-1})u_t = \xi_\infty \phi_t$ для всех $t \geqslant t_*$ адаптивный регулятор (18) можно представить в виде

$$\xi_\infty \phi_t = -(y_{i_t+1} - \xi_\infty \phi_{i_t}) + \frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t) \quad \forall\, t \geqslant t_*\,.$$

Используя это представление в (16), получаем

$$|y_{t+1} - \frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t)| \leqslant L_\infty |y_t - y_{i_t}| + 2W_\infty + \delta|\psi_t| \quad \forall\, t \geqslant t_*\,. \tag{20}$$

Воспользуемся следующими обозначениями из [5, 7, 8] (заменив для большей наглядности букву B буквой Y) для $t \geqslant -n+1$:

$$Y_t = [\underline{y}^t, \overline{y}^t], \quad \Delta Y_t = Y_t \setminus Y_{t-1}\,, \quad \Delta Y_{-n} = Y_{-n}\,,$$

$$|Y_t| = \overline{y}^t - \underline{y}^t, \quad |\Delta Y_t| = |Y_t| - |Y_{t-1}|\,.$$

Для получения верхней оценки величины $|\psi_t|$ в неравенстве (20) воспользуемся неравенствами

$$|\psi_t| \leqslant \sqrt{2|\phi_t - \phi_{i_t}|^2 + 2^2} \leqslant \sqrt{2}|\phi_t - \phi_{i_t}| + 2 \leqslant \sqrt{2}(\sqrt{2(n+1)}|Y_t| + |u_t| + \sqrt{2m+1}|u_0^{t-1}|) + 2\,, \tag{21}$$

вытекающими из определения обозначений ϕ_t, ψ_t и $|Y_t|$. Верхняя оценка для $|u_0^{t-1}|$ может быть получена следующим образом. Для системы

$$x_t = G(q^{-1})v_t\,, \quad t \in \mathbb{N}\,,$$

с устойчивой передаточной функцией $G(\lambda)$ для всех t справедливо неравенство $|x_t| \leqslant \|G\||v_0^t|$. Тогда уравнение управляемого объекта

$$b(q^{-1})u_t = y_{t+1} - f(y_t) - a(q^{-1})y_t - w_{t+1}$$

с устойчивым полиномом $b(\lambda)$, неравенства

$$|y_t| \leqslant |Y_t| + |y_0|\,,$$

$$|f(y_t)| \leqslant |f(y_t) - f(y_0)| + |f(y_0)| \leqslant L|y_t - y_0| + |f(y_0)|$$

и условие теоремы $\|\frac{1}{b(\lambda)}\| \leqslant C_1$ обеспечивают для всех t верхнюю оценку

$$|u_t| \leqslant C_1\,[|Y_{t+1}| + |y_0| + L|Y_t| + |f(y_0)| + \|a(\lambda)\|(|Y_t| + |y_0|) + W]\,. \tag{22}$$

Используя условие теоремы $\|a(\lambda)\| \leqslant C_2$ и неравенство $|Y_{t-1}| \leqslant |Y_t|$ при всех t, из неравенства (22) получаем

$$|u_0^{t-1}| = \max_{0 \leqslant k \leqslant t-1} |u_k| \leqslant C_1(1 + L_{max} + C_2)|Y_t| + C_1[(1 + C_2)|y_0| + |f(y_0)| + W]\,. \tag{23}$$

Для получения верхней оценки на слагаемое $|u_t|$ в правой части (21) воспользуемся уравнениями адаптивного регулятора (17) и (18):

$$|u_t| = \left| \frac{1}{b_0^t}[-y_{i_t+1} + a^t(q^{-1})(y_{i_t} - y_t) + b^t(q^{-1})u_{i_t} + \frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t) - b_1^t u_{t-1} - \dots - b_m^t u_{t-m}] \right|\,.$$

Отсюда, учитывая включения $\xi_t \in \Xi$, условия теоремы (19), неравенство $\left|\frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t) - y_{i_t+1}\right| \leqslant |Y_t|$ и неравенство

$$\left|\frac{1}{b_0^t}\right| \leqslant \left|\frac{1}{b_0^t}\right| \left\| \frac{1}{1 + b_1^t/b_o^t\lambda + \dots + b_m^t/b_0^t\lambda^m} \right\| = \left\| \frac{1}{b_0^t + b_1^t\lambda + \dots + b_m^t\lambda^m} \right\| \leqslant C_1\,,$$

получаем

$$|u_t| \leqslant C_1[(1 + C_2)|Y_t| + 2C_3|u_0^{t-1}|]\,. \tag{24}$$

Используя неравенство (23) в (24) и оба этих неравенства – в (21), получаем верхнюю оценку для $|\psi_t|$. Воспользовавшись полученной оценкой в (20), приходим после небольших вычислений к неравенствам

$$|y_{t+1} - \frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t)| \leqslant L_\infty |y_t - y_{i_t}| + 2W_\infty + \delta(D|Y_t| + D_1) \tag{25}$$

при всех $t \geqslant t_*$, где

$$D = 2\sqrt{n+1} + \sqrt{2}C_1(1 + C_2) + (\sqrt{2m+1} + 2\sqrt{2}C_1C_3)C_1(1 + L_{max} + C_2)\,, \tag{26}$$

$$D_1 = (\sqrt{2m+1} + 2\sqrt{2}C_1C_3)C_1 \times [(1 + C_2)|y_0| + |f(y_0)| + W] + 2\,.$$

Перейдем к доказательству ограниченности выхода замкнутой адаптивной системы, из которой в

силу неравенства (22) следует также ограниченность управления. Приводимое ниже для полноты изложения доказательство ограниченности выхода является небольшой модификацией доказательства ограниченности в теореме 2.1 [8], которое, в свою очередь, является модификацией доказательств ограниченности выхода в работах [5–7]. В основе доказательства лежит неравенство (25) и следующая лемма.

Лемма 3.2 ([8]) Пусть $0 \leqslant L < 3/2+\sqrt{2}$ и число $\delta > 0$ таково, что $\delta < 1/2$ и $L+\delta < 3/2+\sqrt{2-4\delta}$. Пусть для некоторых $d \geqslant 0$ и $n_0 \geqslant 0$ неотрицательная последовательность $\{h_n\}$ удовлетворяет при всех $n \geqslant n_0$ неравенствам

$$h_{n+1} \leqslant \left(L \max_{0\leqslant i\leqslant n} h_i - \left(\frac{1}{2}-\delta\right) \sum_{i=0}^{n} h_i + d \right)^+, \qquad (27)$$

где $(x)^+ = \max\{x, 0\}$. Тогда $\sum_{n=0}^{+\infty} h_n < +\infty$.

Из определения обозначений $|\Delta Y_t| = |Y_t| - |Y_{t-1}|$ и индекса i_t в (8) следуют неравенства

$$|y_t - y_{i_t}| \leqslant \max_{-n+1\leqslant i\leqslant t} |\Delta Y_t| + \varepsilon \quad \forall t \geqslant 1\,.$$

Нетрудно также видеть, что при всех t

$$|\Delta Y_{t+1}| = \max\left\{ \left| y_{t+1} - \frac{1}{2}(\underline{y}^t + \overline{y}^t) \right| - \frac{1}{2}|Y_t|, 0 \right\}\,.$$

Тогда из (25) и гарантированного априорными ограничениями неравенства $L_\infty \leqslant L_{max}$ для всех $t \geqslant t_*$ следует

$$|\Delta Y_{t+1}| \leqslant \Bigg(L_{max} \max_{-n+1\leqslant i\leqslant t} |\Delta Y_i| - \left(\frac{1}{2} - \delta D\right) |Y_t| + 2W_\infty + \delta D_1 + \varepsilon L_{max} \Bigg)^+ . \qquad (28)$$

Неравенство (28) совпадает с неравенством (27) при $h_t = |\Delta Y_t|$, $L = L_{max}$, $d = 2W_\infty + \delta D_1 + \varepsilon L_{max}$ и $D\delta$ вместо δ. Из леммы 3.2 [8] следует, что частичные суммы $|Y_t| = \sum_{i=-n+1}^{t} |\Delta Y_t|$ ограничены и, следовательно, последовательность выходов $\{y_t\}$ ограничена. Теорема доказана. □

6. Заключительные комментарии

В заключение дадим несколько комментариев к рассмотренной задаче адаптивной стабилизации и ее решению.

1. Любая задача адаптивного управления решается при тех или иных априорных предположениях об управляемой системе. В частности, в задачах адаптивного робастного управления обычно предполагаются известными верхние границы неопределенности и возмущения. При этом задача онлайн верификации модели, в частности задача верификации используемых верхних границ, не рассматривается и тем более не решается (за исключением решений в рамках метода рекуррентных целевых неравенств). Алгоритм оценивания (14) попутно решает задачу онлайн верификации модели, гарантируя выполнение уравнений модели (3) для предельного вектора оценок θ_∞. Однако при этом ни в какой момент времени нельзя гарантировать, что текущий вектор оценок является предельным.

2. При решении задачи адаптивной стабилизации нет необходимости в оценке неизвестного значения постоянной Липшица L и можно исключить ее из списка оцениваемых неизвестных параметров, заменив ее в неравенствах (12) известной верхней оценкой L_{max}. Утверждения Леммы 1 и Теоремы 2 остаются справедливыми после внесения соответствующих поправок в алгоритм оценивания (14).

3. Вопрос о поведении той или иной адаптивной системы управления в случае, когда объект управления не описывается используемой для построения управления моделью, обсуждается еще реже проблемы онлайн верификации модели. Применительно к рассмотренной в настоящей статье задаче, можно, например, задать вопрос, что будет, если постоянная Липшица L не меньше критического значения $3/2+\sqrt{2}$? Из этого неравенства вовсе не следует, что замкнутая система управления обязательно будет неустойчивой, т.к. неопределенность f в управляемом объекте в общем случае не является “наихудшей”. Например, если значение постоянной Липшица больше критического значения $3/2+\sqrt{2}$ только на каком-то неизвестном ограниченном подмножестве $\mathbb{R}$, то такую неопределенность можно “переопределить” с использованием меньшей постоянной Липшица, отнеся возникающую неточность к ограниченному возмущению. Алгоритм оценивания (14) проделает эту процедуру автоматически. В то же время этот алгоритм позволяет дать следующий достаточно конструктивный ответ на поставленный в начале этого комментария вопрос. Если текущая верхняя оценка W_t нормы возмущения не превышает некоторого разумного порогового значения в конкретной реальной задаче управления, модель (3) может считаться приемлемой; в противном случае модель требует улучшения. Заметим, что если модель или априорная информация о ней, использованные в работе [8], неприемлемы для описания реально управляемого объекта, то алгоритм стабилизации, предложенный в [8], сможет свидетельствовать об этом только после полного безуспешного перебора всех значений ξ_i из δ-сети априорного множества параметров Ξ.

Литература

1. *Фомин В.Н., Фрадков А.Л., Якубович В.А.* Адаптивное управление динамическими объектами. М.: Наука, 1981.
2. *Zhou K., Doyle J.C., Glover K.* Robust and optimal control. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River. N.J., 1996.
3. *Khammash M., Pearson J.B.* Performance robustness of discrete-time systems with structured uncertainty // IEEE Trans. Autom. Control. 1991. Vol. 36. No. 4. P. 398–412.
4. *Соколов В.Ф.* Робастное управление при ограниченных возмущениях. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2011. 219 с.
5. *Xie L. L., Guo L.* How much uncertainty can be dealt with by feedback? // IEEE Transactions

on Automatic Control. 2000. Vol. 45. P. 2203–2217.
6. *Соколов В.Ф.* Адаптивное субоптимальное слежение для объекта первого порядка с липшицевой неопределенностью // АиТ. 2003. № 3. С. 124–136.
7. *Sokolov V.F.* Adaptive Suboptimal Tracking for the First-Order Plant with Lipschitz Uncertainty // IEEE Transactions on Automatic Control. 2003. Vol. 48. P. 607–612.
8. *Huang C., Guo L.* On feedback capability for a class of semiparametric uncertain systems // Automatica. 2012. Vol. 48. P. 873–878.

References

1. *Fomin V.N., Fradkov A.L., Yakubovich V.A.* Adaptivnoe upravlenie dinamicheskimi objektami [Adaptive control of dynamic plants]. Moscow: Nauka, 1981.
2. *Zhou K., Doyle J.C., Glover K.* Robust and optimal control. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River. N.J., 1996.
3. *Khammash M., Pearson J.B.* Performance robustness of discrete-time systems with structured uncertainty // IEEE Trans. Autom. Control. 1991. Vol. 36. № 4. P. 398–412.
4. *Sokolov V.F.* Robastnoe upravlenie pri ogranichennykh vozmushcheniyakh [Robust control under bounded disturbances]. Syktyvkar: Komi nauchny tsentr UrO RAN [Komi Science Centre Ural Br. RAS], 2011. 219 p.
5. *Xie L. L., Guo L.* How much uncertainty can be dealt with by feedback? // IEEE Transactions on Automatic Control. 2000. Vol. 45. P. 2203–2217.
6. *Sokolov V.F.* Adaptive suboptimal tracking for a first-order object under lipschitz uncertainty // Automation and Remote Control. 2003. Vol. 64. № 3. P. 457–467.
7. *Sokolov V.F.* Adaptive Suboptimal Tracking for the First-Order Plant with Lipschitz Uncertainty // IEEE Transactions on Automatic Control. 2003. Vol. 48. P. 607–612.
8. *Huang C., Guo L.* On feedback capability for a class of semiparametric uncertain systems // Automatica. 2012. Vol. 48. P. 873–878.

Статья поступила в редакцию 15.10.2014.

УДК: 537.874; 537.624.

НАНОСТРУКТУРА АМОРФНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$

И.В. АНТОНЕЦ*, Е.А. ГОЛУБЕВ**, Л.Н. КОТОВ*

**ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар*
***Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*
kotov@syktsu.ru

Приведены результаты исследования наноструктуры аморфных гранулированных композитных пленок состава $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$ толщиной *70–550 нм*, нанесенных на лавсановую подложку. Результаты получены с использованием атомно-силовой микроскопии и сканирующей электронной микроскопии. Показано, что наноструктура композитных пленок оказывает непосредственное влияние на их проводящие и отражающие свойства в диапазоне СВЧ.

Ключевые слова: **аморфные гранулированные композитные пленки, атомно-силовая микроскопия, электронная микроскопия, наноструктура, проводящие и отражающие свойства**

I.V. ANTONETS, E.A. GOLUBEV, L.N. KOTOV. **NANOSTRUCTURES OF AMORPHOUS GRANULAR COMPOSITE FILMS** $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$

Nanostructure of amorphous granular composite films $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$, deposited on mylar substrate, was investigated. In the thin films (thickness up to 200 nm) aggregates of densely packed grains are observed. In the thick films the granules form a continuous coating of substrates and the porosity is shown as interstices between granules. It is revealed that change of the granule size with thickness is described by function $\Phi(d)$, by which the conductivity change $\sigma(d)$ for thin metal films was described. It is shown that nanostructure of the amorphous granular composite films determines their conductive and reflective properties. The thickness interval ($d \approx 200 \div 470$ nm), in which the average grain size changes at change of films thickness, similarly to static conductivity in direct current and dynamic conductivity in the range of microwave frequencies, has been defined. It is found that the thickness interval differs from those thicknesses ($d \approx 320 \div 470$ nm) at which the reflection coefficient strongly changes. It is hypothesized that at $d \approx 200 \div 320$ nm the metal granules included in a dielectric matrix, yet do not possess sufficient conductivity to coherently reflect the microwaves. Studies of amorphous composite granular films by scanning electron microscopy were conducted. It is shown that in films with thickness up to 400 nm there are conductive paths discontinuities and between cracks and in the pores the substrate material is mainly located. If the film thickness exceeds 400 nm, the cracks are filled with the film material and the conductive paths have no discontinuities.

Keywords: **amorphous granular composite films, atomic force microscopy, electron microscopy, nanostructure, conductive and reflective properties**

Введение

Исследованию рельефа поверхности тонких пленок металлов и сплавов, многослойных и композитных структур, выращенных различными методами и нанесенных на подложки из различных материалов, уделяется значительное внимание [1–11]. Развитие нанотехнологий стимулирует исследование свойств и выявление новых особенностей структуры и формирования пленок, толщины которых не превышают десятки или сотни нанометров. Особое внимание уделяется исследованиям аморфных тонких пленок [12–20]. В первую очередь это связано с их уникальными свойствами, отличающими их от пленок, имеющих кристаллическую структуру.

Как показано в предыдущих работах [21–29] на примере тонких рентгеноаморфных металличе-

ских пленок, зависимости размеров зерен, кластеров и других поверхностных неоднородностей и параметров проводящих и отражающих свойств пленок от их толщины коррелируют между собой и могут стать важнейшим инструментом для описания этих характеристик. Так, например, для пленок, имеющих кластерное строение, в работах [21,23,27] выявлена зависимость удельной проводимости от толщины пленки и, как следствие, от размеров кластеров. В работе [24] показано, что наноструктура металл-диэлектрических пленок состава $(Fe)_X(BaF_2)_Y$ определяет не только проводящие, но и отражающие свойства этих пленок. Последние для тонких рентгеноаморфных металлических пленок исследованы в работах [21–27].

Описывая различные свойства пленок необходимо также учитывать и особенности рельефа подложки. В работах [30,31] методами атомно-силовой и электронной микроскопии выявлена зависимость рельефа тонких пленок серебра, меди, железа от материала подложек (полимер, стеклотекстолит, стекло). При одинаковом количестве напыленного материала определены отличия в строении пленок, в частности, размерах фрагментов рельефа, характере контактов пленки и подложки, а также величинах среднеквадратичной шероховатости рельефа поверхности. Это говорит о том, что шероховатость поверхности и материал подложки оказывают непосредственное влияние не только на рельеф, но и на многие физические свойства тонких пленок. В частности, зависимость проводимости от толщины для тонких металлических пленок, нанесенных на стеклотекстолит [21], была выявлена при толщинах, почти на порядок превышающих толщину аналогичных пленок, нанесенных на рентгеновскую полимерную пленку [22].

Целью данной работы является исследование методами атомно-силовой и сканирующей электронной микроскопии рельефа, наноструктуры поверхности композитных гранулированных пленок состава $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$, нанесенных на подложку из лавсана.

Выбор объекта исследования определялся уникальной особенностью его проводящих свойств. В работах [32,33] была исследована удельная электрическая проводимость этих пленок, которая определялась по удельному сопротивлению пленок на постоянном токе и по коэффициенту отражения электромагнитных волн в диапазоне СВЧ. Выявлено, что динамическая проводимость в диапазоне СВЧ превышает статическую, измеренную на постоянном токе, на два-четыре порядка, принимая такие значения задолго до порога перколяции металлической фазы. В связи с этим, особый интерес вызывает исследование рельефа поверхности этих пленок и выявление возможной взаимосвязи между наноструктурой и проводящими и отражающими свойствами аморфных композитных пленок.

Характеристика исследуемых образцов

Композитные гранулированные пленки состава $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$ (где $x \sim 0.25-0.78$) получены в атмосфере азота при давлении *0.078 Па* на лавсановой подложке толщиной *0.02 мм* и размером *21×28 см*^{2}. Пленки представляют собой металлические гранулы *Co-Fe-Zr*, вкрапленные в диэлектрическую матрицу Zr_2O_3. Изготовлены в Воронежском государственном техническом университете методом ионно-лучевого напыления. Методика получения пленок подробно описана в работах [18–20]. Для получения пленок использовалась составная мишень, основанием которой являлся слиток сплава *CoFeZr* размером *280×80×10 мм*. На его поверхности были закреплены *12* навесок Zr_2O_3 размером *80×10×1 мм*. Неравномерное расположение пластин оксида циркония на поверхности мишени позволяло получить непрерывное изменение концентрации металлической и диэлектрической фаз композита в зависимости от положения подложек относительно мишени в одном технологическом цикле нанесения. Время напыления составляло *120* мин. Время чистки поверхности лавсана ионным пучком – *30* мин. Общее давление в камере до напыления и после очистки лавсана – $2.4 \cdot 10^{-4}$ *Торр*. Давление азота N_2 в камере – $7.8 \cdot 10^{-5}$ *Торр*.

После формирования на подложке непрерывно меняющейся по толщине композитной пленки подложка разрезалась, что позволило получить 12 образцов композитных пленок толщиной *70–550 нм*. Толщина пленок оценивалась с помощью сканирующего электронного микроскопа. Гранулированный (зернистый) характер металлических включений в композитных пленках определялся методом просвечивающей электронной микроскопии, аморфное строение – по высокой степени размытия кольцевых дифракционных гало на электронных микрофотографиях [18–20].

Техника и методика эксперимента

1. Методика определения толщины композитных пленок

Толщины пленок определялись с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Tescan Vega LMH (Чехия) с энергодисперсионным детектором X-MAX, Oxford Instruments. Измерения толщины проводились на вырезанных фрагментах пленок с длиной стороны *1 см*. Для этого лавсановая подложка с нанесенной на нее пленкой приклеивалась проводящим скотчем на кубический кристалл MoS_2 таким образом, чтобы пленка выступала за верхний край кристалла. Этот выступ пленки обрывался с помощью пинцета, затем кристалл помещался в камеру микроскопа сколотым торцом пленки вверх. В микроскопе торец пленки

идентифицировался в режиме фазового контраста, позволяющем отличать состоящие из легких атомов органические материалы подложки и скотча от представленной относительно тяжелыми атомами металлов пленки. Дополнительно проводилось картирование химических элементов с помощью рентгеноспектрального микроанализатора для уточнения расположения пленки на изображении, после чего измерялась толщина сколотого торца пленки в 15 точках с использованием программного обеспечения микроскопа. Принцип определения толщины по электронно-микроскопическим изображениям торца скола композитной пленки представлен на рис. 1. Участки для определения толщины выбирались равномерно по всей длине измеряемого фрагмента пленки, затем строилось размерное распределение толщин и рассчитывались модальная величина толщины пленки (соответствующая максимуму указанного распределения) и дисперсия.

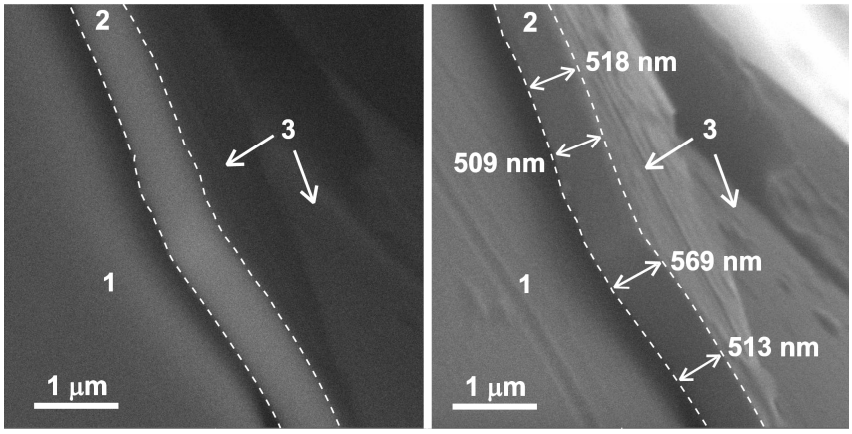

Рис. 1. Электронно-микроскопические изображения торца скола пленки толщиной *530 нм* (пл. №10) в (*а*) обратно-отраженных электронах (элементный контраст) и в (*б*) упруго-рассеянных электронах (контраст рельефа). 1 – поверхность лавсановой подложки; 2 – торец пленки, очерченный пунктирными линиями; 3 – поверхность пленки. Двойными стрелками показаны места измерения толщины пленки.

Результаты определения толщин и средний размер зерен для некоторых композитных пленок приведены в таблице. Значительные различия в величинах дисперсии толщины для разных пленок определяются, прежде всего, неоднородностью толщины напыленного слоя.

2. Методика исследования топографии композитных пленок

Исследование топографии поверхности образцов проводилось с помощью атомно-силового микроскопа Интегра Prima (NT-MDT, Зеленоград, Россия). Анализировалась структура пленок, толщины которых последовательно увеличивались и составляли соответственно *70 нм* (пл. №2), *190 нм* (пл. №1), *320 нм* (пл. №4), *390 нм* (пл. №5) и *550 нм* (пл. №9). Использовались полуконтактный и контактный режимы для изучения топографии. Для сканирования применялись кантилеверы NC10 (NT-MDT). Радиус закругления зонда составлял около *10 нм*. Съемки проводились в комнатных условиях.

Результаты и обсуждение

1. Исследования рельефа поверхности подложки

На рис. 2 приведено характерное изображение поверхности лавсановой подложки.

Как видно из рис. 2, подложка имеет типичное для полимеров глобулярно-волокнистое строение с размерами глобул около *50 нм*, и диаметром волокон от *30* до *50 нм*. Поверхность покрыта пересекающимися одиночными и сдвоенными бороздами, протяженность которых составляет десятки микрометров, а толщина варьируется от *40* до *80 нм*. Как будет показано далее, топография поверхности пленок, в первую очередь тонких, наследует основные черты топографии поверхности подложки. Это, прежде всего, неравномерное распределение материала пленки по поверхности, проявляющееся в наличии островков и скоплений гранул, а также в трещиноватости.

2. Топография аморфных композитных пленок $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$

На рис. 3 приведены АСМ изображения поверхностей аморфных композитных пленок различной толщины, нанесенных на лавсановую подложку: *а – 70 нм* (пл. №2), *б – 190 нм* (пл. №1), *в – 320 нм* (пл. №4), *г – 550 нм* (пл. №9). Трехмерные АСМ-изображения показывают типичное зеренное строение композитных пленок (рис. 3).

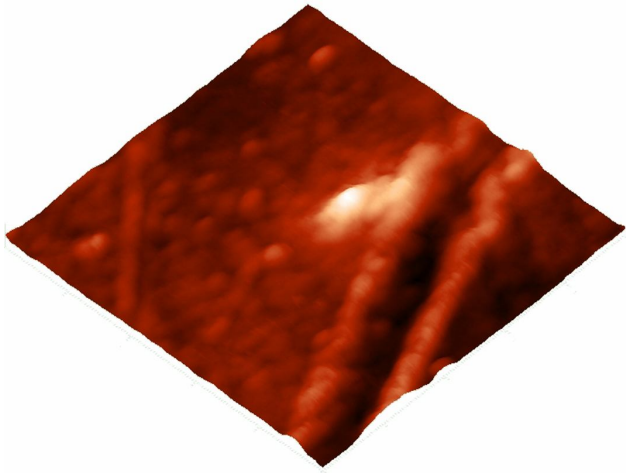

Рис. 2. АСМ-изображение поверхности лавсановой подложки (размер окна сканирования *1 мкм x 1 мкм*).

По данным атомно-силовой микроскопии, пленки состоят в основном из округлых зерен эллипсоидальной формы. Наблюдаются также палочкообразные частицы и поры. Так, на рис. 4. пред-

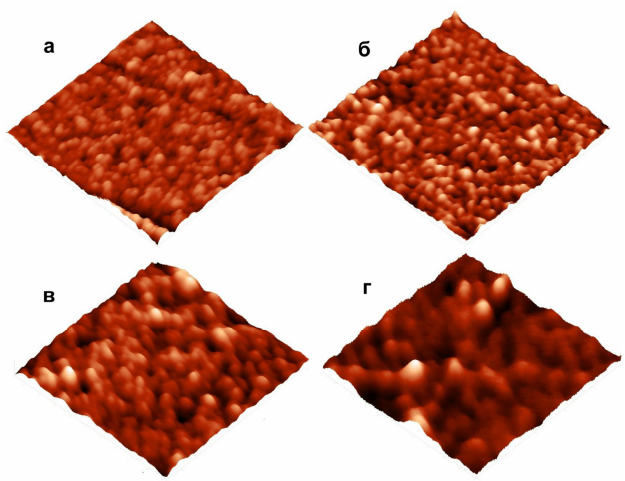

Рис. 3. АСМ-изображения поверхности аморфных композитных пленок: *а – 70 нм* (пл. №2), *б – 190 нм* (пл. №1), *в – 320 нм* (пл. №4), *г – 550 нм* (пл. №9). Размеры области сканирования – *1 мкм x 1мкм*.

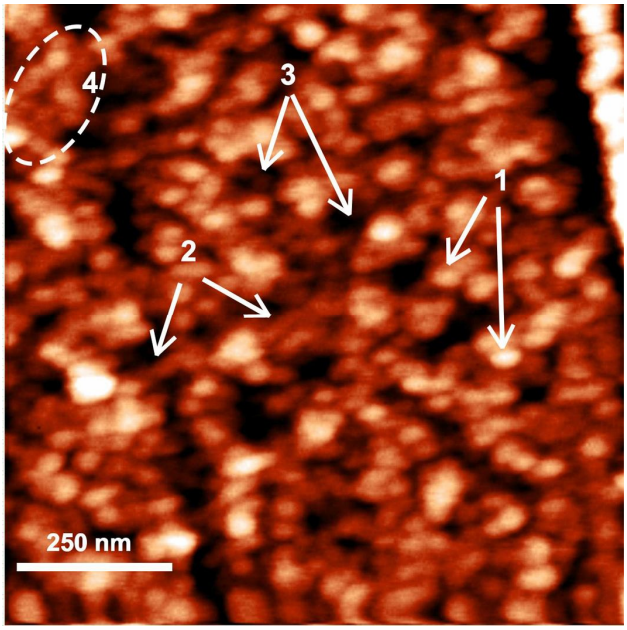

Рис. 4. Типичное АСМ-изображение поверхности пленки толщиной *70 нм* (пл. №2). Стрелками указаны: (1) – зерна; (2) – палочкообразные частицы; (3) – поры; выделенная область (4) показывает скопление зерен.

ставлено двухмерное АСМ-изображение наиболее тонкой пленки толщиной *70 нм* (пл. №2), где отдельно отмечены зерна и поры, образующие наноструктуру пленки.

Как видно из рисунков 3(*а*, *б*) и 4, в более тонких пленках толщиной *70 нм* (рис. 3*а* и 4, пл. №2) и *190 нм* (рис. 3*б*, пл. №1) наблюдаются связанные между собой скопления плотно упакованных округлых зерен, преимущественно эллипсоидальной формы. Эти скопления островками покрывают поверхность подложки, между скоплениями наблюдаются многочисленные поры. Палочкообразные частицы часто служат мостиками между такими скоплениями. Размеры скоплений достигают нескольких сотен нанометров, поры по своим размерам сопоставимы со скоплениями. Зерна в пленках, толщины которых не превышают *200 нм*, имеют форму, близкую к сферической.

В самой тонкой пленке толщиной *70 нм* (рис. 3*а* и 4, пл. №2) зерна преимущественно обособленные, хотя в рамках скоплений встречаются и зерна, границы между которыми в области их сочленения не определяются. В пленке толщиной *190 нм* (рис. 3*б*, пл. №1) зерна упакованы более плотно, островки сливаются, формируя практически сплошное покрытие подложки с порами, уже сопоставимыми по своим размерам с зернами.

В более толстых пленках толщиной *320 нм* (рис. 3*в*, пл. № 4) и *550 нм* (рис. 3*г*, пл. №9) эта тенденция сохраняется, зерна формируют сплошное покрытие подложек, при этом пористость проявляется в виде промежутков между зернами. В этих пленках преобладают уже зерна эллипсоидной формы, а основным способом агрегации является слияние зерен в цепочки, ориентированные, как правило, в одном направлении.

Необходимо отметить, что средние размеры зерен имеют ярко выраженную зависимость от толщины и увеличиваются с ростом последней (см. рис. 3 и таблицу). На рис. 5 представлена зависимость размеров зерен Φ от толщины композитных пленок d.

Параметры зерен, проводимость и коэффициент отражения аморфных композитных пленок

№№	Толщина *d(нм)*	Средний размер зерен *Ф(нм)*	Проводимость σ $(Ом^{-1}м^{-1})$	Коэффициент отражения *R* *(частота волн - 16 ГГц)*
1	190±15	37±7	$6.60 \cdot 10^{-2}$	$1.60 \cdot 10^{-3}$
2	70±30	33±5	$3.01 \cdot 10^{-2}$	$3.93 \cdot 10^{-4}$
3	280±15	–*	$1.44 \cdot 10^{1}$	$6.60 \cdot 10^{-3}$
4	320±10	70±8	$9.10 \cdot 10^{-1}$	–
5	390±10	79±8	$7.12 \cdot 10^{2}$	$3.48 \cdot 10^{-1}$
6	420±40	–	$1.00 \cdot 10^{3}$	–
7	470±20	90±8	$3.82 \cdot 10^{3}$	$9.35 \cdot 10^{-1}$
8	400±20	–	$1.06 \cdot 10^{2}$	$6.02 \cdot 10^{-1}$
9	550±50	95±10	$4.41 \cdot 10^{2}$	$9.48 \cdot 10^{-1}$
10	530±20	–	$5.12 \cdot 10^{2}$	$9.38 \cdot 10^{-1}$
11	410±20	–	$2.50 \cdot 10^{1}$	–
12	420±50	–	$4.24 \cdot 10^{3}$	$9.10 \cdot 10^{-1}$

*– значение не определялось

Изменение размеров зерен с толщиной $\Phi(d)$ хорошо описывается функцией, которой, как отмечалось в предыдущих работах [22,23,27], для тонких пленок различных металлов и металл-диэлектрических пленок описывалось изменение проводимости с толщиной $\sigma(d)$:

$$\Phi(d) = \frac{A_1 - A_2}{1 - \exp\left(\frac{d - d_0}{dx}\right)} + A_2 \qquad (1)$$

где $A_1 = 31{,}24$ *нм*, $A_2 = 93{,}88$ *нм*, $d_0 = 303{,}53$ *нм*, $dx = 58{,}23$ *нм*.

Как следует из рис. 5, до толщины пленок $d \approx 200$ *нм* средний размер зерен *Ф* изменяется незначительно и составляет менее *40 нм* (*33–37 нм*). Интервал толщин $d \approx 200 \div 470$ *нм* соответствует резкому росту среднего размера зерен (с *37* до *90 нм*). Таким образом, при увеличении толщины пленок в 2.35 раза размер зерен увеличился в 2.43 раза. С учетом статистического разброса можно говорить о том, что в указанном интервале средний размер зерен коррелирует с толщиной пленок (см. таблицу). При больших толщинах $d \approx 470 \div 550$ *нм* зависимость размеров зерен с толщиной ослабевает. При этом *Ф* изменяется в пределах статистического разброса (с *90* до *95 нм*).

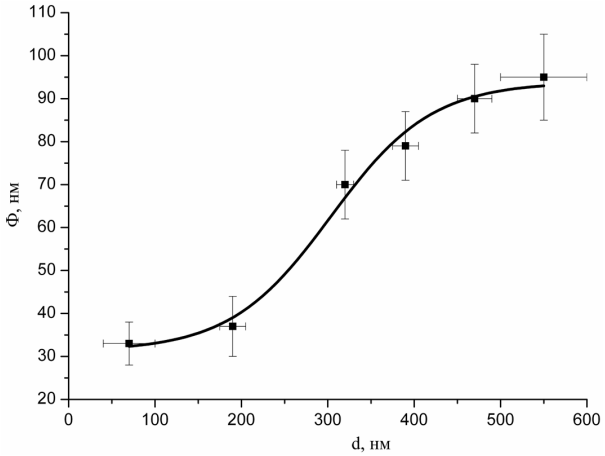

Рис. 5. Зависимость средних размеров зерен *Ф* от толщины аморфных композитных пленок *d*. Экспериментальные точки аппроксимированы функцией (1).

Как видно из таблицы, а также из работ [32, 33], именно интервалу толщин $d \approx 200 \div 470$ *нм* соответствует резкий рост статической проводимости, измеренной на постоянном токе. Исключение составляет образец №4, который имеет меньшую концентрацию металлической фазы, чем другие пленки в этом интервале толщин. При этом, как уже было отмечено в работах [32,33], динамическая проводимость в указанном интервале толщин на два порядка превышает статическую, а при толщинах $d < 200$ *нм* это превышение может достигать двух–четырех порядков. Можно заключить, что для аморфных композитных пленок, имеющих гранулированный характер, определен интервал толщин, в котором средний размер зерен качественно изменяется с толщиной пленок точно так же, как изменяется статическая проводимость на постоянном токе. То есть наноструктура пленок в большей степени определяет их проводящие свойства.

Значительное изменение отражающих свойств в диапазоне СВЧ (до *40 ГГц*), исследованное в работах [32,33], обнаружено в несколько ином интервале толщин ($d \approx 320 \div 470$ *нм*), чем изменение $\sigma(d)$. Некоторое расхождение толщин, при котором значительно изменяются средние размеры зерен и, как следствие, проводимость и коэффициент отражения в области СВЧ, по-видимому, связано со следующим. Начиная с толщины $d \approx 200$ *нм*, рост зерен приводит к увеличению проводимости, однако этой проводимости гранулам, вкрапленным в диэлектрическую матрицу, еще не достаточно, чтобы отражать СВЧ волны. Поэтому рост проводимости не приводит к значительному увеличению коэффициента отражения вплоть до толщин $d \approx 320$ *нм*. В интервале толщин $d \approx 320 \div 470$ *нм* также имеется резкий рост статической проводимости и коэффициента отражения СВЧ волн (соответственно, динамической проводимости) (таблица).

В распределениях зерен по размерам для всех пленок наблюдаются два неравноценных максимума (рис. 6). Один максимум является более выраженным, соответствуя основной массе зерен, второй – менее выраженный. Вероятно, такой характер распределения зерен отражает наличие двух фаз: диэлектрической и проводящей. При этом больший пик соответствует фазе с большим содержанием вещества в пленке.

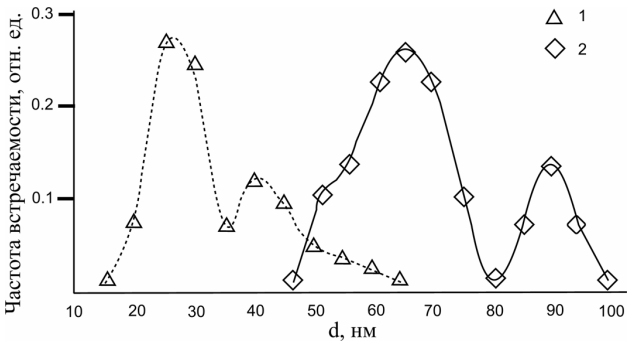

Рис. 6. Типичные распределения зерен по размерам на примере пленок толщиной *70 нм* (1 – пл. №2) и *390 нм* (2 – пл. №5).

Характер сочленения зерен и их скоплений отражает процессы взаимодействия островков осажденного материала на стадии роста и слияния островков при формировании трехмерной пленки. Все многообразие способов слияния островков на подложке сводят к жидкоподобному (по аналогии с каплями жидкости) и твердофазному (по аналогии со слипанием двух твердых тел) [10]. В нашем случае для более толстых пленок преобладал способ слияния островков на подложке в жидкоподобной фазе, о чем свидетельствуют перешейки между удлиненными сторонами зерен, связывающие их в цепочки. При этом, вероятно, слияние происходило прежде всего за счет механизма роста исходных островков. Эффект, ориентирующий образующиеся при слиянии островков цепочки в одном направлении, связан, вероятнее всего, с рельефом поверхности подложки. Влияние рельефа подложки на шероховатость и морфологические особенности слагающих пленки зерен описано в наших преды-

дущих работах [23, 30, 31]. Структурирующими элементами рельефа в данном случае могут выступать бороздки и террасы на поверхности лавсановой подложки, наблюдаемые на АСМ-изображениях (рис. 2). Влияние подобного наноразмерного рельефа на структуру и морфологию зерен в металлических пленках отмечено в работе [11]. Даже в наиболее тонких пленках наблюдается выстраивание зерен непрерывными цепочками вдоль бороздок (рис. 3*а*). Малое количество напыляемого материала на поверхности предопределило миграционный характер слияния островков в самых тонких пленках, что привело к образованию скоплений, судя по отчетливым границам, преимущественно из уже сконденсировавшихся зерен.

Отдельно можно выделить вопрос о том, пронизывают ли пленки насквозь наблюдаемые на АСМ-изображениях поры, так как по данным снимкам однозначно об этом судить нельзя. СЭМ-изображения показывают, что процессы конденсации для пленок проходят неодинаково. Это проявляется в том, что часть пленок на макроуровне имеет сильно трещиноватую поверхность (рис. 7).

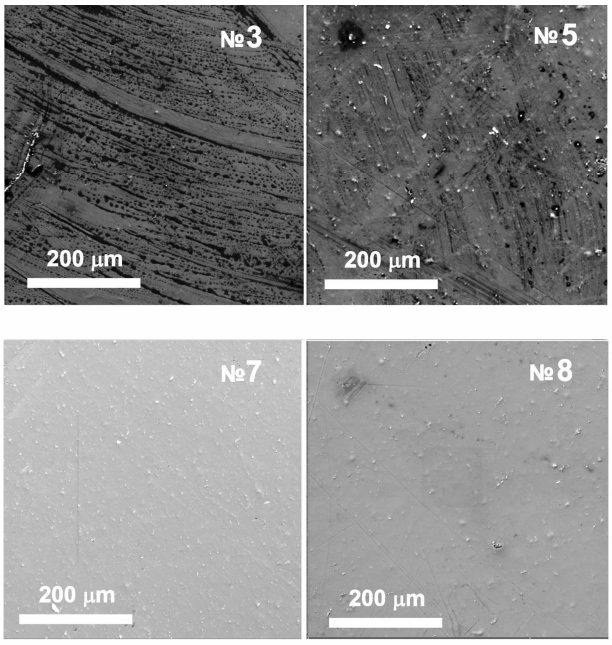

Рис. 7. РЭМ-изображения поверхности композитных пленок различной толщины: *280 нм* (пл. №3), *390 нм* (пл. №5), *470 нм* (пл. №7), *400 нм* (пл. №8).

Трещины либо располагаются практически параллельно друг другу, либо формируют сетки с разноразмерными ячейками. Ширина трещин варьируется от долей микрометра до нескольких микрон. В областях между трещинами и в порах таких пленок регистрируется преимущественно материал подложки, т.е. пленки имеют разрывы электропроводящих путей. Пленки из второй половины ряда напыления, как правило, имеют гладкую поверхность, на которой встречаются островки пористого либо трещиноватого материала. В порах и трещинах этих пленок регистрируется наряду с материалом подложки и материал пленки, из чего следует, что эти трещины, в значительной степени, заполнены материалом пленки и не образуют разрывов в электропроводящих путях. Таким образом, часть пленок действительно может иметь сквозную пористость и на наноразмерном уровне, которые регистрируются методом АСМ. В частности, пленки толщиной *190 нм* (пл. №1), *70 нм* (пл. №2), *320 нм* (пл. №4) и *390 нм* (пл. №5), вероятнее всего, имеют сквозную наноразмерную пористость. В пленках толщиной *400 нм* (пл. №8), *470 нм* (пл. №7) и *550 нм* (пл. №9) наблюдаемые на АСМ-изображениях поры, по-видимому, являются элементами рельефа поверхности пленки и представляют собой впадины.

Выводы

Исследована наноструктура аморфных гранулированных композитных пленок состава $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Zr_2O_3)_{1-x}$, нанесенных на лавсановую подложку. В тонких композитных пленках (до *200 нм*) наблюдаются скопления плотно упакованных зерен. В более толстых пленках гранулы формируют сплошное покрытие подложек, а пористость остается в виде промежутков между гранулами.

Выявлено, что изменение размеров гранул с толщиной $\Phi(d)$ описывается функцией, которой для тонких металлических пленок описывалось изменение проводимости $\sigma(d)$. В распределении гранул по размерам имеются два ярко выраженных максимума. Структурирующими элементами рельефа пленки выступают бороздки и террасы на поверхности лавсановой подложки, а гранулы выстраиваются непрерывными цепочками вдоль этих бороздок.

Показано, что наноструктура аморфных гранулированных композитных пленок определяет их проводящие и отражающие свойства. По результатам АСМ-исследований определен интервал толщин $d \approx 200 \div 470$ *нм*, в котором средний размер зерен качественно изменяется с толщиной пленок аналогично статической проводимости. Выявлено, что этот интервал толщин несколько отличается от тех толщин, при которых значительно изменяется коэффициент отражения $d \approx 320 \div 470$ *нм*. Высказано предположение о том, что при $d \approx 200 \div 320$ *нм* металлические гранулы, вкрапленные в диэлектрическую матрицу, еще не обладают достаточной проводимостью, чтобы когерентно отражать СВЧ волны.

Проведены исследования аморфных композитных гранулированных пленок методом сканирующей электронной микроскопии. Показано, что на макроуровне в пленках толщиной до *400 нм* имеются разрывы электропроводящих путей, и между трещинами и в порах регистрируется преимущественно материал подложки. Пленки же толщиной от *400 нм* и выше не образуют разрывов в электропроводящих путях, а трещины, в значительной степени, заполнены материалом пленки.

Авторы выражают глубокую признательность Ю.Е. Калинину и А.В. Ситникову (Воронежский государственный технический университет) за предоставление пленок, С.С. Шевчуку (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН) за электронно-микроскопические исследования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-02-01401-а.

Литература

1. *Бажин И.В., Лещева О.А., Никифоров И.Я.* Электронная структура наноразмерных металлических кластеров // ФТТ. 2006. Т. 48. № 4. С. 726–731.
2. *Грабов В.М., Демидов Е.В., Комаров В.А.* Атомно-силовая микроскопия пленок висмута // ФТТ. 2008. Т. 50. № 7. С. 1312–1316.
3. *Структура и магнитооптические* свойства гранулированных нанокомпозитов пористый кремний-кобальт / Е.А. Ганьшина, М.Ю.Кочнева, Д.А.Подгорный, П.Н.Щербак, Г.Б. Демидович, С.Н.Козлов // ФТТ. 2005. Т. 47. № 7. С. 1333–1337.
4. *Исследование наноструктурированных* пленок меди методами растровой и атомно-силовой микроскопии / И.Н.Серов, В.И.Марголин, Н.А.Потсар, И.А.Солтовская, В.С.Фантиков, В.А.Тупик // Поверхность. 2004. №7. С. 31–35.
5. *Atomic force* microscopy of in situ deformed nickel thin films / C.Coupeau, J.F.Naud, F.Cleymand, P.Goudeau, J.Grilhe // Thin Solid Films. 1999. Vol. 353. P. 194–200.
6. *Scanning probe* microscopy investigation of gold clusters deposited on atomically flat substrates/ N.Vandamme, E.Janssens, F.Vanhoutte, P.Lievens, C.Van Haesendonck // Journal of Physics: Condensed Matter. 2003. Vol. 15. P. 2983–2999.
7. *Du J.H., Le Q., Wang L.C.* Microstructural investigation of as-deposited Co-Ag nano-graular films // Journal of Physics: Condensed Matter. 1995. Vol. 7. P. 9425–9432.
8. *Житейцев Е.Р., Уланов В.А, Зарипов М.М., Жеглов Е.П.* Исследование кластеров примесных ионов железа в кристалле BaF_2 методом ЭПР // ФТТ. 2005. Т. 47. № 7. С. 1212–1216.
9. *Yates H.M., Brook L.A., Sheel D.W. et al.* The growth of copper oxides on glass by flame assisted chemical vapour deposition // Thin Solid Films. 2008. Vol. 517. № 2. P. 517–521.
10. *Кукушкин С.А., Осипов А.В.* Процессы конденсации тонких пленок // УФН. 1998. Т. 168. № 10. С. 1083–1116.
11. *Упорядоченные наноструктуры* золота на поверхности сапфира: получение и оптические исследования / А.Э.Муслимов, А.В.Буташин, А.А.Коновко, И.С.Смирнов, Б.С.Рощин, Ю.О.Волков, А.А.Ангелуц, А.В.Андреев, А.П.Шкуринов, В.М.Каневский, В.Е.Асадчиков // Кристаллография. 2012. Т. 57. № 3. С. 471–476.
12. *Бек Г., Гюнтеродт Г.Й.* Металлические стекла. М.: Наука, 1983. 454 с.
13. *Полухин В.А., Ватолин Н.А.* Моделирование аморфных металлов. М.: Наука, 1985. 288 с.
14. *Rosenbaum R., Heines A., Palevski A.* Metallic transport properties of amorphous nickel-silicon films // Journal of Physics: Condensed Matter. 1997. Vol. 9. P. 5395–5411.
15. *Marchal G., Mangin P., Janot C.* Amorphous gold-iron alloys above room temperature // Thin Solid Films. 1974. Vol. 23. P. 17–19.
16. *Андреенко А.С., Никитин С.А.* Магнитные свойства аморфных сплавов с переходными 3d-металлами // УФН. 1997. Т. 167. № 6. С. 605–622.
17. *Луцев Л.В., Звонарева Т.К., Лебедев В.М.* Электронный транспорт в гранулированных пленках аморфного углерода с наночастицами кобальта // Письма в ЖТФ. 2001. Т. 27. № 15. С. 84–89.
18. *Калинин Ю.Е., Пономаренко А.Т., Ситников А.В., Стогней О.В.* Электронный транспорт в гранулированных пленках аморфного углерода с наночастицами кобальта // Физика и химия обработки материалов. 2001. № 5. С. 14–20.
19. *Ситников А.В.* Электрические и магнитные свойства наногетерогенных систем металл-диэлектрик: Дис. докт. физ.-мат. наук. Воронеж: ВГТУ, 2010. 318 с.
20. *Электрическое сопротивление* аморфных нанокомпозитов $CoTaNb+SiO_2$ / И.В.Золотухин, Ю.Е.Калинин, П.В.Неретин, А.В.Ситников, О.В.Стогней // Альтернативная энергетика и экология. 2002. № 2. С. 7–14.
21. *Антонец И.В., Котов Л.Н., Некипелов С.В., Голубев Е.А.* Особенности наноструктуры и удельной проводимости тонких пленок различных металлов // ЖТФ. 2004. Т. 74. № 3. С. 24–27.
22. *Антонец И.В., Котов Л.Н., Некипелов С.В., Карпушов Е.Н.* Проводящие и отражающие свойства тонких металлических пленок // ЖТФ. 2004. Т. 74. № 11. С. 102–106.
23. *Антонец И.В.* Отражающие и проводящие свойства тонких металлических пленок и их наноструктура. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского госуниверситета, 2007. 124 с.
24. *Антонец И.В., Котов Л.Н., Макаров П.А., Голубев Е.А.* Наноструктура, проводящие и отражающие свойства тонких пленок железа и $(Fe)_X(BaF_2)_Y$ // ЖТФ. 2010. Т. 80. № 9. С. 134–140.
25. *Антонец И.В., Котов Л.Н., Шавров В.Г., Щеглов В.И.* Электродинамические свойства тонких металлических пленок с различной толщиной и морфологией поверхности // Радиотехника и электроника. 2004. Т. 49. №10. С. 1243–1250.
26. *Проводящие и отражающие* свойства тонких металлических пленок с различной толщиной и морфологией поверхности / И.В.Антонец, Л.Н.Котов, С.В.Некипелов, В.Г.Шавров, В.И.Щеглов // Proceedings XII International Conference on Spin-Electronics and Gyrovector

Electrodynamics. Moscow: Publisher UNC-1 MPEI (TU). 2003. P. 642–655.
27. *Котов Л.Н., Антонец И.В., Голубев Е.А., Петрунев С.Н.* Статическая проводимость и СВЧ отражающие свойства тонких Fe, Ni, Ti пленок // Вестник Поморского государственного университета. Серия “Естественные науки”. 2008. Т. 3. С. 50–57.
28. *Баженов М.В., Антонец И.В., Голубев Е.А.* Наноструктура аморфных металлических пленок и ее влияние на электромагнитные свойства // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2000. № 3. С. 8–9.
29. *Особенности проводящих* и отражающих свойств композитных пленок $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_X(Al_2O_3)_{100-X}$ / Л.Н.Котов, С.Н.Петрунев, А.И.Сметанин, И.В.Антонец, Ю.Е.Калинин, А.В.Ситников// Вестник Сыктывкарского государственного университета. 2006. Серия 2. № 1. С. 34–41.
30. *Антонец И.В., Котов Л.Н., Голубев Е.А.* Влияние подложек на формирование рельефа поверхности тонких металлических пленок // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007. № 8. С. 65–71.
31. *Антонец И.В., Котов Л.Н., Некипелов С.В.* Влияние поверхности подложек на формирование тонких металлических пленок // Вестник Сыктывкарского государственного университета. 2006. Серия 2. № 1. С. 14–19.
32. *Динамическая проводимость* аморфных наногранулированных пленок в диапазоне сверхвысоких частот / *И.В.Антонец, Л.Н.Котов, Ю.Е. Калинин, А.В. Ситников, В.Г. Шавров, В.И. Щеглов* // Письма в ЖТФ. 2014. Т. 40. № 14. С. 1–6.
33. *Механизм динамической* проводимости аморфных наногранулированных пленок “металл-диэлектрик” в диапазоне сверхвысоких частот / И.В. Антонец, Л.Н. Котов, О.А.Кирпичева, Е.А.Голубев, Ю.Е.Калинин, А.В.Ситнков, В.Г.Шавров, В.И.Щеглов // Журнал радиоэлектроники. Электронный журнал. 2014. №4. http://jre.cplire.ru/koi/apr14/12/

References

1. *Bazhin I.V., Leshcheva O.A., Nikiforov I.Ya.* Jelektronnaja struktura nanorazmernyh metallicheskih klasterov [Electronic structure of nanosize metal nanoclusters]// FTT [Physics of Solid State]. 2006. Vol. 48. № 4. P. 726–731.
2. *Grabov V.M., Demidov E.V., Komarov V.A.* Atomno-silovaja mikroskopija plenok vismuta [Atomic-force microscopy of bismuth films]// FTT [Physics of Solid State]. 2008. Vol. 50. № 7. P. 1312–1316.
3. *Struktura i magnitooptichеskie* svojstva granulirovannyh nanokompozitov poristyj kremnij-kobal't [Structure and magnetic-optical properties of “porous silicon-cobalt” granular nanocomposites]/E.A.Gan'shina, M.Yu.Kochneva, D.A.Podgorny, P.N.Shcherbak, G.B.Demidovich, S.N.Kozlov // FTT [Physics of Solid State]. 2005. Vol. 47. № 7. P. 1333–1337.
4. *Issledovanie nanostrukturirovannyh* plenok medi metodami rastrovoj i atomno-silovoj mikroskopii [Investigation of nanostructured copper films by method of raster and atomic force microscopy]/ I.N.Serov, V.I.Margolin, N.A.Potsar, I.A.Soltovskaya, V.S.Fantikov, V.A.Tupik// Poverhnost' [J. of Surface Investigation]. 2004. № 7. P. 31–35.
5. *Atomic force* microscopy of in situ deformed nickel thin films/C.Coupeau, J.F.Naud, F.Cleymand, P.Goudeau, J.Grilhe //Thin Solid Films. 1999. Vol. 353. P. 194–200.
6. *Vandamme N., Janssens E., Vanhoutte F., Lievens P., Van Haesendonck C.* Scanning probe microscopy investigation of gold clusters deposited on atomically flat substrates // J. of Physics: Condensed Matter. 2003. Vol. 15. P. 2983–2999.
7. *Du J.H., Le Q., Wang L.C.* Microstructural investigation of as-deposited Co-Ag nano-granur films// J. of Physics: Condensed Matter. 1995. Vol 7. P. 9425–9432.
8. *Zhiteitsev E.R., Ulanov V.A, Zaripov M.M., Zheglov E.P.* Issledovanie klasterov primesnyh ionov zheleza v kristalle BaF_2 metodom JePR [ERP study of impurity iron ion clusters in BaF_2 crystals]// FTT {Physics of Solid State]. 2005. Vol. 47. № 7. P. 1212–1216.
9. *The growth of copper* oxides on glass by flame assisted chemical vapour deposition / H.M.Yates, L.A. Brook, D.W. Sheel, I.B. Ditta, A. Steele, H.A. Foster // Thin Solid Films. 2008. Vol. 517. № 2. P. 517–521.
10. *Kukushkin S.A., Osipov A.V.* Processy kondensacii tonkih plenok [Thin-film condensation processes]// UFN [Advances in Physics Sciences]. 1998. Vol. 168. №10. P. 1083–1116.
11. *Uporjadochennye nanostruktury zolota* na poverhnosti sapfira: poluchenie i opticheskie issledovanija [Ordered gold nanostructures on sapphire surfaces: Fabrication and optical investigations]/A.E.Muslimov, A.V.Butashin, A.A.Konovko, I.S.Smirnov, B.S.Roshchin, Yu.O.Volkov, A.A.Angeluc, A.V.Andreev, A.P.Shkurinov, V.M.Kanevsky, V.E.Asadchikov // Kristallografija [Crystallography Reports]. 2012. Vol. 57, № 3. P. 471–476.
12. *Bek G., Gyunterodt G.J.* Metallicheskie stekla [Metal glasses]. Moscow: Nauka, 1983. 454 p.
13. *Polukhin V.A., Vatolin N.A.* Modelirovanie amorfnyh metallov [Modeling of amorphous metals]. Moscow: Nauka, 1985. 288 p.
14. *Rosenbaum R., Heines A., Palevski A.* Metallic transport properties of amorphous nickel-silicon films // J. of Physics: Condensed Matter. 1997. Vol. 9. P. 5395–5411.
15. *Marchal G., Mangin P., Janot C.* Amorphous gold-iron alloys above room temperature // Thin Solid Films. 1974. Vol. 23. P. 17–19.
16. *Andreenko A.S., Nikitin S.A.* Magnitnye svojstva amorfnyh splavov s perehodnymi 3d-metallami [Magnetic properties of amorphous rare-earth – 3d-transition-metal alloys] // UFN [Advances in Physical Sciences]. 1997. Vol. 167. № 6. P. 605–622.
17. *Lucev L.V., Zvonareva T.K., Lebedev V.M.* Jelektronnyj transport v granulirovannyh plenkah amorfnogo ugleroda s nanochasticami kobal'ta

[Electronic transport in the granular amorphous carbon films with cobalt nanoparticles]// Pis'ma v ZhTF [Technical Physics Letters]. 2001. Vol. 27. № 15. P. 84–89.

18. *Kalinin Yu.E., Ponomarenko A.T., Sitnikov A.V., Stognei O.V.* Jelektronnyj transport v granulirovannyh plenkah amorfnogo ugleroda s nanochasticami kobal'ta [Electronic transport in the granulated films of amorphous carbon with cobalt nanoparticles] // Fizika i himija obrabotki materialov [Physics and chemistry of materials processing]. 2001. № 5. P. 14–20.
19. *Sitnikov A.V.* Jelektricheskie i magnitnye svojstva nanogeterogennyh sistem metall-dijelektrik [Electric and magnetic properties of nanoheterogenous systems metal-dielectric]: Dis. dokt. fiz.-mat. nauk. Voronezh: VGTU, 2010. 318 p.
20. *Jelektricheskoe soprotivlenie* amorfnyh nanokompozitov *CoTaNb+SiO₂* [Electric resistance of amorphous nanocomposites of *CoTaNb+SiO₂*] / I.V. Zolotukhin, Yu.E. Kalinin, P.V. Neretin, A.V. Sitnikov, O.V. Stognei // Al'ternativnaja jenergetika i jekologija [Alternative power engineering and ecology]. 2002. № 2. P. 7–14.
21. *Antonets I.V., Kotov L.N., Nekipelov S.V., Golubev E.A.* Osobennosti nanostruktury i udel'noj provodimosti tonkih plenok razlichnyh metallov [Nanostructure and conductivity of thin metal films]// ZhTF [Technical Physics]. 2004. Vol. 74. № 3. P. 24–27.
22. *Antonets I.V., Kotov L.N., Nekipelov S.V., Karpushov E.N.* Provodjashhie i otrazhajushhie svojstva tonkih metallicheskih plenok [Conducting and reflecting properties of thin metal films] // ZhTF [Technical Physics]. 2004. Vol. 74. № 11. P. 102–106.
23. *Antonets I.V.* Otrazhajushhie i provodjashhie svojstva tonkih metallicheskih plenok i ih nanostruktura [The reflecting and conducting properties of thin metal films and their nanostructure]. Syktyvkar: Izd-vo Syktyvkarskogo gosuniversiteta [Syktyvkar State Univ. Publ.], 2007. 124 p.
24. *Antonets I.V., Kotov L.N., Makarov P.A., Golubev E.A.* Nanostruktura, provodjashhie i otrazhajushhie svojstva tonkih plenok zheleza i $(Fe)_X(BaF_2)_Y$ [Nanostructure, conducting and reflecting properties of thin iron and $(Fe)_X(BaF_2)_Y$ films] // ZhTF [Technical Physics]. 2010. Vol. 80. № 9. P. 134–140.
25. *Jelektrodinamicheskie svojstva* tonkih metallicheskih plenok s razlichnoj tolshhinoj i morfologiej poverhnosti [Electrodynamic properties of thin metal films with different thickness and morphologies of the film surface]/ I.V. Antonets, L.N. Kotov, V.G. Shavrov, V.I.Shheglov//Radiotehnika i jelektronika [J. of Communications Technology and Electronics]. 2004. Vol. 49. № 10. P. 1243–1250.
26. *Antonets I.V., Kotov L.N., Nekipelov S.V., Shavrov V.G., Shcheglov V.I.* Provodjashhie i otrazhajushhie svojstva tonkih metallicheskih plenok s razlichnoj tolshhinoj i morfologiej poverhnosti [The conducting and reflecting properties of thin metal films with various thickness and morphology of surface]// Proceedings of XII International Conference on Spin-Electronics and Gyrovector Electrodynamics. Moscow: Publisher UNC-1 MPEI (TU). 2003. P. 642–655.
27. *Kotov L.N., Antonets I.V., Golubev E.A., Petrunev S.N.* Staticheskaja provo-dimost' i SVCh otrazhajushhie svojstva tonkih Fe, Ni, Ti plenok [Static conductivity and the microwave oven reflecting properties of thin Fe, Ni, Ti films] // Vestnik Pomorskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija "Estestvennye nauki" [Bull. of Pomor State Univ. Natural Sciences]. 2008. Vol. 3. P. 50–57.
28. *Bazhenov M.V., Antonets I.V., Golubev E.A.* Nanostruktura amorfnyh metallicheskih plenok i ee vlijanie na jelektromagnitnye svojstva [Nanostructure of amorphous metal films and its influence on electromagnetic properties] // Vestnik instituta geologii Komi NC UrO RAN [Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci.Centre, Ural Branch, RAS]. 2000. № 3. P. 8–9.
29. *Osobennosti provodjashhih* i otrazhajushhih svojstv kompozitnyh plenok $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_X(Al_2O_3)_{100-X}$ [Features of conducting and reflecting properties of composite films $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_X(Al_2O_3)_{100-X}$] / L.N.Kotov, S.N.Petrunev, A.I.Smetanin, I.V.Antonets, Yu.E.Kalinin, A.V.Sitnikov // Vestnik Syktyvkarskogo gosudarstvennogo universiteta [Bull. Of Syktyvkar State Univ.]. 2006. Series 2. № 1. P. 34–41.
30. *Antonets I.V., Kotov L.N., Golubev E.A.* Vlijanie podlozhek na formirovanie rel'efa poverhnosti tonkih metallicheskih plenok [Influence of substrates on formation of a relief of surface of thin metal films] // Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovanija [J. of Surface Investigation]. 2007. № 8. P. 65–71.
31. *Antonets I.V., Kotov L.N., Nekipelov S.V.* Vlijanie poverhnosti podlozhek na formirovanie tonkih metallicheskih plenok [Influence of surface substrates on formation of thin metal films]// Vestnik Syktyvkarskogo gosudarstvennogo universiteta [Bull. of Syktyvkar State Univ.]. 2006. Series 2. № 1. P. 14–19.
32. *Dinamicheskaja provodimost' amorfnyh* nanogra-nulirovannyh plenok v diapazone sverhvysokih chastot [Dynamic conductivity of amorphous nanogranular films in microwave frequency range] / I.V.Antonets, L.N.Kotov, Ju.E.Kalinin, A.V.Sitnikov, V.G.Shavrov, V.I.Shheglov // Pis'ma v ZhTF [Technical Physics Letters]. 2014. Vol. 40. № 14. P. 1–6.
33. *Mehanizm dinamicheskoj* provodimosti amorfnyh nanogranulirovannyh plenok "metall-dijelektrik" v diapazone sverhvysokih chastot [The mechanism of dynamic conductivity of amorphous nanogranular films "metal-dielectric" in microwave frequency range]/ I.V.Antonets, L.N.Kotov, O.A.Kirpicheva, E.A.Golubev, Ju.E.Kalinin, A.V.Sitnikov, V.G.Shavrov, V.I.Shheglov // Zhurnal radiojelektroniki. Jelektronnyj zhurnal [J. of Radio Electronic]. 2014. № 4. http://jre. cplire.ru/koi/apr14/12/

Статья поступила в редакцию 20.01.2015.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 1(21). Сыктывкар, 2015.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 538.945

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ТИТАНАТОВ ВИСМУТА СО СТРУКТУРОЙ ПИРОХЛОРА

М.М. ПИСКАЙКИНА*, И.В. ПИЙР**, М.С. КОРОЛЕВА**, В.А. БЕЛЫЙ**

**Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта*
***Институт химии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*
PiskaykinaMM@yandex.ru

Синтезированы цинксодержащие титанаты висмута со структурой пирохлора. Методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термической гравиметрии (ТГ) вычислена температура плавления на воздухе соединения $Bi_{1,6}Zn_{0,1}Ti_2O_{7-\delta}$. Сравнением пикнометрической и рентгенографической плотностей определено распределение атомов цинка по позициям структуры пирохлора. Исследованы температурные зависимости проводимости твердых растворов $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ ($0,1 \le x \le 0,5$).

Ключевые слова: **титанат висмута, структура пирохлора, дифференциальная сканирующая калориметрия, плотность, электрические свойства**

M.M. PISKAIKINA, I.V. PIIR, M.S. KOROLEVA, V.A. BELIY. **SYNTHESIS AND PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS OF BISMUTH TITANATE WITH PYROCHLORE STRUCTURE**

The results of the synthesis of zinc-doped bismuth titanate with the pyrochlore-type structure by combustion of nitrate-organic precursors method are presented. The homogeneity range of compounds $Bi_{1.6}Ti_2Zn_xO_{7-\delta}$ ($0.1 \le x \le 0.5$) was defined by X-ray and SEM (scanning electron microscopy) methods.
The zinc atoms were distributed in the bismuth cation sites mainly. It was determined by the experimental pycnometric density of single-phase $Bi_{1.6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ ($x = 0.4, 0.5$) powder comparison with their densities calculated for the different versions of zinc atoms distribution in the cation sites of the pyrochlore structure ($Fd\,\bar{3}m$). The lattice parameter decreases from 10.331 Å to 10.310 Å with zinc content $Bi_{1.6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ increasing from $x = 0.1$ to $x = 0.3$-0.5, this is consistent with proposed models of cation distribution.
The range of $Bi_{1.6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ stability ($t \le 1235$ °C) was determined by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal gravimetry (TG) methods. The phases of pyrochlore, layer perovskite ($Bi_4Ti_{3-x}Zn_xO_{12-\delta}$) and titanium dioxide were found at the melt crystallization.
The total conductivity of $Bi_{1.6}Ti_2Zn_xO_{7-\delta}$ ($0.1 \le x \le 0.5$) with the pyrochlore-type structure was investigated. The temperature dependence of the conductivity obeys the Arrhenius law with the activation energy $E_a = 1.10$ eV. The conductivities of the zinc-doped samples grow up with zinc content increased to $x = 0.3$ at 160-760 °C. We assume this may be associated with the increase of the mobile oxygen atoms (O`) number.

Keywords: **bismuth titanate, pyrochlore structure, differential scanning calorimetry, density, electrical properties**

Введение

Многокомпонентные твердые растворы сложных титанатов являются перспективными материалами для различных областей науки и техники. На сегодняшний день известно достаточно много титанатов различных составов и структур, особенно среди титанатов щелочных и щелочноземельных металлов. Эти соединения характеризуются довольно высокими температурами плавления, являются диэлектриками, большинство из них отличается высокой диэлектрической проницаемостью [1–3] и сегнетоэлектрическими свойствами [4, 5]. Согласно литературным данным титанат висмута $Bi_2Ti_2O_7$ со структурой пирохлора является диэлектриком, имеет высокую диэлектрическую постоянную и низкие диэлектрические потери. Однако структура пирохлора этого соединения стабильна до $t \le 612$ °C [2], что ограничивает его практическое применение в качестве высокотемпературных конденсаторов [1, 2, 6].

Цель данной работы – синтез цинксодержащих титанатов висмута со структурой пирохлора,

определение их термической стабильности на воздухе, исследование влияния состава на электрические свойства.

Материал и методы

Сложные титанаты висмута $Bi_{2-y}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ (y = 0; 0,4; 0,1 ≤ x ≤ 0,8) синтезировали методом сжигания нитрат-органических прекурсоров. В качестве реактивов использовали соответствующие кристаллогидраты нитратов висмута ($Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$, х.ч.), цинка ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, х.ч.) и диоксид титана в модификации анатаз (TiO_2, х.ч.), которые смешивали в стехиометрических количествах. Суспензию из исходных реагентов тщательно перемешивали при нагревании, добавляя в качестве органической добавки лимонную кислоту и перемешивали до воспламенения смеси с образованием пепла, который затем прессовали под давлением 5 МПа в диски (толщина 1-3 мм, диаметр 10-13 мм). Полученные таблетки помещали в корундовые тигли и подвергали высокотемпературной обработке с промежуточным перетиранием и прессованием при температурах: 650 °С (5 ч), 850 °С (5 ч), 1050 °С (10 ч), 1100 °С (20 ч).

Для образцов был проведен рентгенофазовый анализ на дифрактометре SHIMADZU XRD-6000 с использованием CuK_α – излучения с λ = 1,54056 нм и в угловом интервале от 10 до 100°С с шагом 0,05°С и временем экспозиции 2 с. Рентгенограммы были индицированы на основе структуры кубического пирохлора (пространственная группа $Fd\bar{3}m$). Для однофазных образцов определены параметры элементарной ячейки. Фазовый состав дополнительно изучили при помощи сканирующего электронного микроскопа TESCAN-VEGA 3 SBU. Для определения области стабильности цинксодержащих соединений со структурой пирохлора проведены дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) и термогравиметрия (ТГ) соединений на приборе синхронного термического анализа NETZSCH STA 409 PC. Электрические характеристики (емкость C_p и тангенс угла диэлектрических потерь D) твердых растворов измеряли при помощи моста переменного тока цифрового измерителя LCR MT-4090 (ω = 1–200 кГц) в температурном интервале 160 ≤ t (°С) ≤ 750 с шагом Δt = 40-60 °С.

Результаты и обсуждение

В результате исследований установлено, что в системах с эквимолярным отношением висмута и титана n(Bi)/n(Ti) = 1:1 $Bi_2Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ (0,1 ≤ x ≤ 0,8) однофазные соединения со структурой пирохлора не образуются, кристаллизуется титанат висмута $Bi_4Ti_3O_{12}$ со структурой слоистого перовскита или его твердые растворы $Bi_4Ti_{3-x}Zn_xO_{12-\delta}$. Однофазные соединения (твердые растворы) со структурой кубического пирохлора образуются в составах $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ в области 0,1 ≤ x ≤ 0,5. Рентгенограммы $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ представлены на рис. 1. По рентгенограммам однофазных образцов были рассчитаны параметры элементарных ячеек (табл. 1).

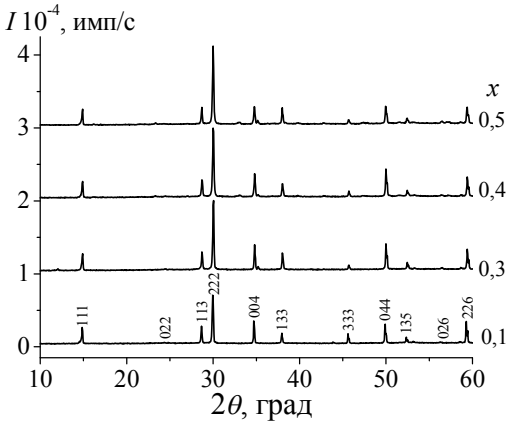

Рис. 1. Дифрактограммы соединений $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$.

Из таблицы видно, что параметры элементарных ячеек, рассчитанные для соединений $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$, меньше, чем для не замещенного $Bi_2Ti_2O_7$ a = 10,354 Å [2], поскольку это составы с дефицитом по висмуту.

Таблица 1

Параметры элементарной ячейки $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ ($Fd\bar{3}m$)

Состав	Параметры ячейки a, Å
$Bi_{1,6}Zn_{0,1}Ti_2O_{7-\delta}$	10,331(6)
$Bi_{1,6}Zn_{0,3}Ti_2O_{7-\delta}$	10,312(4)
$Bi_{1,6}Zn_{0,4}Ti_2O_{7-\delta}$	10,310(4)
$Bi_{1,6}Zn_{0,5}Ti_2O_{7-\delta}$	10,309(3)

Для соединений $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ от x = 0,1 до x = 0,3–0,5 наблюдается уменьшение параметра решетки с увеличением содержания цинка от 10,331 Å до ~10,310 Å (в пределах погрешности). Распределение атомов цинка в кристаллической структуре пирохлора может осуществляться как в позиции висмута, так и титана. Ионный радиус цинка $r(Zn^{2+})$ = 0,745 нм (КЧ = 6) больше ионного радиуса титана $r(Ti^{4+})$ = 0,605 нм (КЧ = 6), но меньше, чем у висмута $r(Bi^{3+})$ = 1,11 нм (КЧ = 8). Возможно, уменьшение параметров обусловлено распределением цинка в позициях висмута. Нами экспериментально определены пикнометрические плотности образца $Bi_{1,6}Zn_{0,4}Ti_2O_{7-\delta}$ и $Bi_{1,6}Zn_{0,5}Ti_2O_{7-\delta}$; было проведено сопоставление полученных значений с величинами рентгенографической плотности образцов для разных способов распределения атомов цинка по катионным кристаллографическим позициям структуры пирохлора (табл. 2).

По результатам этого сопоставления установлено, что в образце $Bi_{1,6}Zn_{0,4}Ti_2O_6$ атомы цинка преимущественно распределяются в позициях висмута, замещая при этом 6 % позиций титана. В образце $Bi_{1,6}Zn_{0,5}Ti_2O_6$ атомы цинка на 17 % замещают позиции титана, однако основная часть его атомов распределяется в позициях висмута так же, как в хром- и железосодержащих соединениях $Bi_{1,6}M_xTi_2O_6$ (M – Cr, Fe) [7, 8].

На рис. 2 представлены результаты термогравиметрического и калориметрического анализов образца $Bi_{1,6}Zn_{0,1}Ti_2O_{7-\delta}$. На ДСК зависимостях зафиксированы интенсивные эндотермические (при нагревании) и экзотермические (при охлаждении)

Таблица 2

Пикнометрические и рентгенографические плотности соединений

Формула	ω(Zn/Bi), %	ω(Zn/Ti), %	$\rho_{рент.}$, г/см^3	$\bar{\rho}_{пикн.}$, г/см^3
$Bi_{1,6}Zn_{0,4}Ti_2O_6$, a = 10,310 Å				
$[Bi_{1,33}\square_{0,67}][Zn_{0,33}Ti_{1,67}]O_{5,67}$	0	100	5,71	
$[Bi_{1,39}Zn_{0,17}\square_{0,44}][Zn_{0,26}Ti_{1,74}]O_6$	94	6	6,77	6,77±0,07
$[Bi_{1,60}Zn_{0,40}]Ti_2O_{6,8}$	100	0	6,85	
$Bi_{1,6}Zn_{0,5}Ti_2O_6$, a = 10,309 Å				
$[Bi_{1,28}\square_{0,72}][Zn_{0,4}Ti_{1,6}]O_{5,52}$	0	100	5,56	
$[Bi_{1,54}Zn_{0,40}\square_{0,07}][Zn_{0,08}Ti_{1,92}]O_6$	83	17	6,67	6,67±0,05
$[Bi_{1,56}Zn_{0,44}][Zn_{0,05}Ti_{1,95}]O_6$	90	10	6,78	

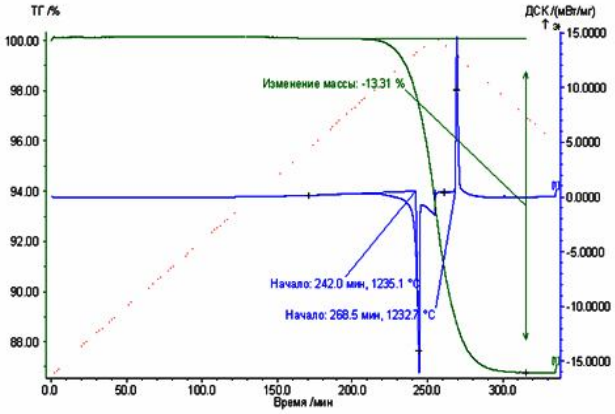

Рис. 2. Результаты ТГ и ДСК $Bi_{1,6}Zn_{0,1}Ti_2O_{7-\delta}$.

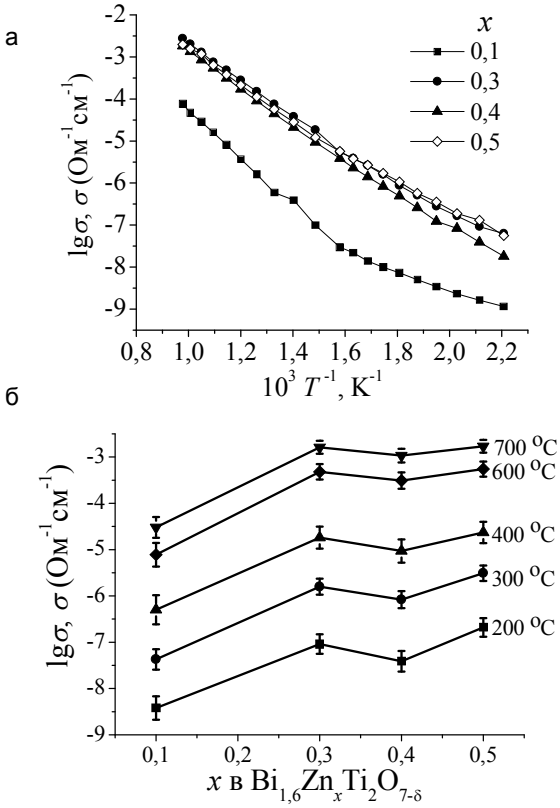

Рис. 3. Температурные (а) и концентрационные (б) зависимости удельной проводимости $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ (1 кГц).

эффекты, указывающие на фазовые превращения. При 1235,1 °С происходит плавление соединения $Bi_{1,6}Zn_{0,1}Ti_2O_{7-\delta}$ с разложением. При кристаллизации расплава обнаружены фазы пирохлора, слоистого перовскита $Bi_4Ti_{3-x}Zn_xO_{12-\delta}$ и диоксида титана.

Для соединений $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ ($0,1 \le x \le 0,5$) проведены исследования проводимости. На основании значений емкости конденсатора с исследуемыми образцами (C_p, Ф) и тангенса угла диэлектрических потерь (D) от температуры при частотах налагаемого поля 1, 10, 100 и 200 кГц, в температурном диапазоне 160–760 °С (Δt = 20-40 °С), вычислены величины удельной проводимости (σ, Ом$^{-1}$см$^{-1}$) и построены их температурные зависимости $\lg\sigma(T^{-1})$. На рис. 3 показана температурная зависимость удельной проводимости при 1 кГц.

Из зависимостей $\lg\sigma(T^{-1})$ (рис. 3а) видно, что проводимость при увеличении температуры повышается практически линейно и подчиняется закону Аррениуса. Вычислены величины энергий активации в интервале температур 700–760 °С. Величины E_a для всех составов при 1 кГц равны 1,10±0,04 эВ, при 200 кГц – 1,07±0,05 эВ.

Рис. 3б показывает, что с увеличением содержания цинка до x = 0,3 проводимость увеличивается на 1,5 порядка во всем диапазоне температур, что можно объяснить увеличением подвижных атомов кислорода O` подрешетки $Bi_2O$` при распределении атомов цинка в позициях висмута. С ростом x > 0,3 проводимость практически не меняется, что, возможно, связано с началом распределения атомов цинка в позициях титана, при котором образуются вакансии в позициях кислорода (O) в подрешетке TiO_6, число подвижных атомов кислорода O` не меняется.

Заключение

Впервые синтезированы цинксодержащие титанаты висмута. Установлена область гомогенности соединений со структурой пирохлора $Bi_{1,6}Zn_xTi_2O_{7-\delta}$ ($0,1 \le x \le 0,5$). Методами ДСК и ТГ для соединений определены температуры плавления цинксодержащих соединений (t ~ 1235 °С для $Bi_{1,6}Zn_{0,1}Ti_2O_{7-\delta}$). Путем сопоставления величин пикнометрической и рентгенографической плотностей установлено, что больше половины атомов цинка в соединении распределяется по катионным позициям висмута. При полной заселенности позиций висмута (x>0,4) возможно распределение атомов цинка в позициях титана.

Зависимости проводимости $\lg\sigma(T^{-1})$ подчиняются закону Аррениуса с энергией активации ~ 1,10 эВ. В диапазоне температур 160–760°С проводимость цинксодержащих образцов с повышением содержания цинка до x = 0,3 увеличивается. Вероятно, это связано с возрастанием числа подвижных атомов кислорода O`.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-03-31175 мол_а, грант № 15-03-09173 А).

Литература

1. *Hector A.L., Wiggin S.B.* Synthesis and structural study of stoichiometric $Bi_2Ti_2O_7$ pyrochlore// J. Solid State Chem. 2004. Vol. 177. P. 139–145.
2. *Roberto Esquivel-Elizondo J., Hinojosa B.B., Nino J.C.* $Bi_2Ti_2O_7$: it is not what you have read// Chemistry Mater. 2011. Vol. 23(22). P. 4965–4974.
3. *Kahlenberg V., Böhm H.* Investigation of the α-β transition in $Bi_2Ti_4O_{11}$ // J. Phys.: Condens. Matter. 1994. Vol. 6. P. 6221–6228.
4. *Aurivillius B.* Mixed bismuth oxides with layer lattices. Structure of $Bi_4Ti_3O_{12}$ // Arkiv for Kemi. 1949. Vol. 1(58). P. 499–512.
5. *Cummins S.E., Cross L.E.* Electrical and optical properties of ferroelectric $Bi_4Ti_3O_{12}$ single crystals // J. Appl. Phys. 1968. Vol. 39(5). P. 2268–2274.
6. *Исупов В.А.* Физические проблемы конденсаторных материалов со структурой типа пирохлора // Журнал технической физики. 1997. Т. 67. № 10. С. 47–50.
7. *Синтез и свойства* хромсодержащих титанатов висмута со структурой типа пирохлора / М.С.Королева, И.В.Пийр, Ю.И.Рябков, Д.А.Королев, Н.В. Чежина // Известия Академии Наук. Серия химическая. 2013. № 2. С. 410–413.
8. *Bismuth iron* titanate pyrochlores: thermostability, structure, properties / I.V.Piir, M.S.Koroleva, Yu.I.Ryabkov, D.A.Korolev, N.V.Chezhina, V.G.Semenov, V.V.Panchuk // J. Solid State Chem. 2013. Vol. 204. P. 245–250.

References

1. *Hector A.L., Wiggin S.B.* Synthesis and structural study of stoichiometric $Bi_2Ti_2O_7$ pyrochlore// J. Solid State Chem. 2004. Vol. 177. P. 139–145.
2. *Roberto Esquivel-Elizondo J., Hinojosa B.B., Nino J.C.* $Bi_2Ti_2O_7$: it is not what you have read // Chemistry Mater. 2011. Vol. 23(22). P. 4965-4974.
3. *Kahlenberg V., Buhm H.* Investigation of the α-β transition in $Bi_2Ti_4O_{11}$ // J. Phys.: Condens. Matter. 1994. Vol. 6. P. 6221-6228.
4. *Aurivillius B.* Mixed bismuth oxides with layer lattices. Structure of $Bi_4Ti_3O_{12}$ // Arkiv for Kemi. 1949. Vol. 1(58). P. 499-512.
5. *Cummins S.E., Cross L.E.* Electrical and optical properties of ferroelectric $Bi_4Ti_3O_{12}$ single crystals // J. Appl. Phys. 1968. Vol. 39(5). P. 2268-2274.
6. *Isupov V.A.* Fizicheskie problemy kondensatornyh materialov so strukturoj tipa pirohlora [Physical problems of capacitor materials with the pyrochlore type structure] // Zhurnal tehnicheskoj fiziki [J. of Applied Physics] 1997. Vol. 67. № 10. P. 47-50.
7. *Koroleva M.S., Pijr I.V., Rjabkov Ju.I., Korolev D.A., Chezhina N.V.* Sintez i svojstva hromsoderzhashhih titanatov vismuta so strukturoj tipa pirohlora [Synthesis and properties of chromium containing bismuth titanates with the pyrochlore type structure] // Izvestija Akademii Nauk. Serija himicheskaja. [Proceedings of the Academy of Sciences. Chemical series.] 2013. № 2. P. 410-413.
8. *Piir I.V., Koroleva M.S., Ryabkov Yu.I., Korolev D.A., Chezhina N.V., Semenov V.G., Panchuk V.V.* Bismuth iron titanate pyrochlores: thermostability, structure, properties // J. Solid State Chem. 2013. Vol. 204. P. 245-250.

Статья поступила в редакцию 23.12.2014.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 1(21). Сыктывкар, 2015.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 504.453.054:656:502.4(470.13)

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАЗЕМНОГО И ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ГОРНЫХ РЕК НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЮГЫД ВА»

А.Б. ЗАХАРОВ, В.И. ПОНОМАРЕВ, О.А. ЛОСКУТОВА, В.Н. ШУБИНА

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

Показано прямое и опосредованное влияние эксплуатации различных видов транспортных средств: вездеходов (суда на воздушной подушке и моторные лодки) на рыбное население и зообентос водоемов национального парка «Югыд ва». Не выявлено прямого шумового воздействия лодочных моторов и судов на рыб. На участках функционирования необорудованных автопереходов через водотоки в зоне загрязнения эрозионными материалами отмечено снижение видового разнообразия зообентоса и ухудшение показателей кормовой базы рыб. Показана эффективность противоэрозионных мероприятий (строительство мостовых переходов) и восстановление сообществ зообентоса в горных реках.

Ключевые слова: **транспорт, рыбы, зообентос, эрозии горных рек**

A.B. ZAKHAROV, V.I. PONOMAREV, O.A. LOSKUTOVA, V.N. SHUBINA.
ASSESSMENT OF SURFACE AND WATER TRANSPORT IMPACTS ON THE BIOLOGICAL RESOURCES OF MOUNTAIN RIVERS IN THE NATIONAL PARK "YUGYD VA"

Direct and indirect impacts of various types of transport such as motor cars, all-terrain vehicles and air-cushion ships and motor boats on the ichthyofauna and zoobenthos of rivers in the National Park "Yugyd va" are shown. Direct noise impacts produced by boat engines or air-cushion ships on fish were not revealed. The model species (European grayling) remained active when feeding even in close proximity to noise-making objects (transport). However, with a boat getting closer, fish stopped feeding and swam away from it independent of the level of the noise produced by the boat engine. When passing across the river, air-cushion ship "Khivus" - "The Arctic" produces almost no effect on European grayling's food activities. At the same time in shallow waters with a depth 0.3–0.6 m. the movement of the ship causes turbulent flows directed towards the bed. As a result, water mixing and tearing off algae and moss growing in watercourse boulder-pebble soils take place. After the air-cushion ship "Khivus" had passed across the river, the content of biomass of plant residues (primarily filamentous alga, occasionally freshwater alga and moss) in bottom invertebrates drift samples increased almost 30 times. As such, bottom invertebrates leave their habitats. The larvae of stone flies, mayflies and chironomids especially sharply response to physical effects produced by the air-cushion ship "Khivus", after the ship had passed across the river, their number in drift samples increased more than 20–100 times. The key factor of negative impact on river zoobenthos in the areas of unimproved transport crossings is the increased content of suspended substances in the flow after the ship has passed. There is a clearly observed plume of turbid water (1.5-2 km long) along the riverbed. In areas polluted by erosion materials reduction in the zoobenthos species diversity and decrease in number and biomass of invertebrates, the basic objects of fodder base of fishes, is marked. The environmental efficiency of anti-erosion measures – construction of bridge crossings over watercourses - is shown. Restoration of the previously disturbed zoobenthos structure and number in mountain rivers crossed by automobile roads takes 5-6 years after the construction of a bridge crossing.

Keywords: **transport, fish, zoobenthos, mountain rivers erosion**

Введение

Правобережные притоки р. Печора разного порядка, протекающие по территории Северного и Приполярного Урала и сохранившие до настоящего времени первозданную красоту природных ландшафтов и чистоту вод [1], несомненно, относятся к числу уникальных природных богатств Российской Федерации и Республики Коми. Разнообразие фауны этих рек и численность многих популяций до настоящего времени находятся на естественном уровне. Наличие ценных и редких видов наземных, водных животных и растений послужили основой для признания ценности данного региона [2, 3] и необходимости сохранения его в виде национального парка «Югыд ва» («Светлая вода»), в 1995 г. включенного в списки Всемирного наследия ЮНЕСКО. Реки, протекающие по территории парка, характеризуются высоким качеством вод. Это во многом обусловливает состав фауны беспозвоночных и рыбного населения, обитающих в водоемах парка «Югыд ва». В состав ихтиофауны водотоков входят преимущественно лососеобразные рыбы, такие как атлантический лосось, европейский и сибирский хариусы, арктический голец, пелядь и сиг [3–5]. Практически во всех малых реках по численности доминирует европейский хариус.

Развитие экологического туризма, дающего возможность расширить зону рекреации для населения, – важная сторона деятельности национального парка, которая связана с использованием разнообразных видов наземного и водного транспорта. Кроме того, на его территории проходит трасса магистрального газопровода «Северное сияние» (бассейн р. Щугор) и ведется добыча полезных ископаемых (бассейн р. Кожим). Негативный эффект хозяйственной деятельности связан, главным образом, с эрозионным загрязнением водоемов, биологические последствия которого достаточно хорошо исследованы [5–10]. Однако остается недостаточно изученным влияние транспорта на водные биологические ресурсы. Учитывая растущую роль транспортного обеспечения хозяйственной деятельности, перед нами стояла задача – показать особенности и степень влияния автомобилей, гусеничных и колесных вездеходов, катеров на воздушной подушке «Хивус» и лодок с подвесными моторами на рыбное население и фауну донных беспозвоночных рек Северного и Приполярного Урала. Особое внимание было уделено оценке эффективности противоэрозионных мероприятий (строительство мостовых переходов) в условиях горных долин.

Материалы и методы

Исследования зообентоса и рыбного населения были осуществлены в 2011 г. на правых притоках р. Печора разного порядка – Кожим, Балбанъю и Щугор, протекающих по территории парка «Югыд ва». Наряду с ихтиофауной, зообентос является одним из важных источников информации, отражающих уровень антропогенной нагрузки на водотоки [11]. Зообентос р. Кожим и ее притока р. Балбанъю исследован в июле в период летней межени. Пробы отбирали выше и ниже водных переправ. Взятие проб зообентоса планировалось так, чтобы можно было показать шлейф техногенного воздействия и динамику продуктивности нарушенных биотопов. В августе 2011 г. с целью выявления эффективности противоэрозионных мероприятий в районе мостового перехода, построенного в 2000–2003 гг. вдоль трассы действующего газопровода «Северное сияние», выполнены исследования зообентоса в верхнем течении р. Щугор – в 285 км от устья реки. В этот же период в районе «Средних ворот» р. Щугор на контрольных тонях бывшего ихтиологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН проведены работы по изучению воздействия на зообентос 10-местного судна на воздушной подушке «Хивус»–«Арктика». С этой же целью были отобраны пробы дрифта донных беспозвоночных с 10-минутной экспозицией до и после двухразового прохождения «Хивуса» по акватории контрольного участка. Отбор количественных проб зообентоса и дрифта донных беспозвоночных осуществлен по методике, разработанной и применяемой в лаборатории ихтиологии и гидробиологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН [9]. Гидробиологические пробы промыты через капроновое сито с ячеей 0.22 мм (№ газа 46). Всего отобрано 50 количественных проб зообентоса и дрифта, обработку которых проводили в лаборатории с использованием микроскопа МБС-10 и Микмед-1. Биомасса организмов после их обсушки до исчезновения влажных пятен на фильтровальной бумаге определена взвешиванием на торсионных весах типа WT-100. Для оценки качества вод использовали биотический индекс Вудивисса [12] и олигохетный индекс Гуднайта и Уитли [13].

Работы по исследованию влияния лодочных моторов на рыбное население проводились на участке верхнего течения р. Щугор, что позволило обеспечить чистоту эксперимента, поскольку в данном районе лодки с работающими моторами появляются редко. Для оценки воздействия движения моторных лодок на рыбное население был выбран плесовый участок, который использовался нагульной группировкой половозрелых рыб европейского хариуса (от 5+ до 9+ лет). Лов рыбы проводился по принципу «поймал-выпустил». В качестве орудий лова использовали спиннинги, приманки – искусственные мушки. В ходе эксперимента в качестве шумового источника применяли лодочный мотор «Меркурий-15» в разном режиме работы и частоты прохождения. Исследовали пищевую активность хариуса, которая была принята как показатель естественного поведения рыб на нагульных стациях, и особенности его поведенческих реакций на приближающееся судно. Активность пищевого поведения идентифицировали по числу атак на искусственную приманку за единицу времени (15-минутный интервал) при выключенном двигателе и во время его работы. По сходному сценарию осуществляли лов рыбы крючковыми снастями для выявления степени шумового воздействия до, во время и после прохождения контрольного участка судна «Хи-

вус»–«Арктика». Для оценки шумового воздействия на молодь аборигенного рыбного населения до и после прохождения этого судна по акватории проводили лов рыбы мальковым неводом длиной 10 м и ячеей в кутовой части 6 мм. При контрольном лове учитывали численность рыб по видам. Исследования сопровождали визуальными наблюдениями и подготовкой фото-видео материалов. Все отловленные рыбы были подвергнуты биологическому анализу по общепринятой методике [14].

Результаты и обсуждение

Влияние автомобильного транспорта. На территории парка «Югыд ва» функционируют автомобильные дороги, которые обеспечивают связь производственных объектов с индустриальными центрами и федеральными трассами. Наиболее известные из них – это проезд вдоль магистрального газопровода в бассейне р. Щугор и автодорога, проходящая по водосбору рек Кожим и Балбанъю, которая предназначена для обеспечения разработки месторождений кварца, золота и других полезных ископаемых. Указанные коммуникации действуют уже более трех десятилетий, что послужило для нас дополнительным аргументом – выбрать эти водотоки как модельные с целью изучения влияния автомобильного транспорта на водные экосистемы национального парка.

На р. Кожим автопереход представляет собой довольно широкий участок русла, по которому транспорт выезжает на галечниковый остров длиной около 100 м, а затем пересекает русло уже за островом. В период исследований ширина русла до острова была 60 м, после него – 40 м. Глубина реки на месте перехода не превышала одного метра, грунт – валунно-галечный, вода в реке прозрачная.

На исследованном участке р. Кожим зарегистрировано 14 групп донных беспозвоночных: черви – Nematoda, Oligochaeta, низшие ракообразные – Harpacticoida, др. Copepoda, Ostracoda; Hydracarina, Tardigrada и личинки насекомых – Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera, Simuliidae, Chironomidae, Diptera n/det. Показатели численности зообентоса в реке выше автоперехода и на самом автопереходе существенно не различались: соответственно 11.2 и 11.6 тыс.экз./м^2, однако ниже перехода этот показатель за счет высокой численности личинок поденок достигал 17.5 тыс.экз./м^2. Биомасса зообентоса на участке реки до автоперехода была существенно выше таковой в сравнении с ниже расположенными участками: соответственно 19.2 и 14.6-14.8 г/м^2.

Численность и биомассу зообентоса р. Кожим определяли личинки поденок, ручейников, мошек и хирономид. В структуре зообентоса на исследованных участках р. Кожим установлены заметные различия как по численности, так и по биомассе. В составе донного населения реки выше автоперехода доминировали личинки и куколки мошек: доля их составляла 43 и 38 % от общей численности и биомассы соответственно. На автопереходе и ниже его доля этой группы гидробионтов резко сократилась и составила всего 4–7 % как от общей численности, так и от биомассы. Известно [5, 9], что личинки мошек весьма чувствительны к взвешенным веществам в воде и, хотя видимого повышения мутности воды в реке при движении автотранспорта мы не наблюдали, очевидно, воздействие его все же оказало влияние на распространение этой группы зообентоса и в целом изменило структуру речных донных сообществ ниже автоперехода. Ранее было показано увеличение взвешенных веществ в воде при движении автотранспорта через р. Щугор более, чем в 1 тыс. раз [9]. В бентосе р. Кожим произошли изменения и в видовом составе доминирующих беспозвоночных. Выше автоперехода по численности и биомассе доминировали личинки поденок арктического вида *Acentrella lapponica*, обитателя чистых быстротекущих рек с каменистыми грунтами, в меньшем числе здесь присутствовали личинки поденок *Ephemerella aurivillii*, *Heptagenia sulphurea.* На автопереходе и ниже него были более многочисленны эврибионтные личинки поденок рода *Baetis*. Выше автоперехода среди личинок ручейников массовыми оказались *Apatania* sp., *Rhyacophila nubila*, *Arctopsyche ladogensis*, ниже – только личинки *Apatania* sp.

На р. Балбанъю, вытекающей из оз. Большое Балбан-ты, проведены более детальные исследования зообентоса. На автопереходе ширина р. Балбанъю составляет менее 20 м, глубина – 15-40 см. Съезд в реку осуществляется по двум накатанным колеям. На месте переправы автотранспорта речной грунт измельчён и представляет собой песок с примесью гальки, хотя в целом для этой реки характерны галечно-валунные грунты с моховыми и водорослевыми обрастаниями. Грунты ниже автоперехода покрыты песчаными и илистыми наносами.

Зообентос р. Балбанъю включает 17 групп беспозвоночных, из них 16 встречены в реке выше автоперехода, здесь не найдены лишь личинки жуков, редко встречающиеся в реке. В составе донного населения на участках ниже автоперехода установлено от семи до 13 групп беспозвоночных, на автопереходе зарегистрировано только пять. На рисунке показаны численность, биомасса зообентоса и их структура по участкам реки. Наивысшие количественные показатели донного населения установлены в реке выше автоперехода: численность – 19.3 тыс.экз./м^2, биомасса – 14.9 г/м^2. Высокую численность здесь имели личинки хирономид, значительна также была и доля мошек, клещей и олигохет. На автопереходе 63 % общей численности зообентоса составляли личинки хирономид, 32 % – мошки, остальные 5 % приходилось на долю клещей, личинок поденок и ручейников. Все встреченные группы беспозвоночных имели очень низкие количественные показатели, вследствие чего из всех исследованных участков реки здесь установлены минимальные показатели численности и биомассы зообентоса: 1.4 тыс.экз./м^2 и 1.5 г/м^2 соответственно (см. рисунок). Ниже автоперехода в реке состав донных беспозвоночных становится богаче, но и на расстоянии до 2 км от него количественные показатели зообентоса остаются существенно ниже, чем таковые до автоперехода, что обуслов-

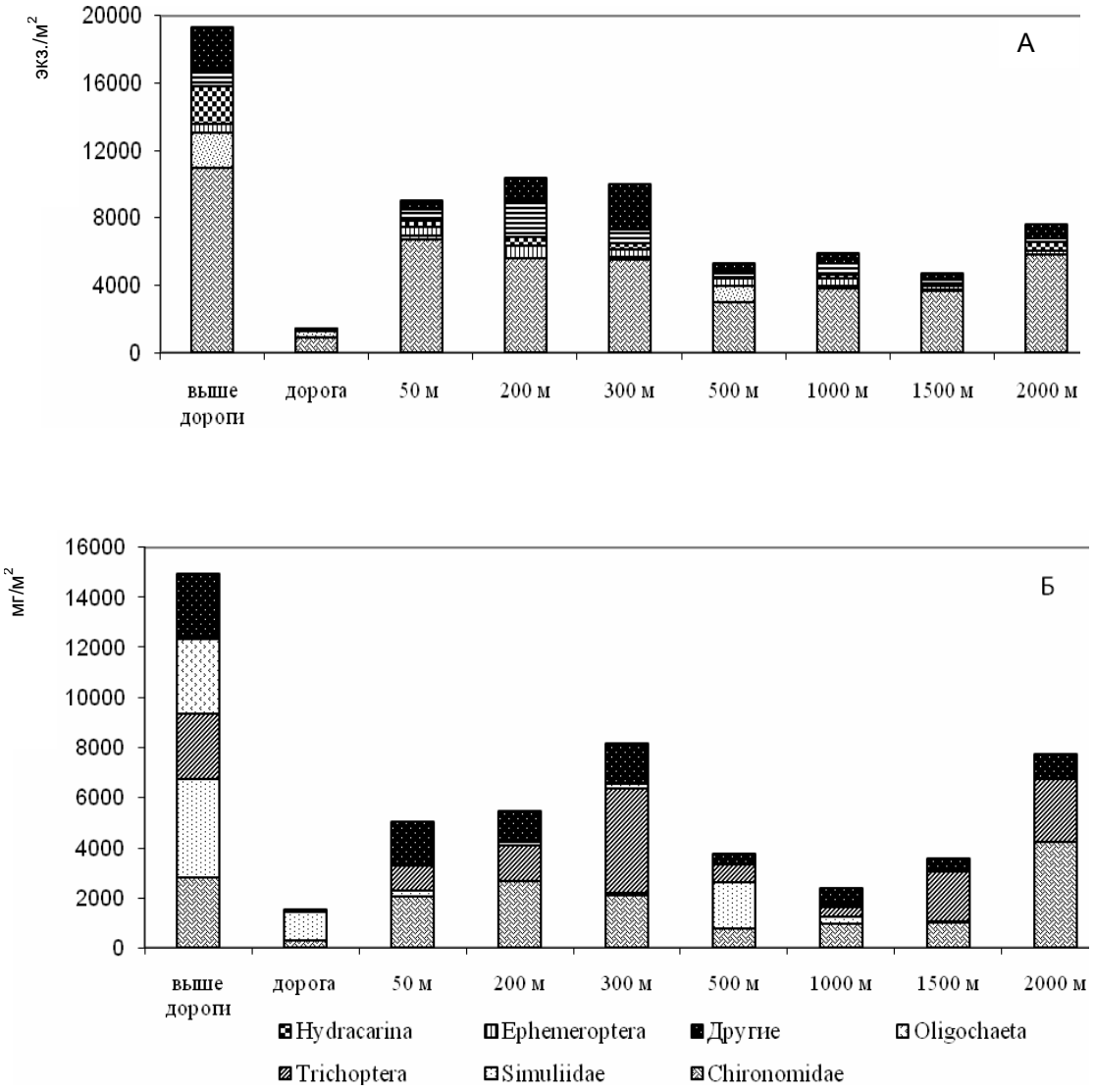

Рис. Динамика численности (А) и биомассы (Б) зообентоса р. Балбанъю в районе автоперехода.

лено, прежде всего, сокращением численности доминирующей группы – личинок хирономид. В речных донных сообществах в районе автоперехода заметна доля малощетинковых червей. Эти изменения структуры зообентоса связаны не только с влиянием автотранспорта, приводящим к формированию здесь песчаных и илистых наносов на коренных грунтах реки, но и с впадением на этом участке в р. Балбанъю ручья, стекающего с горных склонов, где ведется добыча золота.

Таким образом, исследования показали, что интенсивное движение транспорта по руслу оказывает негативное воздействие на водные экосистемы национального парка. Это обусловлено как механическим уничтожением донных беспозвоночных, так и поступлением в водотоки горюче-смазочных веществ, взвешенных твердых частиц, увеличением площади песчаных и илистых наносов в местах с замедленным течением, изменением характера естественных каменистых грунтов (измельчение их под воздействием тяжелой техники). В меньшей степени эти изменения сказываются на более крупных водотоках с широкими автопереходами, как можно было наблюдать на р. Кожим. Количественные показатели развития бентоса здесь изменились не существенно. Однако перестройка структуры донных сообществ, тем не менее, наблюдается. Резко сократилось число личинок и куколок мошек, чувствительных к наличию взвесей в воде ниже автоперехода, изменился видовой состав некоторых групп донных беспозвоночных. На более мелких водотоках, как р. Балбанъю, ниже автоперехода наблюдалось измельчение донных грунтов, осаждение значительного количества ила и песка на коренных каменистых грунтах, уменьшение числа крупных таксонов гидробионтов, снижение численности и биомассы зообентоса, увеличение в составе донного населения доли малощетинковых червей.

Несмотря на небольшие участки, попадающие под воздействие неблагоприятных факторов в

конкретном водотоке в сравнении с его длиной, следует учесть, что при этом техника пересекает и множество малых речек и ручьев, разного порядка притоков более крупных водотоков, водной фауне которых тоже наносится определенный ущерб. Нельзя исключить также наличие эрозии берегов в зоне автопереходов. Кроме того, при движении автотранспорта в воду при утечке топлива могут попадать токсичные и другие загрязняющие вещества, губительным образом действующие на жизнедеятельность водных организмов. В целом, эксплуатация наземных транспортных средств приводит к негативным изменениям структуры донного населения и снижению показателей кормовой базы на местах нагула рыб, расположенных в районах пересечения водотоков дорогами.

Учитывая региональные нормативные и расчетные показатели кормовой базы рыб, можно легко рассчитать ежегодный ущерб рыбным запасам, наносимый в результате функционирования необорудованных переходов автомобильного транспорта только через два водотока национального парка «Югыд ва».

Влияние лодочных моторов. Многие исследователи связывают влияние водного транспорта на рыбное население и сообщества донных беспозвоночных водоемов не только с попаданием горюче-смазочных веществ в воду, но и с его шумовым воздействием [15]. Восприятие рыбами акустических сигналов и особенности реакции различных видов рыб на звуки экспериментально были доказаны исследованиями В.Р. Протасова [16], который показал, что морские пелагические и придонные рыбы воспринимают шум судна как сильный раздражитель. При морском промышленном рыболовстве на шум двигателей судна и эхоакустические сигналы используемого оборудования дистанция реагирования рыб, по данным различных исследователей, варьирует от 40 до 500 м и более (чаще от 100 до 200 м) в зависимости от вида (слуховых способностей) рыбы, времени суток, типа судна (уровня шума) и условий окружающей среды [17, 18].

Сила и характер ответных реакций рыб на шумовой раздражитель зависит от их физиологического состояния. Во время нереста рыбы менее активно реагируют на акустические сигналы, нежели в нагульный период, что во многом отражает доминанту репродуктивного поведения. В ряде публикаций отмечается, что активность реагирования на шумовое воздействие разных возрастных групп различных видов рыб отличается [8, 19–23]. Исследования по влиянию шума лодочных моторов на рыб малочисленны и приводятся в основном в популярных изданиях. Так, например, ученые университета Бристоля показали, что во время воспроизведения шумов лодочных моторов колюшки чаще допускают ошибки при захватывании пищевых объектов, нежели в обычных условиях [24]. Шумовое загрязнение дезориентирует рыб в естественной среде, что также влияет на взаимоотношение хищник–жертва. В ходе эксперимента британские ученые использовали подводные динамики, которые воспроизводили шумы, сходные по частоте с ревом скоростных катеров. Результаты показали, что даже 10-секундный шум серьезно мешал рыбам искать и поглощать пищу. Известные нам публикации [10, 24–25] не дают основания сомневаться, что шумовое воздействие негативно влияет на нагульное поведение рыб.

Наши наблюдения позволили предположить, что разнообразные шумы, издаваемые в непосредственной близости от нерестилища, не оказывают видимого воздействия на нерест европейского хариуса. На реках национального парка «Югыд ва» движение моторных лодок не создает постоянного шумового фона, к которому рыбы могли бы адаптироваться как на водотоках с оживленным транспортным сообщением. Поэтому реакция рыб, в частности, доминирующего вида в речных системах парка – европейского хариуса – имеет свои отличительные черты. Экспериментальные работы, проведенные на притоках р.Печоры, дали неоднозначные результаты. Как показали наблюдения, работа лодочного мотора на малых оборотах (низкий уровень шума) практически не оказывала влияния на пищевую активность рыб. До включения двигателя и во время его негромкой работы число атак и попыток захвата искусственной приманки практически сопоставимо и в течение 15-минутной экспозиции составляло 10–11 атак. В момент прохождения лодки наблюдалось снижение пищевой активности рыб, что было обусловлено отходом рыбы от курса движения лодки. После прохождения лодки рыба возвращалась и продолжала активно реагировать на приманку.

При работе двигателя на больших оборотах и более высоком уровне шумового фона, особенно при увеличении интенсивности движения лодки во времени по экспериментальному участку, наблюдается снижение числа поклевок (атак) хариуса до шести–восьми за 15 мин. Однако это, по-видимому, лишь частично связано с работой двигателя. Скорее всего, активность питания рыб напрямую связана с интенсивностью или частотой прохождения лодки с мотором. Здесь сказывается фактор избегания рыбой транспортного средства. Этот же эффект «наплывания судна» наблюдался и при сплаве лодки без работы мотора, когда стайки хариусов отходят от курса движения лодки.

В любом случае, движение лодки с мотором по реке вызывает у рыб беспокойство, которое тем сильнее, чем выше уровень шумового воздействия и частота движения лодок за единицу времени. Это заключение хорошо согласуется с полученными экспериментальными данными других исследователей, которые убедительно показали реакцию беспокойства и избегания разными видами рыб источников искусственных акустических сигналов [25]. При визуальном наблюдении оказалось, что европейский хариус, как и сельдевые или лососевые (атлантический лосось) рыбы, реагирует на шумовое воздействие перемещением не только по горизонтали, но, несмотря на малую глубину водотока, и по вертикали. При очевидном факторе беспокойства хариус предпочитает уходить на более глубокие участки реки. Причем, как и у других видов

рыб, число его атак на пищевые объекты снижается. В реках национального парка, где движение лодок с моторами нерегулярно, их шумовое воздействие на рыб, несомненно, носит стрессирующий характер.

Влияние судна на воздушной подушке «Хивус». Нами не встречено научных публикаций о влиянии на рыбное население пресных водоемов транспортных средств на воздушной подушке. Имеется ограниченная информация о том, что прохождение такого судна в районах приливно-отливной зоны не наносит ущерба водорослям и беспозвоночным, а волновой след после прохождения судна минимален, благодаря чему эрозия берегов реки и повреждение береговой полосы фактически равны нулю. Суда на воздушной подушке не имеют подводных винтов, что обеспечивает отсутствие шума, свойственного обычным винтовым судам. При их эксплуатации не выявлено механическое воздействие на морское дно прибрежной мелководной зоны, что дает основание предполагать, что этот тип транспортных средств не сказывается отрицательно на рыбах и других обитателях [26]. Перечисленные сведения приводятся специалистами-экологами – представителями компаний производителей транспортных средств на воздушной подушке (ховеркрафтов) и, возможно, отражают интересы этих компаний.

Наши экспериментальные работы показали, что прохождение судна на воздушной подушке «Хивус» – «Арктика» по реке практически не оказывает влияния на пищевую активность европейского хариуса. Число атак на искусственную приманку не изменилось и составляло восемь–девять атак за 15 мин. лова до и сразу после прохождения судна. Кроме того, несмотря на шум, создаваемый работой двух двигателей «Хивуса», сопоставимый по уровню с шумом взлетающего вертолета, в непосредственной близости от судна был пойман один экземпляр хариуса. Предположительно, распространяющийся в воздушной среде звук имеет иной характер, чем в водной. При этом звуковые волны отсекаются на границе двух сред и реакция рыб на шумовое воздействие оказывается значительно меньшей интенсивности, чем ожидалась [16, 24]. Контрольный лов неводом также показал несколько неожиданный результат. В мелководной зоне не было обнаружено поврежденной или снулой рыбы после прохождения «Хивуса». Число мальков европейского хариуса и взрослых гольянов, которые обычно обитают в прибрежье реки, осталось прежним (12–14 экз. за замет невода). Кроме того, при визуальном наблюдении в реке не замечено приливно-отливной волны при прохождении судна на воздушной подушке. Полученные результаты позволяют согласиться с выводами британских коллег [24] и сделать заключение об отсутствии прямого влияния работы «Хивуса» на рыбное население водотоков. Однако эти выводы справедливы для условий кратковременного шумового воздействия на нагульных участках.

Иное воздействие оказывает судно на воздушной подушке на сообщество донных беспозвоночных. Результаты наших наблюдений не совпадают с выводами британских ученых, не выявивших негативное влияние таких судов на обитателей дна мелководной зоны. Экспериментальные работы на р. Щугор показали, что, несмотря на низкое давление воздушной подушки, движение судна на мелководье глубиной до 0.3–0.6 м вызывает турбулентные потоки, направленные на дно русла. В результате этого происходит перемешивание воды и отрыв растительных обрастаний (водорослей, мхов) валунно-галечниковых грунтов водотоков. Например, после прохождения «Хивуса» в пробах дрифта донных беспозвоночных биомасса растительных остатков (основа – нитчатка, единично ностоки и обрывки веточек мха) увеличилась почти в 30 раз (до прохождения – 720 мг, после – 20285 мг). Донные беспозвоночные при этом покидают свои места обитания. На физическое воздействие «Хивуса» особенно резко реагируют личинки веснянок, поденок и хирономид, численность которых в пробах дрифта после прохождения «Хивуса» возросла более чем в 20–100 раз (таблица). Эти беспозвоночные составляют значительную часть общей биомассы зообентоса, что дает основание говорить о существенном влиянии работы судна на воздушной подушке на кормовую базу рыб. После прохождения «Хивуса» численность организмов зообентоса

Показатели дрифта донных беспозвоночных р. Щугор до и после прохождения «Хивуса» (экспозиция сачка 10 мин.)

Группа беспозвоночных	Показатели донных беспозвоночных в дрифте до прохождения «Хивуса»				Показатели донных беспозвоночных в дрифте после прохождения «Хивуса»			
	Число		Биомасса		Число		Биомасса	
	экз. в пробе	%	мг в пробе	%	экз. в пробе	%	мг в пробе	%
Oligochaeta	2	14.4	0.1	8.6	95	22.6	0.21	1.7
Cladocera	–	–	–	–	10	2.4	0.10	0.8
Ostracoda	–	–	–	–	10	2.4	0.10	0.8
Copepoda	1	7.1	0.01	0.9	3	0.7	0.03	0.2
Hydracarina	1	7.1	0.05	4.3	10	2.4	0.70	5.5
Ephemeroptera, lv	2	14.4	0.15	12.8	36	8.6	0.90	7.1
Plecoptera, lv	1	7.1	0.08	6.8	19	4.5	3.17	25.0
Coleoptera, lv	–	–	–	–	2	0.5	1.0	7.9
Trichoptera, lv	1	7.1	0.08	6.8	1	0.2	0.1	0.8
Chironomidae, lv	2	14.3	0.1	8.5	221	52.4	6.18	48.9
Chironomidae, pp.	3	21.4	0.2	17.1	14	3.3	0.17	1.3
Diptera n/det.	1	7.1	0.4	34.2	–	–	–	–
Всего	14	100.0	1.17	100	421	100	12.66	100

в мелководной прибрежной зоне реки снижается. Сходная реакция водных беспозвоночных на стрессирующее воздействие факторов внешней среды была отмечена на участках уральских рек в районах разработки россыпных месторождений золота. В результате повышения взвешенных веществ в потоке количественные показатели катастрофического дрифта донных беспозвоночных кратно превышали таковые показатели, отмечаемые в отсутствии воздействия неблагоприятных факторов [9].

Таким образом, движение судна на воздушной подушке типа «Хивус» в районе местообитания европейского хариуса, составляющего основу рыбного населения лососевых рек западных склонов Северного и Приполярного Урала, можно рассматривать как резко выраженный негативный фактор. Очевидно, этот вывод будет справедлив и для атлантического лосося, поскольку он нерестится и нагуливается его молодь во многих реках западного склона Урала и национального парка в том числе. Полученные результаты о влиянии транспорта на воздушной подушке на водные биологические ресурсы послужат убедительным аргументом для ограничения или регламентирования их эксплуатации на особо охраняемых природных территориях, в частности, в национальном парке «Югыд ва».

Оценка эффективности противоэрозионных мероприятий. С целью снижения техногенного воздействия на природную среду в 2003 г. на месте автомобильной переправы через р. Щугор в районе эксплуатации газопровода построен мостовой переход. В конструкции моста были предусмотрены противоливневые и противоэрозионные сооружения, поскольку эрозионное загрязнение на необорудованных автопереходах через водотоки признано наиболее значимым техногенным фактором воздействия на речные экосистемы [9]. Логично, что реализация решений в рамках инженерной экологии требовала оценки эффективности принятых мер. В связи с этим, по истечении восьми лет после строительства моста, в 2011 г. продолжились исследования зообентоса как биологической системы, адекватно реагирующей как на прямое воздействие (увеличение концентрации взвешенных веществ в воде), так и опосредованное влияние (трансформация естественных биотопов). Одной из задач было исследование качественного и количественного состава зообентоса р. Щугор в районе обустроенного мостового перехода в современный период и оценка экологического состояния этого участка реки с использованием биоиндикационных методов. Все пункты отбора проб находились на участках с быстрым течением воды, где на валунно-галечниковых субстратах наблюдается наиболее разнообразное сообщество донных беспозвоночных, поэтому перекаты являются наиболее подходящим для исследований участком русла [27].

Выше моста в период исследований общая численность донного населения составила 27.5 тыс.экз./м^2. По числу гидробионтов доминировали личинки хирономид подсемейства Orthocladiinae и поденки семейства Caenidae. Общая биомасса зообентоса на этом участке реки – 4.9 г/м^2, более половины ее (54 %) приходилось на долю олигохет. Среди олигохет превалировал *Nais behningi* – типичный речной вид, характерный для чистых участков р. Щугор, в том числе и для ее верхнего течения. Значительную долю, около 17% от общей биомассы зообентоса, здесь составили хищные личинки ручейника *Polycentropus flavomaculatus.*

В зообентосе реки ниже моста по числу организмов доминировали личинки хирономид подсемейства Orthocladiinae и поденок семейств Baetidae (превалировали), Heptageniidae и Siphlonuridae. Биомасса донных гидробионтов в реке на участках у газопровода и в 50 м от него вниз по течению была ниже, чем на участке выше моста. Основу биомассы здесь составляли широко распространенные в р. Щугор олигохеты и личинки поденок, ручейников и хирономид. В 300–400 м ниже моста численность и биомасса зообентоса оказались даже выше таковых на участке реки выше моста. По численности среди донных гидробионтов здесь доминировали личинки хирономид, поденок, высокая численность отмечена для водяных клещей. Основу (72 %) биомассы составляли личинки ручейников *Arctopsyche ladogensis*, *P. flavomaculatus, Hydroptila* sp. и *Apatania* sp., т.е. разнообразие ручейников в реке на участке в 300–400 м ниже моста несколько возрастает. По числу групп донных беспозвоночных (15 групп) участки р. Щугор в зоне эксплуатации газопровода, исследованные в 2011 г., сходны с ненарушенными участками верхнего течения.

Анализ полученных гидробиологических данных по результатам исследований в 2011 г. дает возможность констатировать положительное влияние строительства мостового перехода через реку в районе эксплуатации газопровода на развитие зообентоса: на этом участке р. Щугор идет процесс восстановления донных биоценозов. Экологическая обстановка на исследованном участке реки в настоящее время благоприятна для развития беспозвоночных, являющихся основой кормовой базы рыб р. Щугор. Так, если по результатам исследований в 1997, 1998 и 2000 гг. при отсутствии моста через р. Щугор в зообентосе на автопереходе и в непосредственной близости от труб газопровода было зарегистрировано от одной до четырех групп беспозвоночных [9], то в 2011 г. в этих же пунктах реки присутствовало 11–13 донных групп животных, типичных для лососевых рек.

При эксплуатации газопровода без мостовых переходов через реку зообентос по составу крупных таксонов животных приближается к таковым выше автоперехода лишь в 500–1000 м ниже газопровода [9]. В 2011 г. наблюдалось восстановление групп бентоса уже в 50 м ниже моста, у газопровода и ниже по течению, а в 300–400 м от моста численность и биомасса зообентоса даже превосходили по этим показателям донное население реки выше моста. По олигохетному индексу Гуднайта и Уитли (его значения менее 9 %) и по биотическому индексу Вудивисса (10 баллов) вóды участка реки в районе эксплуатации газопровода оцениваются как очень чистые.

Положительно оценивая строительство моста через р.Щугор, способствующего восстановлению естественных водных биоценозов, следует отметить негативное влияние старых дорог, которые идут параллельно основной трассе. Это небольшие узкие дороги, в настоящее время не имеющие производственной нагрузки и сохранившиеся, очевидно, с начала эксплуатации газопровода. Дороги не рекультивированы, и по ним поступают эрозионные материалы в водоток. В период полевых работ в районе мостового перехода после выпадения осадков нами были зафиксированы четко выраженные выносы взвешенных веществ по временным ручьям в р.Щугор, на локальных участках которого в районе этих выносов также обнаруживаются следы их отложений на галечно-валунных грунтах. Здесь установлены обедненные по составу сообщества беспозвоночных. В перспективе необходимы строительство эрозионных ловушек и иные технические мероприятия, обеспечивающие снижение твердого стока и направленные на сохранение береговых склонов.

Выводы

Проведенные исследования выявили особенности и закономерности влияния различных видов транспорта на фауну водных беспозвоночных и рыб водотоков национального парка «Югыд ва». На участках функционирования необорудованных автопереходов через реки Кожим и Балбанъю отмечено снижение видового разнообразия зообентоса и продуктивности его биоценозов, находящихся в зоне загрязнения, обусловленного поступлением эрозионного материала. Очевидно, что существующая интенсивность движения транспортных средств по действующим переходам превышает допустимые нагрузки. Строительство мостового перехода через р. Щугор показало эффективность реализованных на практике инженерных решений (противоэрозионные мероприятия), способствующих восстановлению видового разнообразия зообентоса и продуктивности его естественных биоценозов. В то же время сохраняются экологические риски в локальных зонах поступления взвешенных частиц с береговых склонов на участках пересечения реки старыми дорогами.

Влияние водных транспортных средств (моторные лодки) и судов на воздушной подушке на рыб имеет как прямой, так и опосредованный характер. К прямому воздействию на рыбное население следует отнести влияние шума. При этом работа лодочных моторов не имеет ярко выраженного негативного эффекта. Пищевая активность рыб практически сохраняется, однако у них наблюдается стабильная реакция избегания лодок во время их движения и «наплывания» на стайки рыб.

Влияние шумов двигателей «Хивуса», вероятно, не оказывает видимого отрицательного эффекта на рыб (возможно, мы не смогли уловить этот эффект). При этом у них сохраняется пищевая активность, хотя акустическое взаимодействие гидробионтов, очевидно, нарушается. Результаты проведенных исследований показали, что позицию ряда исследователей, декларирующих экологическую безопасность судов этого вида, вряд ли можно признать состоятельной. Натурные работы отчетливо продемонстрировали механическое воздействие судов на воздушной подушке на зообентос, в результате которого кратно возросла миграционная активность донных беспозвоночных, связанная с отрывом организмов от субстрата. Это дает основание прогнозировать отрицательное влияние «Хивуса» на развивающуюся икру и репродукцию рыб в целом. В связи с этим не вызывает сомнения применение ограничительных мер по отношению к эксплуатации судов на воздушной подушке не только на реках национального парка, особенно в период нереста рыб, но и других важных рыбохозяйственных акваториях.

Полученные результаты и их анализ дадут не только дополнительные фактические материалы для разработки экспертного заключения о предельно допустимых нагрузках на водные экосистемы ООПТ, но и позволят в стоимостном выражении рассчитать ущерб водным биологическим ресурсам и выработать рекомендации о возможности и режиме использования судов на воздушной подушке и лодочных моторов на водоемах национального парка «Югыд ва», а также при пересечении наземной техникой его водотоков.

Считаем своим долгом выразить благодарность директору национального парка «Югыд ва» Т.С.Фомичевой, администрации и сотрудникам парка Н.В. Шалагиной и О.В.Буге, оказавших большую помощь в организации и проведении полевых исследований.

Представленная работа выполнена в рамках и при финансовой поддержке проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» и проекта № 12-4-7-006-Арктика.

Литература

1. *Национальный парк* «Югыд ва». М.: ДИК, 2001. 208 с.
2. *Девственные леса Коми.* Памятник Всемирного культурного и природного наследия Юнеско. М.: ДИК, 2005. 352 с.
3. *Биологическое разнообразие* уральского Припечорья/Под ред. В.И.Пономарева, Т.Н.Пыстиной. Сыктывкар, 2009. 264 с.
4. *Никольский Г.В., Громчевская Н.А., Морозова Г.И., Пикулева В.А.* Рыбы бассейна Верхней Печоры. М.: Московского общ-ва испытателей природы, 1947. 224 с.
5. *Влияние разработки* россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1994. 171 с.
6. *Гор Д.А.* Механизмы заселения и улучшения условий обитания донных беспозвоночных в восстанавливаемых руслах рек // Восстановление и охрана малых рек: Теория и практика. М., 1989. С. 100–122.

7. *Сидоров Г.П., Братцев А.А., Захаров А.Б.* Влияние техногенной эрозии долины на рыб р. Кожим // Биология атлантического лосося на европейском Севере СССР. Сыктывкар, 1990. С.134–144. (Тр. Коми НЦ УрО АН СССР; № 114).
8. *Гончаров С.М., Борисенко Э.С., Пьянов А.М.* Влияние рыболовного судна на поведение стай ставриды//Рыбное хозяйство. 1991. № 3. С. 52–54.
9. *Шубина В.Н.* Бентос лососевых рек Урала и Тимана. СПб.: Наука, 2006. 402 с.
10. *Захаров А.Б., Таскаев А.И.* Проблемы сохранения и восстановления водных биологических ресурсов рек центрального Тимана // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 2. С. 83–91.
11. *Абакумов В.А., Бубнова Н.П.* Контроль качества поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям. Обнинск: Гидрометеоиздат, 1979. 5 с.
12. *Woodowiss F.S.* The biological system of stream classification used by the Trent Board // Chem. a. Ind. 1964. No 11. P. 443–447.
13. *Goodnight C.J., Whitley L.S.* Oligochaetes as indicators of pollution. /Proc. 15-th Ind. Waste Conv., 1961. Vol. 106. P. 139–142.
14. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
15. *Gabei F., Garcia X.A., Schnauder I. and Pusch M.T.* Effects of ship-induced waves on littoral benthic invertebrates // Freshwater Biology. 2012. Vol. 57. P. 2425–2435.
16. *Протасов Р.В.* Поведение рыб. (Механизмы ориентации рыб и их использование в рыболовстве). М., 1978. 296 с.
17. *Сорокин М.А.* Слуховые способности некоторых дальневосточных рыб: Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: ИЭМЭЖ, 1984. 28 с.
18. *Popper A.N., Fay R.R., Piatt C, and Sand O.* Sound detection mechanisms and capabilities of teleost fishes // Sensory Processing in Aquatic Environments. N.Y.: Springer-Verlag, 2003. P. 3–38.
19. *Радаков Д.В.* Стайность рыб как экологическое явление: монография. М.: Наука, 1972. 174 с.
20. *Misund O.A.* Dynamics of moving masses; variability in packing density, shape and size among pelagic schools // ICES Journal of Marine Science. 1993. Vol. 49. P. 325–334.
21. *Schooling dynamics* of Norwegian spring spawning herring (Clupea harengus, L) in a coastal spawning area / L. Nøttestad, M. Aksland, A.K. Beltestad, A. Fernö, A. Johannessen and O.A. Misund. // J. Sarsia. 1996. Vol. 80. P. 277–284.
22. *Коротков В.К.* Реакции рыб на трал, технология их лова. Калининград: МАРИНПО, 1998. 398 с.
23. "*Await*" *in the pelagic:* dynamic trade-off between reproduction and survival within a herring school splitting vertically during spawning / B.E.Axelsen, L.Nøttestad, A.Fernö, A.Johannessen, O.A.Misund // Marine Ecology Progress Series. 2000. Vol. 205. P. 259–269.
24. *Purser J., Radford A.N.* Acoustic Noise Induces Attention Shifts and Reduces Foraging Perfomance in Three-Spined Sticklebacks (Gasterrosteus aculeatus). PLoSONE6(2). 2011.(http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0017478).
25. *Кузнецов М.Ю., Вологдин В.Н.* Гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и их влияние на поведение и оценки запасов рыб (обзор и перспективы исследований) // Известия ПИНРО. 2009. Т. 157. С. 334–355.
26. *Суда на воздушной подушке* и окружающая среда. Воздействие судов на воздушной подушке (СВП) на окружающую среду. 2012. (http://www.christyhovercraft.ru/about-hovercrafts/suda-na-vorzdushnojpodushkei-okruzhayushaya–sreda).
27. *Абакумов В.А.* Гидробиологический анализ поверхностных вод и донных отложений // Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. С. 7–21.

References

1. *Natsionalny park* “Yugyd va” [National Park “Yugyd va”]. Moscow: DIK Publ., 2001. 208 p.
2. *Devstvennye lesa Komi.* Pamyatnik vsemirnogo kulturnogo i prirodnogo naslediya Unesko [Virgin Forests of Komi. The site of UNESKO World Cultural and Natural Heritage]. Moscow: DIK Publ., 2005. 352 p.
3. *Biologicheskoe raznoobrazie* uralskogo Pripechorja [The biological diversity of the Pechora Pre-Urals]. Syktyvkar, 2009. 264 p.
4. *Nikolskiy G.V., Gromchevskaya N.A., Morozova G.I., PikulevaV.A.* Ryby basseina Verkhney Pechory [The fishes of the Upper Pechora River basin]. Moscow: Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody [Moscow Society of Nature investigators], 1947. 224 p.
5. *Vliyanie razrabotki rossypnykh* mestorozhdeniy Pripolyarnogo Urala na prirodnuyu sredu [Impacts of the development of Pre-Polar gravel deposits on the natural environment]. Syktyvkar: Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 1994. 171 p.
6. *Gor D.A.* Mekhanizmy zaseleniya i uluchsheniya usloviy obitaniya donnykh bespozvonochnykh v vosstanavlivaemykh ruslakh rek [Mechanisms of stocking and improvement of habitat conditions of bottom-dwelling invertebrates in river channels under restoration] // Vosstanovlenie i okhrana malykh rek: Teoriya i praktika [Restoration and protection of minor rivers: theory and practice]. Moscow, 1989. P. 100–122.
7. *Sidorov G.P., Bratsev A.A., Zakharov A.B.* Vliyanie tekhnogennoy erosii doliny na ryb r. Kozhim [Impacts of anthropogenic erosion of the valley on the fishes in the Kozhim River] // Biologiya atlanticheskogo lososya na ev-

ropeiskom severe SSSR [The biology of Atlantic salmon in the European north of the USSR]. Syktyvkar, 1990. Tr. Komi NTS UrO RAN SSSR [Proceedings of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]. № 114. P.134–144.
8. *Goncharov S.M., Borisenko E.S., PianovA.M.* Vliyanie rybolovnogo sudna na povedenie stay stavridy [Impacts of fishing vessels on the behavior of horse mackerel shoals] // Rybnoe khozyaistvo [Fishery]. 1991. № 3. P. 52–54.
9. *Shubina V.N.* Bentos lososevykh rek Urala i Timana [The benthos of salmon rivers of the Urals and the Timan Ridge]. St.Petersburg: Nauka, 2006. 402 p.
10. *Zakharov A.B., Taskaev A.I.* Problemy sokhraneniya i vosstanovleniya vodnykh biologicheskikh resursov rek tsentralnogo Timana [The problems of conservation and restoration of aquatic biological resources in the Central Timan rivers] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and Applied Ecology]. 2010. № 2. P. 83–91.
11. *Abakumov V.A., Bubnova N.P.* Kontrol kachestva poverkhnostnykh vod SSSR po gidrobiologicheskim pokazatelyam [Control of the USSR surface water quality by hydrobiological indicators]. Obninsk: Gidrometeoizdat, 1979. 5 p.
12. *Woodowiss F.S.* The biological system of stream classification used by the Trent Board // Chem. a. Ind. 1964. № 11. P. 443-447.
13. *Goodnight C.J., Whitley L.S.* Oligochaetes as indicators of pollution. /Proc. 15-th Ind. Waste Conv., 1961. Vol. 106. P. 139-142.
14. *Pravdin I.F.* Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Fish Study Guide]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost [Food Industry]. 1966. 376 p.
15. *Gabei F., Garcia X.A., Schnauder I. and Pusch M.T.* Effects of ship-induced waves on littoral benthic invertebrates // Freshwater Biology. 2012. Vol. 57. P. 2425–2435.
16. *Protasov R.V.* Povedenie ryb (Mekhanizmy orientatsii ryb i ikh ispolzovanie v rybolovstve) [Fishbehavior [Orientation mechanisms of fish and their use in fishing]. Moscow, 1978. 296 p.
17. *Sorokin M.A.* Slukhovye sposobnosti nekotorykh dalnevostochnykh ryb [Hearing abilities of some Far Eastern fishes]. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Moscow: IEMEZH,. 1984. 28 p.
18. *Popper A.N., Fay R.R., Piatt C, and Sand O.* Sound detection mechanisms and capabilities of teleost fishes // Sensory Processing in Aquatic Environments. N.Y.: Springer-Verlag, 2003. P. 3–38.
19. *Radakov D.V.* Stainost ryb kak ekologicheskoe yavlenie: monographiya [Fish aggregative behavior as an ecological phenomenon: monograph]. Moscow: Nauka, 1972. 174 p.
20. *Misund O.A.* Dynamics of moving masses; variability in packing density, shape and size among pelagic schools // ICES Journal of Marine Science. 1993. Vol. 49. P. 325–334.
21. *Nøttestad, L., M. Aksland, A.K. Beltestad, A. Fernö, A. Johannessen, and O.A. Misund.* Schooling dynamics of Norwegian spring spawning herring (Clupea harengus, L) in a coastal spawning area // J. Sarsia. 1996. Vol. 80. P. 277–284.
22. *Korotkov V.K.* Reaktsii ryb na tral, tekhnologiya ikh lova [Fish responses to trawl, fishing technology]. Kaliningrad: MARINPO, 1998. 398 p.
23. *Axelsen B.E., Nuttestad L., Fernö A., Johannessen A., Misund O.A.* 'Await" in the pelagic: dynamic trade-off between reproduction and survival within a herring school splitting vertically during spawning // Marine Ecology Progress Series. 2000. Vol. 205. P. 259-269.
24. *Purser J., Radford A.N.* Acoustic Noise Induces Attention Shifts and Reduces Foraging Perfomance in Three-Spined Sticklebacks (Gasterrosteus aculeatus).PLoSONE6(2).2011.(http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0017478).
25. *Kuznetsov M.Yu., Vologdin V.N.* Gidroakusticheskie shumy promyslovykh i nauchno-issledovatelskikh sudov i ikh vliyanie na povedenie i otsenki zapasov ryb (obzor i perspektivy issledovaniy) [Hydroacoustic noise of harvesting and research vessels and its impact on fish behavior and fish stock evaluations (review and prospects of research)] // Izvestiya PINRO. 2009. Vol. 157. P. 334–355.
26. *Suda na vozdushnoy* podushke i okruzhayushchaya sreda. Vozdeistvie sudov na vozdushnoy podushke (SVP) na okruzhayushchuyu sredu [Air-cushion vehicles and environment. Environmental impacts of air-cushion vehicles (ACVs)]. 2012. (http://www.christyhovercraft.ru/about-hovercrafts/suda-na-vorzdushnojpodushkei-okruzhayushaya–sreda).
27. *Abakumov V.A.* Gidrobiologicheskiy analiz poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy [Hydrobiological analysis of surface water and sand bottom sediments] // Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy [Guidelines on the methods of hydrobiological analysis of surface water sand bottom sediments]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. P. 7–21.

Статья поступила в редакцию 18.09.2014.

УДК 633.877:580.006:635.92(470.13)

ВИДЫ ХВОЙНЫХ В КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОЗЕЛЕНЕНИИ

Л.Г. МАРТЫНОВ

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

Приводятся результаты интродукции видов хвойных древесных растений в Ботаническом саду Института биологии в связи с большим пополнением коллекции новыми таксонами. По сравнению со старой коллекцией, число новых таксонов к настоящему времени увеличилось более чем в пять раз. Даны краткая характеристика биологии роста и развития, а также оценка зимостойкости наиболее перспективных для интродукции видов и форм растений. Приводятся сведения о быстроте роста и размерах растений в определенном возрасте. Представлены некоторые сведения по вегетативному размножению декоративных форм хвойных. Для использования в озеленении Республики Коми выявлено порядка 40 новых таксонов с повышенной зимостойкостью и высокими декоративными свойствами.

Ключевые слова: **интродукция, Ботанический сад, виды и формы хвойных, рост побегов, размеры растений, зимостойкость, размножение черенками**

L.G. MARTYNOV. SPECIES OF CONIFERS IN COLLECTION OF THE BOTANICAL GARDEN OF THE INSTITUTE OF BIOLOGY OF THE KOMI SCIENCE CENTRE AND THE PROSPECTS OF THEIR USAGE IN CITY TREE PLANTING

Results of introduction of coniferous plant species in the Botanical Garden of the Institute of biology are given in view of new collection adjunctions. At the beginning of the 1990s, 17 species and forms including seven species of the native flora were listed in the collection of coniferous plants. By the moment, the number of such species has increased more than five times. Seedlings of many decorative forms were brought as rooted cuttings from the Botanical Gardens of Yoshkar-Ola, Samara, Voronezh, Cheboksary, Ufa, Barnaul, Magadan, Novosibirsk, Yekaterinburg and Minsk (Belarus). The collection includes 96 taxa (38 species and 58 decorative forms and varieties) from 11 genera and three families: genera Chamaecyparis Spach, Juniperus L., Microbiota Kom., Thuja L., Thujopsis Siebold et Zucc. from *Cupressaceae* Rich. ex Bartl., genera Abies Hill, Larix Hill, Picea A. Dietr., Pinus L., Pseudotsuga Carr. from family *Pinaceae* Lindl. and genus Taxus L. from family *Taxsaceae* Lindl. Brief description of 48 species, varieties and forms of conifers from the old and new collections that are the most prospective for the culture in the Komi Republic is given. Biology of their growth and development is characterized; winter hardiness of the species and forms was also assessed. Attention was also paid to the decorative properties of plants. The data on the rate of growth and size of plants at certain age are given. Some information on the vegetative propagation of decorative forms of conifers by summer cuttings in the open field is provided. The experiments showed that the highest rate of rooting was found for genera Juniperus, Chamaecyparis and Thuja (65-85%). Decorative forms of Picea and *Microbiota decussata* and *Taxus baccata* rooted harder (30-45 %). Compact multicaulis bushes ready for permanent landing formed in two years after the rooting. Within a relatively short period of observation of the new collection of conifers (10-15 years), about 40 taxa were revealed and recommended for the limited use in landscaping.

Keywords: **introduction, Botanical Garden, species and varieties of coniferous plants, growth of shoots, size of plants, winter-resistance rate, propagation by cuttings**

Интродукция древесных растений в Коми началась в 1936 г. с плодово-ягодного питомника в системе Министерства сельского хозяйства Коми АССР. С 1946 г. эту проблему разрабатывает Ботанический сад Коми филиала АН СССР. С образованием Уральского отделения РАН лаборатория интродукции Института биологии в 1990 г. получает статус отдела «Ботанический сад». Публикации по

интродукции хвойных растений были единичны [1]. Район, где проводятся исследования, находится недалеко от Сыктывкара в южном направлении и входит в подзону средней тайги. Здесь наиболее благоприятные условия для произрастания многих интродуцированных древесных растений. В последние годы происходят изменения климатических показателей, свидетельствующие о потеплении климата в Республике Коми. Это подтверждается также улучшением общего состояния древесных интродуцированных растений [2]. Те виды, которые не способны были расти в суровом климате 20–30 лет тому назад, сейчас проявляют достаточно высокую зимостойкость и уже находят применение в декоративном садоводстве республики.

Ботанический сад Института биологии, расположенный на Северо-Востоке европейской части России, является единственным местом, где сосредоточена уникальная коллекция древесных растений для проводимых исследований. Если сравнить местную коллекцию с коллекциями других ботанических садов, расположенных в северо-западном регионе, как, например, в Республике Карелия и Архангельской области [3, 4], то по количеству таксонов она им не уступает, а по ряду родовых комплексов даже превосходит. В настоящее время в саду собрано около 700 таксонов древесных растений. Половина таксонов была привлечена в интродукцию только в течение последних 10–15 лет.

Значительным числом таксонов пополнилась коллекция хвойных растений. Если в начале 90-х гг. прошлого столетия в коллекции хвойных значилось 17 видов и форм, в том числе семь видов местной флоры [1], то к настоящему времени их число увеличилось более чем в пять раз. Сейчас коллекция насчитывает 96 таксонов (38 видов и 58 декоративных форм и сортов) хвойных растений, относящихся к 11 родам трех семейств. Саженцы многих декоративных форм в виде укорененных черенков были завезены из ботанических садов городов Йошкар-Ола, Самара, Воронеж, Чебоксары, Уфа, Барнаул, Магадан, Новосибирск, Екатеринбург и Минск (Беларусь). Часть растений была выращена из семян. Высаженные в саду саженцы за сравнительно короткий срок разрослись в невысокие кустарники с разнообразной формой кроны. Проявились не только их декоративные свойства, но и степень зимостойкости. Уже на ранних этапах изучения многие представители хвойных зарекомендовали себя как перспективные растения для дальнейшей интродукции [5]. По истечении еще ряда лет наблюдений за хвойными растениями получены дополнительные сведения, требующие переоценки результатов интродукции. В предлагаемой статье в краткой форме дается описание видов и форм хвойных древесных растений новой и старой коллекций, наиболее перспективных для культуры в Республике Коми и дальнейшего изучения.

Материал и методы

Наблюдениями были охвачены все хвойные растения дендроколлекции. Наиболее полные наблюдения в изучении роста, развития и зимостойкости проводили над 68 новыми таксонами в течение 2006–2013 гг. Использовали методики фенологических наблюдений как за хвойными, так и лиственными растениями, применяемые во многих ботанических садах России [6, 7]. Размеры растений в определенном возрасте, а также прирост годичных побегов фиксировали у наиболее развитого экземпляра. Длину годичного прироста верхушечных и боковых побегов измеряли на пяти отобранных ветвях, расположенных в разных частях кроны растения, высчитывали среднее значение. У деревьев измеряли длину прироста главного побега, по возможности, на нескольких экземплярах, высчитывали среднее значение. Зимостойкость вида оценивали визуальным способом по степени обмерзания побегов и общему состоянию растения. Оценка перспективности интродукции вида проведена на растениях, срок наблюдения за которыми составляет более пяти лет. При описании растений семейства и роды расположены в порядке латинского алфавита. Виды внутри рода описаны в порядке степени их изученности и значимости. Латинские названия семейств, родов, видов и их форм даны в русской транскрипции.

Результаты наблюдений

Семейство Cupressaceae Rich. ex Bartl. – кипарисовые

Род Chamaecyparis Spach – кипарисовик. Изучается два вида – *Chamaecyparis pisifera* Siebold et Zucc. (к. горохоплодный) родом из Восточной Азии и *Ch. lawsoniana* (A. Murr.) Parl. (к. Лавсона) из Северной Америки. Кипарисовик горохоплодный в 10 лет достиг высоты 1,2 м, ширины кроны 0,7 м, диаметра ствола 3,2 см. Отличается повышенной зимостойкостью. Лишь после зимы 2009–2010 гг. у него обмерзла верхушечная часть кроны до линии снегового покрова. За два последующих года растения восстановили прежние размеры. Растет быстро, длина прироста верхушечных побегов за сезон составляет 18–25 см. В период генеративного развития растения еще не вступили.

В саду успешно растет декоративная форма кипарисовика горохоплодного с оттопыренной хвоей – *Ch. p. 'Squarrosa'*. Растет быстро, в восемь лет высота равна 0,75 м. Прирост верхушечных побегов за сезон составляет в среднем 20 см, боковых – 8 см. Впервые обмерзание побегов выше линии снегового покрова произошло в зиму 2009–2010 гг. С 2004 г. в коллекции на изучении находится сорт, полученный от кипарисовика горохоплодного – '*Boulevard*' ('Булевард'), отличающийся более скученным ростом и крупной хвоей сизо-голубой окраски. Растет медленнее, чем исходный вид. Очень декоративный и зимостойкий сорт. Представляет интерес для создания живописных композиций с участием других растений.

Довольно перспективным для выращивания в Республике Коми является и другой вид – кипарисовик Лавсона. В коллекции на изучении с 2002 г. Имеется два образца. Наиболее устойчивым в местных условиях является образец, приобретенный в Санкт-Петербурге от любителей в 2008 г. В тече-

ние четырех лет наблюдений у растений значительных зимних повреждений не отмечено. Растет довольно быстро. В пять лет высота 0,6 м, ширина кроны 0,55 м. Прирост побегов за сезон достигает 22 см. Требует дальнейшего изучения.

Род Juniperus L. – можжевельник. Во флоре Республики Коми насчитывается два вида можжевельника – *Juniperus communis* L. (м. обыкновенный) и *J. sibirica* Burgsd. (м. сибирский). В озеленении оба вида используются крайне редко и только в любительских садах. В коллекции Ботанического сада собрано 26 видов, разновидностей, форм и сортов можжевельника. Наибольший интерес для декоративного садоводства представляют некоторые из них, прошедшие достаточный срок изучения.

Juniperus sabina L. (м. казацкий). В естественных условиях растет в Крыму, на Кавказе, Южном Урале, заходя в степную часть Западной Сибири. В 1997 г. из Йошкар-Олы было завезено два растения. Растут они в форме одноствольных небольших деревьев, лежащих на земле, поэтому высота растений не превышает 0,8 м. Побеги начинают трогаться в рост в конце второй декады мая, окончание роста отмечается в конце июля. На растущих центральных побегах одновременно образуются и боковые. Величина годичного прироста за вегетационный период составляет в среднем 18 см. В 2006 г. растения вступили в генеративную фазу развития. Пыление (цветение) происходит в конце мая, но плоды не образуются, так как образец представлен только мужскими особями. Зимостойкость вида высокая. Однако весной, когда растения начинают вегетацию, на большей части кроны происходит частичная гибель однолетних веточек, что проявляется в их побурении, а это снижает декоративность. Высокой устойчивостью и декоративностью отличается тамарисколистная форма можжевельника казацкого – *J. s.* '*Tamariscifolia*'. Более прихотлива другая садовая форма можжевельника казацкого с бело-пестрой окраской хвои – *J. s.* '*Variega-ta*'. Для лучшего развития эта форма требует дополнительного ухода – рыхление почвы и внесение органики. Обе формы поступили в Ботанический сад на изучение в 2002 г. саженцами из Минска. По фенологии развития они имеют сходство с типичным видом. Можжевельник казацкий и его декоративные формы являются очень перспективными для использования в озеленении населенных мест Республики Коми.

Juniperus virginiana 'Glauca' (м. виргинский 'Глаука'). Декоративная форма вида, родиной которого является Северная Америка. На изучение в Ботанический сад получена в 2009 г. 4-летними саженцами от Сыктывкарского мехлесхоза в количестве 3 экз., которые в свою очередь были выращены из семян. Растения имеют сизоватую окраску хвои. Растет сравнительно быстро, прирост верхушечных побегов с многочисленными разветвлениями достигает 18 см. В шесть лет высота растений составляет 0,55 м. Успешно зимует под естественным снеговым покровом. Однако в последние годы у можжевельника виргинского наблюдается преждевременная гибель хвои внутри кроны, что снижает декоративность растений. Представляет интерес для дальнейшего изучения.

Juniperus davurica 'Exspansa' (м. даурский 'Экспансия'). Стелющийся кустарник, высота которого не превышает 20 см. Получен саженцем из Минска в 2002 г. Зимует под снеговым покровом, обмерзаний не наблюдается. Растет сравнительно медленно, длина прироста побегов составляет в среднем 12 см. Растение разрастается в ширину, образуя куртину, диаметр которой равен в настоящее время 1,5 м. Генеративных органов не образует. Хвоя мелкая с голубоватой окраской, декоративная. Форма может быть использована в каменистых садах как почвопокровное растение.

Juniperus communis. var. depressa (м. обыкновенный придавленный). Происходит из восточной части Северной Америки [8]. Саженцы получены из Екатеринбурга в 2003 г. В 10-летнем возрасте представляет широкие овальной формы кусты в диаметре 1,45 м и высотой до 0,5 м. Побеги от основания кустов приподнимающиеся, на вершине свисающие, концы их имеют желтоватую окраску. Все это придает растениям весьма декоративный вид (фото 1). Растет и развивается быстро. Длина прироста за сезон в среднем составляет 24 см. Плодоносит с 7-летнего возраста ежегодно, шишки созревают в конце июля. Растения ни разу не обмерзали. Можжевельник обыкновенный придавленный можно рекомендовать для широкого использования в озеленении центральных и южных районов Республики Коми как высокодекоративный и зимостойкий кустарник.

Фото 1. Juniperus communis var. depressa.

Juniperus communis var. saxatilis (м. обыкновенный карликовый). Изучается с 2002 г. Стелющийся по земле низкорослый кустарник. Высота растения не превышает 20 см. Растет быстро. К восьми годам кустарник разрастается в ширину более чем на 1 м. В фазу генеративного развития еще не вступил. Абсолютно зимостоек. Рекомендуется для озеленения.

Кроме описанных выше видов и форм можжевельника, в саду растут *Juniperus horizontalis* Moench (м. распростертый) родом из Северной

Америки и *J. squamata var. Meyeri* (м. чешуйчатый Мейера) из Китая. Вид распростертый растет успешно, но довольно медленно. Можжевельник чешуйчатый Мейера не вполне зимостойкий. Весной у него часто наблюдаются признаки выпревания (отслаивание коры на побегах у корневой шейки), что приводит к гибели отдельных растений. Отличается исключительной декоративностью благодаря крупной хвое ярко-голубой окраски. Требует дальнейшего изучения.

Род Microbiota Kom. – микробиота. Монотипный род, представленный видом *Microbiota decussata* Kom. (м. перекрестнопарная). Встречается на Дальнем Востоке и только в Приморье [9]. В культуре на территории России является малораспространенным видом. В Ботаническом саду Института биологии изучается с 2002 г. Саженцы в количестве 2 экз. получены из Минска. Проявляет высокую зимостойкость. За период наблюдений растения ни разу не обмерзали, так как зимуют под естественным снеговым покровом. В 10 лет высота их достигла 0,32 м, которая является предельной. Диаметр кустов из года в год увеличивается, сейчас он равен 1,25 м. Начало отрастания побегов происходит внешне незаметно в третьей декаде мая, окончание роста – в третьей декаде июля. На растущих побегах одновременно образуются и боковые разветвления. Длина прироста в среднем составляет 18 см. В пору генеративного развития растения еще не вступили. Очень декоративный вид благодаря стланцевой форме роста и сизоватой окраске хвои (фото 2). Садом проводятся работы по размножению микробиоты методом зеленого черенкования. На данном этапе интродукции вид может быть рекомендован в Республике Коми для любительского садоводства. Применение разнообразное: посадка на газонах и каменистых горках.

Фото 2. Microbiota decussate.

Род Thuja L. – туя. В коллекции род представлен двумя североамериканскими видами – *Thuja occidentalis* L. (т. западная) и *Th. plicata* D. Don. (т. складчатая). Туя складчатая из-за низкой зимостойкости в культуре на территории России распространена не так широко, как туя западная. В коллекции сада она изучается с 2002 г. Имеется одно растение, поступившее из Латвии. Состояние растения хорошее. Изучение вида продолжается.

Большое значение в зеленом строительстве имеет туя западная. Впервые в Ботанический сад на изучение она поступила в 1946 г. саженцами из Липецкой области. В настоящее время имеются десятки экземпляров туи разных образцов и разного возраста. Растения барнаульского образца (1978 г.) имеют высоту 6,0–7,0 м, ширину кроны – 5,0–6,0 м, диаметр ствола у корневой шейки – 14–16 см. В Республике Коми туя западная оказалась исключительно зимостойким видом [10]. Растет быстро. В пять лет саженцы, выращенные из семян, достигают высоты 0,65 м, ширины кроны – 0,5 м. Длина прироста на центральных побегах в среднем составляет 24 см, на боковых – 16. Раньше, лет 50 тому назад, тую западную относили к медленнорастущим древесным породам [11]. В пору генеративного развития туя западная вступает уже на шестой год. У взрослых растений через каждые два–три года наблюдается весьма обильное семеношение. В это время деревья приобретают коричневый цвет из-за наличия большого количества шишек (2011 г.). Процентная всхожесть семян высокая (до 90%). С 1991 г. Ботаническим садом проводится массовое выращивание саженцев туи из семян местного сбора, что позволило внедрить этот ценный вид в посадки г. Сыктывкара.

Туя западная имеет множество декоративных форм, различающихся между собой строением и размерами кроны (узкопирамидальная, колонновидная, шаровидная, карликовая и др.), окраской хвои (желтая, золотистая, белокончиковая и др.). В коллекции Ботанического сада собрано свыше 30 садовых форм (фото 3,4). На протяжении нескольких лет все они, как исходный вид, быстро растут и проявляют достаточно высокую зимостойкость [10].

Фото 3. Thuja occidentalis ‘Globosa Nana’.

Практически все декоративные формы туи могут быть рекомендованы для использования в озеленении. Туя западная и ее садовые формы неоценимы при создании различных ландшафтно-художественных композиций. Кроме того, туя западная легко переносит обрезку, поэтому ее можно содержать в стриженной культуре.

Фото 4. Thuja occidentalis 'Lutea'.

Род Thujopsis Siebold et Zucc. – туевик. С 2004 г. изучается *Thujopsis dolabrata* (L. fil.) Siebold et Zucc. (т. долотовидный, поникающий), полученный саженцем из Минска. Это редкое растение ботанических садов России. Происходит из Японии. Зимует под снегом без повреждений. Растет сравнительно медленно. В восемь лет имеет высоту 0,35 м, диаметр кроны – 0,62 м. Прирост однолетних побегов в среднем составляет 22 см, которые расходятся в стороны. Экзотический вид. Имеет крупную чешуевидную блестящую хвою темно-зеленой окраски. Представляет интерес для дальнейшего изучения. В условиях Петрозаводска туевик долотовидный растет довольно успешно [3].

Семейство Pinaceae Lindl. – сосновые

Род Abies Hill – пихта. В коллекции шесть видов. Среди них *Abies sibirica* Ledeb. (п. сибирская) – растение флоры Республики Коми. В озеленении населенных мест используется редко. Отличается исключительно быстрым ростом и высокой устойчивостью к городским условиям. Рекомендуется для широкого озеленения [1]. Из других интродуцированных видов, перспективных для изучения, являются *Abies balsamea* (L.) Mill. (п. бальзамическая) родом из Северной Америки, *A. sachalinensis* Fr. Schmidt (п. сахалинская) и *A. koreana* Wils. (п. корейская) из Восточной Азии. На изучении они находятся недавно и для оценки интродукции требуют времени. Высокозимостойкой является пихта бальзамическая, испытанная в условиях Крайнего Севера [12].

С 1997 г. изучается *Abies concolor* (Gord.) Hoopes (п. одноцветная) североамериканского происхождения. Имеется один экземпляр. Экзотический вид благодаря крупным листовым пластинкам сизоватой окраски. Выше линии снегового покрова побеги обмерзают, высота растения не превышает 0,7 м. Растение разрастается в ширину, диаметр кроны 1,7 м. Хотя растение регулярно обмерзает, но из коллекции не выпадает. Представляет интерес как коллекционный материал.

Род Larix Hill – лиственница. В коллекции собрано семь видов и одна разновидность. В северных лесах Республики Коми встречается *Larix sibirica* Ledeb. (л. сибирская). Она является одной из основных хвойных пород для озеленения. Отличается исключительно быстрым ростом, особенно в молодом возрасте [1]. Большое сходство с лиственницей сибирской имеют *Larix sukaczewii* Dyl. (л. Сукачева), *L. dahurica* Turcz. ex Trautv. (л. даурская) и *L. decidua* Mill. (л. европейская). На изучении они находятся сравнительно недавно. Растут быстро, величина прироста главного побега у разных видов может достигать 0,65–1,25 м. Зимостойкость видов высокая. Лиственницы европейская и Сукачева находятся в генеративной фазе развития.

Зимостойки также *Larix cajanderi* Mayr (л. Каяндера) и *L. gmelini var. japonica* (л. Гмелина разновидность японская), происходящие из Восточной Азии. Поступили они саженцами из Магадана в 2003 г. Между собой отличаются быстротой роста. В восемь лет лиственница Каяндера имеет высоту 2,5 м, а Гмелина разновидность японская – 1,6 м. У обеих лиственниц, в сравнении с другими видами, хвоя долго держится на растениях. В генеративную фазу развития еще не вступили. Перечисленные виды лиственницы все перспективны для интродукции.

Род Picea A. Dietr. – ель. В коллекции Ботанического сада изучается шесть видов и пять декоративных форм. Два вида – *Picea abies* (L.) Karst. (е. обыкновенная) и *P. obovata* Ledeb. (е. сибирская) являются растениями местной флоры. В озеленении в основном используется ель сибирская. Этот вид чаще встречается и в лесах Коми. С 1978 г. на изучении находится форма ели сибирской с ярко-голубой окраской хвои. Завезена она привитыми саженцами из Барнаула в количестве 3 экз. Растения давно вступили в пору семеношения. Из семян в большом количестве выращивается посадочный материал для реализации населению и нужд сада. В Ботаническом саду саженцами ели сибирской создан ряд экспозиций, где она содержится в стриженной форме (фото 5). К сожалению, ярко-голубая окраска хвои при выращивании ели из семян в потомстве не передается.

Фото 5. Picea obovata 'Glauca' в стрижке.

Из представителей других флор рода *Picea* в Ботаническом саду успешно растут *P. pungens* Engelm. (е. колючая) и *P. glauca* (Moench) Voss (е. сизая) североамериканского происхождения, привлеченные в интродукцию еще в 1964 г. Саженцы

получены из Москвы. Более 100 экземпляров насчитывает ель колючая с голубой окраской хвои разных оттенков – *P. pungens 'Coerulea'*. Посадки проведены рядовым способом. Первое семеношение у отдельных экземпляров было отмечено в 1975 г. Массовое размножение голубой формы ели семенами местной репродукции садом проводится с 1991 г. Необходимо отметить, что ярко-голубая окраска хвои в потомстве передается на 40%. Имеющиеся в г. Сыктывкаре посадки ели колючей с голубой окраской хвои являются результатом внедренческой работы сада. Другой вид ели – *P. glauca* была представлена шестью экземплярами, три из которых впоследствии погибли по неизвестной причине. Вид отличается повышенной зимостойкостью. Оба североамериканских вида давно рекомендуются для широкого использования в озеленении [1].

Кроме выше описанных видов, в коллекции на изучении находится *Picea mariana* B. S. P. (е. черная) также родом из Северной Америки, привлеченная в интродукцию семенами в 2005 г. Имеется шесть экземпляров. Растет и развивается успешно. В возрасте 6 лет имеет высоту 1,1 м. Прирост главного побега за последние два года составляет 30–32 см. Вид перспективный для изучения. Ель черная входит в современный озеленительный ассортимент для Мурманской области [12].

Сравнительно недавно в коллекцию поступили две декоративные формы елей – ель обыкновенная с карликовой формой роста – *P. abies 'Tabularis'* и ель сизая с конусовидной формой – *P. glauca 'Conica'*. Обе формы отличаются очень медленным ростом, но высокой декоративностью. У ели сизой с конусовидной формой почти ежегодно после перезимовки отмечаются повреждения хвои и частично однолетних побегов.

Род Pinus L. – сосна. В коллекции на изучении находится восемь видов сосны. Во флоре Республики Коми насчитывается два вида – *Pinus silvestris* L. (с. обыкновенная) и *P. sibirica* Du Tour (с. кедровая сибирская). В озеленении оба вида используются редко из-за плохой приживаемости саженцев. Имеющиеся в Сыктывкаре посадки видов сосны находятся в хорошем состоянии. Сосна обыкновенная часто присутствует в лесных массивах. Местные виды сосны давно культивируются и в Ботаническом саду Института биологии.

Для озеленения садом рекомендуется два интродуцированных вида сосны, которые прошли достаточно большой срок изучения. Это *Pinus peuce* Gris. (с. румелийская) родом из Западной Европы и *P. pumila* (Pall.) Regel (кедровый стланик) из Восточной Сибири [1, 13]. В коллекции сада сосна румелийская с 1977 г. Вид зимостойкий, лишь в суровые зимы у растений происходит обмерзание многолетней хвои. В 35 лет растения достигли высоты 8,0 м, диаметра ствола 57 см. Ежегодно образует шишки оригинальной формы. Из семян местной репродукции выращивается большое количество саженцев. Кедровый стланик на изучении находится с 1976 г. Выращен из семян, полученных из Хабаровска. Очень декоративное растение благодаря стланцевой форме роста и голубоватой окраске хвои. Дает полноценные семена (фото 6).

Перспективными также для интродукции являются *Pinus mugo var. pumilo* (с. горная низкая), *P. strobus* L. (с. веймутова), *P. koraiensis* Siebold et Zucc. (с. корейская) и *P. contorta* Dougl. (с. скрученная), возраст которых насчитывает не более 10 лет. Пожалуй, самым декоративным видом для садоводства в Республике Коми является сосна горная низкая, которая растет в условиях Ботанического сада невысоким раскидистым кустом высотой до 1,0 м и шириной кроны 1,3 м. Для лучшего развития растения требуют солнечного местоположения. Вид зимостойкий. В последние годы сосна горная находит распространение в культуре благодаря поставке саженцев от цветоводческих хозяйств, выращенных за пределами республики.

Фото 6. Pinus pumila (плодоношение).

Род Pseudotsuga Carr. – лжетсуга. В коллекции род представлен одним видом – *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (л. Мензиса). Родина вида – Северная Америка. Изучается с 1991 г. Был получен саженцем из Москвы. Из-за регулярного обмерзания побегов выше снеговой линии высота растения в 25 лет не превышала 1,5 м. В настоящее время в коллекции отсутствует. В то же время в Москве, где был приобретен саженец, маточные растения представляют крупные деревья первой величины. В 2006 г. из семян, полученных из Липецкой области, выращено более 10 экз. В пять лет высота их достигла 0,8 м. Отличается поздними сроками начала отрастания и ранним завершением роста (26.V–30.VI). Состояние растений удовлетворительное, хотя имеют место случаи их гибели. Изучение лжетсуги Мензиса следует продолжить, так как она является одной из самых зимостойких видов рода. В Петрозаводске лжетсуга Мензиса растет в форме высокого дерева [3], в Архангельске значительно обмерзает и не поднимается выше 3 м [4].

Семейство Taxaceae Lindl. – тиссовые

Род Taxus L. – тисс. В Ботаническом саду с 1998 г. изучается *Taxus baccata* L. (тисс ягодный). Вид встречается в Западной Европе. Считается медленнорастущей древесной породой. В услови-

ях интродукции растет в форме куста и довольно быстро. В 10 лет имеет высоту 0,95 м, диаметр кроны – 1,2 м, прирост побегов на центральных осях в среднем равен 25 см. Отличается поздними сроками начала отрастания побегов в начале июня. Проявляет достаточно высокую зимостойкость. Лишь после зимы 2009–2010 гг. у тисса обмерзли побеги выше линии снегового покрова, но растения быстро восстановились. Вид перспективный для дальнейшего изучения.

В Ботаническом саду проводятся работы по размножению перспективных видов и форм хвойных растений методом зеленого черенкования. Преследуются определенные цели: выявить способность к укоренению отдельных видов и форм, увеличить количество экземпляров растений для нужд сада, распространить новый вид в культуру. Как известно, большинство садовых форм при размножении семенами не передают в полной мере присущие им признаки и свойства. Кроме того, далеко не все формы и сорта завязывают полноценные семена. В садоводческой практике по размножению хвойных древесных растений черенками установлено, что легче всего укореняются черенки у представителей родов семейства кипарисовых (туи, можжевельники, кипарисовики). В Ботаническом саду укоренение черенков проводили в летнее время в период с третьей декады июня по первую половину июля тогда, когда у растений начинают происходить процессы завершения роста побегов и их частичное одревеснение. На черенки брали однолетние побеги, по возможности, с кусочком прошлогодней древесины. Черенки высаживали в открытый грунт на заранее подготовленные гряды. На грядах устанавливали каркасы с тканью, слабо пропускающей свет. Перед посадкой черенки обрабатывали стимуляторами роста. Обязательными мероприятиями для успешной приживаемости черенков были своевременный полив, регулярное рыхление междурядий, проветривание. В солнечную погоду растения прикрывали тканью, а в пасмурную, дождливую и на ночь ткань снимали. По истечении 1–1,5 месяцев, когда у черенков произошло укоренение, ткань для прикрытия больше не использовали. Зимнее укрытие черенков не проводили. Опытами установлено, что самый высокий процент укоренения имеют черенки видов и форм можжевельника, кипарисовика и туи (65–85%). Труднее проходит укоренение декоративных форм елей, микробиоты перекрестнопарной (30–45%), плохо укореняется тисс ягодный (единичные экземпляры). Через два года из черенков образуются компактные многостебельные кусты, готовые к высадке на постоянное место.

Таким образом, в коллекции Ботсада Института биологии представлено большое разнообразие видов и форм хвойных древесных растений, привлеченные в интродукцию, главным образом, в течение последних 10–15 лет. В условиях сада хвойные экзоты быстро растут и развиваются, проявляют достаточно высокую зимостойкость и декоративность. Однако из-за молодого возраста многие из них еще не вступили в пору генеративного развития. Одним из самых легкодоступных способов размножения декоративных форм хвойных, как установлено опытами, является летнее черенкование. Все это говорит о перспективности проведения дальнейших интродукционных работ по изучению богатого разнообразия хвойных. В течение сравнительно небольшого периода наблюдений за хвойными растениями новой коллекции садом выявлено и уже рекомендуется для ограниченного использования в озеленении около 40 таксонов.

Литература

1. *Мартынов Л.Г.* Интродукция хвойных растений в Коми АССР // Интродукция кормовых растений в Коми АССР. Сыктывкар, 1991. С. 97–105. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 123).
2. *Мартынов Л.Г.* О зимостойкости древесных растений, интродуцированных в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра // Бюл. Гл. ботан. сада, 2013. Вып. 199. № 3. С. 19–26.
3. *Лантратова А.С., Еглачева А.В., Марковская Е.Ф.* Древесные растения, интродуцированные в Карелии (история, современное состояние). Петрозаводск, 2007. 196 с.
4. *Демидова Н.А., Дуркина Т.М.* Каталог коллекции древесных растений дендрологического сада им. В.Н. Нилова федерального бюджетного учреждения «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства». 3-е издание, измененное и дополненное/ Отв. ред. Н.А. Демидова. Архангельск, 2013. 142 с.
5. *Мартынов Л.Г., Скроцкая О.В.* Хвойные в коллекции дендрария Ботанического сада Института биологии // Эколого-популяционный анализ полезных растений: интродукция, воспроизводство, использование: Матер. X Международн. симпоз. (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 4-8 августа 2008 г.). Сыктывкар, 2008. С.122–123.
6. *Шкутко Н.В., Александрова М.С., Фролова Л.А.* К методике фенологических наблюдений над хвойными растениями в ботанических садах // Бюл. Гл. ботан. сада. 1974. Вып. 94. С. 3–10.
7. *Методика* фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1975. 27 с.
8. *Древесные* растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции. М.: Наука, 2005. 586 с.
9. *Деревья и кустарники СССР* / Н.А. Бородина, В.И. Некрасов, Н.С. Некрасова, И.П. Петрова, Л.С. Плотникова, Н.Г. Смирнова; Отв. ред. П.И. Лапин. М., 1966. 637 с.
10. *Мартынов Л.Г.* Интродукция туи западной (*Thuja occidentalis* L.) на Северо-Востоке европейской части России // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования: Матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию со дня рожд. акад. Л.Н. Андреева. М., 2011. С. 445–448.
11. *Колесников А.И.* Декоративная дендрология. М., 1974. 704 с.

12. *Гонтарь О.Б., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н., Жиров В.К.* Этапы создания и анализ особенностей ассортимента декоративных растений для оптимального озеленения урбанизированных территорий Кольского Севера // Вестник МГТУ. 2011. Т. 14. № 3. С. 577–582.
13. *Скупченко Л.А., Мишуров В.П., Волкова Г.А., Портнягина Н.В.* Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми (Итоги работы Ботанического сада за 50 лет). СПб.: Наука, 2003.Т. III. 214 с.

References

1. *Martynov L.G.* Introduktsiya hvoynyh rasteniy v Komi ASSR [The introduction of conifers in the Komi ASSR] // Introduktsiya kormovyh rasteniy v Komi ASSR [The introduction of forage plants in the Komi ASSR]. Syktyvkar, 1991. P. 97-105. (Tr. Komi NTs UrO RAN [Transactions of the Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS]; № 123).
2. *Martynov L.G.* O zimostoykosti drevesnyh rasteniy, introdutsirovannyh v botanicheskom sadu Instituta biologii Komi nauchnogo tsentra [About the hardiness of woody plants introduced in the Botanical garden of the Institute of Biology of the Komi Science Centre]// Byul. Gl. botan. Sada [Bull. of Botanical Garden]. 2013. Issue. 199. № 3. P. 19-26.
3. *Lantratova A.S., Eglacheva A.V., Markovskaya E.F.* Drevesnye rasteniya, introdutsirovannye v Karelii (istoriya, sovremennoe sostoyanie) [Woody plants introduced in Karelia (history, current status)]. Petrozavodsk, 2007. 196 p.
4. *Demidova N.A., Durkina T.M.* Katalog kollektsii drevesnyh rasteniy dendrologicheskogo sada im. V.N. Nilova federal'nogo byudzhetnogo uchrezhdeniya «Severnyj nauchno-issledovatel'skiy institut lesnogo hozyaystva» [The catalogue of the collection of woody plants of the C.N. Nilov arboretum of the Federal Budgetary Institution "Northern Research Institute of Forestry"]. 3-rd edition, changed and supplemented/ Ed. N.A.Demidova. Arkhangelsk, 2013. 142 p.
5. *Martynov L.G., Skrotskaya O.V.* Hvoynye v kollektsii dendrariya Botanicheskogo sada Instituta biologii [Conifers in the collections of the arboretum of Botanical garden of the Institute of Biology] // Ekologo-populyatsionnyj analiz poleznyh rasteniy: introduktsiya, vosproizvodstvo, ispol'zovanie [Ecological and population analysis of useful plants: introduction, reproduction, use]. Mater. of X International Symp. (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, August 4-8, 2008). Syktyvkar, 2008. P.122-123.
6. *Shkutko N.V., Aleksandrova M.S., Frolova L.A.* K metodike fenologicheskih nablyudeniy nad hvoynymi rasteniyami v botanicheskih sadah [Methods of phenological observations of coniferous plants in the Botanical gardens] // Byul. Gl. botan. Sada [Bull. of the main Botanical Garden]. 1974. Issue. 94. P. 3-10.
7. *Metodika* fenologicheskih nablyudeniy v botanicheskih sadah SSSR [Methods of phenological observations in the Botanical gardens of the USSR]. Moscow, 1975. 27 p.
8. *Drevesnye* rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN: 60 let introduktsii [Woody plants of the N.V.Tsitsin Botanical garden, RAS: 60 years of introduction]. Moscow: Nauka, 2005. 586 p.
9. *Derev'ya* i kustarniki SSSR [Trees and shrubs of the USSR] / N.A. Borodina, V.I. Nekrasov, N.S. Nekrasova, I.P. Petrova, L.S. Plotnikova, N.G. Smirnova; Ed. P.I. Lapin. Moscow, 1966. 637 p.
10. *Martynov L.G.* Introduktsiya tui zapadnoy (Thuja occidentalis L.) na severo-vostoke evropeyskoy chasti Rossii [The introduction of Western arborvitae (Thuja occidentalis L.) in the North-East of the European part of Russia]// Botanicheskie sady v sovremennom mire: teoreticheskie i prikladnye issledovaniya [Botanical gardens in the modern world: theoretical and applied research]. Mater. vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyasch. 80-letiyu so dnya rozhd. akad. L.N. Andreeva [Materials of the All-Russia sci. conf. devoted to L.N.Andreev 80-th birth anniversary]. Moscow, 2011. P. 445-448.
11. *Kolesnikov A.I.* Dekorativnaya dendrologiya [Decorative dendrology]. Moscow, 1974. 704 p.
12. *Gontar' O.B., Svyatkovskaya E.A., Trostenyuk N.N., Zhirov V.K.* Etapy sozdaniya i analiz osobennostey assortimenta dekorativnyh rasteniy dlya optimal'nogo ozeleneniya urbanizirovannyh territoriy Kol'skogo Severa [The stages of creation and analysis of the characteristics of the assortment of ornamental plants for optimum landscaping urbanized areas of the Kola North]// Vestnik MGTU [Bull. of MSTU]. 2011. Vol. 14. № 3. P. 577-582.
13. *Skupchenko L.A., Mishurov V.P., Volkova G.A., Portnyagina N.V.* Introduktsiya poleznyh rasteniy v podzone sredney taygi Respubliki Komi (Itogi raboty Botanicheskogo sada za 50 let) [The introduction of useful plants in the middle taiga zone of the Republic of Komi (results of the Botanical garden for 50 years)]. St.Petersburg: Nauka, 2003. Vol. III. 214 p.

Статья поступила в редакцию 06.03.2014.

УДК 612.13-612.172

ИЗМЕНЕНИЯ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОСТУРАЛЬНЫХ ПРОБАХ

Л.И. ИРЖАК*, Б.Ф. ДЕРНОВОЙ**

**ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар*
***Отделение функциональной диагностики, госпиталь МСЧ МВД по Республике Коми, г. Сыктывкар*
dernovoy@yandex.ru

Методом эхокардиографии исследованы индивидуальные реакции кардиогемодинамики баскетболистов при постуральных пробах. Получены данные об изменениях линейной скорости кровотока через аортальный клапан, ударного и минутного объемов крови, частоты сердечных сокращений в позициях «стоя–лежа–стоя». По результатам исследования и данным литературы обсуждается физиологический механизм изменений исследованных показателей

Ключевые слова: **баскетболисты, кардиогемодинамика, клиностатическая, ортостатическая проба**

L.I.IRZHAK, B.F.DERNOVOY. CHANGES IN THE HUMAN CARDIOHEMODYNAMICS UNDER THE INFLUENCE OF POSTURAL TESTS

Cardiohemodynamics in basketball players (n=7) at postural tests was investigated by echocardiography method. Individual peculiarities of linear velocity of blood flow through aortic valve (V_{lin}), stroke volume (SV), cardiac output and heart beats (HR) at «upright-in a lying- upright» tests were shown. Clinostatic test is followed by increasing of V_{lin} from 78,1±11,4 up to 105,3±12,3 см·s^{-1} (M±SD). HR is decreased from 82±15 to 64±6 b·min^{-1}. Orthostatic test changes in 1 min all data to initial level.
Physiological mechanism of hemodynamic changes in these conditions is discussed.

Keywords: **basketball players, cardiohemodynamics, clinostatic, orthostatic tests**

Изменения положения тела сопровождаются перераспределением кровотока в сосудистом русле и приспособительными реакциями системы кровообращения [1–4]. Накопленные ранее представления об этих процессах дополняются в настоящее время результатами экспериментов с применением техники ультразвуковых исследований [3, 5], что особенно актуально для тех случаев, когда человек испытывает по роду его занятий быстрые изменения положения тела [2–6]. Примеры активной постуральной динамики характерны для различных видов спорта. Материалов об адаптивных свойствах кардиогемодинамики у людей, занимающихся в течение ряда лет физическими нагрузками спортивного характера, недостаточно. Настоящее исследование проведено с целью определить уровень быстрых изменений кардиогемодинамических показателей в ответ на постуральные пробы у физически тренированных людей. Данные такого рода могут способствовать дальнейшей разработке представлений о функциональных резервах (ФР) сердца человека [2].

Материал и методы исследования

Для участия в эксперименте в качестве испытуемых были приглашены баскетболисты (n=7) из студенческой команды СыктГУ. Их возраст от 17 до 25 лет (в среднем 21 год), масса тела от 68,4 до 100,6 кг (в среднем 84,2), рост от 184 до 198 см (в среднем 190). Все они – жители Европейского Севера. От каждого из спортсменов получено письменное согласие на участие в экспериментах, цель и задачи которых были им разъяснены. Работу вели с 14 до 16 час в лабораторных условиях, при комнатной температуре (20±1^{0}С). Применяли последовательно активную ортоклиностатическую (ОКП) и клиноортостатическую (КОП) пробы. Испытуемые из положения стоя (1) принимали положение лежа (2) на левом боку и через 5 мин возвращались к начальному положению стоя (3).

Эхокардиографическое исследование показателей сердца проводили, применяя датчик 3,5 МГц в М-модальном режиме в парастернальной позиции по длинной оси левого желудочка [7, 8]. Из-

меряли диаметр аортального клапана в начальной максимальной фазе раскрытия его створок и частоту сердечных сокращений (ЧСС). Методом допплеровского исследования кровотока в импульсном режиме на ультразвуковом сканнере Sonoace 8000 EX (фирма «Medison», Корея) определяли линейную скорость ($V_{лин}$) и время трансаортального кровотока в корне аорты в проекции максимального раскрытия створок в фазу систолы. Рассчитывали ударный (УО) и минутный объемы крови (МОК).

Проверка на нормальность распределения признаков проведена графически [9]. Для расчетов значимости различий между попарно связанными вариантами выборки использован W-критерей Вилкоксона. Критическому уровню статистической значимости для применяемого нами коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s) соответствует p=0,05. Результаты обрабатывали с помощью программ Statistika (версия 6.0, Stat Soft Jnc. 2001). Данные представлены как среднее арифметическое (M) и стандартное отклонения (SD).

Результаты и обсуждение

В положении испытуемых стоя (1) $V_{лин}$ через аортальный клапан была в среднем на уровне 78 см·с$^{-1}$ с индивидуальными различиями почти на 40% – от 64 до 89 см·с$^{-1}$ (см. таблицу). Величины УО, достигавшие 90 и 100 см^3, свидетельствуют о заметных особенностях инотропных свойств миокарда, в которых у спортсменов проявляется, несомненно, влияние адаптации к нагрузкам. Результат достоверно превышает значения УО, характерные для взрослого человека в покое [2, 4, 10]. При ЧСС порядка 70-90 уд·мин$^{-1}$ МОК составлял в среднем около 7 л·мин$^{-1}$. Наибольшие величины МОК обусловлены преимущественно уровнем УО.

Действие ОКП. При перемене положения стоя (1) на положение лежа (2) $V_{лин}$ и УО увеличились на первой минуте в среднем на 1/3 (p<0,05). Изменения МОК статистически недостоверны, что вызвано у большинства испытуемых значимым снижением ЧСС.

Действие КОП. При перемене положения лежа (2) на положение стоя (3) $V_{лин}$ и УО снизились (p<0,05) на 25–30%, МОК – на 13%. ЧСС выросла в среднем на 1/3 (таблица, рис.1).

Анализ индивидуальной динамики показателей, вызванной ОКП и КОП (рис.2), свидетельствует о том, что $V_{лин}$, УО и МОК изменялись под влиянием функциональных проб в определенной зависимости от уровня этих показателей до начала воздействий (p<0,05). Как видно, наиболее статистически значимая корреляция показана для $V_{лин}$, не характерна для ЧСС.

В целом, очевидно, что под влиянием ОКП проявлялась «нагрузка объемом», сопровождавшаяся увеличением $V_{лин}$ и УО. Компенсаторно снижалась ЧСС. Под влиянием КОП величина УО либо восстанавливалась до исходного уровня (1), либо не достигала его. Тем самым подтверждается предположение о том, что причиной достоверно значимого уменьшения УО, обусловленного КОП, служит «относительно недостаточная мощность сокращений миокарда» [2]. Скорость проявления реакций кардиогемодинамики в ответ на постуральные пробы обусловлена действием сил гравитации и возможностями морфофункциональных свойств сердечно-сосудистой системы (ССС). Как известно, перемещения масс крови, вызванные переменой положения тела, обусловлены, в частности, величиной венозного возврата к сердцу и степенью гемодинамического сопротивления [2, 11].

Таким образом, уже в первую минуту действия ОКП проявляются положительные инотропные свойства миокарда, гетерометрическая регуляция ССС. Срочная реакция внутрисердечной кардиогемодинамики в ответ на снижение периферического сопротивления кровотоку через аортальный клапан свидетельствует о высокой мобильности регуляторного аппарата системы кровообращения.

Напротив, в первую минуту действия КОП недостаточны проявления гетеро- и гомеометрических форм регуляции ССС. Под влиянием гравитации за счет увеличения гидростатического давления расширяются вены на периферии тела, уменьшая венозный возврат крови и объемное кровенаполнение.

Особое внимание привлекают данные об уровне МОК при постуральных воздействиях. Приведенные в работе результаты подтверждают сведения о том, что УО и ЧСС действуют в ряде случаев разнонаправленно. Тем не менее, МОК, характеризующий, по существу, среднюю объемную скорость кровотока [2, 11], служит показателем ФР кардиореспираторной системы, выступает «как функциональный резерв сердца по его гемодина-

Показатели кардиогемодинамики испытуемых

№	Vлин., см·с$^{-1}$			УО, см^3			ЧСС, уд·мин$^{-1}$			МОК, см^3·мин$^{-1}$		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	64,4	97,3	71,0	79,5	102	87,7	76	69	72	6042	7038	6314,4
2	69,0	88,7	54,7	77,2	105,8	61,2	85	45	76	6562	4761	4651,2
3	76,2	99,2	71,9	103,3	110,0	84,2	85	67	88	8780,5	7370	7409,6
4	89,6	116	72,0	83,6	121,6	65,8	91	78	83	7607,6	9484,8	5461,4
5	89,1	118,4	95,5	106,3	158	107,9	79	69	77	8397,7	10902	8316
6	69,5	113,4	102,4	93,5	147,5	122,1	74	58	72	6919	8555	8791,2
7	89,0	104,4	80,9	87,2	116,9	84,8	83	66	95	7237,6	7715,4	8056
M	78,1	105,3	78,3	90,1	123,1	87,7	82	64	80	7363,8	7975,2	6998,9
SD	11,4	12,3	17,0	16,4	24,2	21,0	15	6	14	866	1178	937

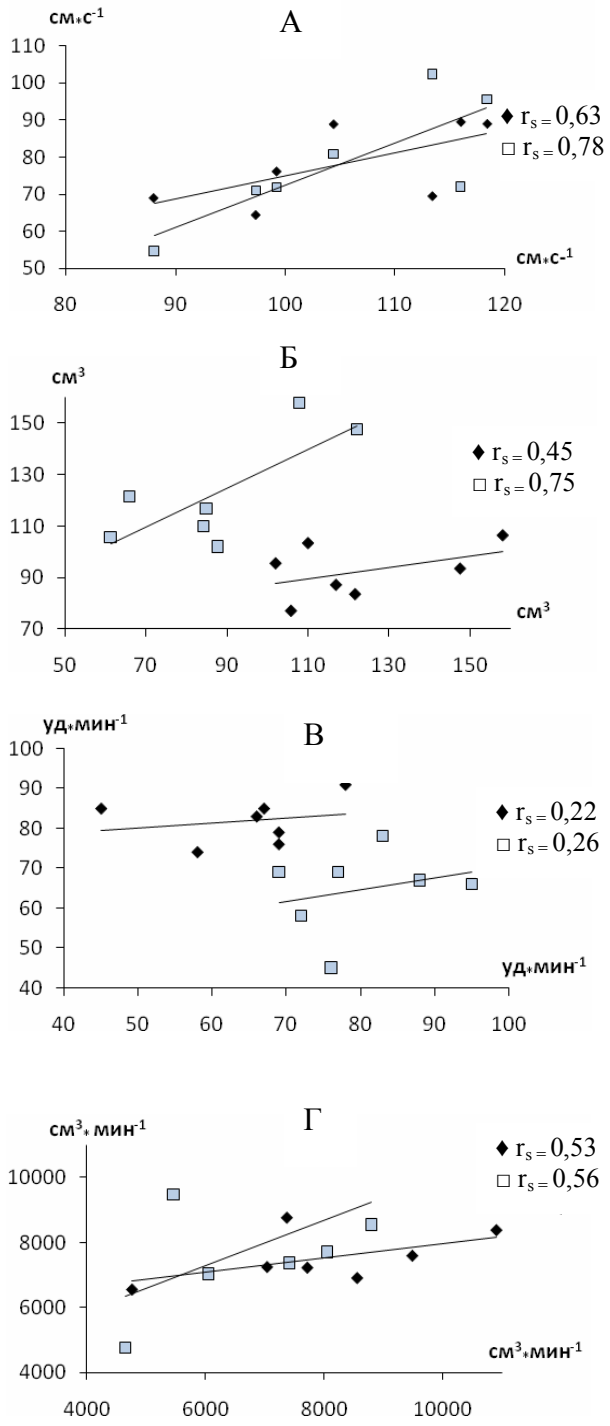

Рис. 1. Отклонения показателей (в %) от их предыдущих значений (принятых за 100%), при ОКП (♦) и КОП (□).
А – линейная скорость кровотока, см*с$^{-1}$; Б – ударный объем, см^3; В – частота сердечных сокращений, уд*мин$^{-1}$; Г – минутный объем крови, см^3*мин$^{-1}$.

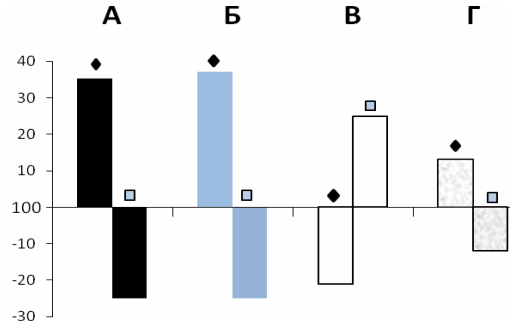

Рис. 2. Корреляция между показателями кардиогемодинамики в зависимости от положения тела испытуемых.
♦ по вертикали – данные при положении (1); по горизонтали – при положении (2); □ по вертикали – данные при положении (2); по горизонтали – при положении (3).
А-Г – обозначения те же, что на рис.1.

мической функции» [2]. При изменениях положения тела и возможных физических нагрузках степень включения ФР сердца оценивается по величине изменений МОК. Если в ответ на умеренную физическую нагрузку МОК у тренированного человека может увеличиваться в три–четыре раза [2], то изменения МОК в ответ на ОКП и КОП означают, что расходование ФР сердца при таких воздействиях реализуется весьма экономно, на порядок меньше средних значений.

Литература

1. *Дворецкий Д.П.* Механогенная регуляция тонуса и реактивности кровеносных сосудов// Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 1999. Т.85. №9. С. 1267–1278.
2. *Карпман В.Л., Парин В.В.* Величины сердечного выброса // Руководство по физиологии. Физиология кровообращения. Физиология сердца. Л.: Наука, 1980. С. 271–279.
3. *Минвалеев Р.С., Кузнецов А.А., Ноздрачев А.Д.* Как влияет поза тела на кровоток в паренхиматозных органах? // Журн. Физиология человека. 1998. Т.24. №4. С.101–107.
4. *Осадчий Л.И., Балуева Т.В., Сергеев И.В., Вершинина Е.А.* Влияние исходного (спонтанного) уровня артериального давления на ортостатические реакции системной гемодинамики // Рос. физиол.журн. им. И.М.Сеченова. 2001. Т.87. №1. С. 90–96.
5. *Куликов В.П., Доронин Н.А.* Реакция мозгового кровообращения на легкую физическую нагрузку // Журн. Физиология человека. 1999. Т.25. №6. С.71–75.
6. *Бочаров М.И., Дерновой Б.Ф.* Биоэлектрические процессы сердца при вызванном усилении венозного возврата у человека на Севере// Журн. Экология человека. 2006. Приложение 4/1. С.35–39.

7. *Шиллер Н., Осипов М.А.* Клиническая эхокардиография. М., 1993. 347 с.
8. *Новиков В.И., Новикова Т.Н.* Методика эхокардиографии. СПб., 2012. 96 с.
9. *Унгуряну Т.Н., Гржибовский А.М.* Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Журн. Экология человека. 2011. №5. С.55–60.
10. *Noble A., Johnson R., Thomas A., Buss P.* The cardiovascular system. Edinburgh, London. 2nd ed. 2010. 183 P.
11. *Иржак Л.И.* Соотношения между показателями кардиогемодинамики в постнатальном онтогенезе человека // Рос. физиол.журн. им. И.М.Сеченова. 2008. Т.94. №9. С. 923–927.

References

1. *Dvoreckij D.P.* Mehanogennaja reguljacija tonusa i reaktivnosti krovenosnyh sosudov [Mechanogene regulation of a tone and reactivity of blood vessels] // Ros. fiziol.zh.im. I.M.Sechenova. [Russian J. of Physiology after I.M.Sechenov]. 1999. Vol.85. №9. P. 1267-1278.
2. *Karpman V.L., Parin V.V.* Velichiny serdechnogo vybrosa [Stroke volume values]. P. 271-279. Izmenenija serdechnogo vybrosa pri nekotoryh fiziologicheskih sostojanijah [Stroke volume change at some physiological states]. P. 275-280. // V kn. Rukovodstvo po fiziologii. Fiziologija krovoobrashhenija. Fiziologija serdca [Manual physiology. Heart physiology]. Leningrad. Nauka. 1980. 598 p.
3. *Minvaleev R.S., Kuznecov A.A., Nozdrachev A.D.* Kak vlijaet poza tela na krovotok v parenhimatoznyh organah? [How body position influences on the blood flow in parenhimatoze organs?] // Fiziologija cheloveka [Human physiology]. 1998. Vol.24. №4. P.101-107.
4. *Osadchij L.I., Balueva T.V., Sergeev I.V., Vershinina E.A.* Vlijanie ishodnogo (spontannogo) urovnja arterial'nogo davlenija na ortostaticheskie reakcii sistemnoj gemodinamiki [Influence of base level arterial pressure on the hemodynamics at ortostatic reactions]//Ros. fiziol. zh. im. I.M.Sechenova. [Russian J. of Physiolology after I.M.Sechenov]. 2001. Vol.87. №1. P. 90-96.
5. *Kulikov V.P., Doronin N.A.* Reakcija mozgovogo krovoobrashhenija na legkuju fizicheskuju nagruzku [Reaction of the brain blood circulation at light physical load] // Fiziologija cheloveka [Human physiology]. 1999. Vol.25. №6. P.71-75.
6. *Bocharov M.I., Dernovoj B.F.* Biojelektricheskie processy serdca pri vyzvannom usilenii venoznogo vozvrata u cheloveka na Severe [Heart bioelectric processes at induced venous return in man in the North] // Jekologija cheloveka [Human ecology]. 2006. Prilozhenie 4/1. P.35-39.
7. *Shiller N., Osipov M.A.* Klinicheskaja jehokardiografija [Clinics echocardiography]. Moscow. 1993. 347 p.
8. *Novikov V.I., Novikova T.N.* Metodika jehokardiografii [Echocardiography methods]. St.Petersburg. 2012. 96 p.
9. *Ungurjanu T.N., Grzhibovskij A.M.* Kratkie rekomendacii po opisaniju, statisticheskomu analizu i predstavleniju dannyh v nauchnyh publikacijah [Short recommendations for statistical analysis and presentation of data to scientific publications] // Jekologija cheloveka. [Human ecology]. 2011. №5. P.55-60.
10. *Noble A., Johnson R., Thomas A., Buss P.* The cardiovascular system. Edinburgh, London. 2nd ed. 2010. 183 P.
11. *Irzhak L.I.* Sootnoshenija mezhdu pokazateljami kardiogemodinamiki v postnatal'nom ontogeneze cheloveka [Ratio between cardiohemodynamic data in human postnatal ontogenesis]// Ros. fiziol.zh.im. I.M.Sechenova. [Russian J. of Physiology after I.M.Sechenov.] 2008. Vol.94. №9. P. 923-927.

Статья поступила в редакцию 16.05.2013.

УДК: 582.594.2 (234.851)

ОРХИДНЫЕ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА: ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

И.А. КИРИЛЛОВА

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

Изучено пять видов Орхидных в бассейне среднего и верхнего течения р. Кожим. Выявлено, что эти виды достаточно хорошо адаптированы к условиям Приполярного Урала, об этом свидетельствует довольно высокая численность их ценопопуляций, успешное самоподдержание и соответствие онтогенетических спектров их биологическим особенностям.

Ключевые слова: **орхидные, граница ареала, структура ценопопуляций**

I.A. KIRILLOVA. ORCHIDS OF SUBPOLAR URALS: FEATURES OF BIOLOGY AND STRUCTURE OF POPULATIONS

For the period 2010-2011, five species of the Orchidaceae (*Cypripedium calceolus* L., *Coeloglossum viride* (L.) Hartm., *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br., *Leucorchis albida* (L.) E. Mey) were studied in the basin of the middle and upper reaches of the Kozhim river. Distribution of these species is mainly connected with the outputs of calcium-bearing rocks. We found that orchids are well adapted to the conditions of the Subpolar Urals, as evidenced by the relatively high abundance of coenopopulations, successful self-maintenance and compliance of ontogenetic spectra with their biological characteristics. Only in populations of orchids belonging to root-tuber life form a slight increase in the share of young (immature) plants, because of their Northern location and longer ontogenesis of this species is observed. The main negative factor limiting reproduction of orchids in the North is a short vegetation period. Early summer frosts damage buds and freezing at the end of summer does not allow seeds to ripen, that affects the plants, especially early-blooming species. Besides, harsh conditions of the Subpolar Urals have impact on the habitus of plants as can be seen in the reduction of their size and the number of metameres (leaves, flowers) compared to the plants from more southern populations. At the same time the increase in the size of the flowers with a general decrease of habitus were marked for root-tuber species. This may be an additional device for maximizing seed renewal of these species.

Keywords: **orchids, border of the area, structure of populations**

Виды семейства Орхидные вследствие специфических особенностей своей биологии, высокой декоративности и слабой устойчивости к антропогенным факторам являются одними из самых уязвимых растений нашей флоры. Половина всех видов орхидных, произрастающих на территории России, включена в Красную книгу Российской Федерации [1]. Для сохранения этих редких растений необходимы разносторонние исследования их биологии. Особенно актуальны такие работы близ границ естественных ареалов, где популяции растений немногочисленны и находятся в экстремальных условиях. Подобных работ очень мало. В России они проводились в Архангельской [2, 3], Мурманской [4, 5] областях и Карелии [6]; Северо-Восток европейской части России в этом отношении практически не обследован.

Цель настоящей работы – изучение особенностей биологии и структуры ценопопуляций орхидных в среднем и верхнем течении р. Кожим.

Материал и методы

Район исследований расположен на Приполярном Урале, на крайнем Северо-Востоке европейской части России. В административном отношении он входит в состав Интинского р-на Республики Коми (национальный парк «Югыд ва»).

Климат района исследований суровый и резко континентальный с преобладанием холодного времени над умеренно-теплым, что обусловлено географическим положением и наличием горных хребтов меридионального направления, вдоль которых с севера на юг проникают холодные арктические массы воздуха [7]. Среднегодовая температура воздуха равна -3,2°С. Количество осадков колеблется от 410 до 500 мм. Снежный покров появляется в сентябре и сходит в конце мая, в горной части – в конце июня. Лето прохладное, характеризуется неустойчивой погодой с частыми возвратами

холодов и ночными заморозками, начинается в конце июня и продолжается 60–75 дней [8].

Объектами исследований стали пять видов орхидных, характеризующихся разными жизненными формами (см. таблицу). Работу проводили в 2010–2011 гг. в бассейне верхнего и среднего течения р. Кожим. При изучении ценопопуляций (ЦП) орхидных использовали общепринятые в популяционной биологии методики [9–11] с учетом специфики изучения редких видов [12]. Жизненные формы даны по И.В. Татаренко [13]. Счетной единицей для корневищных орхидных был взят парциальный побег (на ранних стадиях онтогенеза – особь семенного происхождения), для орхидных со стеблекорневыми тубероидами – особь. В пределах исследуемых сообществ были заложены трансекты (1×10 м^2), по пять для каждой ЦП. Трансекты разбивали на учетные площадки по 1 м.^{2} На каждой учетной площадке подсчитывали число особей изучаемого вида, определяли его встречаемость в сообществе, плотность и онтогенетическую структуру ЦП. Выделение онтогенетических состояний проводили по методикам, разработанным с учетом специфических для орхидных особенностей [14 и др.]. Выделяли следующие

Характеристика ценопопуляций видов семейства Orchidaceae на Приполярном Урале

№	Год	Местонахождение	Местообитание, фитоценоз	Численность	Плотность, экз./м^2	Онтогенетический спектр, %			
						j	im	v	g
Cypripedium calceolus (многолетнее короткокорневищное растение)									
1	2010	Правый берег р. Кожим	Облесенный лиственницей склон, кустарничково-моховые сообщества	несколько тысяч	14,0	1,2	16,7	54,8	27,4
	2011			несколько тысяч	18,0	6,1	18,3	47,2	28,4
2	2010	Левый берег р. Кожим	Днище отстойника, бывший полигон золотодобычи	несколько тысяч	18,4	5,4	19,9	39,2	35,5
	2011			несколько тысяч	16,1	12,4	12,9	16,8	57,9
3	2011	Левый берег р. Кожим	Скалы, кустарничково-лишайниковые сообщества	до 500	13,7	2,5	18,0	67,3	12,2
4	2010	Правый берег р. Кожим	Плато на вершине скал, разнотравный ивняк	около 100	8,1	0	8,2	41,1	50,7
	2011			до 200	7,8	2,0	8,9	34,6	54,5
5	2010	Правый берег р. Кожим	Плато на вершине скал, пихтово-еловый травяной лес	25	5,5	4,5	13,6	40,9	40,9
	2011			21	-	4,8	4,8	28,5	61,9
6	2011	Правый берег р. Кожим	Край елово-лиственничного кустарничково-зеленомошого леса	около 200	11,5	1,2	6,2	19,3	73,3
7	2010	Левый берег р. Кожим	Плато на вершине скал, ерник зеленомошный	15	-	6,7	46,7	26,7	20,0
Coeloglossum viride (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом)									
1	2010	Правый берег р. Сюрасьрузьвож	Горный массив, травяно-моховая тундра	около 150	1,7	6,7	20,0	4,4	68,9
2	2010	Левый берег р. Сюрасьрузьвож	Горный массив, травяно-моховая тундра	около 200	2,3	8,3	23,3	15,0	53,3
3	2010	Правый берег руч. Южный	Разнотравная луговина в пойме горного ручья	25	1,2	4,2	45,8	8,3	41,7
Epipactis atrorubens (многолетнее короткокорневищное растение)									
1	2010	Правый берег р. Кожим	Верхняя часть скалистого склона, лиственничное травяно-моховое редколесье	до 500	2,2	0	12,2	20,4	67,3
	2011			до 500	3,7	3,8	2,6	10,3	83,3
2	2011	Левый берег р. Кожим	Зарастающие отвалы	9	-	0	0	0	100
3	2011	Правый берег р. Кожим	Плато на вершине скал, окраина лиственничного леса	до 100	1,1	1,8	3,6	25,0	69,6
4	2010	Правый берег р. Кожим	Скалы, каменистая осыпь	до 200	2,3	7,3	21,8	35,5	35,5
	2011			до 200	1,4	2,0	20,4	38,8	38,8
5	2011	Правый берег р. Кожим	Скалы, пихтово-еловое редколесье по склону	до 300	3,7	1,3	8	5,3	85,4
Gymnadenia conopsea (вегетативный однолетник с пальчатораздельным стеблекорневым тубероидом)									
1	2010	Правый берег р. Кожим	Верхняя часть скалистого склона, лиственничное кустарничково-моховое редколесье	несколько тысяч	6,1	0,8	7,3	17,1	74,8
	2011			несколько тысяч	14,8	9,5	35,8	24,3	30,4
2	2011	Левый берег р. Кожим	Бывший полигон золотодобычи, разнотравно-моховая луговина на берегу реки	100-120	3,2	4,4	22,1	13,2	60,3
3	2011	Левый берег р. Кожим	Злаково-гераниевый бечевник	несколько сотен	8,6	8,1	38,4	25,6	27,9
4	2010	Правый берег р. Кожим	Скалы, лиственнично-еловое редколесье кустарничково-лишайниково-зеленомошное	несколько сотен	7,0	19,8	24,7	31,5	24,1
	2011			несколько тысяч	15,0	9,4	29,4	30,1	31,1

Окончание табл.

№	Год	Местонахождение	Местообитание, фитоценоз	Численность	Плотность, экз./м^2	Онтогенетический спектр, %			
						j	im	v	g
5	2010	Правый берег р. Кожим	Скалы, растительные группировки на каменистых вывалах	несколько сотен	3,2	1,5	11,8	32,4	54,4
	2011			несколько сотен	4,5	4,5	16,1	38,4	41,1
6	2010	Левый берег р. Кожим	Скалистые выходы, кустарничково-лишайниковые группировки	несколько сотен	12,4	13,1	40,9	25,8	20,2
	2011			несколько тысяч	11,0	11,5	28,5	35,8	24,2
Leucorchis albida (кистеклубнекорневой вегетативный однолетник)									
1	2010	Правый берег р. Кожим	Скалы, елово-лиственничное кустарничково-лишайниковое редколесье	67	2,2	9,0	23,9	19,4	47,8
	2011			30	0,9	11,1	22,2	18,5	48,2
2	2011	Левый берег р. Кожим	Скалы, кустарничково-лишайниковые группировки	55	1,4	1,8	25,5	40,0	32,7
3	2011	Правый берег р. Кожим	Скалы, лиственнично-еловое кустарничково-лишайниково-моховое редколесье по склону	106	3,5	14,1	21,7	42,5	21,7
4	2010	Левый берег р. Кожим	Мелкотравный бечевник	32	1,7	3,1	12,5	40,6	43,8
	2011			66	2,1	1,5	16,7	47,0	34,8

онтогенетические состояния: ювенильное (j), имматурное (im), взрослое вегетативное (v) и генеративное (g). Для исследования морфометрических особенностей орхидных в каждой ЦП проанализировано по 30 растений, находящихся в генеративной фазе. Измеряли следующие показатели: высоту растения, длину соцветия, число листьев и их размеры, число цветков в соцветии и размеры цветков. Данные обработаны вариационно-статистическими методами с использованием пакета MS EXCEL.

Результаты и обсуждение

***Cypripedium calceolus* L. (башмачок настоящий)** – евразиатский бореально-неморальный вид. В Республике Коми находится на северной границе распространения. В южной части региона, на Вычегодско-Мезенской равнине, встречается на притеррасных болотах в долинах рек, облесенных окраинах болот, приручейных или заболоченных лесах, где иногда образует довольно крупные популяции численностью до нескольких тысяч растений, с плотностью до 50 особей на 1 м^2 [15]. Севернее местонахождения этого вида связаны с выходами кальцийсодержащих пород на Тиманском кряже и Урале [16]. В верховьях р. Кожим *C. calceolus* встречается на выходах известняков и в лесах, на богатых кальцием почвах, а также обнаружен на месте бывшего полигона золотодобычи, на зарастающем днище отстойника.

Высота генеративных растений *C. calceolus* на Приполярном Урале составляет в среднем 16 см, на каждое приходится в основном по три очередных эллиптических листа длиной 7–9 см, шириной 4–5 см и один (реже два) довольно крупных цветка. При продвижении на юг размеры особей этого вида увеличиваются. Так, на Северном Урале высота растений составляет в среднем 24 см, листья – 10–12 см длиной и 5–6 см шириной [17]. На юге Республики Коми средняя высота растений – 30–40 см, на каждое приходится по 3–4(5) листьев, 14–15 см длиной и 7–11 см шириной. Это касается и размеров цветка – на Приполярном Урале они наименьшие [15].

Численность ЦП этого вида на изученной территории очень варьирует, составляя от единичных экземпляров до нескольких тысяч побегов (табл.). Наиболее крупные ЦП расположены в районе переправы через р. Кожим (ЦП 1) и на месте бывшего полигона золотодобычи "Таврота 1" (ЦП 2). Вероятно, это связано с благоприятными условиями биотопов, в которых встречены данные ЦП. Самая малочисленная ЦП 7 представлена 15 растениями (двумя клонами), что, возможно, объясняется тем, что данная ЦП испытывает постоянное антропогенное влияние (вытаптывание), так как через нее идет тропинка к заброшенной штольне по добыче горного хрусталя, часто посещаемой туристами. Растения в обследованных ЦП распространены отдельными куртинами, находящимися на некотором удалении друг от друга, насчитывающими от 3 до 33 побегов. Такое распределение растений связано с вегетативным способом размножения, который доминирует у этого вида. Средняя плотность размещения особей в ЦП *C. calceolus* составляет 5–18,4 побегов на 1 м^2.

Анализ онтогенетических спектров изученных ЦП показал, что они различаются незначительно (таблица). В большинстве случаев спектры правосторонние, с максимумом на взрослых вегетативных и генеративных особях. Это характерно для вида и в других районах его произрастания [3, 13], что свидетельствует об их устойчивом состоянии. Присутствие ювенильных особей в ЦП этого вида (1,2–12,4%) свидетельствует о том, что численность в них поддерживается не только вегетативным, но и семенным способом. В данных ЦП отмечен и довольно высокий процент завязывания плодов – в среднем 50,6%. Одна коробочка содержит в среднем 2600 семян, причем 97% полноценные [15].

Репродукцию семян *C. calceolus* на Приполярном Урале осложняет короткий вегетационный период. Заморозки в начале лета повреждают бу-

тоны, особенно это характерно для растений открытых местообитаний. Например, на бывшем полигоне золотодобычи в 2010 г. заморозками были повреждены 27% генеративных побегов *C. calceolus*, тогда как скальные ЦП этого вида они не затронули. В 2011 г. из-за сильного понижения температуры воздуха в середине июня были повреждены генеративные побеги во всех ЦП *C. calceolus* на Приполярном Урале (от 25,4 до 80,4%). Понижение температуры в конце лета повреждает завязавшиеся плоды, и семена не успевают дозреть. Так, в ЦП 5 (в пихтово-еловом травянистом лесу) в 2010 г. побеги с еще зелеными коробочками замерзли из-за рано выпавшего снега. Хотя в этом же районе на облесенных скалистых склонах, где растения цвели несколько раньше, семена успели вызреть и высыпаться до начала заморозков.

***Coeloglossum viride* (L.) Hartm. (пололепестник зеленоцветковый)** – евразиатско-североамериканский, преимущественно голарктический вид. В Республике Коми распространен неравномерно, отмечен в бассейнах рек Вычегда, Печорская Пижма, в Большеземельской тундре, на Полярном Урале, реже по рекам Сыня, Кожим, Щугор и в верхнем течении р. Печора, а также по всему Уралу выше границы леса [16]. Произрастает в лесах, на лугах, болотах, обнажениях, в тундрах.

Средняя высота генеративных растений *C. viride* на Приполярном Урале составляет 11 см, на каждое приходится два–три листа, около 3 см длиной и 2–3 см шириной. Соцветие около 3 см длиной в среднем из девяти желтовато-зеленоватых цветков. На Северном Урале размеры растений этого вида несколько крупнее [17].

На Приполярном Урале *C. viride* встречается в основном в горных тундрах, одиночные растения отмечены нами на травянистых бечевниках и небольшом ключевом болотце. ЦП с горных тундр довольно крупные для этого вида – до 200 особей, при средней плотности размещения 1,7–2,3 экз. на 1 м^2. Обычно *C. viride* образует ЦП из единичных растений или насчитывающие несколько десятков экземпляров [5, 18]. Онтогенетические спектры изученных ЦП – нормальные, полночленные, с максимумом на генеративных растениях (таблица). Это связано с более длительным нахождением особей в данной фазе онтогенеза и, как следствие, их накоплением в ЦП. Такая особенность свойственна ЦП *C. viride* по всему его ареалу [19]. Также отмечено довольно большое количество имматурных растений, что, возможно, связано с некоторой задержкой в онтогенезе и характерно для стеблекорневых видов в экстремальных условиях. ЦП 3, расположенная на луговине в пойме горного ручья, – несколько меньше, насчитывает всего 25 растений, в ней преобладают имматурные особи (45,8%) при достаточно большом количестве цветущих растений.

***Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. (дремлик темно-красный)** – евразиатский вид. В Республике Коми находится на северной границе ареала, встречается на выходах карбонатных пород на Тимане, в Приуралье, на Северном и Приполярном Урале [16]. Растет на открытых осыпных известняковых склонах, в сосновых и лиственничных лесах с близким залеганием кальцийсодержащих пород.

На Приполярном Урале встречается на выходах известняков. Средняя высота растений составляет здесь 22 см. На каждое растение приходится три–пять листьев, 3–5 см длиной и 2,5–2,8 см шириной. Цветки темно-пурпурные, собраны в однобокую кисть, длиной в среднем 9 см, состоящую из 11 цветков. На Северном Урале растения этого вида несколько крупнее, длиной в среднем 28,5 см, с четырьмя–пятью листьями, 4-6 см длиной и 2,7-2,8 см шириной [17].

Численность ЦП вида на выходах карбонатных пород Приполярного Урала довольно высокая – 100–500 побегов, со средней плотностью размещения 1,1–3,7 побега на 1 м^2. Только ЦП 2, расположенная на месте бывшего полигона золотодобычи, представлена девятью особями. ЦП в 50–150 побегов характерны для этого вида по всей России [5]. В онтогенетических спектрах вида в бассейне р. Кожим преобладают генеративные побеги и довольно высока доля взрослых вегетативных растений (таблица). Это связано с большей длительностью данных онтогенетических периодов и вегетативным размножением, в результате которого из почек возобновления развиваются побеги с признаками уже взрослых особей. Большая часть изученных ЦП – нормальные полночленные, только в ЦП 1 в 2010 г. отсутствовали молодые побеги, но в 2011 г. они появились. ЦП 2 – неполночленная, состоит только из цветущих растений. В остальных ЦП молодые растения присутствуют, что свидетельствует и о наличии семенного размножения. На репродукцию этого вида также отрицательно сказывается понижение температуры в начале лета. В двух ЦП этого вида в 2011 г. отмечено повреждение генеративных растений (от 15,8 до 35,9%) на стадии бутонизации заморозками в начале лета.

***Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br. (кокушник комарниковый)** – бореальный евразиатский вид. В Республике Коми находится на северной границе ареала. Вид чаще встречается в южных и юго-западных районах региона [16]. Произрастает на болотах, сыроватых лугах, во влажных лесах, а также на обнажениях карбонатных пород. На Приполярном Урале встречается преимущественно на выходах карбонатных пород. Кроме того, обнаружен на месте бывшего полигона золотодобычи на травяно-моховой луговине и на разнотравном бечевнике на берегу р. Кожим.

Высота генеративных особей *G. conopsea* на Приполярном Урале составляет в среднем 26 см. На каждое растение приходится три–четыре линейно-ланцетных листа, 7-9 см длиной и 1 см шириной. Соцветие – густой многоцветковый цилиндрический колос, 8 см длиной, состоящий из 27 лилово-розовых цветков. На Северном Урале размеры цветущих растений этого вида несколько больше, но цветки мельче [17]. Эта же закономерность отмечена и по ареалу данного вида, в центре ареала размеры растений и количество метамеров увеличиваются, однако размеры цветков оказываются

меньше, чем в краевых ЦП. Можно предположить, что в суровых условиях Приполярного Урала, где образование большого количество цветков для растения не выгодно, это компенсируется их размерами, что способствует большему привлечению насекомых-опылителей и максимальной реализации семенного размножения, которое является единственным способом возобновления для данного вида.

ЦП *G. conopsea* на Приполярном Урале – крупные, насчитывают несколько сотен или тысяч растений, со средней плотностью размещения 3,2–15,0 особей на 1 м^2. Особи в ЦП размещены неравномерно, молодые растения иногда образуют небольшие скопления вокруг цветущих экземпляров, что связано с преимущественным прорастанием молодых растений рядом с материнскими.

Все изученные нами ЦП *G. conopsea* были нормальными полночленными, в них присутствовали все онтогенетические состояния (таблица). В онтогенетических спектрах большинства ЦП преобладали генеративные и взрослые вегетативные особи. Это согласуется с данными исследователей по другим районам ареала вида [13, 20 и др.] и объясняется биологическими особенностями *G. conopsea* – большей длительностью данных фаз онтогенеза. В онтогенетических спектрах ЦП 3, а также ЦП 1 в 2011 г. и ЦП 6 в 2010 г. максимум приходился на имматурные растения (35,8–40,9%). В целом, во всех изученных ЦП наблюдается довольно высокое количество молодых растений. Это связано с тем, что данные ЦП находятся на северной границе распространения вида, в горном районе, где условия для произрастания суровые. Рядом исследователей [21, 22] зарегистрировано, что в экстремальных условиях у данного вида происходит увеличение доли молодых особей в ЦП. Несколько повышенная доля молодых растений в ЦП этого вида отмечена нами и для Северного Урала [17].

Онтогенетические спектры ЦП *G. conopsea* динамичны (таблица). В ЦП 1 в 2010 г. максимум приходился на генеративные растения, а в 2011 г. – на молодые (ювенильные и имматурные особи в сумме составили более 45%). Возможно, это связано с «волнами возобновления», которые наступают у орхидных после одного или нескольких лет, особенно благоприятных для плодоношения и прорастания семян. В ЦП 6 в 2010 г. доминировали имматурные растения, в 2011 г. – вегетативные.

***Leucorchis albida* (L.) E. Mey (псевдорхис беловатый)** – европейский арктоальпийский вид. В Республике Коми находится на южной границе распространения, встречается на Урале, Тимане, по рекам Печора, Мезень, Ижма [16]. Произрастает в ельниках черничных, в сосновых зеленомошных лесах, березняках, на сырых лугах, опушках и вырубках, а также в горных тундрах. На Приполярном Урале встречается в лесах, редколесьях [23]. Нами обнаружен на травянистом бечевнике на берегу р. Кожим.

Небольшое растение, средняя высота на Приполярном Урале составляет 17 см, с тремя продолговатыми листьями 2–4 см длиной и около 1 см шириной, и густым цилиндрическим соцветием, длиной около 4–5 см, состоящим из многочисленных (20–22) мелких душистых желто-белых цветков.

Численность ЦП *L. albida* на Приполярном Урале 32–106 растений. Это довольно крупные для этого вида ЦП. Обычно он образует очень малочисленные ЦП [24]. Например, в Мурманской области они насчитывают всего 5–10 особей (редко 30 и больше) [5]. Средняя плотность размещения растений в исследованных нами ЦП составляла 0,9–3,5 экз. на 1 м^2. Растения распространены неравномерно, часто отмечаются небольшие скопления молодых особей вокруг взрослых. Это связано с тем, что большая часть семян у этого вида остается в непосредственной близости от материнских растений (на расстоянии до 5 м) [25]. Отмечены значительные флуктуации численности ЦП этого вида по годам (таблица), так в ЦП 1 в 2011 г. численность уменьшилась в два раза по сравнению с предыдущим годом, а в ЦП 4 – увеличилась. Такие изменения, возможно, связаны с биологической особенностью орхидных переходить к подземному образу жизни.

Изученные ЦП *L. albida* на Приполярном Урале – нормальные полночленные, с преобладанием взрослых вегетативных или генеративных особей (табл.). Присутствует также достаточное количество молодых особей, что указывает на благоприятные условия для семенного возобновления данного вида. По годам соотношение разных онтогенетических групп в ЦП *L. albida* менялось незначительно.

Заключение

Наши исследования показали, что Орхидные достаточно хорошо адаптированы к условиям Приполярного Урала, о чем свидетельствует довольно высокая численность их ценопопуляций, успешное самоподдержание и соответствие онтогенетических спектров их биологическим особенностям. Только в ценопопуляциях стеблекорневых видов отмечено некоторое повышение доли молодых (имматурных) растений, что связано с их северным положением и как следствие – более растянутым онтогенезом этих видов. Основным отрицательным фактором, ограничивающим репродукцию Орхидных на Севере, является короткий вегетационный перид. Заморозки в начале лета повреждают бутоны, а заморозки в конце лета не дают созреть семенам, особенно это сказывается на раноцветущих видах. Кроме того, суровые условия Приполярного Урала оказывают влияние на габитус растений: происходит уменьшение их размеров и количества метамеров (листьев, цветков) по сравнению с более южными ценопопуляциями. При этом у стеблекорневых видов при общем уменьшении габитуса отмечено увеличение размеров цветков. Это, возможно, является дополнительным приспособлением для максимальной реализации семенного возобновления, единственного у этих видов. Устойчивое существование ценопопуляций Орхидных на Приполярном Урале обеспечивается большой продолжительностью их онтогенеза, длительным пребыванием в генеративной и взрослой вегетативной ста-

диях, а также способностью при неблагоприятных условиях пребывать во вторичном покое или во временно не цветущем состоянии.

Работа выполнена при поддержке программы президиума РАН «Живая природа», проект № 12-П-4-1018 «Видовое, ценотическое и экосистемное разнообразие ландшафтов территории объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми».

Литература

1. *Абрамова Т.И., Аверкова Г.П., Аверьянов Л.В. и др.* Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
2. *Баталов А.Е.* Биоморфология, экология популяций и вопросы охраны орхидей Архангельской области: Автореф. дис. канд. биол. наук. М., 1998. 16 с.
3. *Пучнина Л.В.* Состояние ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) в карстовых ландшафтах Севера европейской России// Ботанический журнал. 1999. Т. 84. №9. С. 75–81.
4. *Блинова И.В.* Популяции орхидных на северном пределе их распространения в Европе (Мурманская область): влияние климата // Экология. 2008. Т. 39. № 1. С. 28–35.
5. *Блинова И.В.* Численность популяций орхидных и их динамика на северном пределе распространения в Европе // Ботанический журнал. 2009. Т. 94. № 2. С. 212–240.
6. *Марковская Н.В., Дьячкова Т.Ю., Марковская Е.Ф., Шредерс М.А.* Орхидные Заонежья. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 82 с.
7. *Болотова В.М., Дедов А.А., Лащенкова А.Н., Юдин Ю.П.* Производительные силы Коми АССР. Т.3. Ч 4. Растительный мир. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 378 с.
8. *Панев З.В., Вавилов П.П., Витязева В.А. и др.* Атлас Коми АССР. М.: Глав. упр. геодезии и картографии, 1964. 112 с.
9. *Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Ермакова И.М. и др.* Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 217 с.
10. *Уранов А.А., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. и др.* Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения). М.: Наука, 1977. 182 с.
11. *Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С. и др.* Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 131 с.
12. *Денисова Л.В., Никитина С.В., Заугольнова Л.Б.* Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР. М., 1986. 33 с.
13. *Татаренко И.В.* Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. М.: Аргус, 1996. 207 с.
14. *Блинова И.В.* Особенности онтогенеза некоторых корнеклубневых орхидных (*Orchidaceae*) Крайнего Севера // Ботанический журнал. 1998. Т. 83. №1. С. 85–94.
15. *Кириллова И.А., Тетерюк Л.В., Пестов С.В., Кириллов Д.В.* Репродуктивная биология *Cypripedium calceolus* (*Orchidaceae*) на европейском Северо-Востоке России // Ботанический журнал. 2012. Т. 97. № 12. С. 1516–1532.
16. *Мартыненко В.А.* Семейство *Orchidaceae* Juss. – Ятрышниковые // Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1976. Т. 2. С. 118–133.
17. *Кириллова И.А.* Орхидные Печоро-Илычского заповедника (Северный Урал). Сыктывкар, 2010. 144 с.
18. *Vakhrameeva M.G., Tatarenko I.V., Varlygina T.I. et al.* Orchids of Russia and adjacent countries (within the borders of the former USSR). Germany, 2008. 690 p.
19. *Вахрамеева М.Г., Блинова И.В., Богомолова Т.И., Жирнова Т.В.* Пололепестник зеленый // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во «Гриф и К», 2003. Вып. 15. С. 62–77.
20. *Баталов А.Е.* Состояние популяций *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. (Orchidaceae) в различных фитоценозах// Эмбриология цветковых растений: Терминология и концепции. СПб.: Мир и семья, 2000. Т. 3. С. 524–532.
21. *Экзерцева Л.В., Вахрамеева М.Г., Денисова Л.В.* Некоторые особенности структуры ценопопуляций орхидных на северной границе ареала// Охрана и культивирование орхидей: Тезисы докладов III Всесоюзного совещания. 1987. С. 46–47.
22. *Вахрамеева М.Г., Виноградова И.О., Татаренко И.В., Цыпляева О.В.* Кокушник комарниковый // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во МГУ, 1993. Вып. 9. С. 51–64.
23. *Мартыненко В.А., Дегтева С.В.* Конспект флоры природного национального парка "Югыд ва" (Республика Коми). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 94 с.
24. *Jersakova J., Malinova T., Jerabkova K., Dötterl S.* Biological Flora of the British Isles: Pseudorchis albida (L.) A. & D. Löve // Journal of Ecology. 2011. № 99. P. 1282–1298.
25. *Jersakova J., Malinova T.* Spatial aspects of seed dispersal and seedling recruitment in orchids // New Phytologist. 2007. № 176. P. 237–241.

References

1. *Abramova T.I., Averkova G.P., Averyanov L.V. i dr.* Krasnaya kniga Rossiyskoy Federacii (rasteniya i griby). [Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnyh izdaniy KMK [Sci.Publications Partnership], 2008. 855 p.
2. *Batalov A.E.* Biomorfologiya, ekologiya populyaciy i voprosy ohrany orhidey Arhangelskoy oblasti [Biomorphology, population ecology and protection of orchids of Arkhangelsk region]: Avtoref. diss... kand. biol. nauk. Moscow, 1998. 16 p.
3. *Puchnina L.V.* Sostoyanie cenopopulyaciy Cypripedium calceolus L. (Orchidaceae) v karstovyh landshaftah Severa evropeyskoy Rossii

[State of Cypripedium calceolus L. (Orchidaceae) coenopopulations in karst landscapes of the North of European Russia] // Botanicheskiy zhurnal [Botanical J.]. 1999. Vol. 84. № 9. P. 75-81.
4. *Blinova I.V.* Populyacii orhidnyh na severnom predele ih rasprostraneniya v Evrope (Murmanskaya oblast): vliyanie klimata [Populations of Orchids at the northen limit of their distribution (Murmansk Oblast): Effect of climate]//Ekologiya [Ecology]. 2008. Vol. 39. №1. P. 28-35.
5. *Blinova I.V.* Chislennost populyaciy orhidnyh i ih dinamika na severnom predele rasprostraneniya v Evrope [Number of individuals and dynamics of orchid populations at the northern limit of their distribution in Europe] // Botanicheskiy zhurnal [Botanical J.]. 2009. Vol. 94. № 2. P. 212-240.
6. *Markovskaya N.V., Dyachkova T.Yu., Markovskaya E.F., Shreders M.A.* Orhidnye Zaonezh'ya. [Orchids of Zaonezhye]. Petrozavodsk: PetrGU Publ., 2007. 82 p.
7. *Bolotova V.M., Dedov A.A., Lashchenkova A.N., Yudin Yu.P.* Proizvoditel'nye sily Komi ASSR. [The productive forces of the Komi Republic]. Vol.3. P.4. Rastitelnyy mir [Vegetative world]. Moscow-Leningrad: Izd-vo AN SSSR [USSR Ac. Sci. Publ.], 1954. 378 p.
8. *Panev Z.V., Vavilov P.P., Vityazeva V.A. i dr.* Atlas Komi ASSR. [Atlas of the Komi Republic]. Moscow: Glav. upr. geodezii i kartografii [Chief Mapping Agency], 1964. 112 p.
9. *Smirnova O.V., Zaugolnova L.B., Ermakova I.M. i dr.* Cenopopulyacii rasteniy (osnovnye ponyatiya i struktura). [Coenopopulations of plants (basic concepts and structure)]. Moscow: Nauka, 1976. 217 p.
10. *Uranov A.A., Zaugolnova L.B., Smirnova O.V. i dr.* Cenopopulyacii rasteniy (razvitie i vzaimootnosheniya). [Coenopopulations of plants (development and relationships)]. Moscow: Nauka, 1977. 182 p.
11. *Zaugolnova L.B., Zhukova L.A., Komarov A.S. i dr.* Cenopopulyacii rasteniy (ocherki populyacionnoy biologii). [Coenopopulations of plants (essays on population biology]. Moscow: Nauka, 1988. 131 p.
12. *Denisova L.V., Nikitina S.V., Zaugolnova L.B.* Programma i metodika nablyudeniy za cenopopulyaciyami vidov rasteniy Krasnoy knigi SSSR. [The program and methods of observation of coeno-populations of plant species of the Red Data Book of the USSR]. Moscow, 1986. 33 p.
13. *Tatarenko I.V.* Orhidnye Rossii: zhiznennye formy, biologiya, voprosy ohrany. [Orchids of Russia: life forms, biology, strategy of preservation]. Moscow: Argus, 1996. 207 p.
14. *Blinova I.V.* Osobennosti ontogeneza nekotoryh korneklubnevyh orhidnyh (Orchidaceae) Kraynego Severa [Specific features of the ontogeny in some root-tuber orchids (Orchidaceae) in the Extreme North]//Botanicheskiy zhurnal [Botanical J.]. 1998. Vol. 83. №1. P. 85-94.
15. *Kirillova I.A., Teteryuk L.V., Pestov S.V., Kirillov D.V.* Reproduktivnaya biologiya Cypripedium calceolus (Orchidaceae) na evropeyskom Severo-Vostoke Rossii [Reproduction biology of Cypripedium calceolus l. (Orchidaceae) in the European North-East of Russia] // Botanicheskiy zhurnal [Botanical J.]. 2012. Vol. 97. № 12. P. 1516-1532.
16. *Martynenko V.A.* Semejstvo Orchidaceae Juss.– Jatryshnikovye [Family of Orchidaceae Juss.] //Flora Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR [Flora of the northeast of the USSR European part]. Leningrad, 1976. Vol. 2. P. 118-133.
17. *Kirillova I.A.* Orhidnye Pechoro-Ilychskogo zapovednika (Severnyy Ural). [Orchids of the Pechora-Ilych reserve (Northen Urals)]. Syktyvkar, 2010. 144 p.
18. *Vakhrameeva M.G., Tatarenko I.V., Varlygina T.I. et al.* Orchids of Russia and adjacent countries (within the borders of the former USSR). Germany, 2008. 690 p.
19. *Vahrameeva M.G., Blinova I.V., Bogomolova T.I., Zhirnova T.V.* Pololepestnik zelenyy [Coeloglossum viride]// Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti [Biological flora of Moscow region]. Moscow: “Grif & K” Publ., 2003. Vol. 15. P. 62-77.
20. *Batalov A.E.* Sostoyanie populyaciy Gymnadenia conopsea (L.) R. Br. (Orchidaceae) v razlichnyh fitocenozah [The analysis of Gymnadenia conopsea (L.) R. Br. (Orchidaceae) population in different phytocenoses] // Embriologiya cvetkovyh rasteniy: Terminologiya i koncepcii [Embriology of flower plants: terminology and concepts]. St.Petersburg: Mir i semya, 2000. Vol. 3. P. 524-532.
21. *Ekzerceva L.V., Vahrameeva M.G., Denisova L.V.* Nekotorye osobennosti struktury cenopopulyaciy orhidnyh na severnoy granice areala [Some features of the structure of populations of orchids on the Northern boundary of the area] // Ohrana i kultivirovanie orhidey: Tezisy dokladov III vsesoyuznogo soveshhaniya [Protection and cultivation of Orchids: Abstract of reports of III All-Union meeting]. 1987. P. 46-47.
22. *Vahrameeva M.G., Vinogradova I.O., Tatarenko I.V., Cyplyaeva O.V.* Kokushnik komarnikovyy [Gymnadenia conopsea] // Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti [Biological flora of Moscow region]. Moscow: MGU Publ., 1993. Vol. 9. P. 51-64.
23. *Martynenko V.A., Degteva S.V.* Konspekt flory prirodnogo nacionalnogo parka "Yugyd-Va" (Respublika Komi). [Check list of vascular plants of National park "Yugyd-Va" (Komi Republic)]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2003. 94 p.
24. *Jersakova J., Malinova T., Jerabkova K., Dötterl S.* Biological Flora of the British Isles: Pseudorchis albida (L.) A. & D. Löve // Journal of Ecology. 2011. № 99. P. 1282–1298.
25. *Jersakova J., Malinova T.* Spatial aspects of seed dispersal and seedling recruitment in orchids // New Phytologist. 2007. № 176. P. 237–241.

Статья поступила в редакцию 24.11.2014.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 1(21). Сыктывкар, 2015.

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 552.5 : 551.73(234.83)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПАЛЕОЗОЕ ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО РЕГИОНА: НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ

А.И. АНТОШКИНА***, В.А. САЛДИН***, Н.Ю. НИКУЛОВА*, З.П. ЮРЬЕВА*, Е.С. ПОНОМАРЕНКО*, А.Н. САНДУЛА***, Н.А. КАНЕВА*, Л.А. ШМЕЛЁВА*, Д.Н. ШЕБОЛКИН*, А Н. ШАДРИН*, Н.А. ИНКИНА*

**Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*
***ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина» г. Сыктывкар*
Antoshkina@geo.komisc.ru

Представлены результаты по реконструкции палеозойского осадконакопления на северо-восточной окраине Европейской платформы. Показан мощный генетически разнородный комплекс осадочных формаций, в котором запечатлен чрезвычайно сложный онтогенез осадочного бассейна. Его зарождение в позднем кембрии отвечало смене обстановок эпиконтинентального рифтогенеза пассивной континентальной окраиной и сопровождалось континентальным осадконакоплением. Развитие пассивной окраины характеризовали частая смена морских обстановок, изменение геоморфологии дна бассейна и абриса континентальной окраины, а завершение – мощное континентальное осадконакопление на рубеже ранней и средней перми. Биосферные изменения выражают рубежи–маркеры в осадочных последовательностях, перестройки бентосных и планктонных экосистем и образование нерудных и рудных полезных ископаемых. Показано, что особенности режимов седиментации на разных этапах онтогенеза осадочного бассейна контролировались, прежде всего, тектонической эволюцией фундамента Тимано-Североуральского литосферного блока.

Ключевые слова: **осадочные породы, обстановки осадконакопления, фациальные зоны, осадочный бассейн, палеозой, геобиологические события, тектоника, Тимано-Североуральский регион**

A.I.ANTOSHKINA, V.A.SALDIN, N.YU.NIKULOVA, Z.P.YURYEVA, E.S. PONOMARENKO, A.N.SANDULA, N.A.KANEVA, L.A.SHMELEVA, D.N.SHEBOLKIN, A.N.SHADRIN, N.A.INKINA. **RECONSTRUCTION OF SEDIMENTATION IN THE PALAEOZOIC OF THE TIMAN-NORH URALS REGION: DIRECTIONS OF RESEARCH, RESULTS, PROBLEMS AND OBJECTIVES**

Sedimentation stages differing with lithocomplexes, tectonic events, and a paleogeographic situation are singled out.
In the Late Cambrian-Early Ordovician stage sedimentation was defined by the Precambrian landscape, an erosion of pre-Late Cambrian crusts of weathering, an accumulation of continental and shallow-sea terrigenous deposits in rift valleys.
In the Late Ordovician-Early Devonian stage on a carbonate shelf margin local reefs which developed in a barrier reefs system were formed. Lithocomplexes represent a combination of carbonate platform-shelfs with variety of facies and reef barriers on the margin and platform-ramps with transgressive tracts facies.
In the Middle Devonian-Early Frasnian stage on the Middle Devonian terrigenous-carbonate ramp bioherms were sporadically formed. Various Middle Devonian horizons lie on Lower Devonian deposits. Lithocomplexes are changeable in thickness, stratigraphical volume and lateral distribution.
In the Middle Frasnian-Tournaisian stage sedimentation occurred in conditions of an unstable tectonics, fluctuation of sea level and sea waters salinity, and Late Devonian cooling that promoted microbial communities activity. Microbial mounds were formed, and in shallow lagoons there were anoxic bottom waters.
In the Late Tournaisian-Middle Carboniferous stage sedimentation was characterized by sedimentation gaps, powerful breccias formation, reduction of biogenic accumulation, origination of soil horizons, crusts of weathering, and siderite ores. On a deformed continental margin skeletal mounds developed.

In the Late Carboniferous-Early Permian stage bioinduced cements were widespread in skeletal mounds fixing occurrence along a platform margin raisings with accumulation of phosphate-containing deposits. An overlying artinskian flysh formation reflects a deep-water foredeep origination here. In the Late Permian terrigenous sedimentation extended over the platform.

Keywords: **sedimentation, sedimentation stages, facial zones, sedimentary basin, Palaeozoic, geobiological events, tectonics, Timan-North-Urals region**

Введение

На основе разработанной авторами генетической и лито-фациальной типизации [1] детализированы и выявлены новые особенности палеозойского осадконакопления в Тимано-Североуральском регионе. На рис. 1 указаны районы работ в 2012–2014 гг. Наряду с традиционными литолого-фациальным, парагенетическим и литолого-палеоэкологическим направлениями исследований развивались новые – бактериально-литогенетическое и палеоэкосистемное. Применение тонких микроскопических методов дали возможность распознать биогенную природу многих литологических объектов, считавшихся абиогенными. Установлено, что микроорганизмы принимали самое активное участие как на стадии седиментогенеза, так и в процессе формирования и преобразования породы [2]. Палеоэкосистемное направление на данном этапе исследований фокусируется на выявлении источника органического вещества (ОВ) в трофических структурах разнообразных биотопов, что дает возможность обосновать способность или неспособность экосистем формировать жесткие каркасные структуры [3]. Палеозойский осадочный чехол данного региона является перспективным объектом поисков залежей углеводородного сырья и разнообразных полезных ископаемых осадочного генезиса. Установлено, что нефтегазовый потенциал палеозойских толщ с преимущественным проявлением остатков микробиальных организмов характеризуется наиболее высокими значениями [4]. Так как микробиальная составляющая играет важную роль в породообразовании, изучение её компонентного состава и обусловленности биогеологическими факторами определяет своевременность и актуальность появления в наших исследованиях бактериально-литогенетического и палеоэкосистемного направлений.

История геологического развития осадочного бассейна в палеозое

Палеозойская история региона началась с эпиконтинентального рифтогенеза древнего композитного континента на рубеже кембрия и ордовика, приведшего к раскрытию Палеоуральского океана на восточной (в современных координатах) окраине Европейской платформы [5]. Тектоническая эволюция стабилизировавшейся к этому времени Печорской плиты и зарождавшегося палеоокеанического бассейна обусловили этапность литогеодинамической эволюции пассивной континентальной окраины [6]. Каждый этап характеризуется своеобразием седиментации и палеогеографической ситуации, отраженных в существенном различии формирующихся осадочных геологических тел [1].

Кембрийско-нижнеордовикский этап. История осадконакопления на этом этапе тесно связана с докембрийской [7]. Этот факт хорошо демонстрируется на разрезах верхнекембрийско-нижнеордовикских терригенных отложений, развитых на площади свыше 60 км^2 в междуречье М. Кары (разрезы А, Б) и М. Усы (разрезы В, Г) на Полярном Урале, к которым приурочено рудопроявление золота типа метаморфизованных россыпей. Изучение четырех типов разрезов, расположенных на юге и севере территории, показало их различие по литолого-геохимическим, минералогическим особенностям пород и строению разрезов, что, вероятнее всего, было обусловлено расчлененным докембрийским рельефом [8]. Эти различия позволили предположить в наиболее южном разрезе Г р. М.Уса (рис. 2) присутствие суши с корой выветривания допозднекембрийского возраста и маломощными верхнекембрийско-нижнеордовикскими отложениями, служившими источником обломочного материала при активизации процессов рифтогенеза на континентальной окраине. В северных разрезах р. М. Кары (А, Б) эти процессы проявились в формировании горизонта конглобрекчий на границе континентальных и мелководно-морских отложений, накапливавшихся в формирующейся рифтовой палеодолине. Отсутствие в этих разрезах базальных конгломератов прибрежных фаций говорит об удаленности береговой линии на запад. Во всех разрезах отмечается изменение размеров и состава обломочного материала вверх, что отражает стабилизацию тектонических процессов и смену источников сноса: преобладающими являются не подвергшиеся процессам выветривания и незолотоносные породы кислого состава.

Позднеордовикско-раннедевонский этап в палеозойской истории региона характеризуется становлением карбонатной платформы, возникновением на континентальной окраине в позднекатийское время локальных рифов и их дальнейшим развитием в пражском веке в протяженную мощную фациально-дифференцированную систему барьерных рифов. Характер седиментации в осадочном бассейне неоднократно менялся [9], что запечатлелось в пестром составе литокомплексов, представляющих сочетание карбонатных платформ-шель-

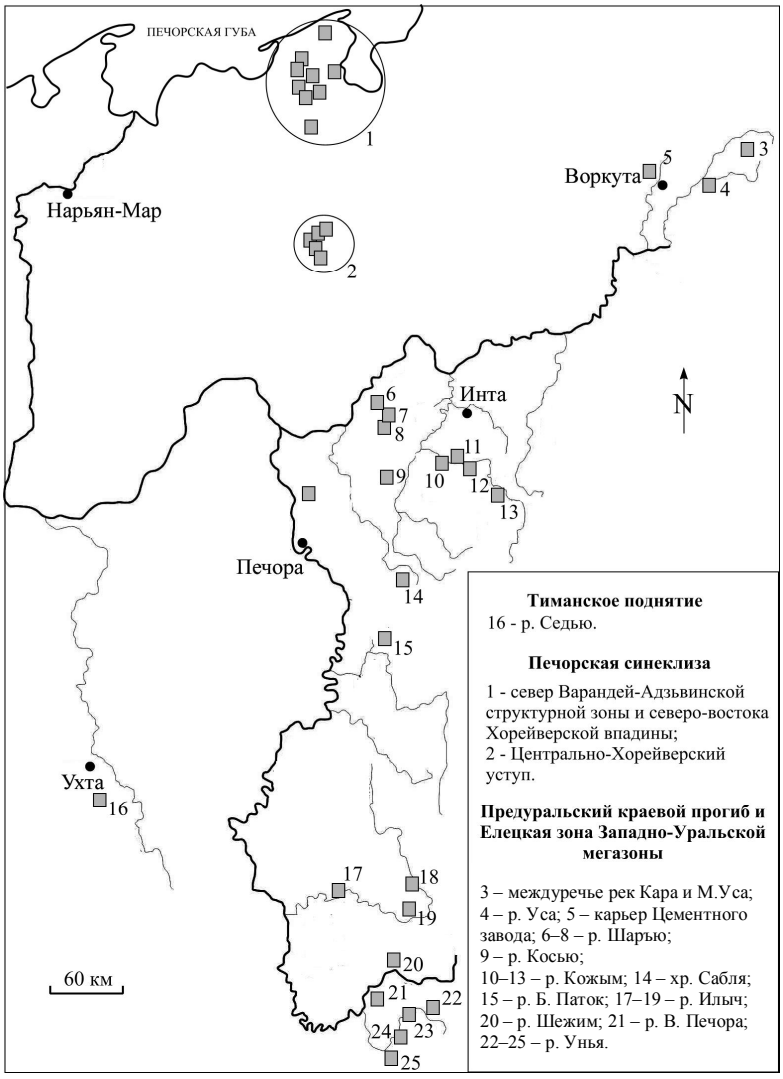

Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов.

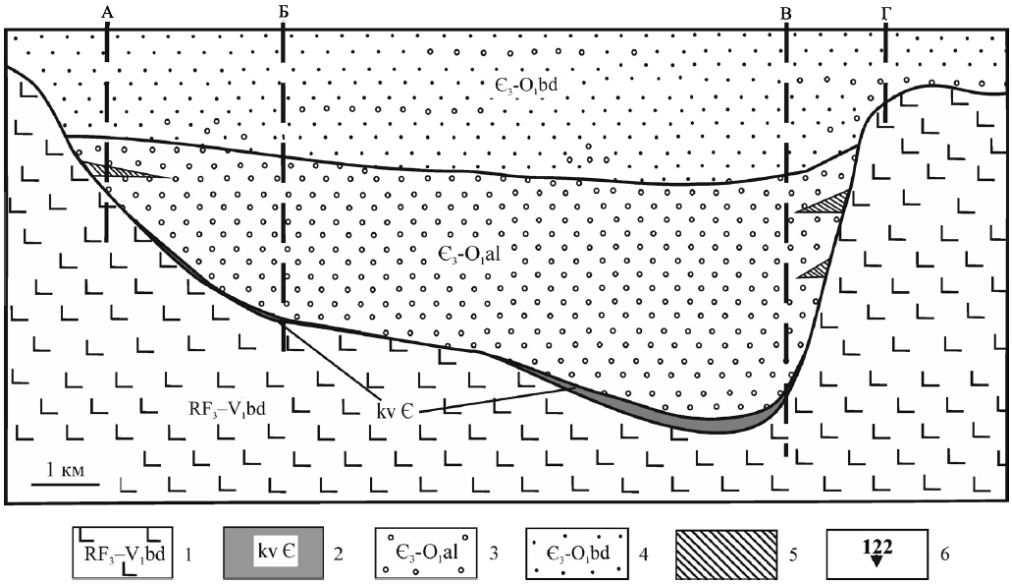

Рис. 2. Схема строения верхнекембрийско-нижнеордовикских отложений в междуречье М. Кары и М. Усы. Условные обозначения: А-Б – разрезы р. М. Кара, В-Г – разрезы р. М.Уса; 1 – метавулканиты основного состава бедамельской серии; 2 – метаморфизованная кора выветривания допозднекембрийская; 3 – гравелиты алькесвожской свиты; 4 – песчаники бадьяшорской свиты; 5 – брекчии; 6 – номера и линии разрезов.

фов с разнообразием фаций и рифовыми барьерами на окраине и платформ-рамп с фациями трансгрессивных трактов. Рассмотрим некоторые новые факты, выявленные в истории осадконакопления в течение данного этапа.

При изучении верхнекатийской рифовой толщи на р. Б.Косью в бассейне р. Илыч (Северный Урал) среди массивных биогермных известняков были выявлены два разреза слоистых последовательностей мощностью до 20 м с ритмичным чередованием слоев. В них наряду с биогермными известняками распространены пелитоморфные известняки, рифовые конглобрекчии и гравелиты. Подобная ассоциация пород отражает существование в рифовом плато внутририфовых лагун, периодически заполнявшихся карбонатными илами или рифовыми литокластами, прерывающими рост биогермов [10]. Подобные лагуны известны в составе лудловского и пражско-нижнеэмсского рифов на Полярном Урале [11].

Мелководность морского бассейна на карбонатной платформе способствовала широкому развитию в регрессивные фазы микробиальных сообществ. Их обилие угнетало метазойные сообщества и приводило к изменению кальциевого баланса морских вод. В качестве индикатора экосистемных перестроек, изменений в палеоландшафте, батиметрии, гидродинамике и химизме вод можно использовать ооидно-строматолитовые ассоциации, мощностью от 0.8 до 7.5 м [12]. В итоге такие пертурбации в морском бассейне приводили к вымиранию ряда таксонов среди представителей бентосных и пелагических сообществ и проявлению событий вымирания разного масштаба [9, 13 и др.].

Резкое падение уровня моря в раннехирнантскую фазу гондванского оледенения привело к образованию вадозных седиментационно-диагенетических брекчий бадьяшорской свиты, которые в позднем хирнанте сменились мелководными массивно-слоистыми карбонатами каменнобабской свиты [14]. Последующая глобальная рудданская трансгрессия привела к обновлению пелагического и бентосного сообществ как следствие события массового вымирания Хирнант. Глобальная регрессия на границе лландовери-венлока на фоне активизации блоковой тектоники фундамента привела к денудации приподнятых участков карбонатной платформы и формированию изолированных мелководных водоемов (лагун и возможно озер) и сопровождалась глобальным биособытием Иревикен. Эрозия приподнятых областей способствовала формированию кор выветривания в разрезах Хорейверской впадины [15], перерыву в основании венлока (Приполярный Урал, р. Кожым), образованию специфических лагунных фаций с пониженной соленостью и возможной аноксией придонных вод с широким развитием ооидов разного генезиса. На рис. 3 разрезы венлока Приполярного Урала и гр. Чернышева демонстрируют изменения в мощности отложений, составе и структурно-текстурных особенностях карбонатных пород, а также в изотопном составе углерода и кислорода. В формировании венлокских ооидов выявлено активное участие микроорганизмов, остатки которых сохранились в виде минерализованного гликокаликса [16].

На Приполярном Урале установлена пачка верхнелудфордских углеродистых аргиллитов как отражение аноксидных обстановок, возникших в начале позднелудфордской трансгрессии моря, затопившего эродированную карбонатную платформу [17]. Глобальное биособытие Лау с самой крупной в фанерозое положительной изотопной экскурсией углерода [18] и аноксидное событие в бассейне седиментации привели к затуханию роста силурийских рифов на окраине шельфа до позднего лохкова [9]. Разномасштабные регрессии, связанные с климатическими и тектоническими событиями, существенно изменяли рельеф карбонатной платформы (рис. 4).

Проявление на рубеже силура и девона пассивного рифтинга и пострифтового погружения способствовали фациальному разнообразию и сложным пространственно-временным взаимоотношениям геологических тел в осадочных комплексах. В разрезах нижнего девона Печорской синеклизы эти события сблизили разрезы с резкими литологическими отличиями, что наряду с синседиментационными структурными изменениями способствовало образованию в верхнесилурийско-нижнедевонских отложениях севера Печорской синеклизы нефтяных месторождений и нефтепроявлений [19]. Детальная корреляция разрезов скважин и новые данные по акантодам позволили уточнить литолого-седиментационную модель нижнедевонской клиноформы в восточной части Хорейверской впадины [20]. Осадконакопление происходило в условиях сублиторали, литорали, супралиторали и лагун и контролировалось седиментационными перерывами, сопровождаемыми глубокой эрозией. Рис. 5а показывает, что нижняя часть разреза хорейверской клиноформы соответствует верхней части стратиграфически полных разрезов овинпармского горизонта Варандей-Адзьвинской структурной зоны (ВАСЗ). Общие закономерности тектонической эволюции и сходство условий осадконакопления в раннем девоне говорят о возможности существования аналогичных нефтеносных клиноформ на склонах поднятий Баренцевоморского шельфа [20]. Известно, что терригенные девонские отложения в уральских разрезах имеют цикличное строение и выдержанность мезоциклитов на площади. Мезоциклиты в разрезах нижнего девона северной части ВАСЗ также хорошо прослеживаются и имеют важные для корреляции разнофациальных отложений маркирующие горизонты (реперы), которые хорошо распознаются в пражских и эмсских отложениях [21]. Реконструированная лито-фациальная модель регрессирующего раннедевонского морского бассейна отражает смену сублиторальных фаций с интенсивным поступлением терригенного материала (нижненаульская подсвита, нижний эмс) фациями мелководного водоема с повышенной соленостью (верхненаульская подсвита, верхний эмс). Эти отложения отличаются от одновозрастных глубокозалегающих отложений на севере Колвинского мегавала и от разрезов в естественных выходах на востоке региона.

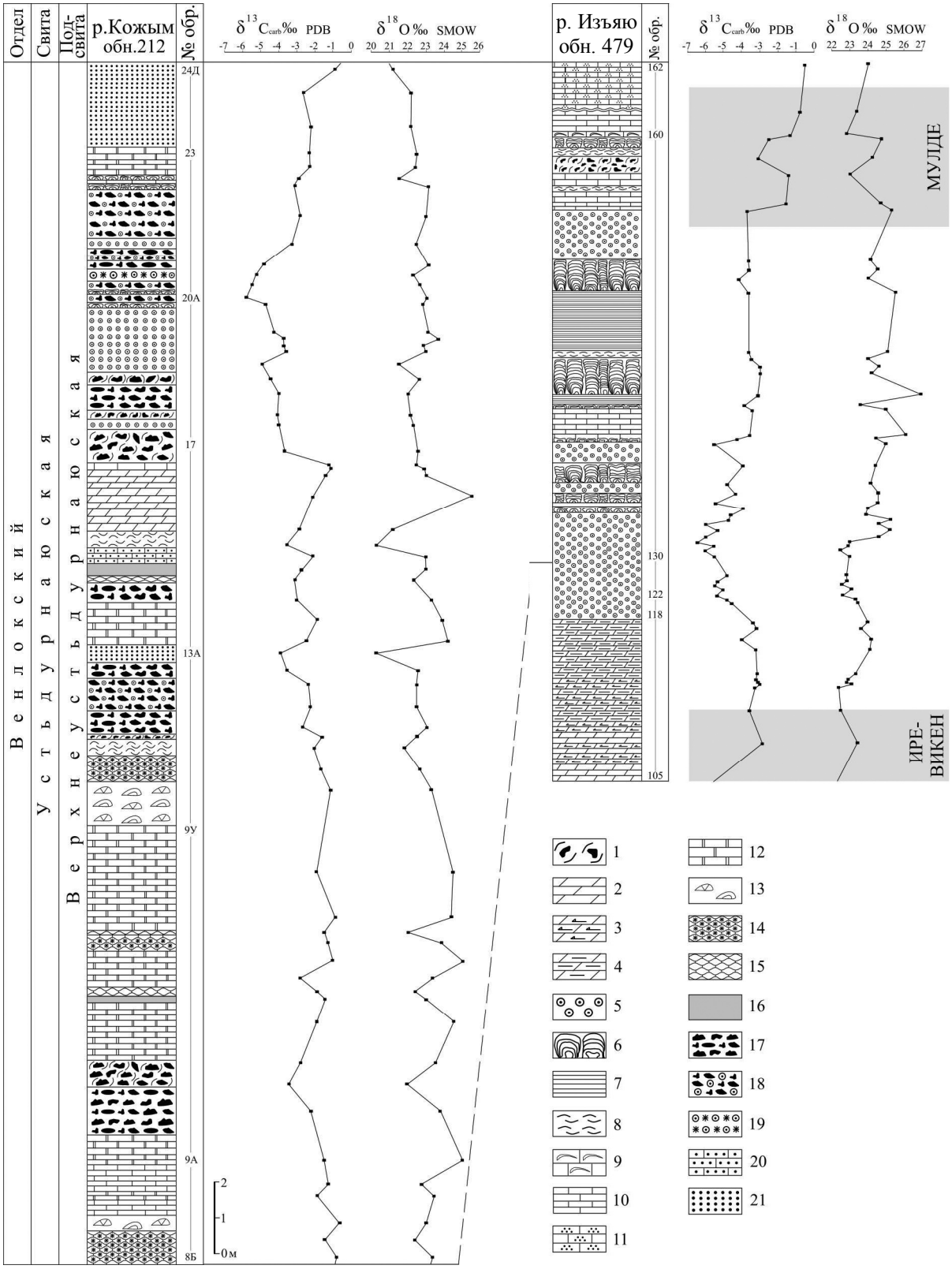

Рис. 3. Сравнительная литологическая характеристика разрезов р. Кожым (Приполярный Урал) и р. Изъяю (гр. Чернышева). Условные обозначения: 1-3 – доломиты: 1 – известковистые с массивной текстурой, 2 – известковистые с линзовидно-полосчатой текстурой, 3 – глинистые с пятнистой текстурой; 4–20 – известняки: 4 – лито-биокластовые, 5 – ооидные, 6 – строматолитовые, 7 – микрозернистые слоистые, 8 – полибиокластовые, 9 – остракодовые биокластовые, 10 – микрозернистые, 11 – пелитоморфные алевритовые, 12 – микрозернистые доломитизированные, 13 – кораллово-строматопоровые, 14 – сгустково-комковатые, 15 – микрокомковатые, 16 – пелитоморфные, 17 – обломочные, 18 – ооидно-обломочные, 19 – ооидно-сгустковые, 20 – микрозернистые алевритистые; 21 – кварцевые алевролито-песчаники.

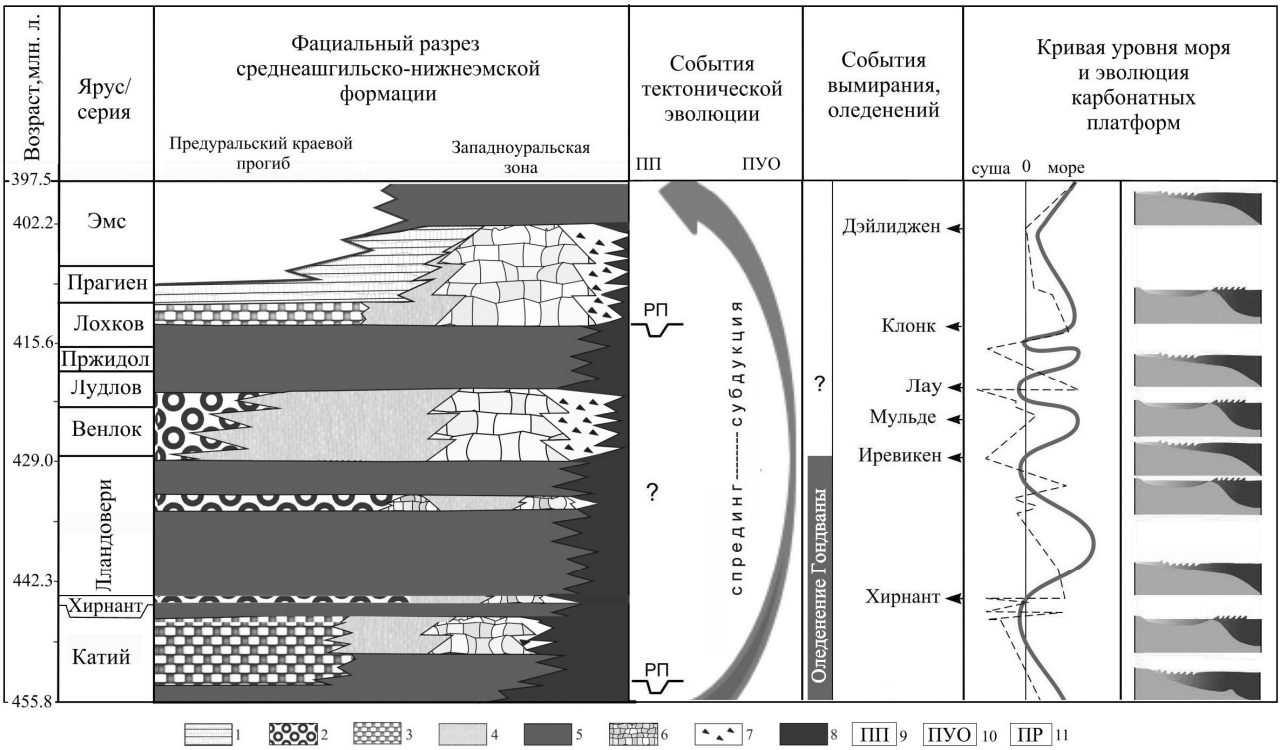

Рис. 4. Взаимосвязь эволюции рифообразования с гео-биосферными событиями и эволюцией карбонатных платформ в раннем палеозое. Условные обозначения: 1 – прибрежная аллювиальная и озерно-болотная равнины: 2 – приливно-отливные равнины; 3 – засолоненные равнины, сабхи; 4 – шельфовые лагуны с нарушенным водообменом; 5 – открытое море – рампа; 6 – рифовые отмели; 7 – континентальный склон; 8 – батиаль; 9 – Печорская плита; 10 – Палеоуральский океан; 11 – пассивный рифтинг.

Раннедевонская регрессия достигла своего максимума в конце эмсского века. Перерыв в осадконакоплении продолжался до начала региональной среднедевонской трансгрессии. Эрозии подверглись отложения на приподнятых тектонических блоках (рис. 5б). Литологическим маркером верхней границы нижнедевонских отложений чаще всего служат карбонатные брекчии. Граница верхнего и нижнего подъярусов эмса внутри варандейской свиты фиксируется накоплением тонких карбонатно-терригенных илов по всей платформе. Доломиты с включениями ангидрита сменяются доломитами с прослоями мергелей, алевролитов, аргиллитов и редких прослоев алевритистых известняков в основании. На каротажных диаграммах граница выделяется повышенными значениями кажущегося сопротивления [21].

В заключение можно сказать, что реконструкция обстановок накопления мелководных разнофациальных нижнесилурийских отложений важна для распределения потенциальных коллекторов и направлений их поисков в одной из основных нефтесодержащих толщ нижнего палеозоя. Уточнение зон отсутствия или сокращения мощности верхнелохковских сульфат-карбонатных отложений будут полезны для корректировки интервалов нижнедевонских карбонатных природных резервуаров.

Среднедевонско-раннефранский этап связан с развитием Печоро-Колвинской палеорифтовой зоны, являющейся фактическим продолжением Камско-Кинельской системы прогибов. В это время в пределах расчлененной платформы накапливались смешанные терригенные и терригенно-карбонатные отложения, проявлялся вулканизм. Пражско-раннеэмсская система барьерного рифа на окраине морского бассейна распалась, и на среднедевонской терригенно-карбонатной рампе росли только метазойные биогермы. В пределах платформенной части региона различные горизонты среднего девона залегают на отложениях нижнего девона, значительно изменяются по мощности, стратиграфическому объёму и имеют ограниченное развитие [22]. На Колвинском мегавале разрезы слагают ритмично переслаивающиеся преимущественно кварцевые песчаники и алевролиты, реже – аргиллиты. Среднедевонские отложения на северо-востоке ВАСЗ представлены нижней частью эйфельского яруса и верхней частью живетского яруса, что датируется находками акантод в прослоях глинисто-терригенных и карбонатных отложений. Джьерский горизонт характеризуется пестроцветными кварцевыми песчаниками и алевролитами, а тиманский горизонт – алевролитами, песчаниками, аргиллитами с прослоями карбонатно-терригенных пород. Саргаевский горизонт франского яруса представлен глинистыми известняками, мергелями, аргиллитами и алевролитами. Таким образом, тиманский и саргаевский трансгрессивные этапы охватили практически всю территорию региона, за исключением сводов древних поднятий (рис. 5в).

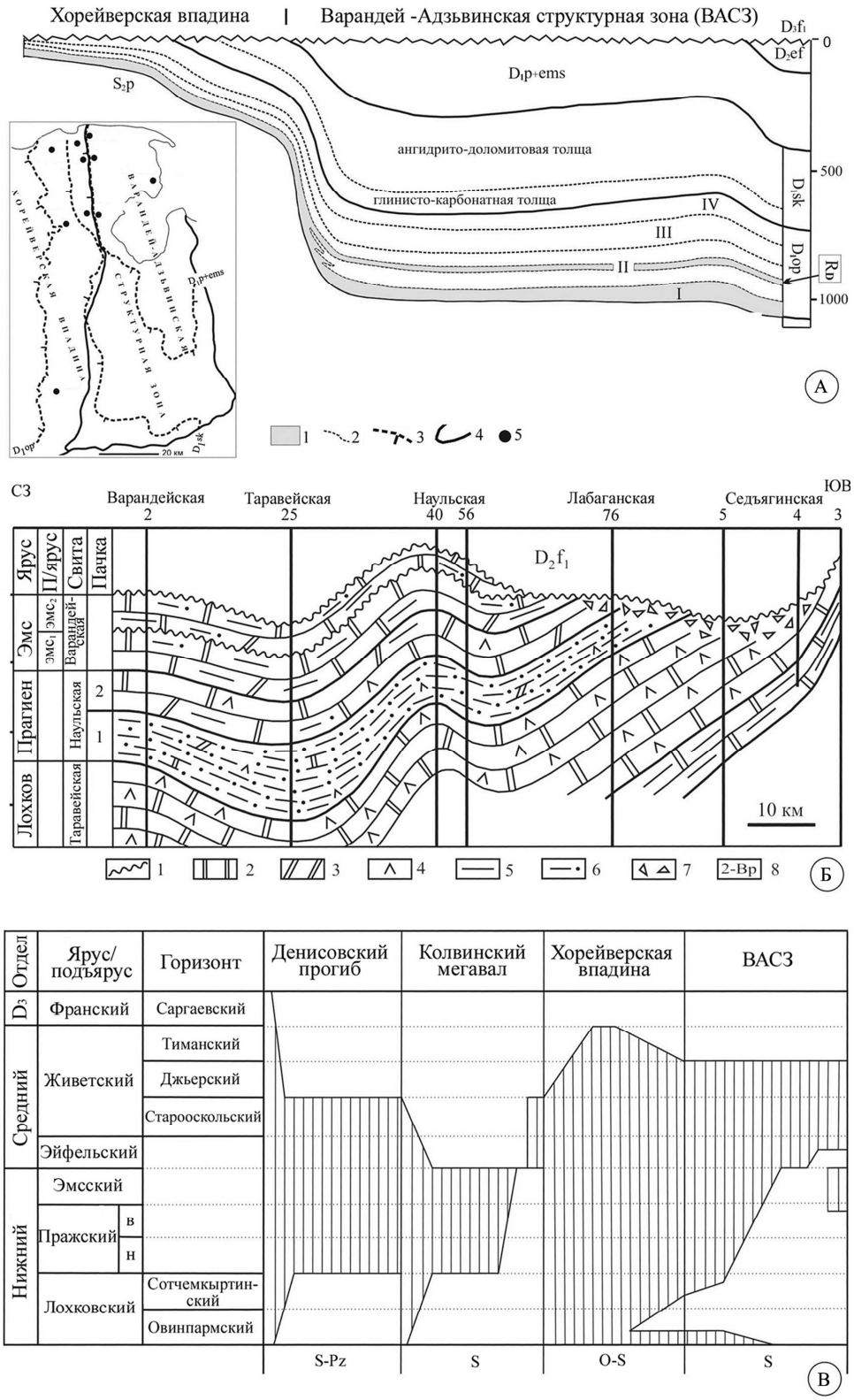

Рис. 5. Схемы распространения и характер залегания нижнедевонских отложений на севере Хорейверской впадины и Варандей-Адзьвинской структурной зоны. А – схема развития нижнедевонских отложений (разрезы под номером 1, см. рис.1): 1 – преимущественно глинистые отложения (R_D, $R_{НГК}$ – реперные глинистые пласты в разрезе овинпармского горизонта), 2 – границы толщ, пачек лохковского яруса, 3 – линии выклинивания отложений (бергштрихи в сторону отсутствия отложений), 4 – тектонические нарушения, границы тектонических структур, 5 – поисково-разведочные площади; Б – геологический разрез вала Сорокина (на начало позднедевонской эпохи): 1 – стратиграфическое несогласие; 2–7 – осадочные породы: 2 – доломиты, 3 – мергели доломитовые, 4 – ангидриты, 5 – глинистость, 6 – терригенные породы (песчаники, алевролиты), 7 – брекчии; 8 – скважины; В – корреляция нижне-среднедевонских отложений северной части Печорской синеклизы.

В среднефранско-турнейский этап рельеф дна бассейна представлял собой расчлененный терригенно-карбонатный шельф, состоящий из мелководных карбонатных платформ, окруженных склоновыми клиноформными образованиями и застойными эвксинными морскими водами. Морской бассейн в это время характеризовался неустойчивым тектоническим режимом дна, глобальными и региональными колебаниями уровня моря, солености вод, кратковременными проявлениями гумидизации и аридизации климата, что обусловило активизацию микробиальных сообществ и формирование микробиальных холмов [3, 23]. В регрессивные фазы возможно было повышение солености морских вод, что могло быть связано как с нарушением водообмена в бассейне, так и некоторой аридизацией климата. Подтверждением могут служить облегчение изотопного состава кислорода в известняках и доломитах верхнего франа (22.8‰) и верхнего фамена (20.4‰), накопление гипсов в ливенское время позднего франа и терригенно-глинистых илов в позднефаменское время. Средние значения $\delta^{18}O$ 20.4…22.8‰ в карбонатах верхнего девона являются аномально низкими, свидетельствуя о сильном влиянии сульфатредукции, образовании бикарбонат-ионов в поровой воде и микробиальной активности в позднедевонских морях [23–25]. Изучение фаменских карбонатных отложений из 18 скважин Дюсушевской, Восточно-Колвинской, Ардалинской, Ошкотынской и Центрально-Хорейверской площадей Центрально-Хорейверского уступа дало возможность выделить в пределах изученной территории пять фациальных зон [24]. Для раннего фамена в этой части седиментационного бассейна характерно широкое распространение отмельных фаций с переходными фациальными зонами в мелководные и относительно глубоководные области, развитие микробиальных холмов на склоне карбонатной банки в сторону глубоководной депрессии. В среднем фамене преобладали обстановки спокойного мелководного шельфа с повышенным уровнем моря, за исключением областей бывших отмелей с более активной гидродинамикой, о чем свидетельствует распространение механогенных литотипов. Поздний фамен выделяется обособлением в центральной части данной территории лагунной зоны среди разнофациальных шельфовых обстановок переходных в мелководные и глубоководные области. На юге (Дюсушевская площадь) продолжают расти склоновые микробиальные постройки. Фенестровые известняки, широко распространенные в верхнедевонских рифогенных толщах, представляют интерес для геологов-нефтяников с позиций перспективности их коллекторских свойств. Палеоэкосистемные исследования позволили сделать вывод о том, что эти известняки формировались в спокойноводных морских и лагунных обстановках мелководных банок или прибрежных водоемов с ограниченной циркуляцией, в которых могли существовать придонные аноксидные условия [3]. Трофическая система биотопов в таких водоемах включает пять уровней, но организмами-эдификаторами, деятельность которых создавала или серьезно изменяла окружающую среду, были гетеротрофные бактерии-редуценты пятого трофического уровня (рис. 6). В структуре фенестровых известняков принимали основное участие пелоиды, кальцисферы и фенестры, не обладающие каркасостроящим потенциалом и, соответственно, не способные формировать биогермные структуры. Среди кальцисфер были идентифицированы скелеты радиолярий, губок, акритарх, возможных фораминифер, а также фоссилии зеленых и харовых водорослей [3, 26]. Методом рентгеновской томографии выявлено, что пористость в известняках (<1% – 15%) образована разветвленной системой микротрещинок и микроканальцев, соединявших микрополости, сформированных в микробиально-пелоидных карбонатных илах, обогащенных ОВ. Полученные данные о существенной разнофациальности рифогенной толщи на примере фаменских образований необходимо использовать при разработке направлений поисков наиболее перспективных коллекторов в верхнедевонском нефтегазоносном комплексе Тимано-Печорской провинции.

Позднетурнейско-среднекаменноугольный этап был насыщен перерывами в осадконакоплении, мощным брекчиеобразованием, сокращением биогенной аккумуляции и т.д., обусловленными началом Уральского орогенеза. Инверсионные и орогенные процессы способствовали резкой дифференциации дна бассейна: установлено отсутствие косьинских и радаевских отложений, формирование сидеритоносных каолинитовых аргиллитов в косьинское, а палеопочвенных горизонтов – в бобриковское время [27]. В формировании визейских сидеритовых конкреций на Приполярном Урале установлено участие бактериальных сообществ [28]. В конкрециях, наряду с сидеритизированными остатками гониатитов и брахиопод, присутствуют своеобразные гидротермальные минералы шамаэнит, цумоит, фаузерит, а также барит, халькопирит и сфалерит. Это позволяет предположить участие газово-флюидных высачиваний, пагубно влиявших на биоту, однако способствовавших активизации бактериальных сообществ [29]. Отметим, что в конкрециях и вмещающих аргиллитах присутствуют каолинит и иллит, бактерии используют глинистый субстрат в качестве донора, а минеральные вещества встраиваются в их метаболизм [30]. Выявление элементоспецифических бактерий в формировании конкреций заставляет обратить большее внимание на роль тектонических процессов в образовании рудоносных толщ.

Возникновение в визейском веке обширных областей эрозии и бассейнов с затрудненным водообменом способствовало также накоплению глинистых осадков с повышенным содержанием ОВ (кушковатский тип разрезов нижнего визе). Изучение разрезов среднего и верхнего визе на гр. Чернышева (р. Шаръю), и в бассейне верхней Печоры (реки Унья и Б. Шежим) показало, что осадконакопление происходило в условиях устойчивого обмеления мелкого моря. На гр. Чернышева тульские отложения накапливались в пределах сублиторали

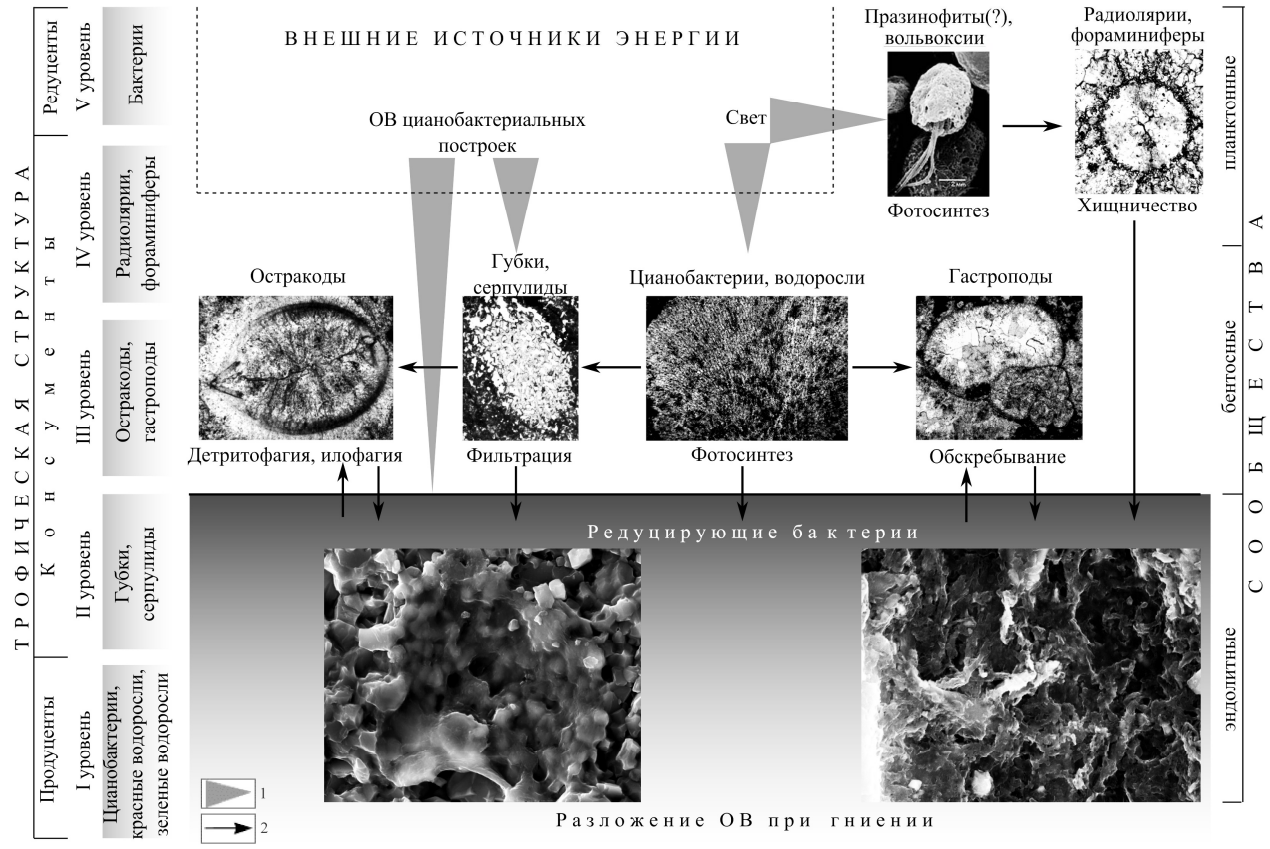

Рис. 6. Схема трофической структуры биотопа в бассейне формирования фенестровых известняков. 1 – источники света; 2 – энергетическая взаимосвязь между сообществами.

с умеренной гидродинамикой в понижениях морского дна. В начале алексинского века шло постепенное выравнивание дна бассейна и установление обстановок верхней сублиторали. Обмеление в раннемихайловское время нарушило свободный водообмен, но в позднемихайловское и раннеалексинское время возобновились открытоморские условия [31, 32]. Мелкое море существовало и на территории бассейна верхней Печоры, где периодическое обмеление проявилось в разрезах западной и центральной частях территории формированием поверхностей перерывов и оолитовых известняков. Восточные разрезы (район устья р. Б. Шежим, Уньинская пещера) имеют сходство с разрезом р. Шаръю. В то же время разрезы тульского и алексинского горизонтов на западе отличаются обилием кремневых образований, а михайловского и веневского горизонтов – присутствием кварцевых песчаников, обломочных карбонатов и доломитовых разностей [33, 34]. Вероятной причиной этих различий являлись близость области эрозии на юге и более узкая шельфовая зона на территории бассейна верхней Печоры.

Отложения среднего карбона на территории гр. Чернышева широко развиты, за исключением северных районов, где разрез карбона завершается окским надгоризонтом визейского яруса. Известно [35], что восточный (кожимский) и западный (шарьюский) типы разрезов характеризуют разные фациальные зоны. Новые данные по разрезам р. Шаръю (районы Средних и Верхних ворот, руч. Сортэмаёль) позволили выделить в этих зонах косогорско-аскынбашский, ташастинский (башкирский век), асатаусско-каширский и подольско-мячковский (московский век) подэтапы (рис. 7). На первом подэтапе на востоке гряды обособляется область, где неоднократно возникали отмели и острова, тогда как на западе формировались нормально-морские карбонаты с отчетливым цикличным строением. В основании циклитов характерны отложения прибрежного мелководья (гравелиты, оолитовые известняки), а верхнюю часть слагают в большей степени пелитоморфные известняки – отложения сублиторали [1]. Как правило, в циклитах чередуются пачки мощностью до 5–6 м толстонапластованных биокластовых и тонкоплитчатых известняков (оолитовые, строматолитовые и пелитоморфные). Такое строение могло быть обусловлено колебаниями уровня моря в результате периодических инверсионных подвижек на востоке гряды. В ташастинский подэтап в строении циклитов проявилось изменение условий осадконакопления отложений шаръюского типа [36]. Седиментационные циклы различаются по продолжительности, а в циклитах проявляется однократная смена спокойного и активного гидродинамических режимов. Вместе с тем происходит смена состава биогенных компонентов: резко возрастает роль водорослей, отмечаются редкие фрагменты бентосной фауны. С наступлением асатауского века вплоть до конца каширского века ус-

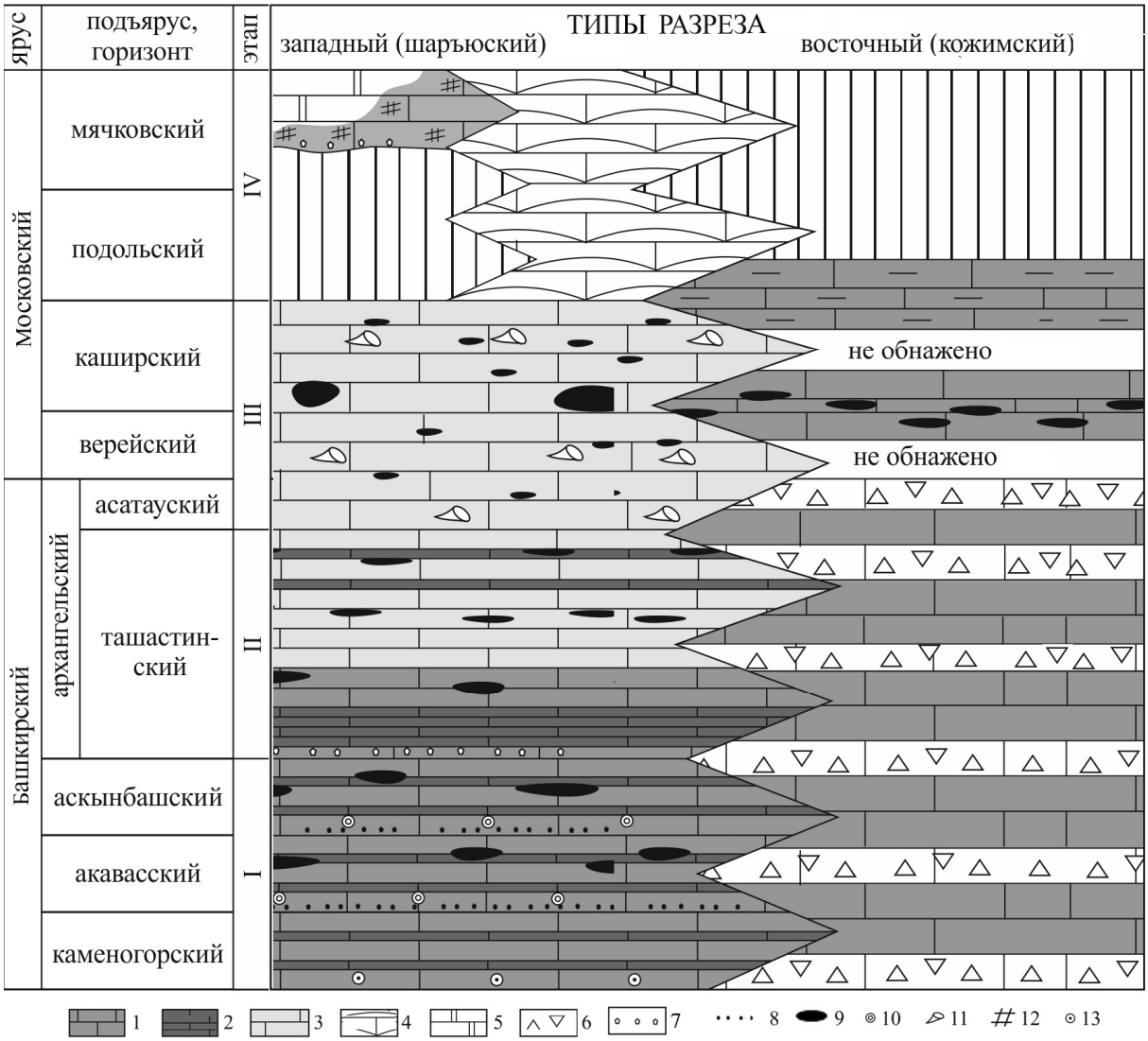

Рис. 7. Корреляция типов среднекаменноугольных отложений гр. Чернышева. Условные обозначения: 1 – 4 – известняки: 1– биокластовые, 2 – тонкоплитчатые, 3 – водорослевые и водорослево-биокластовые, 4 – гидрактиноидные; 5 – доломиты микрозернистые; 6 – грубообломочные брекчии; 7 – мелкообломочные конглобрекчии; 8 – гравелиты; 9 – кремни; 10 – оолиты; 11 – кораллы; 12 – мшанки; 13 – криноидеи.

танавливается стабильный тектонический режим. На юго-востоке гр. Чернышева в это время распространены преимущественно биокластовые осадки и глинисто-шламовые илы, а в центральной области – биоморфные коралловые и водорослевые, микробиально-водорослевые образования. Подольско-мячковский подэтап характеризуется обширной регрессией, приведшей к перерыву осадконакопления. Море сохранялось только на юге территории, где накапливались биокластовые осадки. Некоторое углубление бассейна отмечается в мячковское время – появление биокластовых разностей в известняково-доломитовой толще.

Неустойчивость обстановок осадконакопления в течение эпохи проявляется и в восточных разрезах региона. На Северном Урале (бассейн верхней Печоры) в начале башкирского века установились пелагические обстановки открытого моря, сменившиеся в московское время отмельными. На Приполярном Урале (бассейн р. Щугер) в это время в условиях дифференциации дна существовали резкие колебания уровня моря, отраженные в резкой смене литотипов, присутствии седиментационных и стратиграфических перерывов, строматолитовых биогермов и толщ карбонатных брекчий [35, 37]. Постепенная смена литотипов в нижнемосковских разрезах отражает стабилизацию колебаний моря в это время. В конце века усилилась дифференциация морского дна, что обусловило накопление мощных карбонатно-глинистых толщ на западе и формирование скелетных холмов на востоке [1]. Итак, обстановки осадконакопления на территории гр. Чернышева, отличающиеся от таковых на Северном Урале (бассейн верхней Печоры), имеют некоторое сходство с обстановками на Приполярном Урале, что особенно отчетливо проявляется в разрезах нижнебашкирских и верхнемосковских отложений [37].

Позднекаменноугольно-раннепермский этап имеет еще большие отличия в характере седимен-

тации, что было обусловлено усилившимся Уральским орогенезом и биосферными изменениями в позднепалеозойской истории Земли [38]. Карбонатное осадконакопление на Северном Урале и прилегающей части Приуралья (бассейны рек Илыч, Унья) в касимовско-среднегжельское время характеризовалось распространением разнообразных биокластовых песков и глинисто-карбонатных илов открытого мелкого моря. В позднегжельско-раннепермское время деградация окраины карбонатной платформы фиксируется смещением скелетных и иловых холмов в западном направлении [39]. Своеобразные текстуры в скелетных холмах создавали биоиндуцированные крустификационные цементы вокруг палеоаплизин, мшанок, тубифитесов, благодаря чему нижнепермская органогенная постройка на р. Унье получила широко известное название «Писаный Камень». Палеоэкосистемное изучение илового холма Розя Кырты на р. Илыч показало, что здесь преобладают пелоидные и пелитоморфные известняки с рассеянными скелетными остатками мшанок, губок и редких фораминифер. Палеореконструкции позволили предположить, что такие постройки формировались на приподнятых участках дна в более глубоководной обстановке, чем скелетные холмы [40].

Распространение биологически индуцированных цементов было связано в большей степени с изменениями физико-химических параметров океанских вод, обусловленных биосферными явлениями (рис. 8). Разнообразие скелетных метазой и водорослевых ассоциаций свидетельствует о высоком питательном балансе морских вод [38]. Температура вод в мелководных уральских морских бассейнах приэкваториальных областей составляла 13.7–18.9°С (гжель), достигая в сакмарское время 17.4–23.7°С [41], характеризуя прохладные воды умеренной зоны. Это отражало влияние на приэкваториальные бассейны мощного гондванского оледенения в позднем карбоне-ранней перми. Эвстатическое понижение уровня моря, связанное с оледенением и проявлением мощной пермской фазы герцинского тектогенеза, привело к возникновению обширных областей эрозии. Соответственно изменились палеоландшафтные обстановки, палеоэкологические условия, усилился континентальный снос, вызвавший увеличение трофических уровней, усиление биохимической деятельности микробиальных сообществ и формирование своеобразных биоиндуцированных цементов, широко представленных в скелетных холмах региона.

История глинисто-известкового и терригенного осадконакопления на этом этапе резко отличается. Она подразделяется на позднекаменноугольно-сакмарский и артинский подэтапы. Более разнообразные обстановки существовали на раннем подэтапе на территории Большесынинской и южной части Косью-Роговской впадин. На западе деградирующей окраины карбонатной платформы формировались мелководно-морские карбонатные отложения, а на востоке – относительно глубоководные глинисто-известковые осадки и массивные скелетные холмы, замещающие друг друга по литерали. Южнее на севере Верхнепечорской впадины их смена происходит в разрезе [44]. На севере Косью-Роговской впадины ассельско-сакмарские глинисто-известковые отложения сезымской свиты со стратиграфическим перерывом залегают на биокласто-

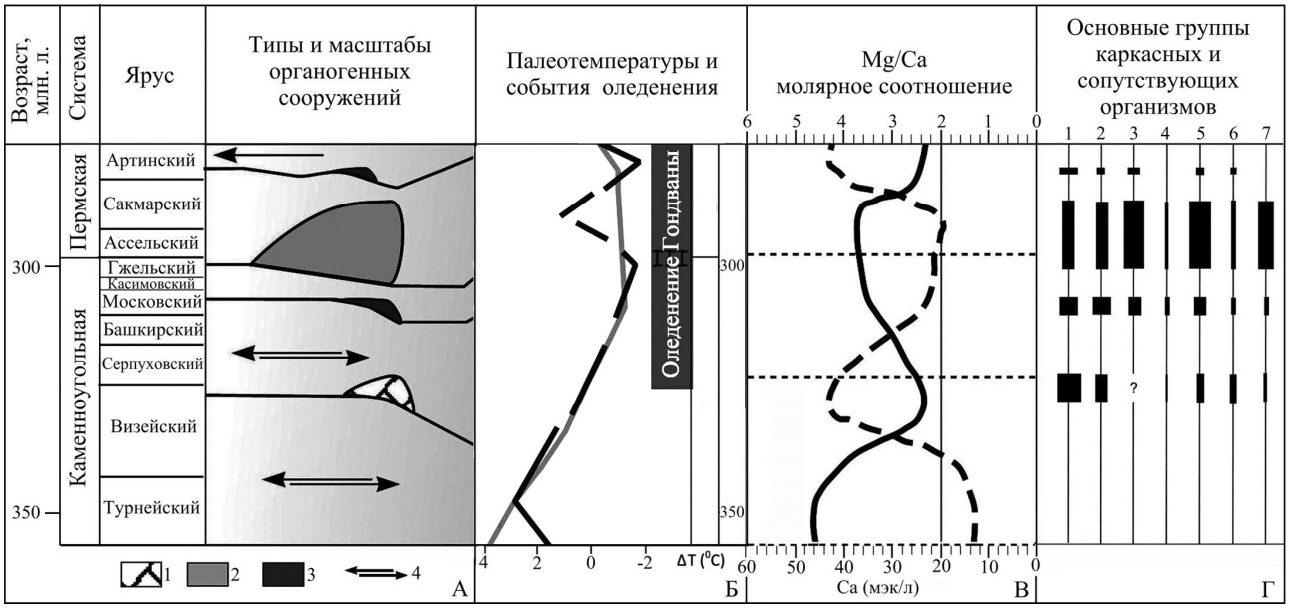

Рис. 8. Взаимосвязь каменноугольно-раннепермского рифообразования с глобальными биосферными событиями. (А) 1– рифы, 2 – скелетные холмы, 3 – микробиальные, иловые холмы, 4 – рампа со свободным водообменом; Б – (по: 42); В – колебания карбонатной минералогии быстро обызвествляющихся организмов (по: 43); Г – основные группы организмов: 1 – цианобактерии и кальцимикробы, 2 – водоросли, 3 – палеоаплизины и тубифитесы, 4 – кораллы, 5 – мшанки и фораминиферы, 6 – иглокожие, 7 – брахиоподы.

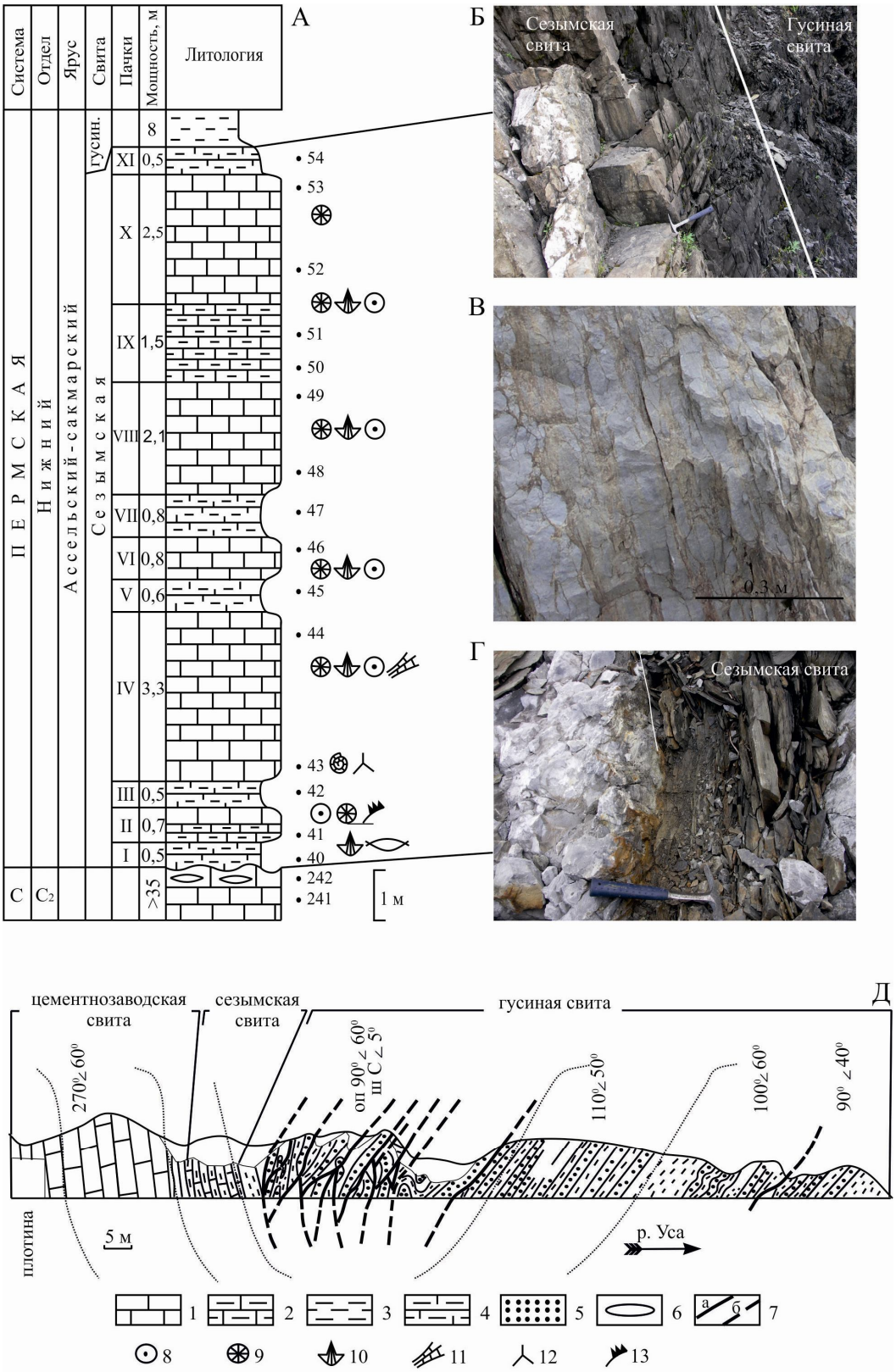

Рис. 9. Ассельско-сакмарские глинисто-карбонатные отложения (сезымская свита) р. Уса. А – литолого-стратиграфический разрез; Б – граница свиты с терригенной гусиной свитой; В – известняки сезымской свиты с характерной петельчатой текстурой; Г – эрозионная граница со среднекаменноугольными известняками цементнозаводской свиты; Д – схема геологического разреза. Условные обозначения: 1 – известняки биокластовые; 2 – известняки глинистые; 3 – глинистые сланцы; 4 – известково-глинистые сланцы; 5 – песчаники граувакковые; 6 – конкреции кремней; 7 – разрывные нарушения (а – наблюдаемые, б – предполагаемые); 8–13 остатки фауны: 8 – криноидей, 9 – ругоз, 10 – брахиопод, 11 – мшанок, 12 – спикул губок, 13 – конодонтов.

вых известняках среднего карбона (рис. 9). Это проявлено эрозионными карманами в кровле подстилающих известняков и присутствием в разрезах карьера Цементного завода слоя разноцветной глины мощностью до 0.4 м [45]. Сложные пространственно-временные взаимоотношения между рифогенными образованиями и глинисто-карбонатными отложениями указывают на различия синседиментационной тектоники в шельфовой зоне континентальной окраины до заложения краевого прогиба. На севере восточная окраина шельфа была приподнята и эродирована, а затем погружена на небольшую глубину. На юге территории соседство двух разных обстановок осадконакопления в касимовско-сакмарское время говорит об условиях устойчивого тектонического режима. Смену верхнеассельско-сакмарских рифогенных известняков по разрезу тонко переслаивающимися глинисто-известковыми отложениями можно объяснить как трансгрессией моря, так и миграцией глубоководной части бассейна в широтном направлении.

В артинском веке на континентальной окраине закладывается глубоководный краевой прогиб, заполняющийся терригенным флишем, мигрирующим из Лемвинской структурно-формационной зоны. Структурно-текстурные признаки пород и их циклитовое строение говорят о турбидных потоках с участием отложений оползней, обломочных шлейфов и фоновых пелагитов. На территории Большесынинской и юга Косью-Роговской впадин рифогенные известняки и флиш в разрезе разделяет артинская алеврито-кремнисто-глинисто-известковая толща (около 300 м). Наблюдаются слои с крупными седиментационными складками оползания, с градационной, косой и тонкой горизонтальной слойчатостью. В этой многокомпонентной толще встречены три типа фосфатных пород: отдельные переотложенные галькиа, пластообразные железисто-карбонатные конкреции, обломочные фосфатоносные известняки [46–48]. Вероятнее всего, образование фосфатоносных отложений происходило на склонах заложившихся в конце каменноугольного периода вдоль окраины карбонатной платформы поднятий и их подножий, фиксирующиеся по распространению скелетных холмов. Присутствие слоев тонко-мелкозернистых грауваковых песчаников среди артинских кремнисто-глинисто-известковых отложений (р. Кожым) объясняется привносом полимиктового тонкообломочного материала в эту область мутьевыми потоками с Уральского орогена. В позднеартинское время терригенное осадконакопление распространилось на всю территорию. Накопление мощного артинского терригенного комплекса полностью компенсировалось прогибанием, которое здесь было наиболее интенсивным.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования по реконструкции палеозойского осадконакопления на северо-восточной окраине Европейской платформы выявили чрезвычайно сложный онтогенез осадочного бассейна. Его зарождение сопровождалось континентальным осадконакоплением (пострифтовое заложение Палеоуральского океана). Развитие карбонатной платформы характеризовалось неоднократной сменой морских обстановок, изменением геоморфологии дна бассейна и абриса континентальной окраины (внутриплитный рифтогенез, инверсия) и завершилось мощным континентальным осадконакоплением на рубеже ранней и средней перми (орогенез и закрытие Палеоуральского океана). Биосферные изменения отразились в формировании переломных рубежей в осадочных последовательностях, в перестройках бентосных и планктонных экосистем и формировании рудных и нерудных полезных ископаемых. Показано, что региональные особенности режимов седиментации и связанное с ними формирование перспективных коллекторов, рудоносных толщ, рудопроявлений и углеводородных залежей на разных этапах истории палеозойского осадочного бассейна контролировались, прежде всего, тектонической эволюцией фундамента Тимано-Североуральского литосферного блока.

Среди проблем и задач дальнейшей реконструкции палеозойского осадконакопления можно отметить следующие. 1. Выявление биотических, седиментационных и литогенетических реперов/рубежей. 2. Выявление генезиса и распространения фосфоритовых, сидеритовых, карбонатных, кремневых и шамозитовых конкреций, сидерито- и фосфатоносных пород разного возраста, что важно с позиций роли бактериального литогенеза и восстановления палеотектонических условий в этапы их распространения. 3. Выявление горизонтов кор выветривания и палеопочв, а также условий седиментации после стратиграфических (раннекембрийского, предраннефранского, предвизейского, предассельского и др.) перерывов с целью выяснения условий образования осадочных полезных ископаемых. 4. Совершенствование методологической базы исследований метаморфизованных терригенных, террригенно-вулканогенных толщ и выявление закономерностей и особенностей формирования отложений нижнего палеозоя. 5. Разработка единого подхода и диагностических признаков, позволяющих установить генетическую принадлежность, исходный субстрат и постдиагенетические изменения отложений, условия и процессы минералообразования, источники вещества рудной минерализации.

Литература

1. *Антошкина А.И., Салдин В.А., Никулова Н.Ю. и др.* Особенности палеозойской истории Североуральского осадочного бассейна // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 3. С. 16–23.
2. *Антошкина А.И.* Бактериальный литогенез// Обзор концептуальных проблем литологии. М.: ГЕОС, 2012. С. 89–105.
3. *Антошкина А.И., Пономаренко Е.С., Канева Н.А.* Фенестровые известняки как индикатор специфики позднедевонских морей, Тимано-Североуральский регион // Литология и полезные ископаемые. 2014. №.6. С. 493–505. Antoshkina A.I., Ponomarenko E.C., Kaneva N.A.

Fenestral Limestones: Specific Features of Late Devonian Sea in the Timan–northern Ural Region // Lithology and Mineral Resources. 2014. Vol. 49. No. 6. P. 461–472.
4. *Klimenko S.S., Anischenko L.A., Antoshkina A.I.* The Timan-Pechora Sedimentary Basin: Palaeozoic reef formation and petroleum systems// Geological Society, London, Memoirs 2011. Chapter 13. Vol. 35. P. 223–236.
5. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
6. *Елисеев А.И.* Геологические формации и методы формационного анализа. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 38 с.
7. *Никулова Н.Ю.* Базальные горизонты уралид севера Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 240 с.
8. *Никулова Н.Ю.* Особенности строения базальных горизонтов уралид в междуречье Малой Кары и Малой Усы // Литосфера. 2014. № 2. С. 125–130.
9. *Антошкина А.И.* Раннепалеозойское рифообразование на Севере Урала как пример его взаимосвязи с гео-биосферными изменениями // Рифогенные формации и рифы в эволюции биосферы. Серия «Гео-биологические системы в прошлом». М.: ПИН РАН, 2011. С.116–141.
10. *Шмелёва Л.А.* Палеоландшафтная реконструкция верхнеордовикского рифа р. Б. Косью (р. Илыч, Северный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 23-й науч. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2014. С. 146–149.
11. *Антошкина А.И.* Рифообразование в палеозое: север Урала и сопредельные области. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 303 с.
12. *Antoshkina A.* Oolite-stromatolite association: A possible sedimentalogical marker of Silurian bioevents, Timan-northern region // Geologic and biotic events and their relationships during the Early to Middle Paleozoic. Kunming, China, 13-14 August, 2014: Extended Summary. Nanjing University Press. 2014. P. 5–8.
13. *Шеболкин Д.Н., Мänник П.* Венлокские отложения южной части гр. Чернышева (Тимано-Североуральский регион) // Литосфера. 2014. № 1. С. 33–40.
14. *Антошкина А.И.* Отражение хирнантской фазы гондванского оледенения в отложениях Приполярного Урала // Материалы III Всерос. совещания «Палеозой России: региональная стратиграфия, гео-и биособытия». СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. С. 18–20.
15. *Хипели Р.В.* Закономерности формирования палеозойских органогенных построек и связанных с ними резервуаров на юге Хорейверской впадины: Дис. канд. геол.-минерал. наук. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2005. 250 с.
16. *Антошкина А.И., Шеболкин Д.Н.* Генетическая интерпретация ооидных образований (на примере венлокских отложений южной части гр. Чернышева) // Геохимия литогенеза: Материалы Российск. совещ. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2014. С. 165–168.
17. *Антошкина А.И., Валяева О.В., Исаенко С.И., Процько О.С.* Черные аргиллиты верхнего лудфордия как свидетельство эвксинных условий, Приполярный Урал // Геохимия. 2012. №. 10. С.1-7. Antoshkina A.I., Valyaeva O.V., Isaenko S.I., Prots'ko O.S. Upper Ludfordian Black Shales as Indicators of Euxinic Conditions, Subpolar Urals // Geochemistry International. 2012. Vol. 50. No 12. P. 1038–1043.
18. *Lehnert O., Eriksson M. J., Calner M. et al.* Concurrent sedimentary and isotopic indications for global climatic cooling in the Late Silurian // Acta Palaeontologica Sinica. 2007. Vol. 46. P. 249–255.
19. *Юрьева З.П., Валиукевичус Йю.* Нижний девон Варандей-Адзьвинской структурной зоны // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 15. С. 6–10.
20. *Юрьева З.П., Валиукевичус Йю.* Нижнедевонская карбонатная клиноформа Хорейверской впадины Тимано-Североуральского региона (стратиграфия, корреляция) // Литосфера. 2014. № 2. С. 26–38.
21. *Юрьева З.П.* Корреляция пражских и эмсских разнофациальных отложений Печорской плиты // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т.9. №.3. http://www.ngtp.ru/rub/2/32_2014.pdf.
22. *Yurieva Z.P.* Lower and overlying Devonian deposits (northern part of the Timan-Pechora Region, Russia) // Abstract Volume, International Symposium in Mongolia IGCP 596 & IGCP 580 Joint Meeting and Field workshop. Graz: Ber.Inst. Erdwiss K.-F.-Univ. Graz. 2014. Band 19. P. 58–60.
23. *Антошкина А.И.* Позднедевонские рифовые экосистемы: специфика сообществ и биогенных структур (на примере Тимано-Североуральского региона) // Проблемы эволюции биосферы. Серия «Гео-биологические системы в прошлом». М.: ПИН РАН, 2013. С. 190–205.
24. *Канева Н.А.* Эволюция фаменского морского бассейна на территории Центрально-Хорейверской рифогенной зоны // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI геолог. съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2014. С. 248–250.
25. *Канева Н.А.* Условия образования нижнефаменских отложений Центрально-Хорейверской рифогенной зоны // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. №10. С. 12–16.
26. *Канева Н.А., Пономаренко Е.С., Шевчук С.С.* Проблема генетической интерпретации inse-

rtae sedis Calcisphaera (на примере верхнедевонских отложений Тимано-Печорского региона) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. №12. С. 15–19.
27. *Рябинкина Н.Н.* Визейские терригенные отложения северо-востока Европейской платформы // Литосфера. 2009. № 2. С. 3–13.
28. *Антошкина А.И., Рябинкина Н.Н.* Сидеритовые бактериолиты в нижнекаменноугольных отложениях на Приполярном Урале // Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: проблемы структурирования, упорядочения и эволюции структуры: Материалы минерал. семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2012. С. 78–79.
29. *Антошкина А.И., Рябинкина Н.Н.* Сидериты как продукт бактериальной деструкции глинистых осадков (на примере нижнего карбона Приполярного Урала) // Материалы Всероссийского литологического совещания. Т.II. СПб.: СПбГУ, 2012. С. 206–208.
30. *Наймарк Е.Б., Ерощев-Шак В.А., Чижикова Н.П., Компанцева Е.И.* Взаимодействие глинистых минералов с микроорганизмами: обзор экспериментальных данных // Журнал общей биологии. 2009. Т.70. № 2. С. 155–167.
31. *Шадрин А.Н.* Литология и условия осадконакопления отложений тульского горизонта бассейна р. Уньи (Северный Урал) // Ленинградская школа литологии: Материалы Всерос. литол. совещ. СПб.: СПбГУ, 2012. Т.1. С. 264–265.
32. *Шадрин А.Н., Морокова Ю.И., Сандула А.Н.* Литология визейских отложений реки Шаръю (гряда Чернышева) // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: Материалы 7-го Всерос. литол. совещ. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. Т.3. С.267–270.
33. *Шадрин А.Н.* Литология и условия осадконакопления отложений алексинского горизонта бассейна реки Уньи (Северный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Информ. материалы 21-й науч. конф. ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2012. С. 270–273.
34. *Шадрин А.Н.* Состав и строение отложений веневского горизонта р. Унья (визе, нижний карбон, Северный Урал) // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI геол. съезда РК. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2014. Т.2. С. 268–169.
35. *Елисеев А.И.* Стратиграфия и литология каменноугольных отложений гряды Чернышева. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 173 с.
36. *Сандула А.Н., Шмелёва Л.А.* Литология ташастинского горизонта башкирского яруса среднего карбона в разрезе р. Шарью (гряда Чернышева) // Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России: Материалы XVI геолог. съезда РК. Т.II. Сыктывкар: Геопринт, 2014. С. 266–267.
37. *Сандула А.Н.* Известняковые брекчии в каменноугольных отложениях Печорского Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 143 с.
38. *Антошкина А.И., Пономаренко Е.С.* Биоиндуцированная крустификация как реакция позднекаменноугольно-раннепермских рифовых экосистем на изменения биосферы // Проблемы эволюции биосферы. Серия «Геобиологические системы в прошлом». ПИН РАН, 2014. С. 44–62. Antoshkina A. I., Ponomarenko E. C. Bioinduced crustification as a reaction of Late Carboniferous-Early Permian reef ecosystems to biosphere changes // Paleontological Journal. 2014. V. 48 No. 14. P. 1565-1576.
39. *Палеозойское осадконакопление* на внешней зоне шельфа пассивной окраины северо-востока Европейской платформы / А.И. Антошкина, В.А. Салдин (отв. ред.). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 200 с.
40. *Пономаренко Е.С.* Литолого-палеоэкологическая характеристика нижнепермской органогенной постройки Розя Кырта Изпыредский, Северный Урал // Литосфера. №3. 2011. С. 50–63.
41. *Захаров Ю.Д., Борискина Н.Г., Попов А.М.* Реконструкция условий морской среды позднего палеозоя и мезозоя по изотопным данным (на примере севера Евразии). Владивосток: Дальнаука, 2001. 112 с.
42. http://upload/wikipedia.org/wikipedia.commons/F/F5/ALL_paleotemps.png
43. *Flügel E.* Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. Berlin: Heidelberg-Springer-Verlag. 2004. 976 p.
44. *Saldin V.A., Inkina N.S.* Depositional features of Asselian-Sakmarian argillaceous-calcareous deposits in the northern part on the western slope of the Urals and Pre-Urals // Abstracts of the Intern. conference on Carboniferous and Permian Earth systems, stratigraphic events, biotic evolution, sedimentary basins and resources. Kazan: Kazan. Univer. 2014. P. 69-70.
45. *Инкина Н.С.* Строение сезымской свиты нижней перми в разрезе р. Уса (Косью-Роговская впадина)// Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 22-й науч. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2013. С. 236–240.
46. *Салдин В.А.* Фосфориты в каменноугольных отложениях яйюской свиты Лемвинской структурно-формационной зоны (Полярный Урал) // Материалы Всерос. литол. совещ. СПб.: СПбГУ, 2012. Т.II. С. 43-44.
47. *Салдин В.А.* Фосфатсодержащие породы нижней перми Большесынинской впадины Предуральского краевого прогиба // Материалы VII Всерос. литол. совещ. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. Т.III. С. 57–60.
48. *Салдин В.А.* Фосфатоносность нижнепермских отложений северной части Предуральского краевого прогиба // Геология и мине-

ральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI геолог. съезда РК. Т. II. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2014. С. 257–259.

References

1. *Antoshkina A.I., Saldin T.A., Nilulova N.Yu., Sandula A.N., Ponomarenko E.S., Shebolkin D.N., Shadrin A.N., Kaneva N.A.* Osobennosti paleozojskoj istorii Severoural'skogo osadochnogo basejna [Paleozoic history features of the North Urals sedimentary basin] // Bulletin of the Institute of Geology, Komi Sci.Centre, Ural Branch, RAS, 2012, No. 3. P. 16-23.
2. *Antoshkina A.I.* Bakterial'nyj litogenez [Bacterial lithogenesis]//Obzor konzeptual'nyh problem litologii [Review of conceptual problems of lithology]. Moscow: GEOS. 2012. P. 89-105.
3. *Antoshkina A.I., Ponomarenko E.C., Kaneva N.A.* Fenestrovye izvestnyaki kak indikator spetsifiki pozdnedevonskih morej, Timao-Severoural'skij region [Fenestral limestones as the indicator of specificity of the Late Devonian Sea in the Timan–North Urals Region // Liologiya I poleznye iskopaemye [Lithology and Mineral Resources], 2014. No. 6. (493–505). *Antoshkina A.I., Ponomarenko E.C., Kaneva N.A.*// 2014, Vol. 49, No. 6 (461–472).
4. *Klimenko S.S., Anischenko L.A., Antoshkina A.I.* The Timan-Pechora Sedimentary Basin: Palaeozoic reef formation and petroleum systems// Geological Society, London, Memoirs 2011. Chapter 13. Vol. 35. P. 223-236.
5. *Puchkov T.N.* Geologiya Urala I Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki I metallogenii) [Geology of the Urals and Sub-Urals (current problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DisignPoligrafService, 2010. 240 p.
6. *Eliseev A.I.* Geologicheskie formatsii i metody formatsionnogo analiza [Geological formations and methods of the formation analysis]. Syktyvkar: Geoprint, 2008. 38 p.
7. *Nikulova N.Yu.* Bazal'nye gorizonty uralid severa Urala [The basal horizons of Uralides of the north of the Urals]. Ekaterinburg: RIO Ural Branch, RAS, 2013. 240 p.
8. *Nikulova N.Yu.* Osobennosti stroeniya bazal'nykh gorizontov uralid y mehzdurech'e Maloj Kary i Maloj Usy [Structures of Uralide basal layers in the interfluves of the Malaya Kara and Malaya Usa]. // Litosfera, 2014, No 2. P. 125–130.
9. *Antoshkina A.I.* Rannepaleozojskoe rifoobrazovanie na Severe Urala kak primer ego vzaimosvyazi s geo-biosfernymi izmeneniyami [Early Paleozoic reef formation in the north of the Urals as an example of its relationship with geo-biospheric changes]//Rifogennye formazii I pify v evolyuzii biosfery. Seriya «Geobiologicheskie sistemy v proshlom» [Reef formation and reefs in biosphere evolution. Series "Geobiological systems in the past". Moscow: PIN RAS, 2011. P.116-141.
10. *Shmeleva L.A.* Paleolandshaftnaya rekonstruktsiya verkhneordovikskogo rifa reki B. Kos''yu (reka Ilych, Severnyj Ural) [Paleolandscape reconstruction of the Upper Ordovician reef in the Bol'shaya Kos'yu River (Ilych River, Northern Urals)] // Struktura, veshestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: Materialy 23-j nauchnoj konferentsii [Structure, substabce, lithosphere of the Timan-North Urals segment: Materials of 23 Sci. Conf.]. Syktyvkar: Geoprint, 2014. P. 146-149.
11. *Antoshkina A.I.* Rifoobrazovanie v paleozoe: sever Urala i sopredel'nye oblasti. [Reef formation in the Paleozoic: north of the Urals and adjacent areas]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2003. 303 p.
12. *Antoshkina A.* Oolite-stromatolite association: A possible sedimentalogical marker of Silurian bioevents, Timan-northern region // Geologic and biotic events and their relationships during the Early to Middle Paleozoic. Kunming, China, 13-14 August, 2014: Extended Summary. Nanjing University Press. 2014. P. 5-8.
13. *Shebolkin D.N., Mдnnik P.* Venlokskie otlozheniya yuzhnoj chasti gryady Chernysheva (Timano-Severoural'skij region) [Wenlockian deposits in the southern part of the Chernyshev Swell (Timan–North Urals Region)] // Litosfera, 2014. No 1. P. 33-40.
14. *Antoshkina A.I.* Otrazhenie hirnantskoj fazy gondvanskogo oledeneniya v otlozheniah Pripolyarnogo Urala [Reflection of the Gondwanian glaciation Hirnantian phase in the Subpolar Urals deposits] // Materialy III Vserossijskogo soveshaniya "Paleozoj Rossii: regional' naya stratigrafiya, geo- i biosobytiya» [Materials of III All-Russia meeting "The Palaosoic of Russia: regional stratigraphy, geo- and bioevents"]. St.Petersburg: VSEGEI, 2012. P. 18-20.
15. *Khipeli R.V.* Zakonomernosti formirovaniya paleozojskikh organogennykh postroek i svyazannykh s nimi reservuarov na yuge Khorejverskoj vpadiny [Regularities of formation of Paleozoic organogenic buildups and associated reservoirs in the south of Khoreiver Depression]: Avtoreferat dissert. k.g.-m.n. Syktyvkar: Geoprint, 2005.
16. *Antoshkina A.I., Shebolkin D.N.* Geneticheskaya interpretatsiya ooidnyh obrazovanij (na primere venlokskih otlozhenij yuzhnoj chasti gryady Chernysheva) [Genetic interpretation of ooid formations (on an example of the Wenlock deposits in the southern part of the Chernyshev Swell)] // Geokhimiya litogeneza: materialy rossijskogo soveshaniya [Geochemistry of lithogenesis: materials of the Russian meeting]. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2014. P. 165-168.
17. *Antoshkina A.I., Valyaeva O.T., Isaenko S.I., Prots'ko O.S.* Chernui argillity verhnego ludfordiya kak svidetel'stvo evksinnyh uslovij, Pripolayrnuj Ural // Geokhimiya, 2012, No. 10. (1-7). *Antoshkina A.I., Valyaeva O.T., Isaenko S.I. & Prots'ko O.S.* Upper Ludfordian Black Shales as Indicators of Euxinic Con-

ditions, Subpolar Urals // Geochemistry International, 2012, Vol. 50, No. 12. (1038–1043).
18. *Lehnert O., Eriksson M. J., Calner M. et al.* Concurrent sedimentary and isotopic indications for global climatic cooling in the Late Silurian // Acta Palaeontologica Sinica. 2007. Vol. 46. P. 249–255.
19. *Yur'eva Z.P., Valiukevichus Эu.* Nizhnij devon Varandej-Adz'venskoj strukturnoj zony [The Low Devonian of the Varandej-Adz'va structural zone (stratigraphy, correlation)] // Bulletin of the Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2012. No. 15. P. 6-10.
20. *Yur'eva Z.P., Valiukevichus Эu.* Nizhnedevonskaya karbonatnaya klinoforma Khorejverskoj vpadiny Timano-Severoural'skogo regiona (stratigrafiya, korrelyatsiya) [The Low Devonian carbonate clinoform of the Khoreiver Depression (stratigraphy, correlation)] // Lithosfera, 2014. No 2. P. 26-38.
21. *Yur'eva Z.P.* Korrelyatsiya prazhskikh i emsskikh raznofachial'nykh otlozhenij Pechorskoj plity [Correlation of Pragian and Emsian various facies of the Pechora Plate] // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika [Oil and gas geology. Theory and practice]. 2014. Vol. 9. No 3.
22. *Yurieva Z.P.* Lower and overlying Devonian deposits (northern part of the Timan-Pechora Region, Russia) // Abstract Volume, International Symposium in Mongolia IGCP 596 & IGCP 580 Joint Meeting and Field workshop. Graz: Ber.Inst. Erdwiss K.-F.-Univ. Graz. 2014. Band 19. P. 58-60.
23. *Antoshkina A.I.* Pozdnedevonskie rifovye ekosistemy: spezifika soobshestv I biogennyh struktur (na primere Timan-Severoural'skogo regiona) [The Late Devonian reef ecosystems: specificity of communities and biogenic structures (on an example of the Timan-North Urals Region)] // Problemy evolyutsii biosfery. Seriya «Geo-biologicheskie sistemy v proshlom» [Problems of biosphere evolution. Series "Geo-biological systems in the past"]. Moscow: PIN RAS, 2013. P.190-205.
24. *Kaneva N.A.* Evolutsiya famenskogo morskogo bassejna na territorii Tsentral'no-Khorejverskoj rifogennoj zony [Evolution of the Famennian marine basin on the Central-Khoreiver reefogenic zone territory] // Geologiya i mineral'nye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii: Materialy XVI Geolog. s''ezda Respubliki Komi [Geology and mineral resources of the European Norheast of Russia: Materials of XVI geological congress of the Komi Republic]. Vol. II. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2014. P. 248-250.
25. *Kaneva N.A.* Usloviya obrazovaniya nizhnefamenskih otlozhenij Tsentral'no-Khorejverskoj rifogennoj zony [Formation conditions of the Low Famennian deposits in the Central-Khoreiver reefogenic zone] // Bulletin of Inst. Of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS], 2013. No. 10. P. 12-16.
26. *Kaneva N.A., Ponomarenko E.S., Shevchuk S.S.* Problema geneticheskoj interpretatsii insertae sedis Calcisphaera (na primere verhnedevonskih otlozhenij Timano-Pechoraskogo regiona) [The problem of genetic interpretation of problematic Calcisphaera incertae sedis (on the example of the Upper Devonian deposits of the Timan-Pechora Region)] // Bulletin of Inst. Of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2013, No. 12. P. 15-19.
27. *Ryabinkina N.N.* Vizejskie terrigennye otlozheniya severo-vostoka Evropejskoj platformy [Visean terrigenous deposits of northeastern European Platform] // Litosfera, 2009, No. 2. P. 3-13.
28. *Antoshkina A.I., Ryabinkina N.N.* Sideritovye bakteriolity v nizhnekamennougol'nyh otlozheniyah na Pripolyarnom Urale [Siderite bacteriolites of Lower Carboniferous deposits in the Subpolar Urals] // Kristallicheskoe i tverdoe nekristallicheskoe sostoyanie mineral'nogo veshestva: problemy strukturirovaniya, uporyadocheniya i evolytsiii struktury: Materialy mineralogicheskogo seminara [Crystalline and solid non crystalline state of mineral substance: Problems of structurization, ordering and evolution of structure: Materials of mineralogical seminar]. Syktyvkar: Geo-print, 2012a. P. 78-79.
29. *Antoshkina A.I., Ryabinkina N.N.* Siderity kak produkt bakterial'noj desruktsii glinistyh osadkov (na primere hizhnego karbona Pripolyarnogo Urala) [Siderites as a product of clay sediments bacterial destruction (on an example of Lower Carboniferous deposits of the Subpolar Urals)] // Materialy Vserossijskogo litologicheskogo soveshyaniya [Materials of All-Russia lithological meeting], Vol. II. St.Petersburg: St.Petersburg State Univ., 2012б. P. 206-208.
30. *Nakmark E.B., Eroshshev-Shak T.A., Cizhikiva N.P., Kompantseva E.I.* Vzaimodejstvie glinistyh mineralov s mikroorganizmami: obzor eksperimental'nykh dannykh [An interaction of clay minerals with microorganisms: a review of experimental data] // Zurnal obshej biologii [J. of General Biology], 2009. Vol. 70, No 2. P. 155-167.
31. *Shadrin A.N.* Литология и условия осадконакопления отложений тульского горизонта бассейна реки Уньи (Северный Урал) [Lithology and environments of the Tula Horizon deposits of the Un'ya River basin (Northern Urals)] // Materialy Vserossijskogo litolog. Soveshaniya [Metarials of All-Russia lithological meeting]. St.Petersburg: St.Petersburg State Univ., 2012a. Vol 1. P.264-265.
32. *Shadrin A.N., Morokova Yu.I., Sandula A.N.* Litologiya vizejskikh otlozhenij reki Shar'yu (gryada Chernysheva) [Lithology of Visean deposits in the Shar'yu River (Chernyshev Swell)] // Materialy VII Vserossijskogo litolog. Soveshaniya [Materials of All-Russia lithological meeting]. Novosibirsk: INGG SO RAN, 2013. Vol. III. P. 267-270.
33. *Shadrin A.N.* Litologiya i usloviya osadkonakopleniya otlozhenij aleksinskogo gorizonta bassejna reki Un'i (Severnyj Ural) [Lithology

and environments of the Aleksin Horizon deposits of the Un'ya River basin (Northern Urals)] // Struktura, veshestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: Materialy nauchnoj konferentsii [Structure, substance, history of lithosphere of the Timan-North Urals segment: Information materials of 21 sci. conf.]. Syktyvkar: Geoprint, 2012б. P. 270-273.

34. *Shadrin A.N.* Sostav i stroenie otlozhenij venevskogo gorizonta reki Un'ya (vise, nizhnij karbon, Severnyj Ural) [Composition and construction of the Venev Horizon deposits in the Un'ya River (Visean, Lower Carboniferous, Northern Urals)] // Geologiya i mineral'nye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii: Materialy XVI Geolog. s''ezda Respubliki Komi [Geology and mineral resources of the European Northeast of Russia: Materials of XVI geological congr. of Komi Republic]. Vol. II. Syktyvkar: Inst.of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2014. P.268-169.
35. *Eliseev A.I.* Stratigrafiya I litologiya kamennougol'nykh otlozhenij gryady Chernysheva [Carboniferous geology and lithology of the Chernyshev Swell]. Moscow-Leningrad: USSR Ac. Sci., 1963. 173 p.
36. *Sandula A.N., Shmeleva L.A.* Litologiya tashatinskogo gorizonta bashkirskogo yarusa srednego karbona v razrese r. Shar'yu (gryada Chernysheva) [Lithology of the Tashatin Horizon in the Shar'yu River section, Middle Carboniferous Bashkirian Stage (Chernyshev Swell)] // Geologiya i mineral'nye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii: Materialy XVI Geolog. s''ezda Respubliki Komi [Geology and mineral resources of the European Northeast of Russia: Materials of XVI geological congress of Komi Republic]. Vol. II. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS , 2014. P. 266–267.
37. *Sandula A.N.* Izvestnyakovye brekchii v kamennougol'nykh otlozheniyakh Pechorskogo Urala [Lime breccias in Carboniferous deposits of the Pechora Urals]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2008. 143 p.
38. *Antoshkina A.I., Ponomarenko E.S.* Bioinduzyrovannaya krustifikaziya kak reakziya pozdnekamennugol'no-rannepermskih rifovyh ekosistem na izmeneniya biosfery // *Problemy evolyutsii biosfery. Seriya «Geo-biologicheskie sistemy v proshlom»*. M.: PIN RAN, 2014. S.44-62; *Antoshkina A. I., Ponomarenko E. C.* Bioinduced crustification as a reaction of Late Carboniferous-Early Permian reef ecosystems to biosphere changes // Paleontological J., 2014, Vol. 48, No. 14. (1565-1576).
39. *Paleozojskoe osadkonakoplenie* na vneshnej zone shel'fa passivnoj okrainy severo-vostoka Evropejskoj platformy [Paleozoic deposition on external shelf of the European Platform passive margin]/ Antoshkina A.I., Saldin T.A. (Ed.). Syktyvkar: Geoprint, 2011. 200 p.
40. *Ponomarenko E.S.* Litologo-paleoekologicheskaya kharakteristika nihznepermskoj organogennoj postrojki Rozya Kyrta Izperedskij, Severnyj Ural [Lithological-paleoecological characteristics of the Low Permian organic buildup Roza Kyrta Izpered, Northern Urals] // Litosfera, No. 3. 2011. P. 50-63.
41. *Zaharov Yu.D., Boriskina N. G., Popov A.M.* Rekonstruktsiya uslovij morskoj sredy pozdnego paleozoya I mezozoya po izotopnym dannym (na primere severa Evrazii) [Reconstruction of the Late Paleozoic and Mesozoic marine environments on isotope data (on an example of the North Eurasia)]. Vladivostok: Dal'nauka, 2001. 112 p.
42. http://upload/wikipedia.org/wikipedia.commons/F/F5/ALL_paleotemps.png
43. *Flügel E.* Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application. Berlin: Heidelberg-Springer-Verlag. 2004. 976 p.
44. *Saldin V.A., Inkina N.S.* Depositional features of Asselian-Sakmarian argillaceous-calcareous deposits in the northern part on the western slope of the Urals and Pre-Urals // Abstracts of the Intern. conference on Carboniferous and Permian Earth systems, stratigraphic events, biotic evolution, sedimentary basins and resources. Kazan: Kazan Univ. 2014. P. 69-70.
45. *Inkina N.S.* Stroenie sezymskoj svity nizhnej permi v razreze r. Usa (Kos'yu-Rogovskaya vpadina) [The Lower Permian Sezym Suite in the Usa River section (the Kos'yu-Rogovaya Depression)] // Struktura, veshestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: Materialy nauchnoj konferentsii [Structure, substance, histoty of lithosphere of the Timan-North Urals segment: Materials of 22 sci. conf.]. Syktyvkar: Geoprint, 2011. P. 236-240.
46. *Saldin T.A.* Fosfority v kamennougol'nykh otlozheniyakh ajyuskoj svity Lemvinskoj struktyrno-formatsionnoj zony (Polyarnyj Ural) [Phosphorites in the Carboniferous Yajyu Suite in the Lemva structure-formation zone (Polar Urals)] // Materialy Vserossijskogo litolog. Soveshaniya [Materials of All-Russia lithological meeting]. St.Petersburg: St.Petersburg State Univ., 2012. Vol. II. P. 43-44.
47. *Saldin T.A.* Fosfatsoderzhashie porody nizhnej permi Bol'shesyninskoj vpadiny Predural'skogo kraevogo progiba [Phosphate-bearing rocks in Lower Permian deposits of the Bol'shaya Zemlya Depression of the Pre-Urals Foredeep] // Materialy VII Vserossijskogo litolog. Soveshaniya [Materials of VII All-Russia lithological meeting]. Novosibirsk: INGG SO RAN, 2013. Vol. III. P. 57–60.
48. *Saldin T.A.* Fosfatonosnost' nizhnepermskikh otlozhenij severnoj chasti Predural'skogo kraevogo progiba [Phosphate content of Lower Permian deposits in the northern part of the Pre-Urals Foredeep]//Geologiya i miner al'nye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii: Materialy XVI Geolog. s''ezda Respubliki Komi [Geology and mineral resources of the European Northeast of Russia: Materials of XVI geological congr. of Komi Republic]. Vol. II. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2014. P. 257-259.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 1(21). Сыктывкар, 2015.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 622.92: 531.787

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНОГО ДАВЛЕНИЯ МЕЖДУ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ КОНИЧЕСКОГО УПЛОТНИТЕЛЯ И СТЕНКОЙ ЦИЛИНДРА

К.О. РУСТАМОВА

Кавказский университет, Az1012, г. Баку, Азербайджан
r.k_bdu@mail.ru

На основе теоретических исследований определен характер распределения контактного давления между внутренней поверхностью уплотнительного элемента усеченной конической формы и стенкой цилиндра в зависимости от геометрических размеров и механических свойств уплотнителя при одностороннем его сжатии. Установлена величина осевой нагрузки для достижения герметичности. Выявлена зависимость между величиной необходимой осевой нагрузки для герметичности и геометрическими размерами. Показано, что с увеличением высоты уплотнительного элемента необходимая для достижения герметичности осевая нагрузка также увеличивается. Определен характер распределения контактного давления между внутренней поверхностью конического уплотнителя и стенкой цилиндра.

Ключевые слова: **контактное давление, уплотнительной элемент, граничное условие, потенциальная энергия, функционал**

K.O. RUSTAMOVA. MATHEMATICAL MODELLING OF CONTACT PRESSURE DISTRIBUTION BETWEEN CONICAL SEALING INNER SURFACE AND CYLINDER WALL

In some cases, sealing the cylindrical surface of the pipe is necessary to carry out by a sealing element having frustoconical shape. This occurs due to the difference of the outer diameters of the pipe and the coupling which passes through the apertures of the sealing element, thereby increasing the gap between the inner surface of the sealing element and the sealed wall of the cylinder. And this in turn leads to a complication to achieve tightness of the cylinder surface. Then, to achieve tightness of the cylinder wall at a low axial load and improve the sealing ability of the sealing element, it is performed in the form of truncated cone. Upon application of an axial load the truncated cone with outer surface sliding along the body, tapers inward thus reducing its inner diameter. This results in a more uniform deformation of the inner cylindrical surface of the sealing element that strongly influences the character of the contact pressure distribution between the cylinder wall and the inner surface of the sealing.
The tightness of the body surface of the cylinder wall is achieved by unilateral axial compression of the sealing element. The solution to the problem is performed in two stages. The first step - the compression of the sealing element to its contact with outer surface of the cylinder wall, and the second stage - achieving tightness.
Basing on the Euler equation we obtain the differential equation of equilibrium of the sealing element. The resulting equation is a differential equation with variable coefficients. Its solution is implemented by Ritz approximation method. The contact pressure between the outer surface of the sealing element and the cylinder wall after their complete contact is determined by analogy of beam on elastic base.
The magnitude of the axial load to achieve tightness was defined. The dependence between the value of the axial load required for tightness and geometric dimensions was determined. It is shown that the higher the sealing element, the higher is the axial load required to achieve tightness. Besides, the contact pressure distribution between the inner surface of the conical sealing and the cylinder wall was defined.

Keywords: **contact pressure, sealing element, the boundary condition, latent energy, functional**

Введение

Уплотнение цилиндрической поверхности трубы в ряде случаев приходится осуществлять уплотнительным элементом, имеющим форму усеченного конуса (рис. 1). Это происходит из-за разности наружных диаметров трубы и соединительной муфты, которая проходит через отверстия уплотнительного элемента, что приводит к увеличению зазора между внутренней поверхностью уплотнительного элемента и уплотняемой стенкой цилиндра. А это, в свою очередь, приводит к осложнению достижения герметичности поверхности цилиндра. Для достижения герметичности стенки цилиндра меньшей осевой нагрузкой и улучшения герметизирующей способности уплотнительного элемента он выполняется в форме усеченного конуса. При приложении осевой нагрузки усеченный конус, скользя наружной поверхностью по корпусу, сужается во внутрь, уменьшая при этом свой внутренней диаметр. Это приводит к более равномерной деформации внутренней цилиндрической поверхности уплотнительного элемента, что сильно влияет на характер распределения контактного давления между стенкой цилиндра и внутренней поверхностью уплотнителя.

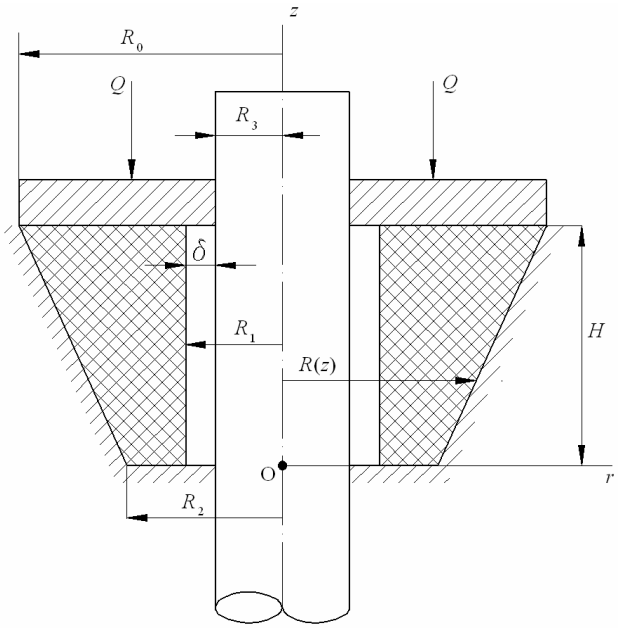

Рис. 1. Расчетная схема.

Изучению герметизации стенки трубы уплотнительным элементом имеющей форму усеченного конуса, посвящен ряд работ [1–10]. Однако в них не учтены краевые эффекты и сильно упрощена математическая модель расчета уплотнительной способности герметизирующего элемента. Поэтому исследование и изучение герметизирующей способности уплотнительного элемента, имеющего форму усеченного конуса, и на этой основе разработка эффективных мер для улучшения его герметизирующей способности имеет как практическое, так и научное значение.

Постановка и решение задачи

Рассмотрим уплотнительный элемент, надетый на цилиндр с зазором δ, упирающим коническом наружной поверхностью к стенке корпуса (рис.1). Герметичность поверхности корпуса и стенки цилиндра достигается путем одностороннего осевого сжатия уплотнительного элемента. Решение задачи выполним в два этапа. Первый этап – сжатие уплотнительного элемента до соприкосновения его наружной поверхности со стенкой цилиндра, а второй – достижение герметичности.

Первый этап. Поскольку материал уплотнительного элемента является однородным, то в данной задаче его деформацию можно принять осесимметричной. Тогда можно принять и гипотезу плоских сечений и предположить, что осевая деформация уплотнительного элемента зависит только от координаты z в осевом направлении.

Начало координатной системы поместим в центре нижнего сечения уплотнительного элемента, координатную ось z направим вертикально вверх, а ось r – в сторону увеличения радиуса, как показано на рис.1.

С учетом вышепринятых допущений деформацию уплотнительного элемента w в осевом направлении можно принимать в виде

$$w = f(z), \tag{1}$$

где $f(z)$ – неизвестная функция, зависящая от z и подлежащая определению [1, 6, 7].

Принимая материал уплотнительного элемента несжимаемым, будем иметь

$$\frac{1}{r}\frac{\partial(u\,r)}{\partial r} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \tag{2}$$

где $u(r, z)$ – деформация уплотнителя в радиальном направлении.

Из выражения (2) с учетом формулы (1) получаем

$$\frac{1}{r}\frac{\partial(u\,r)}{\partial r} = -f'(z). \tag{3}$$

Интегрируя выражение (3), получаем

$$u(r,z) = -\frac{1}{2} r\, f'(z) + \frac{c_0}{r}, \tag{4}$$

где c_0 – постоянная интегрирования.

Граничное условие

$$u\big|_{r=R(z)} = 0. \tag{5}$$

Тогда из выражения (4) с учетом граничного условия (5) получаем

$$u = \frac{1}{2}\left(\frac{R^2(z)}{r} - r\right) f'(z). \tag{6}$$

Потенциальная энергия уплотнительного элемента после его деформации с учетом осесимметричности будет иметь вид [1]

$$\Pi = 4\pi G \int_0^H \int_{R_1}^{R(z)} \left(\varepsilon_r^2 + \varepsilon_\theta^2 + \varepsilon_z^2 + \frac{1}{2}\gamma_{rz}^2\right) r\,dr\,dz - \int_0^H Q \cdot f'(z)\,dz \tag{7}$$

где H – высота, R_1, R_2 – соответственно внутренний и наружный радиусы уплотнителя, Q – осевая нагрузка для поджатия уплотнителя до первого соприкосновения его внутренней поверхности со стенкой цилиндра, ε_r, ε_θ, ε_z и γ_{rz} – соответственно радиальная, тангенциальная, осевая и сдвиговая деформации [1, 11].

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r},\ \varepsilon_\theta = \frac{u}{r},\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z},\ \gamma_{rz} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r}\right). \quad (8)$$

Тогда из выражения (7) с учетом формул (1), (6) и (8) получаем:

$$\Pi = 2\pi G\int_0^H \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{2}R^4(z)\ln\frac{R(z)}{R_1} - \frac{3}{8}R^4(z) + \frac{1}{2}R^2(z)R_1^2 - \frac{1}{8}R_1^4\right)f''^2(z) + \\ +\left(2R^3(z)tg\alpha\ln\frac{R(z)}{R_1} - R^3(z)tg\alpha + R_1^2R(z)tg\alpha\right)f''(z)f'(z) + \\ +\left(R^2(z) + \frac{7}{8}R^2(z)\ln\frac{R(z)}{R_1} + 2R^2(z)tg^2\alpha\ln\frac{R(z)}{R_1} + \right. \\ \left. +\frac{9}{32}\frac{R^4(z)}{R_1^2} - \frac{41}{32}R_1^2\right)f'^2(z) - \frac{Q}{2\pi G\left(R_0^2 - R_1^2\right)}f'(z) \end{array} \right\} dz \quad (9)$$

где G – модуль упругости сдвига материала уплотнителя.

Из функционала (9) на основе уравнения Эйлера [7,12] будем иметь

$$\left(R^4(z)\ln\frac{R(z)}{R_1} - \frac{3}{4}R^4(z) + R^2(z)R_1^2 - \frac{1}{4}R_1^4\right)\varphi''(z) +$$
$$+\left(4R^3(z)tg\alpha\ln\frac{R(z)}{R_1} - 2R^3(z)tg\alpha + 2R(z)R_1^2tg\alpha\right)\varphi'(z) +$$
$$+\left(\begin{array}{l} 2R^2(z)tg^2\alpha\ln\frac{R(z)}{R_1} - R^2(z)tg^2\alpha + R_1^2tg^2\alpha - 2R^2(z) \\ -\frac{7}{4}R^2(z)\ln\frac{R(z)}{R_1} - \frac{9}{16}\frac{R^4(z)}{R_1^2} + \frac{41}{16}R_1^2 \end{array}\right)\varphi(z) +$$
$$+\frac{1}{2}q\left(R_0^2 - R_1^2\right) = 0, \quad (10)$$

где $\varphi(z) = f'(z)$, $q = \dfrac{Q}{\pi G\left(R_0^2 - R_1^2\right)}$.

Граничными условиями будут

$$\mu Q\big|_{z=H} = 2\pi G\int_{R_1}^{R_0}\gamma_{zr}rdr, \quad (11)$$

$$w\big|_{z=0} = 0, \quad (12)$$

$$u(r,z)\big|_{\substack{z=0\\ r=R_1}} = -\delta, \quad (13)$$

где μ – коэффициент трения между шайбой и торцом уплотнителя.

Полученное уравнение (10) является дифференциальным уравнением с переменными коэффициентами. Его решения осуществимы приближенным методом Ритца. Для этого решение дифференциального уравнения (10), удовлетворяющего граничные условия (12), выберем в виде

$$f(z) = c_1\left(1 - \cos\frac{\pi z}{2H}\right) + c_2\sin\frac{\pi z}{2H} + \frac{c_3}{H}z, \quad (14)$$

где c_1, c_2, c_3 – постоянные.

Постоянное c_3 определяется из граничного условия (13)

$$c_3 = -\frac{2\delta H R_1}{R_2^2 - R_1^2} - \frac{\pi}{2}c_2. \quad (15)$$

Подставим выражение (14) в уравнение (10) и после этого поочередно умножим на $\cos\frac{\pi z}{2H}$ и $\sin\frac{\pi z}{2H}$ и полученное выражение проинтегрируем по z от нуля до H. Тогда получим алгебраические уравнения относительно постоянных c_1 и c_2. Решая это уравнение, для c_1 и c_2 получим

$$c_1 = \frac{1}{B_1 - \dfrac{B_2 - \frac{\pi}{2}B_3}{A_2 - \frac{\pi}{2}A_3}A_1}\left(\begin{array}{l} \dfrac{2\delta H R_1}{R_2^2 - R_1^2}\left(B_3 - \dfrac{B_2 - \frac{\pi}{2}B_3}{A_2 - \frac{\pi}{2}A_3}A_3\right) - \\ -\dfrac{H}{\pi}\left(R_0^2 - R_1^2\right)\left(1 - \dfrac{B_2 - \frac{\pi}{2}B_3}{A_2 - \frac{\pi}{2}A_3}\right)\cdot q \end{array}\right), \quad (16)$$

$$c_2 = \frac{1}{A_2 - \frac{\pi}{2}A_3}\left(\frac{2\delta H R_1}{R_2^2 - R_1^2}A_3 - A_1\cdot c_1 - \frac{H}{\pi}\left(R_0^2 - R_1^2\right)\cdot q\right), \quad (17)$$

где

$$A_1 = \int_0^H\left(\begin{array}{l} -\frac{\pi^3}{16H^3}g_1(z)\sin\frac{\pi z}{H} + \frac{\pi^2}{4H^2}g_2(z)\cos^2\frac{\pi z}{2H} + \\ +\frac{\pi}{4H}g_3(z)\sin\frac{\pi z}{H} \end{array}\right)dz,$$

$$A_2 = \int_0^H\left(\begin{array}{l} -\frac{\pi^3}{8H^3}g_1(z)\cos^2\frac{\pi z}{2H} - \frac{\pi^2}{8H^2}g_2(z)\sin\frac{\pi z}{H} + \\ +\frac{\pi}{2H}g_3(z)\cos^2\frac{\pi z}{2H} \end{array}\right)dz,$$

$$A_3 = \frac{1}{H}\int_0^H g_3(z)\cos\frac{\pi z}{2H}dz,$$

$$B_1 = \int_0^H\left(\begin{array}{l} -\frac{\pi^3}{8H^3}g_1(z)\sin^2\frac{\pi z}{2H} + \frac{\pi^2}{8H^2}g_2(z)\sin\frac{\pi z}{H} + \\ +\frac{\pi}{2H}g_3(z)\sin^2\frac{\pi z}{2H} \end{array}\right)dz,$$

$$B_2 = \int_0^H\left(\begin{array}{l} -\frac{\pi^3}{16H^3}g_1(z)\sin\frac{\pi z}{H} - \frac{\pi^2}{4H^2}g_2(z)\sin^2\frac{\pi z}{2H} + \\ +\frac{\pi}{4H}g_3(z)\sin\frac{\pi z}{H} \end{array}\right)dz,$$

$$B_3 = \frac{1}{H}\int_0^H g_3(z)\sin\frac{\pi z}{2H}dz,$$

$$g_1(z) = R^4(z)\ln\frac{R(z)}{R_1} - \frac{3}{4}R^4(z) + R^2(z)R_1^2 - \frac{1}{4}R_1^4,$$

$$g_2(z) = 4R^3(z)tg\alpha\ln\frac{R(z)}{R_1} - 2R^3(z)tg\alpha + 2R(z)R_1^2tg\alpha,$$

$$g_3(z) = 2R^2(z)tg^2\alpha\ln\frac{R(z)}{R_1} - R^2(z)tg^2\alpha + R_1^2tg^2\alpha - -2R^2(z) - \frac{7}{4}R^2(z)\ln\frac{R(z)}{R_1} - \frac{9}{16}\frac{R^4(z)}{R_1^2} + \frac{41}{16}R_1^2.$$

Радиальное напряжение в любой точке уплотнителя может быть определено по формуле

$$\sigma_r = G(2\varepsilon_r + s), \tag{18}$$

где S – функция гидростатического давления [1].

Найдем S из граничного условия

$$\sigma_r\big|_{r=R_1(z)} = 0, \tag{19}$$

где $R_1(z) = R_1 + u_1(r,z)\big|_{r=R_1}$.

Тогда из условия (19) с учетом выражений (6) и (18) получаем

$$s = \left(\frac{R^2(z)}{R_1^2(z)} + 1\right)f'(z). \tag{20}$$

Осевая нагрузка Q для поджатия уплотнителя до первого соприкосновения его внутренней поверхности со стенкой цилиндра может быть определена по формуле

$$\pi\left(R_0^2 - R_1^2\right)\sigma_z\big|_{z=H} = Q. \tag{21}$$

С другой стороны

$$\sigma_z = G(2\varepsilon_z + s). \tag{22}$$

Из выражения (21) с учетом выражений (14), (15), (16), (17), (20) и (22) получим

$$q = \left(\frac{R_0^2}{R_1^2(H)} + 3\right)f'(H), \tag{23}$$

где $q = \dfrac{Q}{\pi G\left(R_0^2 - R_1^2\right)}$.

С другой стороны, из граничного условия (11) будем иметь

$$q = \frac{2R_0^2 - R_0R_1 - R_1^2}{6\mu(R_0 + R_1)}f''(H) + \frac{2R_0tg\alpha}{\mu(R_0 + R_1)}f'(H). \tag{24}$$

Приравнивая выражения (23) и (24), определим q в явном виде

$$q = \sqrt[3]{-\frac{1}{2}\left(\frac{2a^3}{27} - \frac{ab}{3} + c\right) + \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{2a^3}{27} - \frac{ab}{3} + c\right)^2 + \left(-\frac{a^2}{9} + \frac{b}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{1}{2}\left(\frac{2a^3}{27} - \frac{ab}{3} + c\right) - \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{2a^3}{27} - \frac{ab}{3} + c\right)^2 + \left(-\frac{a^2}{9} + \frac{b}{3}\right)^3}} - \frac{a}{3} \tag{25}$$

где

$$a = \frac{4HR_1\lambda_2}{\pi\lambda_3\left(\lambda_2\left(a_5 - (1+a_4)a_2\right) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} + \frac{6\lambda_2\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right)}{\pi\left(\lambda_2\left(a_5 - (1+a_4)a_2\right) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} - \frac{\pi\lambda_1(a_3 - a_1a_4)}{2H\left(\lambda_2\left(a_5 - (1+a_4)a_2\right) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} - \frac{2\lambda_1(a_2a_4 - a_5)\left(\frac{\lambda_3}{H}\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right) + R_1\right)}{\lambda_3\left(\lambda_2\left(a_5 - (1+a_4)a_2\right) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)\left(a_5 - (1+a_4)a_2\right)}$$

$$b = \frac{1}{a_5 - (1+a_4)a_2}\times\left(-\frac{\lambda_1(a_2a_4 - a_5)\left(\frac{\lambda_3}{H}\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right) + R_1\right)^2}{\frac{\pi\lambda_3^2}{2H}\left(\lambda_2(a_5 - (1+a_4)a_2) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)(a_5 - (1+a_4)a_2)} + \frac{12\lambda_2\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right)^2}{\pi^2\left(\lambda_2(a_5 - (1+a_4)a_2) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} - \frac{2\lambda_1(a_3 - a_1a_4)\left(\frac{\lambda_3}{H}\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right) + R_1\right)}{\lambda_3\left(\lambda_2(a_5 - (1+a_4)a_2) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} + \frac{R_1^2\lambda_2 - R_0^2}{\frac{\pi^2\lambda_3^2}{4H^2}\left(\lambda_2(a_5 - (1+a_4)a_2) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} + \frac{16HR_1\lambda_2\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right)}{\pi^2\lambda_3\left(\lambda_2(a_5 - (1+a_4)a_2) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)}\right),$$

$$c = \frac{1}{(a_5 - (1+a_4)a_2)^2}\times\left(\frac{\left(R_1^2\lambda_2 - R_0^2\right)\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right)}{\frac{\pi^3\lambda_3^2}{8H^2}\left(\lambda_2(a_5 - (1+a_4)a_2) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} + \frac{2R_1\lambda_2\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1 - \frac{\pi}{2}a_3 + a_6\right)^2}{\frac{\pi^3\lambda_3}{8H}\left(\lambda_2(a_5 - (1+a_4)a_2) - \frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4 - a_5)\right)} + \right.$$

$$+\frac{8\lambda_2\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1-\frac{\pi}{2}a_3+a_6\right)^3}{\pi^3\left(\lambda_2(a_5-(1+a_4)a_2)-\frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4-a_5)\right)}-$$

$$-\frac{\lambda_1(a_3-a_1a_4)\left(\frac{\lambda_3}{H}\left(\frac{\pi}{2}(1+a_4)a_1-\frac{\pi}{2}a_3+a_6\right)+R_1\right)^2}{\frac{\pi\lambda_3^2}{2H}\left(\lambda_2(a_5-(1+a_4)a_2)-\frac{\pi\lambda_1}{2H}(a_2a_4-a_5)\right)}\Bigg),$$

$$a_1=\frac{1}{B_1-\frac{B_2-\frac{\pi}{2}B_3}{A_2-\frac{\pi}{2}A_3}A_1}\frac{2\delta HR_1}{R_2^2-R_1^2}\left(B_3-\frac{B_2-\frac{\pi}{2}B_3}{A_2-\frac{\pi}{2}A_3}A_3\right),$$

$$a_2=\frac{\frac{H}{\pi}\left(R_0^2-R_1^2\right)}{B_1-\frac{B_2-\frac{\pi}{2}B_3}{A_2-\frac{\pi}{2}A_3}A_1}\left(1-\frac{B_2-\frac{\pi}{2}B_3}{A_2-\frac{\pi}{2}A_3}\right),$$

$$a_3=\frac{A_3}{A_2-\frac{\pi}{2}A_3}\frac{2\delta HR_1}{R_2^2-R_1^2},\qquad a_4=\frac{A_1}{A_2-\frac{\pi}{2}A_3},$$

$$a_5=\frac{\frac{H}{\pi}\left(R_0^2-R_1^2\right)}{A_2-\frac{\pi}{2}A_3},\qquad a_6=-\frac{2\delta HR_1}{R_2^2-R_1^2}.$$

Из выражения (25) определяется величина осевой нагрузки, необходимой для поджатия уплотнительного элемента до первого соприкосновения его наружной поверхности со стенкой цилиндра.

Второй этап. Теперь определим величину осевой нагрузки, необходимой для полного соприкосновения наружной поверхности уплотнительного элемента со стенкой цилиндра. Начало координатной системы также поместим в центре нижнего сечения уплотнительного элемента, ось z направим вертикально вверх, а ось r – в сторону увеличения радиуса, как показано на рис. 2. Принимая гипотезу плоских сечений и, соответственно, предполагая, что осевая деформация уплотнительного элемента зависит только от координаты z в осевом направлении, можно также принять

$$w_1=f_1(z), \tag{26}$$

где w_1 – осевая деформация сечений уплотнительного элемента, $f_1(z)$ – неизвестная функция, зависящая только от z.

Тогда из условия несжимаемости (2) с учетом формулы (26) получаем

$$u_1=-\frac{1}{2}rf_1'(z)+\frac{c_4}{r}, \tag{27}$$

где c_4 – постоянная интегрирования.

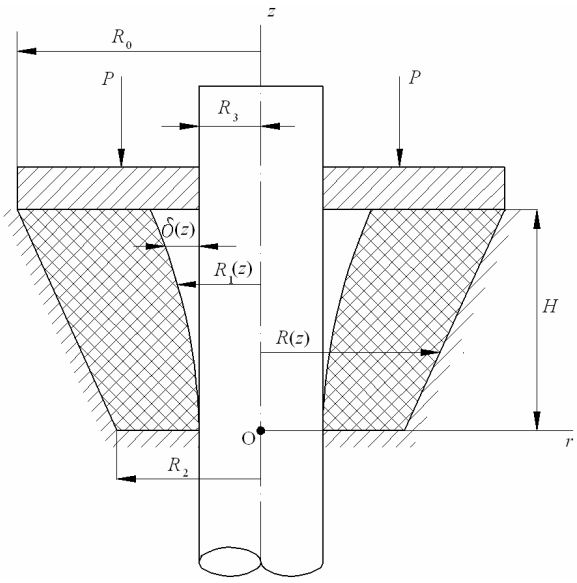

Рис. 2. Расчетная схема.

Граничное условие

$$u_1\big|_{r=R(z)}=0. \tag{28}$$

Тогда из выражения (27) с учетом граничного условия получаем

$$u_1=\frac{1}{2}\left(\frac{R^2(z)}{r}-r\right)f_1'(z). \tag{29}$$

Для потенциальной энергии уплотнительного элемента после его деформации с учетом осесимметричности будем иметь

$$\Pi=4\pi G\int_0^h\int_{R_3}^{R(z)}\left(\varepsilon_r^2+\varepsilon_\theta^2+\varepsilon_z^2+\frac{1}{2}\gamma_{rz}^2\right)r\,dr\,dz-\int_0^h P\cdot f_1'(z)dz \tag{30}$$

где P – осевая нагрузка необходимая для полного соприкосновения наружной поверхности уплотнителя со стенкой цилиндра, $R(z)=R_2+z\cdot tg\alpha$,

$tg\alpha=\frac{R_0-R_2}{H}$, $h=H-|\Delta|$, $\Delta=f(H)$.

Подставляя выражение (29) в формулу (8), а полученные результаты в выражение (30), а далее интегрируя его по r, из полученного функционала на основе уравнения Эйлера [6, 12] будем иметь

$$\left(R^4(z)\ln\frac{R(z)}{R_3}-\frac{3}{4}R^4(z)+R^2(z)R_3^2-\frac{1}{4}R_3^4\right)\varphi_1''(z)+$$

$$+\left(4R^3(z)tg\alpha\ln\frac{R(z)}{R_3}-2R^3(z)tg\alpha+2R(z)R_3^2tg\alpha\right)\varphi_1'(z)+$$

$$+\left(\begin{array}{l}2R^2(z)tg^2\alpha\ln\frac{R(z)}{R_3}-R^2(z)tg^2\alpha+R_3^2tg^2\alpha-\\-2R^2(z)-\frac{7}{4}R^2(z)\ln\frac{R(z)}{R_3}-\frac{9}{16}\frac{R^4(z)}{R_3^2}+\frac{41}{16}R_3^2\end{array}\right)\varphi_1(z)+$$

$$+\frac{1}{2}p\left(R^2(h)-R_3^2\right)=0, \tag{31}$$

где $\varphi_1(z)=f_1'(z)$.

Граничными условиями будут

$$\mu P\big|_{z=h} = 2\pi G \int_{R_3}^{R(h)} \gamma_{zr} r dr\,, \qquad (32)$$

$$u_1\big|_{r=R_1(z)} = -\delta(z)\,, \qquad (33)$$

$$w_1\big|_{z=0} = 0\,, \qquad (34)$$

где $R_1(z) = R_1 + u(r,z)\big|_{r=R_1}$, $\delta(z) = \delta + u(r,z)\big|_{r=R_1}$.

Полученное уравнение (31) является дифференциальным уравнением с переменными коэффициентами. Поэтому решение его осуществима приближенно методом Ритца. Для этого решение дифференциального уравнения (31), удовлетворяющего граничные условия (34), выберем в виде

$$f_1(z) = c_5\left(1-\cos\frac{\pi z}{2h}\right) + c_6 \sin\frac{\pi z}{2h} + \frac{c_7}{h} z\,, \qquad (35)$$

где c_5, c_6 и c_7 постоянные, подлежащие определению.

Постоянное c_7 вычисляется из граничного условия (33)

$$c_7 = -\frac{2h\delta(z)R_1(z)}{R^2(z)-R_1^2(z)} - c_5\frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi z}{2h} - c_6\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}\,. \qquad (36)$$

Подставим выражение (35) в уравнение (31) и после этого поочередно умножим на $\cos\frac{\pi z}{2h}$ и $\sin\frac{\pi z}{2h}$, полученное выражение проинтегрируем по z от нуля до h. Тогда получим алгебраические уравнения относительно постоянных c_5 и c_6. Решая эти уравнения для c_5 и c_6, получим

$$c_5 = \frac{\left(\left(A_3^1 - \dfrac{A_2^1 - A_3^1\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}}{B_2^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}} B_3^1\right)\dfrac{2h\delta(z)R_1(z)}{R^2(z)-R_1^2(z)} - \left(1 - \dfrac{A_2^1 - A_3^1\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}}{B_2^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}}\right)\dfrac{h}{\pi}\left(R^2(h)-R_3^2\right)\cdot p\right)}{\left(\left(A_1^1 - \dfrac{B_1^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi z}{2h}}{B_2^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}} A_2^1\right) - \dfrac{\pi}{2}\left(\sin\frac{\pi z}{2h} - \dfrac{B_1^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi z}{2h}}{B_2^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}}\cos\frac{\pi z}{2h}\right)A_3^1\right)} \qquad (37)$$

$$c_6 = \frac{1}{B_2^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi z}{2h}} \times \left(\frac{2h\delta(z)R_1(z)}{R^2(z)-R_1^2(z)} B_3^1 - \left(B_1^1 - B_3^1\frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi z}{2h}\right)\cdot c_5 - \frac{h}{\pi}\left(R^2(h)-R_3^2\right)\cdot p\right) \qquad (38)$$

где

$$A_1^1 = \int_0^h \left(-\frac{\pi^3}{16h^3} g_1^1(z)\sin\frac{\pi z}{h} + \frac{\pi^2}{4h^2} g_2^1(z)\cos^2\frac{\pi z}{2h} + \frac{\pi}{4h} g_3^1(z)\sin\frac{\pi z}{h}\right)dz$$

$$A_2^1 = \int_0^h \left(-\frac{\pi^3}{8h^3} g_1^1(z)\cos^2\frac{\pi z}{2h} - \frac{\pi^2}{8h^2} g_2^1(z)\sin\frac{\pi z}{h} + \frac{\pi}{2h} g_3^1(z)\cos^2\frac{\pi z}{2h}\right)dz\,,$$

$$A_3^1 = \frac{1}{h}\int_0^h g_3^1(z)\cos\frac{\pi z}{2h}dz\,,$$

$$B_1^1 = \int_0^h \left(-\frac{\pi^3}{8h^3} g_1^1(z)\sin^2\frac{\pi z}{2h} + \frac{\pi^2}{8h^2} g_2^1(z)\sin\frac{\pi z}{h} + \frac{\pi}{2h} g_3^1(z)\sin^2\frac{\pi z}{2h}\right)dz\,,$$

$$B_2^1 = \int_0^h \left(-\frac{\pi^3}{16h^3} g_1^1(z)\sin\frac{\pi z}{h} - \frac{\pi^2}{4h^2} g_2^1(z)\sin^2\frac{\pi z}{2h} + \frac{\pi}{4h} g_3^1(z)\sin\frac{\pi z}{h}\right)dz\,,$$

$$B_3^1 = \frac{1}{h}\int_0^h g_3^1(z)\sin\frac{\pi z}{2h}dz\,,$$

$$g_1^1(z) = R^4(z)\ln\frac{R(z)}{R_3} - \frac{3}{4}R^4(z) + R^2(z)R_3^2 - \frac{1}{4}R_3^4\,,$$

$$g_2^1(z) = 4R^3(z)tg\alpha\ln\frac{R(z)}{R_3} - 2R^3(z)tg\alpha + 2R(z)R_3^2 tg\alpha\,,$$

$$g_3^1(z) = 2R^2(z)tg^2\alpha\ln\frac{R(z)}{R_3} - R^2(z)tg^2\alpha + R_3^2 tg^2\alpha - 2R^2(z) - \frac{7}{4}R^2(z)\ln\frac{R(z)}{R_3} - \frac{9}{16}\frac{R^4(z)}{R_3^2} + \frac{41}{16}R_3^2\,.$$

Осевое усилие, необходимое для деформации уплотнительного элемента до полного соприкосновения его наружной поверхности со стенкой цилиндра, может быть определено по формуле

$$\pi\left(R^2(h)-R_3^2\right)\sigma_z\big|_{z=h} = P\,, \qquad (39)$$

где σ_z – осевое напряжение в любом поперечном сечении уплотнительного элемента.

После полного соприкосновения наружной поверхности уплотнительного элемента со стенкой цилиндра граничное условие на верхнем сечении его будет

$$\sigma_r\big|_{\substack{r=R_3\\ z=h}} = 0\,. \qquad (40)$$

Тогда из выражения (18) с учетом граничного условия (40) получим

$$s = \left(\frac{R^2(h)}{R_3^2} + 1\right) f_1'(h)\,. \qquad (41)$$

Из выражения (39) с учетом выражений (22) и (41) получим

$$p = \left(\frac{R_2^2}{R_0^2} + 3\right) f_2'(h)\,, \qquad (42)$$

где $p=\dfrac{P}{\pi G\left(R^2(h)-R_3^2\right)}$.

С другой стороны, из граничного условия (32) будем иметь

$$p=\frac{2R^2(h)-R_0R_3-R_3^2}{6\mu\left(R(h)+R_3\right)}f_1''(h)+\frac{2R(h)tg\alpha}{\mu\left(R(h)+R_3\right)}f_1'(h). \quad (43)$$

Тогда из выражения (42) и (43) с учетом формулы (35) и выражений c_5, c_6 и c_7 получим

$$p=\frac{1}{v_0}\left(v_1\frac{\delta(h)R_1(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}+v_2\frac{\delta'(h)R_1(h)+\delta(h)R_1'(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}+\right.$$
$$+v_3\frac{\delta(h)R_1(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}\frac{R(h)tg\alpha-R_1(h)R_1'(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}-$$
$$-2hv_4\frac{\delta''(h)R_1(h)+2\delta'(h)R_1'(h)+\delta(h)R_1''(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}+$$
$$+4hv_4\frac{\delta(h)R_1(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}\frac{tg^2\alpha-R_1'^2(h)-R_1(h)R_1''(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}+$$
$$+8hv_4\frac{\delta'(h)R_1(z)+\delta(h)R_1'(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}\frac{R(h)tg\alpha-R_1(h)R_1'(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}-$$
$$\left.-16hv_4\frac{\delta(h)R_1(h)}{R^2(h)-R_1^2(h)}\frac{\left(R(h)tg\alpha-R_1(h)R_1'(h)\right)^2}{\left(R^2(h)-R_1^2(h)\right)^2}\right), \quad (44)$$

где

$$v_0=\frac{1}{B_2^{1^2}}\left(R_0^2-R_3^2\right)\times$$
$$\times\left(\left(\frac{\pi}{4}\left(\frac{1}{B_2^1}\left(\xi_2-\frac{\pi^2}{h}\frac{B_3^1}{B_2^1}\xi_3\right)\left(B_1^1-\frac{\pi}{2}B_3^1\right)-\frac{\pi}{4}\xi_3\right)\lambda_6+\right.\right.$$
$$\left.+\xi_1\frac{h}{\pi}B_2^1-\frac{\pi^3}{16h}\lambda_8\xi_3\right)\lambda_7+\frac{\pi}{4}\left(\xi_2-\frac{\pi^2}{2h}\frac{B_3^1}{B_2^1}\xi_3\right)\lambda_6+$$
$$+\frac{\pi}{4}\left(\frac{\pi^2}{2h}\lambda_4+\lambda_5\right)B_3^1-\frac{\pi}{4}\left(\frac{1}{h}\lambda_4+\lambda_5\right)B_2^1-\frac{\pi^3}{8h}\lambda_4\frac{B_3^{1^2}}{B_2^1}-$$
$$\left.-\frac{\pi^2}{16h}\frac{1}{B_2^{1^2}}\left(1-\pi\left(1-\frac{1}{B_2^1}\left(B_1^1-\frac{\pi}{2}B_3^1\right)\lambda_7\right)\right)\left(B_1^1-\frac{\pi}{2}B_3^1\right)\lambda_6{}^2\xi_3\right),$$

$$v_1=-\frac{1}{B_2^1}\lambda_6\left(2h\xi_1-\frac{\pi^2}{8h}\frac{B_3^1}{B_2^1}\left(4h\xi_2-\pi^2\frac{B_3^1}{B_2^1}\xi_3\right)\right)+\frac{\pi^4}{16h}\frac{1}{B_2^{1^2}}\lambda_6\lambda_8\xi_3-$$
$$-\frac{\pi^2}{8h}\frac{1}{B_2^{1^3}}\left(4h\xi_2-\pi\frac{B_3^1}{B_2^1}\xi_3\right)\left(B_1^1-\frac{\pi}{2}B_3^1\right)\lambda_6{}^2+\frac{\pi^3}{4h}\frac{1}{B_2^{1^2}}\lambda_6{}^2\xi_3-$$
$$-\frac{\pi^4}{8h}\frac{1}{B_2^{1^5}}\left(B_1^1-\frac{\pi}{2}B_3^1\right)^2\lambda_6{}^3\xi_3+\frac{3\pi^4}{8h}\frac{B_3^1}{B_2^{1^4}}\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\lambda_6{}^2\xi_3+$$
$$+\frac{B_3^1}{B_2^1}\left(\frac{\pi^2}{2h}\left(1-\frac{\pi^2}{2}\frac{B_3^1}{B_2^1}\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)\right)\lambda_4+\left(\frac{\pi^2}{2}\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)-2\right)\lambda_5\right),$$

$$v_2=-\frac{1}{B_2^1}\lambda_6\left(2h\xi_2-\pi^2\frac{B_3^1}{B_2^1}\xi_3\right)-$$
$$-\pi^2\frac{1}{B_2^{1^3}}\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\lambda_6{}^2\xi_3-2h\left(\frac{2\lambda_4}{h}+\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)\lambda_5\right),$$

$$v_3=2\frac{1}{B_2^1}\lambda_6\left(2h\xi_2-\pi^2\frac{B_3^1}{B_2^1}\xi_3\right)+2\pi^2\frac{1}{B_2^{1^3}}\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\lambda_6{}^2\xi_3+$$
$$+8\lambda_4-2\pi^2\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)\frac{B_3^1}{B_2^1}\lambda_4+4h\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)\lambda_5,$$

$$v_4=\frac{1}{B_2^1}\lambda_6\xi_3+\lambda_4\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right),\ \lambda_4=\frac{2R^2(h)-R_0R_3-R_3^2}{6\mu\left(R(h)+R_3\right)},$$

$$\lambda_5=\frac{2R(h)tg\alpha}{\mu\left(R(h)+R_3\right)}-\frac{R^2(h)}{R_3^2}-3,$$

$$\lambda_6=\frac{A_3^1B_2^1-A_2^1B_3^1}{\left(A_1^1-\frac{\pi}{2}A_3^1\right)-\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\frac{A_2^1}{B_2^1}},$$

$$\lambda_7=\frac{A_2^1-B_2^1}{\left(A_1^1-\frac{\pi}{2}A_3^1\right)-\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\frac{A_2^1}{B_2^1}},$$

$$\lambda_8=\frac{A_3^1B_3^1}{\left(A_1^1-\frac{\pi}{2}A_3^1\right)-\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\frac{A_2^1}{B_2^1}},$$

$$\xi_1=\frac{\pi^2}{4h}\left(\begin{array}{l}\frac{\pi}{2h}\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)\lambda_4+\\+\frac{1}{B_2^1}\left[\frac{1}{h}\left(\frac{\pi^2}{2}\frac{B_3^1}{B_2^1}\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)-1\right)\lambda_4-\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)\lambda_5\right]\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\end{array}\right)$$

$$\xi_2=-\frac{\pi^2}{2h}\frac{1}{B_2^1}\left(1-\frac{B_3^1}{B_2^1}\right)\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\lambda_4+$$
$$+\left(\left(1-\frac{\pi}{2}\right)-\frac{1}{B_2^1}\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\right)\lambda_5$$

$$\xi_3=\left(\left(1-\frac{\pi}{2}\right)-\frac{1}{B_2^1}\left(B_1^1-B_3^1\frac{\pi}{2}\right)\right)\lambda_4,$$

$$\delta(h)=\delta+\frac{1}{2}\left(\frac{R^2(h)}{R_1}-R_1\right)\left(c_1\frac{\pi}{2H}\sin\frac{\pi h}{2H}+c_2\frac{\pi}{2H}\cos\frac{\pi h}{2H}+\frac{c_3}{H}\right)$$

$$R_1(h)=R_1+\frac{1}{2}\left(\frac{R^2(h)}{R_1}-R_1\right)\left(c_1\frac{\pi}{2H}\sin\frac{\pi h}{2H}+c_2\frac{\pi}{2H}\cos\frac{\pi h}{2H}+\frac{c_3}{H}\right)$$

$$R_1'(h)=\frac{1}{2}\left(\frac{R^2(h)}{R_1}-R_1\right)\left(c_1\frac{\pi^2}{4H^2}\cos\frac{\pi h}{2H}-c_2\frac{\pi^2}{4H^2}\sin\frac{\pi h}{2H}\right)+.$$
$$+\frac{R(h)tg\alpha}{R_1}\left(c_1\frac{\pi}{2H}\sin\frac{\pi h}{2H}+c_2\frac{\pi}{2H}\cos\frac{\pi h}{2H}+\frac{c_3}{H}\right)$$

Контактное давление между наружной поверхностью уплотнительного элемента и стенкой цилиндра после полного их соприкосновения можно определить по аналогии балки на упругом основании

$$\sigma_r(z)=k_0\cdot u_0(z), \quad (45)$$

где k_0 – коэффициент постели.

$$u_0(z) = R_1 - R_3 + u(r,z)\big|_{r=R_1}. \qquad (46)$$

Если при этом не обеспечивается герметичность стенки, тогда продолжают сжимать уплотнительный элемент. Тогда на расстоянии z от нижнего основания уплотнителя выделим кольцевой элемент высотой dz и составим для него уравнение равновесия

$$\pi\left(R^2(z) - R_3^2\right)\left(\sigma_z - \sigma_z - \frac{\partial\sigma_z}{\partial z}dz\right) + \tau\cdot 2\pi R_3\, dz + \qquad (47)$$
$$+\tau_1\cdot 2\pi R(z)\frac{dz}{\cos\alpha} + N\sin\alpha\cdot 2\pi R(z)\frac{dz}{\cos\alpha} = 0$$

где τ, τ_1 – касательные напряжения, с другой стороны, с учетом несжимаемости материала уплотнителя закона теории скольжения получим [7]

$$\tau = \mu\cdot\sigma_r;\ N = \sigma_r\cos\alpha;\ \tau_1 = \mu\cdot N;\quad \sigma_r = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_z, \qquad (48)$$

где μ – коэффициент трения, ν – коэффициент Пуассона.

Подставляя выражение (48) в уравнение (47) и проинтегрировав полученные выражения с учетом граничного условия $\sigma_z\big|_{z=h} = \sigma_0$, получаем

$$\sigma_z = \sigma_0\cdot\left(R(z) - R_3\right)^{\frac{2\mu\nu}{(1-\nu)tg\alpha}}\left(R^2(z) - R_3^2\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}\cos\alpha}, \qquad (49)$$

где σ_0 – осевое напряжение в сечении уплотнительного элемента, где приложена сила сжатия.

Распределение контактного давления между внутренней поверхностью уплотнителя и стенкой цилиндра может быть определено из выражений (45) и (49) следующим образом

$$\sigma_r = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_z, \qquad (50)$$

тогда из выражения (50) с учетом формул (45) и (49) получим

$$\sigma_r(z) = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_0\cdot\left(R(z) - R_3\right)^{\frac{2\mu\nu}{(1-\nu)tg\alpha}}\left(R^2(z) - R_3^2\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}\cos\alpha} +$$
$$+k_0\cdot u_0(z) \qquad (51)$$

Величина σ_0 может быть определена из условия герметичности

$$\frac{\nu}{1-\nu}\sigma_0\cdot\left(R(z) - R_3\right)^{\frac{2\mu\nu}{(1-\nu)tg\alpha}}\left(R^2(z) - R_3^2\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}\cos\alpha} + k_0\cdot u_0(z) \ge P^*$$

где P^* – давление среды.

Произведен численный расчет по формулам (25), (44) и (51) значений осевой нагрузки, необходимой для первого и полного соприкосновения наружной поверхности уплотнительного элемента со стенкой цилиндра, а также характера распределения контактного напряжения σ_r при следующих значениях параметров: $R_0 = 0.118\,м$, $R_1 = 0.04\,м$, $R_2 = 0.1\,м$, $R_3 = 0.037\,м$, $\delta = 0.003\,м$, $P^* = 2\cdot 10^7\,Па$, $G = 1.3\cdot 10^8\,Па$, $k_0 = 6.7\cdot 10^7\,Па/м$, $\mu = 0.5$, $\nu = 0.25$.

Обсуждение результатов

Результаты численных расчетов представлены на рисунках 3, 4, 5. Как видно из рис. 3, величина осевой нагрузки, необходимая для первого соприкосновения наружной поверхности уплотнителя со стенкой цилиндра с увеличением высоты уплотнителя, сначала растет, а потом стабилизируется и в некотором значении высоты перестает расти. Осевая нагрузка, необходимая для полного соприкосновения наружной поверхности уплотнителя со стенкой цилиндра, с увеличением высоты уплотнительного элемента также растет (см. рис. 4).

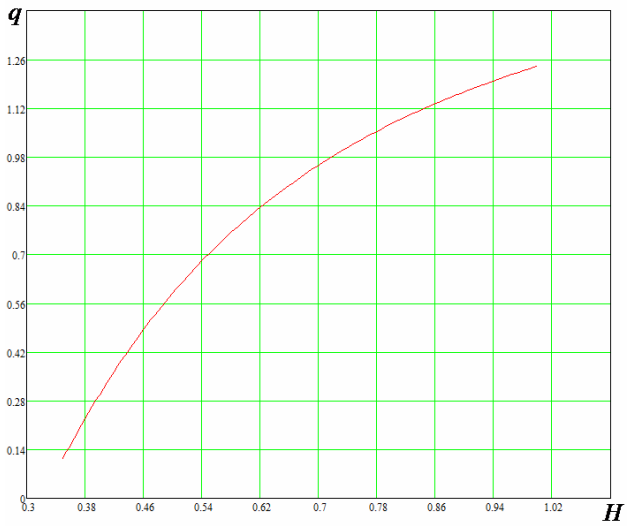

Рис. 3. График зависимости осевой нагрузки, необходимой до первого соприкосновения внутренней поверхности уплотнителя со стенкой цилиндра от его высоты.

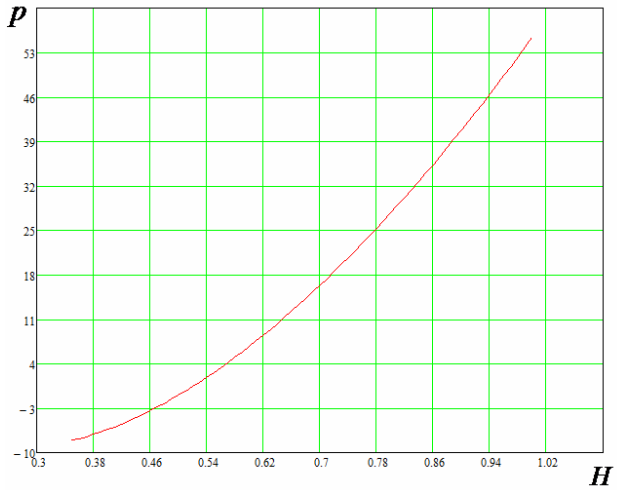

Рис. 4. График зависимости осевой нагрузки, необходимой до полного соприкосновения внутренней поверхности уплотнителя со стенкой цилиндра от его высоты.

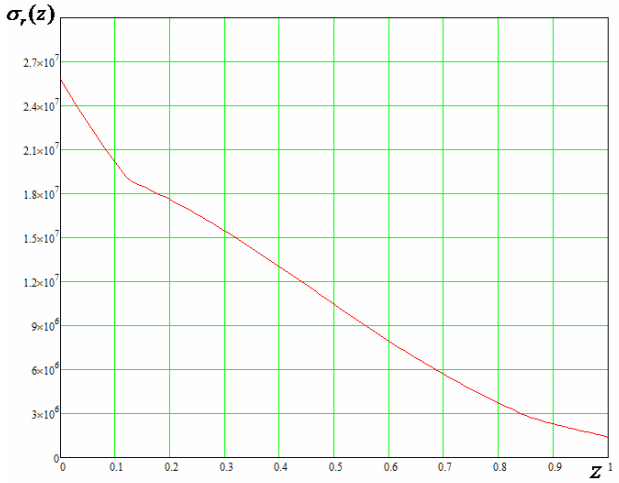

Рис. 5. График зависимости характера распределения контактного давления между наружной поверхностью стенки цилиндра и внутренней поверхностью уплотнительного элемента в зависимости от координаты z.

Из рис. 5 видно, что контактное напряжение между наружной поверхностью уплотнительного элемента усеченной конической формы максимальное значение принимает в его нижнем сечении и с ростом координаты z оно уменьшается и в верхнем сечении, где приложена осевая нагрузка, принимает наименьшее значение.

Заключение

Получено аналитическое выражение (51), позволяющее определить характер распределения контактного давления между внутренней поверхностью уплотнителя и стенкой цилиндра в зависимости от его физико-механических свойств и геометрических размеров с учетом краевых эффектов.

Литература

1. *Лавендел Э.Э.* Расчет резинотехнических изделий М.: Машиностроение, 1976. 232 с.
2. *Dymnikov S.I., Lavendelis E.E.* Calculations of rigidity of rubber elastic elements of arched and conical rubber-metal shock absorbers // Scientific Proceedings of Riga Technical University. Series 6: Transport and Engineering (Mechanics). 2002.Vol. **7**. P. 164–169.
3. *Gonca V., Shvabs J.* Definition of Poisson's Ratio of Elastomers // 10th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development" Proceedings, Latvia, Jelgava, 26-27 May 2011. P. 428–434.
4. *Gonca V., Shvabs J., Kobrinecs R.* Rigidity of Rubber-Metal Elements with Thin Layers at Compression // Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference, Latvia, Rezekne, 25-27 June 2009. P. 222–226.
5. *Shvab Y., Gonca V.* Regularization of the boundary value problems for incompressible material // Scientific Works of Riga Technical University. Mechanical Engineering. Nanotechnology. Composite and Rubber Materials. 2012. P. 77–81.
6. *Аббасов Э.М.* Определение параметров уплотнительного элемента пакера при одностороннем его сжатии//Научно-техническая конференция по динамике и прочности нефтепромыслового оборудования. Баку, 1989. С. 25–28.
7. *Аббасов Э.М., Кахраманов Х.Т., Рустамова К.О.* Определение контактного давления между наружной поверхностью уплотнительного кольца и шибера прямоточной задвижки // Proceedings. 2013. № 3. С. 57–59.
8. *Бидерман В.Л.* Сжатие низких резинометаллических амортизаторов и прокладок // Изв. АН СССР. Мех. и Маш. 1962. №3. С. 154–158.
9. *Бидерман В.Л., Сухова Н.А.* Сб. Расчеты на прочность // Журн. Машиностроение. 1968. Вып. 13. С. 113–119.
10. *Бидерман В.Л., Сухова Н.А.* Расчет резиновых амортизаторов при больших деформациях // Резина – конструкционный материал современного машиностроения. М.: Химия, 1967. С. 106–112.
11. *Канторович Л.В., Крылов В.И.* Приближенные методы высшего анализа. Л.: Физматизд, 1962. 708 с.
12. *Амензаде Ю.А.* Теория упругости. М.: Высшая школа, 1976. 272 с.

References

1. *Lavendel E.E.* Raschet rezinotexnicheskix izdeliy [Calculation of mechanical rubber goods]. Moscow: Mashinostroenie [Mechanical engineering], 1976. 232 p.
2. *Dymnikov S.I., Lavendelis E.E.* Calculations of rigidity of rubber elastic elements of arched and conical rubber-metal shock absorbers // Scientific Proceedings of Riga Technical University. Series 6: Transport and Engineering (Mechanics). 2002.Vol. **7**. P. 164-169.
3. *Gonca V., Shvabs J.* Definition of Poisson's Ratio of Elastomers // 10th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development" Proceedings, Latvia, Jelgava, 26-27 May 2011. P. 428-434.
4. *Gonca V., Shvabs J., Kobrinecs R.* Rigidity of Rubber-Metal Elements with Thin Layers at Compression // Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference, Latvia, Rezekne, 25-27 June 2009. P. 222-226.
5. *Shvab Y., Gonca V.* Regularization of the boundary value problems for incompressible material // Scientific Works of Riga Technical University. Mechanical Engineering. Nanotechnology. Composite and Rubber Materials. 2012. P. 77-81.
6. *Abbasov E.M.* Opredelenie parametrov uplotnitel'nogo elementa pakera pri odnostoronnem ego szhatii [Definition of parameters of a sealing element of packer at its unilateral com-

pression] // Nauchno-texnicheskaya konferentsiya po dinamike i prochnosti neftepro-mislovogo oborudovaniya [Scientific-technical Conf. on Dynamics and Durability of oil-field equipment], Baku, November, 1989. P. 25-28.

7. *Abbasov E.M., Kakhramanov Kh..T., Rustamova K.O.* Opredelenie kontaktnogo davleniya mezhdu naruzhnoy poverxnosti uplotnitel'nogo kol'tsa i shibera pryamotochnoy zadvizhki [Definition of contact pressure between external surface of a sealing ring and gate of direct-flow slide-valve]// Proceedings. 2013. No. 3. P. 57-59.
8. *Biderman V.L.* Szhatie nizkix rezinometallicheskix amortizatorov i prokladok [Compression of low metal rubber shock-absorbers and fillers] // USSR Ac. Sci. Bull. Mech. and Mash. 1962. No. 3. P. 154-158.
9. *Biderman V.L., Suxova N.A.* Sb. Rascheti na prochnost' [Calculations on durability] // Mashinostroenie [J.Mechanical Engineering]. 1968. Issue. 13. P. 113-119.
10. *Biderman V.L., Suxova N.A.* Sb. Rezino-konstruktsionniy material sovremennogo mashinostroeniya [Calculations of rubber shock absorbers at large deformations/ Rubber is a constructional material of modern mechanical engineering] // Moscow: Chemistry. 1967. P. 106-111.
11. *Kantorovich L.V., Krilov V.I.* Priblizhennie metodi visshego analiza [Approximate methods of higher analysis]. Leningrad: Phys.&Math. Publ., 1962. 708 p.
12. *Amenzade Yu.A.* Teoriya uprugosti [The elasticity theory]. Moscow: Visshaya shkola [Higher School], 1976. 272 p.

Статья поступила в редакцию 11.09.2014.

УДК 553.982:519.2(470.13)

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЯДОВ ДИНАМИКИ

И.И.ВОЛКОВА, А.А.ВОЛКОВ

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта
ivolkova@ugtu.net

Апробирована методика использования рядов динамики для анализа показателей разработки Кыртаельского нефтегазового месторождения Республики Коми за период 1988 – 2012 гг. Показано, что эта методика позволяет прогнозировать их значения с достаточной точностью.

Ключевые слова: **ряды динамики, корреляция, регрессия, прогнозирование**

I.I.VOLKOVA, A.A.VOLKOV. ON THE POSSIBILITY OF FORECASTING THE INDICATORS OF OIL FIELDS DEVELOPMENT OF THE KOMI REPUBLIC WITH USE OF TIME SERIES

The possibility of use of time series for the analysis of indicators of oil fields development is considered. One of the main tasks of studying the time series is to reveal the basic tendency in change of time series level and on this basis to foresee behavior of the time series in the future. Forecasting by this method requires only knowledge of behavior of the investigated value in the past. Such data is available at production, they are rather exact and have been accumulated throughout a long period of time. The following indicators were analyzed: annual oil production, annual liquid extraction, watering, hours worked, oil output during development of the Kyrtayelsky field of the Komi Republic since 1988 to 2012 (24 years). It is shown that this technique allows to predict values of the investigated indicators with adequate accuracy.

Keywords: **time series, correlation, regression, forecasting**

Эффективная разработка месторождений нефти и газа является актуальной задачей. В настоящее время накоплено большое количество статистических данных о разработке месторождений. Однако нет их системного анализа. Отсутствует и методика обработки таких данных с целью прогнозирования показателей. Достаточно часто используется одномерный и многомерный регрессионный анализы. Для успешного их применения требуется знать основные факторы, влияющие на исследуемую величину. Но они часто не известны или сложно определяемы. Сама модель может оказаться достаточно сложной и по ней трудно вести прогнозирование. Многие показатели имеют комплексный характер, например, годовая добыча нефти, дебит нефти. Важно иметь прогноз этих показателей во времени, зная их предыдущее состояние. В данной работе рассматривается возможность использования для анализа показателей разработки временных рядов, ряды динамики [1]. Одна из главных задач изучения рядов динамики – выявить основную тенденцию в изменении уровня ряда, именуемую трендом и на этой основе предугадать поведение ряда в будущем. Для прогнозирования данным методом требуется только знание поведения исследуемой величины в прошлом. Такие данные имеются на производстве, они накоплены за большой период времени и достаточно точные.

Методические подходы

Нами проведен анализ динамики следующих показателей: годовая добыча нефти, годовая добыча жидкости, обводненность (%), отработанное время (скв·сут), дебит нефти (т/сут) за 24-летний период разработки Кыртаельского месторождения (1988 – 2012 гг.).

В зависимости от вида показателей уровней ряда ряды динамики подразделяют на ряды абсолютных, относительных и средних величин. Уровни рядов динамики могут относиться к определенным моментам времени (моментные ряды) или же к периодам (интервальные ряды). Суммируя уровни интервальных рядов абсолютных величин можно строить ряды с нарастающим итогом. Одно из требований, которые предъявляются к рядам динамики, – сопоставимость уровней ряда.

Результаты исследований

В работе представлены некоторые показатели разработки Кыртаельского месторождения (см. табл. 1). Ряды динамики приведены к одному основанию, для чего уровень 2000 г. (середина времени разработки) принят в каждом ряду за 100%.

На основании этих данных были рассчитаны цепные и базисные абсолютные изменения уровней ряда, темпы роста (изменения) показателей.

Темп роста (T_p) – относительный показатель, рассчитывается как отношение двух уровней ряда. Выраженные в коэффициентах темпы роста показывают, во сколько раз уровень данного периода больше уровня базы сравнения или какую часть его составляют. На рис. 1 представлены темпы роста исследуемых показателей за период разработки.

Анализ цепных изменений уровней рядов и темпов роста показывает, что характеристики годовой добычи нефти и жидкости наиболее быстро

Таблица 1

Динамика относительных величин показателей разработки

Год	Годовая добыча нефти, %	Годовая добыча жидкости, %	Обводненность, %	Отработанное время, %	Дебит нефти, %
1	4,3	4,2	15,7	1,3	336,0
2	8,6	8,3	1,9	5,0	172,6
3	51,5	49,6	3,0	14,9	346,2
4	107,1	103,2	7,7	28,2	379,5
5	157,6	152,3	13,9	48,7	323,5
6	173,6	167,8	14,1	54,8	316,9
7	170,5	165,3	22,0	58,9	289,5
8	143,3	139,9	38,0	59,4	241,5
9	128,8	125,1	25,7	68,3	188,8
10	109,4	105,8	16,5	72,7	150,5
11	99,2	96,4	26,0	70,5	140,7
12	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
13	118,0	123,2	206,1	104,8	112,6
14	146,0	151,4	187,7	109,9	132,9
15	169,2	180,2	251,7	133,6	126,6
16	206,9	219,7	244,3	161,9	127,8
17	221,9	237,5	263,9	179,2	123,9
18	248,7	261,5	222,1	189,0	131,6
19	305,6	328,3	272,4	205,3	148,9
20	403,4	450,9	363,0	258,5	156,0
21	589,1	667,8	393,6	315,3	186,9
22	671,6	749,0	357,9	353,7	189,9
23	602,9	691,7	420,0	368,0	163,9
24	677,0	857,5	625,0	391,2	173,0

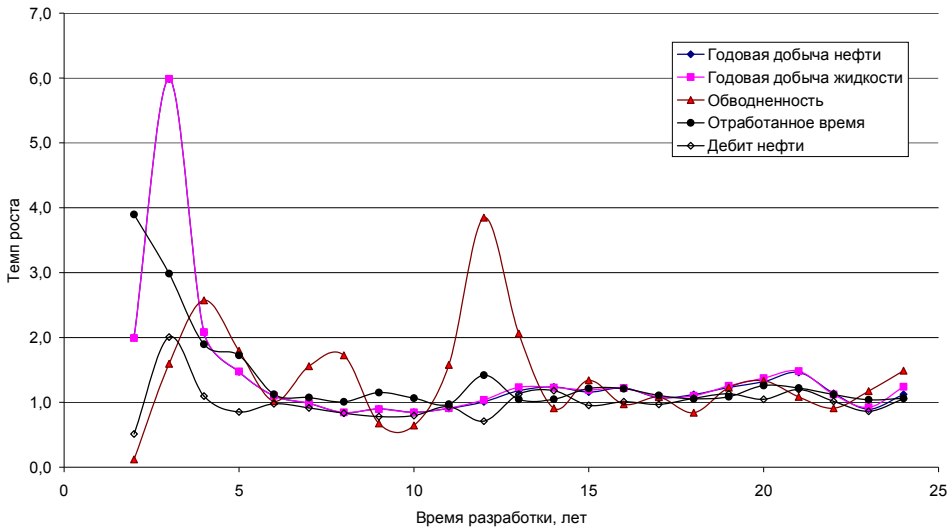

Рис. 1. Темпы роста показателей разработки (1988 – 2012 гг.).

росли в первые четыре года разработки месторождения, затем стабилизировались. Обводненность сильно выросла в 2000 г. Показатели дебита нефти и отработанное время скважин имели стабильные темпы роста практически за весь период разработки. После 13 лет эксплуатации месторождения практически все показатели стабилизировались.

Проведено аналитическое выравнивание рядов динамики для исследуемых показателей. На основе фактических данных определены формы гипотетических функций, способных наиболее адекватно отражать тенденцию развития исследуемого показателя. В качестве таких функций использованы линейная, полиномиальная и показательная зависимости. На рис. 2 показаны результаты расчетов для характеристики «Годовая добыча нефти». Все расчеты проведены с использованием стандартного программного обеспечения системы Microsoft Excel 97-2010 [2].

В табл. 2 представлены результаты по всем рядам динамики, аналитические выражения линий тренда и квадраты коэффициентов корреляции

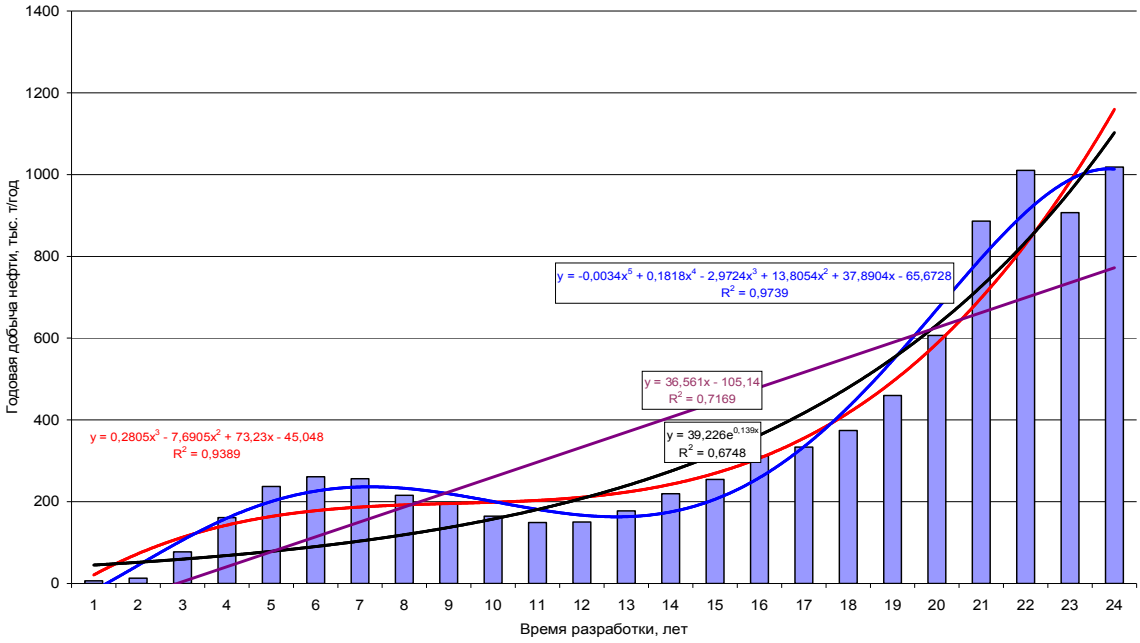

Рис. 2. Аналитическое выравнивание показателя «Годовая добыча нефти».

Таблица 2

Аналитическое выравнивание показателей разработки

Показатель	Аналитическое выражение выравнивания	R^2
Годовая добыча нефти	$y = -0{,}0034x^5 + 0{,}182x^4 - 2{,}97x^3 + 13{,}8x^2 + 37{,}9x - 65{,}7$	0,9739
	$y = 0{,}2805x^3 - 7{,}6905x^2 + 73{,}23x - 45{,}048$	0,9389
	$y = 36{,}561x - 105{,}14$	0,7169
	$y = 39{,}226e^{0{,}139x}$	0,6748
Годовая добыча жидкости	$y = -0{,}0029x^5 + 0{,}158x^4 - 2{,}52x^3 + 10{,}1x^2 + 50{,}52x - 7{,}6$	0,9762
	$y = 0{,}3628x^3 - 9{,}7902x^2 + 88{,}764x - 71{,}232$	0,9609
	$y = 45{,}295x - 166{,}17$	0,7067
	$y = 37{,}339e^{0{,}149x}$	0,7075
Обводненность, %	$y = 0{,}0001x^5 - 0{,}006x^4 + 0{,}12x^3 - 0{,}995x^2 + 3{,}14x - 2{,}4$	0,9642
	$y = -0{,}0002x^3 + 0{,}0516x^2 - 0{,}289x + 0{,}5024$	0,9359
	$y = 0{,}8754x - 4{,}3682$	0,8565
	$y = 0{,}1509e^{0{,}227x}$	0,875
Отработанное время, скв·сут	$y = -0{,}030x^5 + 1{,}7x^4 - 30{,}6x^3 + 09{,}4x^2 + 14{,}2x - 217{,}7$	0,9937
	$y = 2{,}5338x^3 - 49{,}734x^2 + 724{,}96x - 620{,}66$	0,99
	$y = 887{,}36x - 3303$	0,8914
	$y = 517{,}25e^{0{,}173x}$	0,805
Дебит нефти, т/сут	$y = 2 \cdot 10^{-5}x^5 - 0{,}0064x^4 + 0{,}309x^3 - 5{,}04x^2 + 25{,}4x + 50{,}7$	0,8152
	$y = 0{,}0198x^3 - 0{,}5028x^2 - 0{,}5301x + 88{,}684$	0,686
	$y = -2{,}1375x + 80{,}221$	0,4308
	$y = 75{,}836e^{-0{,}0343x}$	0,371

(R^2). Линии тренда помогают выявить основную тенденцию изменения уровней ряда. На основании значений квадратов коэффициентов корреляции можно сделать вывод, что наиболее приемлемыми для описания показателей разработки являются полиномы третьего и пятого порядков.

Для проверки качества линий тренда использованы отклонения экспериментальных и прогнозируемых значений переменных для полиномов пятой степени. Получены ряды динамики остаточных величин. Для них рассчитаны коэффициенты автокорреляции остаточных величин ($r_{ост}$) и критерий Дурбина – Ватсона [1]. Если коэффициенты $r_{ост}$ статистически не значимы, то линии тренда адекватно описывают исследуемые показатели.

Зависимость между последовательными уровнями рядов динамики называется в статистике автокорреляцией. Она оценивается коэффициентом автокорреляции (r_a), который рассчитывается как парный линейный коэффициент корреляции между соседними уровнями, сдвинутыми на любое число единиц времени. В нашем случае временной лаг составил один год. По статистическим критериям проверяется значимость r_a. Если коэффициенты автокорреляции статистически значимы (установлено наличие автокорреляции), то можно получить уравнение авторегрессии.

В табл. 3 представлены расчетные значения коэффициентов автокорреляции, коэффициентов автокорреляции остаточных величин, критерия Дурбина–Ватсона и уравнения линий авторегрессии для всех исследованных показателей разработки. Из таблицы видно, что все коэффициенты r_a статистически значимы, так как они больше, чем $r_{a\ кр.}$, равное 0,351 при уровне значимости α=0,05 и числе степеней свободы 23. Все коэффициенты $r_{ост}$ статистически не значимы, так как они меньше, чем $r_{ост\ кр.}$, равное 0,432 при уровне значимости α=0,01 и числе степеней свободы 23 [1]. По критерию Дурбина-Ватсона гипотеза об отсутствии автокорреляции в остаточных величинах принимается, так как все

Таблица 3

Показатели коррелирования уровней рядов динамики

Показатель	Коэф. автокорреляции r_a	Коэф. автокорреляции остатков $r_{ост}$	Критерий Дурбина-Ватсона	Линия авторегрессии
Годовая добыча нефти	0,969	0,299	1,380	y = 1,0619x + 24 R^2 = 0,938
Годовая добыча жидкости	0,972	0,164	1,640	y = 1,1148x + 16,81 R^2 = 0,944
Обводненность	0,955	0,215	1,543	y = 1,1296x + 0,2678 R^2 = 0,9116
Отработанное время	0,994	0,341	1,313	y = 1,0778x + 386,94 R^2 = 0,987
Дебит нефти	0,773	-0,293	2,419	y = 0,7278x + 12,735 R^2 = 0,598

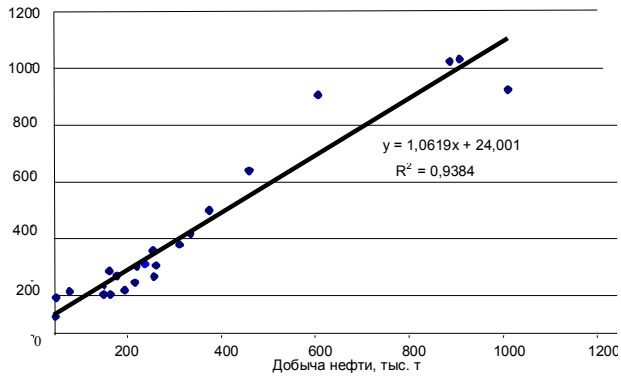

Рис. 3. Авторегрессия показателя «Годовая добыча нефти».

расчетные значения больше критического значения, равного 1,25 при уровне значимости α=0,05 и числе степеней свободы 23[1].

Это в совокупности подтверждает адекватность уравнений тренда и линий авторегрессии. Приведен график линии авторегрессии для показателя «Годовая добыча нефти» (см. рис. 3).

На основе линий авторегрессии можно строить прогноз путем экстраполяции рядов, т.е. закономерность изменения, выявленная для определенного периода в прошлом, сохранится и на ограниченном отрезке в будущем.

Анализируя ряды динамики, хотелось бы на основе выявленных особенностей изменения показателя в прошлом предугадать его поведение в будущем, т.е. получить прогноз путем продления ряда (экстраполяции).

Простейшие способы экстраполяции рядов динамики [1]:

1. Если за некоторый период годовые темпы роста остаются относительно постоянными, можно рассчитать средний коэффициент роста и умножить последний уровень ряда на средний коэффициент роста в степени, соответствующей периоду экстраполяции;

2. Можно экстраполировать ряды на основе выравнивания их по определенной аналитической форме. Зная уравнение для теоретических уровней и подставляя в него значение t за пределами исследованного ряда, можно рассчитать для данных t-вероятностные уровни показателя;

3. При высокой автокорреляции между уровнями ряда для расчета будущих показателей на основе имеющихся можно использовать уравнение авторегрессии.

Далее приведены результаты экстраполирования показателя «Годовая добыча нефти» указанными способами. По данным разработки за 1988 – 2011 гг. проведен прогноз на 2012 г. Использованы относительные значения параметра (за 100% принята добыча нефти в 2000 г.):

Способ 1	Способ 2	Способ 3	Фактическое значение параметра
657%	674%	660%	677%

Налицо неплохое соответствие прогнозных значений параметра «Годовая добыча нефти» и фактического значения этого параметра. Следовательно, использование рядов динамики позволяет анализировать различные показатели разработки нефтяных месторождений с целью прогнозирования их будущих значений.

Литература

1. *Теория статистики:* Учебник / Под ред. проф. Г.Л.Громыко. М.: ИНФРА–М, 2005. 476 с.
2. *Уэллс Э., Харшбаргер С.* Microsoft Excel 97. Библиотека разработчика / Пер. с англ. М.: Издательский отдел «Русская редакция» ТОО «Channel Trading Ltd.», 1998. 536 с.

References

1. *Teoriya Statistiki:* Ychebnik *[The statistics theory.* Textbook*]/* Ed. Prof. G.L.Gromyko. Moscow: INFRA-M, 2005. 476 p.
2. *E.Uells, S.Harshbarger.* Microsoft Excel 97. Biblioteka pazrabotchika [Library of the developer]/ Translated from English. Moscow: “Russkaia redakciya” Publ. TOO «Channel Trading Ltd.», 1998. 536 p.

Статья поступила в редакцию 23.10.2014.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 1(21). Сыктывкар, 2015.

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 902 (470.13)

ОСВОЕНИЕ АРКТИЧЕСКОЙ И СУБАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПРИПЕЧОРЬЯ В ДРЕВНОСТИ И СРЕДНЕВЕКОВЬЕ ПО ДАННЫМ АРХЕОЛОГИИ (часть I)

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 НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
zherebcov@mail.illhkomisc.ru

В статье на основе археологических данных и привлечения письменных источников рассматриваются с древнейших времен до эпохи средневековья вопросы освоения и заселения арктической и субарктической зоны Европейского Северо-Востока. Выявляются исходные районы освоения территории и причины, влиявшие на эти процессы. Производится 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**

The earliest evidence of the presence of ancient people in the Arctic zone of the Pechora river basin was discovered on Mamontova Kurya and Byzovaya sites. These sites are related to the early period of the Upper Palaeolithic or final Mousterian, 38-28000 BP. At this time people penetrated to the Pechora river basin from the central part of the East European Plain. The next stage of colonization of the region took place in the 2nd half of the Late Valdai, in 13-10000 BP. The most important event in this period was the formation of Uralic culture in the Urals to which Late Palaeolithic sites of the Pechora basin refer and which is represented by Medvezhya Cave and Pymva Shor I sites.
Significant number of Mesolithic sites shows the colonization of the Arctic zone in 9000 BP. Small groups of hunters-fishermen were penetrating here from the southern part of the Northeastern Europe, i.e. from the area of Parchevskaya and Middle Vychegda cultures. Some of surface collections of Bolshezemelskaya tundra (Sandibeyu 1, 8) contain tanged points, associated with Parchevskaya culture. All Mesolithic sites in the Polar part of the Pechora river basin were left by the population with highly mobile lifeway.
The Neolithic of the Polar zone of the Pechora river basin is poorly represented by archaeological materials. Only five sites were discovered by excavations: Chernoborskaya III campsite on the Izhma river (Chernoborskaya group of the Early Neolithic, (1st half of VI m. BC.) and the Middle Neolithic settlements of Lyalovskaya culture (Pizhma I, -II on Yamozero, Ruzhnikova, Aleksakhina on Kosminskie lakes (1st half of V m. BC.). Small amount of potsherds of Lyalovo type are presented in the surface collections of Bolshezemelskaya tundra. Current data indicates that the colonization of this region in the Neolithic was limited to short-term exploitation of natural resources by small mobile groups of hunters-fishermen.

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

Введение

Арктическая и субарктическая зоны Припечорья включают бассейн нижней Печоры с притоками в пределах Большеземельской и Малоземельской тундр и лесотундры в Воркутинском, Интинском, Ижемском, Усинском, Усть-Цилемском районах Республики Коми и Ненецком автономном округе Архангельской области. Исторически с этим регионом связаны прилегающие к ним районы Большеземельской и Малоземельской тундр и зоны крайнесеверной тайги. Первые письменные свидетельства по истории этого обширного региона относятся к началу II тыс. н.э. Они крайне немногочисленны и отрывочны. Основным источником по истории освоения бассейна нижней Печоры и прилегающих районов Большеземельской и Малоземельской тундр являются данные археологии. Археологические работы в заполярных и приполярных областях северо-востока Европы, в том числе в бассейне Печоры, являющиеся составной частью арктической археологии, имеют фундаментальное значение для решения проблем освоения высоких широт европейского континента в разные эпохи древней истории и этногенеза народов циркумполярной области Евразии.

Наиболее ранние достоверные сведения об археологических находках в регионе относятся ко второй половине XIX в. В первой половине – середине прошлого столетия основной вклад в изучение древностей Большеземельской и Малоземельской тундр внесли геологи, которые во время своих экспедиций производили сборы подъемного материала на яреях. Особое место среди них занимают исследования Г.А. Чернова, который выявил несколько сотен стоянок древнего человека. Огромное научное значение имеет открытие им Хэйбидя-Пэдарского жертвенного места на р. Море-Ю [1].

С 1960-х гг. начинается изучение Печорского Заполярья профессиональными археологами. В 1960-х – начале 1990-х гг. исследования проводят археологи Коми филиала АН СССР (в настоящее время – Коми НЦ УрО РАН) В.И. Канивец, В.Е. Лузгин, В.С. Стоколос, А.М. Мурыгин, Ленинградского отделения Института археологии АН СССР (ныне ИИМК РАН) Л.П.Хлобыстин, О.В.Овсянников, Сыктывкарского государственного университета В.А.Семенов, Интинского краеведческого музея С.Ю. Васильев. Это был период наиболее плодотворного археологического изучения региона. С 1990-х гг. в связи с сокращением бюджетного финансирования экспедиций работы в арктической и субарктической зонах Печорского края ведутся в основном за счет хоздоговорных средств. Исследования проводят экспедиции Коми НЦ УрО РАН (А.М.Мурыгин, П.Ю.Павлов), Российского НИИ культурного и природного наследия г. Москва (И.Б.Барышев, П.В.Боярский, С.В.Гусев), Института археологии Севера г. Нефтеюганск (Г.П.Визгалов), Ненецкого окружного краеведческого музея г. Нарьян-Мар (И.В.Хозяинов).

В настоящее время в изучаемом регионе известно более 800 памятников археологии [2]. Культурно-хронологическая интерпретация древностей Печорского Приполярья и Заполярья на разных этапах их изучения дана в публикациях М.Е. Фосс, А.Я. Брюсова, Н.Н. Гуриной, Г.А. Чернова, Л.П. Лашука, Л.П. Хлобыстина, В.И. Канивца, И.В. Верещагиной, В.Е. Лузгина, В.С. Стоколоса, А.М. Мурыгина, П.Ю. Павлова. В работах этих исследователей выдвинуты гипотезы об исходных районах освоения этого региона в различные хронологические периоды [3].

Цель данной публикации – проследить на основе современной источниковедческой базы основные этапы освоения и заселения человеком рассматриваемого региона.

1. Освоение арктической и субарктической зон Припечорья в эпоху камня

Наиболее ранние свидетельства пребывания древнего человека в арктической зоне бассейна р. Печора относятся к ранней поре верхнего палеолита. Памятники эпохи палеолита, расположенные в бассейне Печоры, являются самыми северными палеолитическими памятниками в Европе. Данные, полученные при исследованиях палеолитических стоянок бассейна Печоры, во многом имеют ключевое значение для реконструкции древнейших этапов заселения всего севера Евразии и обсуждения проблем первоначальной адаптации человечества к природно-климатическим условиям циркумполярной зоны материка [4]. Свидетельством их большого значения для мировой науки является тот факт, что раскопки печорских палеолитических стоянок были основной исследовательской задачей ряда международных научных проектов [5].

В настоящее время в бассейне Печоры известно четыре палеолитические стоянки и несколько пещерных палеолитических местонахождений (навес Студеный, Уньинская пещера и грот Б. Дроватяницкий). Стоянки относятся к двум разновременным эпизодам заселения региона.

Ранней порой верхнего палеолита или финальным мустье (38–28 тыс. л. н.) датируются две стоянки – Мамонтова Курья и Бызовая. Стоянка Мамонтова Курья, расположенная на левом берегу Усы, крупнейшего правого притока Печоры, по данным определений абсолютного возраста датируется временем около 38 – 34 тыс. л.н. по ^{14}C [5]. Небольшая археологическая коллекция стоянки состоит из пяти каменных предметов и орнаментированного бивня мамонта. Культурная принадлежность памятника не устанавливается.

Стоянка Бызовая расположена на правом берегу Печоры. Палеолитические изделия на памятнике впервые были найдены в 1962 г., и затем в течение ряда лет стоянка исследовалась В.И.Канивцом, Б.И.Гуслицером и П.Ю.Павловым [6 – 8]. В технико-типологических характеристиках каменного инвентаря стоянки Бызовая присутствуют верхнепалеолитические элементы (призматические нуклеусы, концевые скребки (в том числе карене), доловитовые орудия, тонкие листовидные бифасы) при преобладании мустьерских черт (ножи Kielmesser, разнообразные скребла, в том числе типа Кина).

Найдены немногочисленные изделия из рога северного оленя. В орудийном наборе стоянки присутствуют некоторые типы изделий, характерные для костенковско-стрелецкой культуры [6]. На основании датировки (29 тыс. л.н. по ^{14}C) Бызовая рассматривается как верхнепалеолитическая стоянка [9]. Однако типологические характеристики каменного инвентаря не исключают полностью ее принадлежность к среднему палеолиту культурного круга Kielmessergruppen (восточный микок) [10].

В конце среднего валдая (27–24 тыс. л. н.) происходит существенное изменение всей археологической картины на территории Восточной Европы: исчезают культуры ранней поры верхнего палеолита и распространяются развитые ориньякоидные и граветтоидные индустрии средней поры верхнего палеолита [11]. Эти изменения нашли свое специфическое отражение в бассейне Печоры и на Урале в целом. В конце среднего валдая в регионе также исчезают индустрии ранней поры верхнего палеолита. Однако это не сопровождалось, как в центре Восточно-Европейской равнины, появлением в регионе стоянок средней поры верхнего палеолита. По крайней мере частично это следует связывать с очень неблагоприятными для жизни человека природно-климатическими условиями, существовавшими в первой половине позднего валдая на севере Урала [12]. Не исключено, что в конце среднего – первой половине позднего валдая произошла депопуляция бассейна Печоры, о чем свидетельствует отсутствие палеолитических стоянок на Урале в хронологическом интервале от 28 до 13 тыс. л. н. [4]. Ко второй волне заселения бассейна Печоры, относящейся к позднему и финальному палеолиту (13–10 тыс. л. н.) принадлежат два памятника – Медвежья пещера и Пымва-Шор I.

Стоянка Медвежья пещера расположена вблизи истоков Печоры на западном склоне Северного Урала [13]. Уточненный недавно возраст культуросодержащих отложений стоянки составляет 13-12 тыс. л. н. Каменный инвентарь стоянки характеризуется пластинчатой техникой с использованием призматических нуклеусов. В коллекции преобладают пластины укороченных пропорций, есть и микропластины. Среди орудий доминируют усеченные пластины. Другие категории представлены небольшими концевыми скребками на коротких пластинах, скреблами и частично двусторонне-обработанными ножами на плитках кремня. На стоянке найдены фрагменты вкладышевых наконечников, изготовленных из бивня мамонта. Стоянка Медвежья пещера входит в круг памятников уральской позднепалеолитической культуры [4].

Стоянка Пымва-Шор I расположена в современной тундровой зоне в долине ручья Пымва Шор, впадающего в р.Адзьва – правый приток р. Уса. Возраст памятника 11 – 10 тыс. л. н. [6]. Орудийный набор представлен крупными скреблами с высоким рабочим краем, угловыми резцами, призматическими пластинами и микропластинками с мелкой краевой иррегулярной ретушью. Сырьем для изготовления изделий служил плитчатый кремень, практически идентичный каменному сырью стоянки Медвежья пещера. Идентичные сырьевые и технико-типологические характеристики каменного инвентаря имеет местонахождение Лито-Сале на о-ве Вайгач [14].

В течение ранней поры верхнего палеолита человек проник в бассейн Печоры с юго-запада, из центральных районов Восточно-Европейской равнины. Однако этот процесс заселения в то время не получил логического завершения в виде формирования региональной культуры. В первой половине позднего валдая, в силу различных причин, одной из которых явилось, по-видимому, резкое ухудшение региональных природно-климатических условий, происходит депопуляция Печорского бассейна.

Следующий цикл колонизации начался во второй половине позднего валдая, после максимума поздневалдайского оледенения. Важнейшим событием в палеолитической истории региона является формирование в позднем палеолите на Урале локальной позднепалеолитической культуры – уральской, к которой относятся позднепалеолитические памятники бассейна Печоры. Не исключено, что в регионе в финальном палеолите появилось постоянное население [4].

Археологические культуры эпохи мезолита Северного Приуралья (европейского Северо-Востока) изучены в основном по материалам стоянок р. Вычегда и вычегодского бассейна. Выделены две культурные традиции: западная и приуральская, внутри которых описаны культуры. Западная традиция – парчевская культура (изучена, в основном, по стоянкам Парч 1 и Парч 2 на Вычегде); приуральская традиция – это средневычегодская культура на Вычегде (стоянки Ульяново, Курьядор 1 и др.) [15, 16].

Менее изучен, несмотря на внушительное число открытых в свое время стоянок, бассейн р. Печора. Однако и здесь есть районы, где мезолитические памятники исследованы лучше. Это долина р. Ижма, один из крупнейших притоков Печоры, где раскопаны стоянки Лек-Леса 1, Турунюр 1, Усть-Ухта 1, Вылыс Том 2. Культурная принадлежность к приуральской традиции двух из них (Лек-Леса 1, Усть-Ухта 1) достаточно определенна. Особое значение имеет радиоуглеродная дата стоянки Лек-Леса 1 – рубеж 9 и 10 тысячелетий от наших дней (9010±70 ЛЕ-3607). Коллекции стоянок приуральской традиции не имеют стандартных наконечников стрел, в орудийном наборе преобладают ретушированные пластинки. Имеются резцы на углу сломанной пластины, скребки на пластинах. Острия единичны. Характерной особенностью являются карандашевидные нуклеусы, абсолютно преобладают узкие пластинки, высока доля микропластин. Среди сечений пластин – большинство длинных.

На стоянке Лек-Леса 1 [17] по фрагментам костей были определены бобр (фрагменты нижней челюсти), лось (фрагмент пясти) и медведь (фрагмент верхней челюсти). Исследовано углистое пятно, маркирующее жилище наземного типа. Древности приуральской традиции имеют несомненное сходство с мезолитом Камы, что позволяет гово-

рить о передвижении населения с таким инвентарем с этих территорий.

Кремневая индустрия парчевской культуры характеризуется конусовидными нуклеусами при наличии их микроформ, призматические единичны. Незначительна доля микропластин, преобладают узкие и средние пластины. Среди сечений пластин в большинстве – короткие. В орудийном наборе, отличающемся разнообразием форм и серийностью, выделяются черешковые наконечники стрел на пластинах, вкладыши-прямоугольники, пластинки с усеченным концом, скребки высоких форм. Присутствуют следы обработки кости: в жилище 5 стоянки Парч 2 найдены обломки трубчатой кости глухаря с насечками (игольник), фрагмент обработанного костяного изделия обнаружен в жилище 8 той же стоянки. Имеются также орудия для обработки кости: развертка и пилки (Парч 1), струги (Парч 2). Сходство каменного инвентаря со стоянками бутовской культуры Волго-Окского междуречья очень велико, также как и вероятность их принадлежности родственному населению. Это позволяет предполагать передвижение на территорию региона населения из центра Русской равнины.

Широкую известность получили мезолитические жилища, исследованные на памятниках Топыд-Нюр 5 и Топыд-Нюр 7 (среднее течение Печоры). Они относятся к поздней стадии парчевской культуры, получившей благодаря этим стоянкам название топыднюровской.

Свидетельством освоения арктических территорий в эпоху мезолита является довольно внушительное число памятников данного периода за Полярным кругом. Они есть на побережье Северного Ледовитого океана (Лакорсаля, Княкья Губа) [3], а также в непосредственной близости от побережья, например Каменка X, оз. Золотицкое на Беломоро-Кулойском плато [18]. Но самое большое их число выявлено на выдувах – яреях Большеземельской тундры [1, 19–21]. К сожалению, все они представлены сборами с поверхности – подъемным материалом, что ограничивает их интерпретацию. Часть разрушенных стоянок эпохи мезолита Большеземельской тундры, по крайней мере, те из них (Сандибей-Ю 1, 8), которые имеют в коллекциях черешковые наконечники стрел, несомненно, связаны с парчевской культурой [22].

Очевидна принадлежность таких памятников, как Адзьва 1 на р. Уса [23] и Пижма II у истока р. Пижма из Ямозера [24] к ранней стадии парчевской культуры западной традиции мезолита региона. К сожалению, коллекции обеих стоянок незначительны, но в их коллекциях присутствуют выразительные черешковые наконечники стрел на пластинах, аналогичные парчевским.

Освоение арктической зоны в эпоху мезолита началось, судя по датировкам стоянок более южных районов европейского Северо-Востока (Парч 2, Лек-Леса,), более 9 тыс. л. н.: в конце пребореального и начале бореального периодов голоцена.

Особого упоминания заслуживает стоянка Адак II на р. Уса, выше устья р. Адзьва. Она расположена на узкой площадке, на вершине скалы высотой 32 м от уровня реки. Рыхлые отложения на площадке скалы, к которым приурочены культурные остатки стоянки Адак II, маломощные, представлены суглинками. Среди находок В.И.Канивец отметил кальцинированные кости. Их присутствие, локализация и значительное их количество позволили исследователю предполагать наличие на памятнике кострища, но ясных очертаний очага не выявлено. Местоположение стоянки дало возможность В.И.Канивцу высказать предположение, что «здесь решающую роль играли соображения безопасности ... Заселение мезолитическим человеком долины Печоры и Усы развертывалось на фоне межплеменной или межродовой борьбы за новые территории» [23]. Данное обстоятельство подводит к мысли о существовании особого типа памятников и об особенностях стратегии освоения этого района Северного Приуралья мезолитическим населением. Вместе с тем, сделанный В.И. Канивцом столь однозначный вывод, может быть, и сейчас является недостаточно обоснованным и преждевременным.

Вероятнее всего, археологические памятники эпохи мезолита в арктической зоне Припечорья оставлены населением, ведущим очень подвижный образ жизни. Его годовой хозяйственный цикл включал перемещение на значительные расстояния, и, возможно, имел возвратно-поступательное (зима–лето) движение в общем направлении юг-север [25] и был связан с сезонными миграциями стад северного оленя. В последующем же часть населения оставалась на северных территориях.

Эпоха неолита рассматриваемого региона представлена источниками сравнительно слабо. Среди исследованных раскопками памятников – стоянка черноборской группы раннего неолита (I пол. VI тыс. до н.э.) Черноборская III на р. Ижма [26–28]) и поселения льяловского типа среднего неолита (I пол. V тыс. до н.э.) Пижма I-II на Ямоозере и Ружникова, Алексахина на Косминских озерах [24, 29]. Единичные фрагменты керамических сосудов льяловского типа присутствуют в коллекциях – сборах подъемного материала на стоянках Большеземельской тундры [1].

На стоянке Черноборская III изучено пятно находок округлой формы в плане диаметром около 6 м. В его составе присутствовали скопления кремневых изделий и фрагментов кальцинированных костей. Судя по наличию последних и фрагментам обожженных галек, на стоянке могло быть кострище. Коллекция памятника состоит из 884 предметов из кремня, в том числе 174 орудий, фрагментов одного-двух керамических сосудов и кальцинированных костей. В орудийном наборе преобладают наконечники стрел, ножи и скребки. Найденные фрагменты керамики принадлежат сосудам, изготовленным из глиняного теста с примесью органики, с прямым венчиком и орнаментированными редкими округлыми вдавлениями. Фаунистические остатки состоят из костей северного оленя и лося. Таким образом, памятник представляет собой остатки кратковременной стоянки охотников на крупных копытных. Анализ продуктов расщепления и морфологии орудий и технико-типологических по-

казателей керамики позволяет отнести материалы Черноборской III к раннему неолиту и датировать в пределах I пол. VI тыс. до н.э. Аналогии этим материалам имеются на Северной Двине (стоянка Прилукская), в бассейне р. Сухона (Березовая Слободка II-III, VI). В целом же можно говорить о юго-западном направлении продвижения ранненеолитического населения с территории распространения верхневолжской культуры.

На поликультурных памятниках водораздельных озер Ямоозеро и Косминские изучены остатки поселений среднего неолита льяловского типа. Достоверно судить об этом периоде по материалам этих памятников можно только на основе керамических коллекций, выделенных типологически из разновременного материала. Так, в коллекции Ружникова присутствуют фрагменты 75 сосудов с гребенчато-ямочным орнаментом [29], Пижма I – 4, Пижма II – 36, Кыско – 10, Алексахина – 5 [24]. По данному количественному показателю (с учетом различной площади раскопок) они сопоставимы с материалами поселений Вис I-III вблизи оз. Синдор и вместе с тем отличаются от синхронных им коллекций речных долин Вычегды и Мезени. Последние представляют односезонные жилищные комплексы, максимальное количество сосудов в них достигает 10. Это подтверждает точку зрения В.В. Сидорова о характере распространения носителей гребенчато-ямочных традиций в лесной зоне Восточной Европы в I пол. V тыс. до н.э., когда осваиваются, прежде всего, озерные котловины [30]. Именно в них формируются локальные варианты т.н. «ямочно-гребенчатой культурной общности». По мнению В.С.Стоколоса [31], некоторое сходство с зауральским неолитом «козловской стадии» имеет керамика нижнего слоя стоянки Болбан-Ю в верховьях р. Кожим.

Современные источники по неолиту региона свидетельствуют о том, что его освоение в это время ограничено кратковременной эксплуатацией промысловых ресурсов небольшими мобильными группами охотников-рыболовов и их кратковременным пребыванием здесь.

Таким образом, археологические памятники эпохи камня региона при всем понимании стадиальных различий между ними имеют сходство в адаптационных моделях, стратегии выживания: волнообразное заселение/освоение региона в палеолите, сезонные перемещения на большие расстояния небольших мобильных групп, проникающих извне в мезолите и неолите. Вполне вероятно, что это сходство обусловлено региональными (географическими) особенностями.

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. *Чернов Г.А.* Атлас археологических памятников Большеземельской тундры. М.: Наука, 1985. 169 с.
2. *Администрация* Ненецкого автономного округа. Официальный сайт. Раздел культура// http://old.adm-nao.ru/?show=statics8id=225 (дата обращения 01.12.2014 г.).
3. *Мурыгин А.М., Карманов В.Н., Кленов М.В.* Новые археологические исследования в тундрах северо-востока Европы. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2012. 68 с.
4. *Павлов П.Ю.* Культурные связи населения Уральского региона в эпоху палеолита // Вестник Пермского университета. Серия История. Вып.1(18). 2012. С.6–23.
5. *Павлов П.Ю.* Древнейшее прошлое Пермского края: палеолит // Вестник Пермского научного центра. 2013. №4. С.22–32.
6. *Павлов П.Ю.* Палеолит северо-востока Европы: новые данные // Археология, этнография и антропология Евразии. 2008. № 1 (33).
7. *Канивец В.И.* Палеолит крайнего северо-востока Европы. М.: Наука, 1976.
8. *Geoarchaeological investigations* of Palaeolithic sites along the Ural Mountains – On the northern presence of humans during the last Ice Age / J-I.Svendsen, H.P.Heggen, A-K.Hufthammer, J.Mangerud, P.Pavlov, W.Roebroeks. Quaternary Science Reviews. 2010. Vol.29 (23-24). P. 3138–3156.
9. *Pavlov P., Roebroeks W. & Svendsen J-I.* The Pleistocene Colonization of Northeastern Europe: A Report on Recent Research // Journal of Human Evolution. 2004. Vol.47. №1-2. Pp.3–17.
10. *Late Moustierian Persistence* near the Arctic Circle / L.Slimak, J-I.Svendsen, J.Mangerud, H.Plisson, H-P.Heggen, A.Brugere, P.Yu.Pavlov // Science, 332, No. 6031. 2011. Pp.841–845.
11. *Аникович М.В., Анисюткин Н.К., Вишняцкий Л.Б.* Узловые проблемы перехода к верхнему палеолиту в Евразии. СПб.: Нестор-История, 2007. 335 с.
12 *Астахов В.И., Свендсен Й-И.* Природная обстановка времени первоначального заселения приуральского Севера // Путь на Север. Окружающая среда и самые ранние обитатели Арктики и Субарктики: Материалы Международной конференции. М.: Ин-т географии РАН, 2008. С.98–106.
13. *Гуслицер Б.И., Канивец В.И.* Пещеры Печорского Урала. М.-Л.: Наука, 1965. 134 с.
14. *Иванов Г.В.* Находки каменных орудий на островах европейской Арктики (1989-1992)// AD POLUS. Археологические изыскания. Вып.10. СПб.: «Фарн», 1993. С. 47–54.

15. *Волокитин А.В.* Мезолит // Археология Республики Коми. М.:ДиК, 1997. Ч. 3, гл. 2. С. 91–145.
16. *Volokitin A.V.* Some Peculiarities of Colonization of the European North-East in Mesolithic. In Helena Knutson (editor) Pioneer settlments and colonization processes in Barents region. Vuollerim Paper on Hunter-gatherer Archaeology. 2003. Volume 1. Pp.11–18.
17. *Волокитин А.В.* Мезолитический памятник Лек-Леса на р. Ижма // Каменный век лесной зоны Восточной Европы и Зауралья. М.: ACADEMIA, 2005. С. 198–205.
18. *Едовин Е.Г.* Новая группа мезолитических памятников Архангельского Севера. Стоянки Приозерья// Тверской археологический сборник. Вып. 7. Тверь: ООО «Издательство Триада», 2009. С. 98–107.
19. *Верещагина И.В.* Памятники с микролитическим инвентарем Большеземельской тундры//Археологические исследования в бассейне Печоры. Сыктывкар, 1973. С. 3–21. (МАЕСВ. Вып.5).
20. *Верещагина И.В.* Мезолит и неолит крайнего Европейского Северо-Востока. СПб.: Петербургское востоковедение, 2010. 232 с. (Archaeologia Petropolitana).
21. *Чернов Г.А.* Следы первых поселенцев за Полярным кругом // Родники пармы. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1993. С. 8–12.
22. *Volokitin A.V.* On the Peopling of Bolshezemelskaya Tundra in Mesolithic Age // in J.Pusztay, E.Saveljeva (ed.) The Arctic Papers of International Conference. Savariae, 1992.
23. *Канивец В.И.* Мезолитические стоянки на Средней Печоре и Усе // Поселения каменного и медно-бронзового века на Печоре и Усе. Сыктывкар, 1973. С. 3–23. (МАЕСВ; Вып. IV).
24. *Лузгин В.Е.* Неолитические стоянки Центрального Тимана // Поселения каменного и медно-бронзового века на Печоре и Усе: Материалы по археологии Европейского Северо-Востока. Вып. IV. Сыктывкар, 1973. С. 24–46.
25. *Gordon Bryan.* The Enigma of the Far Northeast European Mesolithic: Reindeer Herd Followers or Semi-Sedentary Hunters? In: Lars Larsson, Hans Kindgren, Kjel Knutssom, David Leffler and Agneta Akerlund (eds). Mesolithic on the Move. Oxbow books. Oxford, 2003. Pp. 115–118.
26. *Лузгин В.Е.* Древние культуры Ижмы. М.: Наука, 1972. 128 с.
27. *Карманов В.Н.* Каменная индустрия ранненеолитических памятников черноборского типа на европейском Северо-Востоке // Своеобразие и особенности адаптации культур лесной зоны Северной Евразии в финальном плейстоцене – раннем голоцене. М., 2007. С. 290–311.
28. *Карманов В.Н.* Неолит европейского Северо-Востока. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2008. 226 с.
29. *Лузгин В.Е.* Поселение Ружникова на Косминских озерах и вопросы неолита Европейского Северо-Востока // Археологические исследования в бассейне Печоры. Сыктывкар, 1973. С. 22–34 (МАЕСВ; Вып. 5).
30. *Сидоров В.В.* Оценка численности населения лесной зоны в неолите // Теория и методика исследований археологических памятников лесостепной зоны: Тез. докл. научн. конф. Липецк, 1992. С. 73–76.
31. *Стоколос В.С.* Работы Печоро-Мезенского отряда в 1986–1988 годах // Археологические открытия Урала и Поволжья. Сыктывкар, 1989. С. 35–36 (Коми научный центр УрО АН СССР).

References

1. *Chernov G.A.* Atlas arheologicheskih pamjatnikov Bol'shezemel'skoj tundry [The atlas of archaeological sites of Bolshezemelskaya tundra]. Moscow: Nauka,1985. 169 p.
2. *Administracija* Neneckogo avtonomnogo okruga. Oficial'nyj sajt. Razdel kul'tura [Admivistration of the Nenets Autonomous Area. An official site. Section culture]// http://old.adm-nao.ru/?show=statics8id=225 (data obrashhenija 01.12.2014 g.).
3. *Murygin A.M., Karmanov V.N., Klenov M.V.* Novye arheologicheskie issledovanija v tundrah severo-vostoka Evropy [New archaeological researches in tundra of the northeast of Europe]. Syktyvkar: Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2012. 68 p.
4. *Pavlov P. Ju.* Kul'turnye svjazi naselenija Ural'skogo regiona v jepohu paleolita [Cultural contacts of the population of the Urals region during the Palaeolithic] // Vestnik Permskogo universiteta [Perm Univ. Bull.]. Series History. Issue.1(18). 2012. P.6-23.
5. *Pavlov P.Ju.* Drevnejshee proshloe Permskogo kraja: paleolit [The most ancient past of the Perm Region: the Palaeolithic] // Vestnik permskogo nauchnogo centra [Perm Univ. Bull.] №4. 2013. P.22-32.
6. *Pavlov P. Ju.* Paleolit severo-vostoka Evropy: novye dannye [The Palaeolithic of the northeast of Europe: new data] // Arheologija jetnografija i antropologija Evrazii [Archaeology, ethnography and anthropology of Euroasia]. 2008. No. 1 (33).
7. *Kanivec V. I.* Paleolit krajnego severo-vostoka Evropy [The Palaeolithic of the extreme northeast of Europe]. Moscow: Nauka, 1976.
8. *Svendsen J-I., Heggen H.P., Hufthammer A-K., Mangerud J., Pavlov P., W.Roebroeks.* Geoarchaeological investigations of Palaeolithic sites along the Ural Mountains – On the northern presence of humans during the last Ice Age. Quaternary Science Reviews. 2010. Vol.29 (23-24). Pp. 3138-3156.
9. *Pavlov P., Roebroeks W. & Svendsen J-I.* The Pleistocene Colonization of Northeastern Europe: A Report on Recent Research // Journal of Human Evolution. 2004. Vol.47, №1-2. Pp.3-17.
10. *Slimak L., Svendsen J-I., Mangerud J., Plisson H., Heggen H-P., Brugere A., Pavlov P.Yu.* Late Moustierian Persistence near the Arctic Circle. // Science, 332, №6031. 2011. Pp.841-845.
11. *Anikovich M.V., Anisjutkin N.K., Vishnjackij L.B.* Uzlovye problemy perehoda k verhnemu paleolitu v Evrazii [The key problems of transition

to the Upper Palaeolithic in Euroasia]. St.Petersburg. Nestor-History, 2007. 335 p.
12 *Astahov V.I., Svendsen J-I.* Prirodnaja obstanovka vremeni pervonachal'nogo zaselenija priural'skogo Severa [Natural conditions of time of initial settling of the Pre-Urals North]// Put' na Sever. Okruzhajushhaja sreda i samye rannie obitateli Arktiki i subarktiki. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii [A way to the North. Environment and the earliest inhabitants of Arctic and Subarctic regions. Materials of International Conf.]. Moscow, Institute of Geography, RAS, 2008. P.98-106.
13. *Guslicer B.I., Kanivec V.I.* Peshhery Pechorskogo Urala [Caves of the Pechora Urals]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1965. 134 p.
14. *Ivanov G.V.* Nahodki kamennyh orudij na ostrovah evropejskoj Arktiki (1989-1992) [Findings of stone implements on islands of the European Arctic regions (1989-1992). // AD POLUS. Arheologicheskie izyskanija [Archaeological explorations]. Issue 10. St.Petersburg: «Farn», 1993. P. 47-54.
15. *Volokitin A.V.* Mezolit [The Mesolithic]// Arheologija Respubliki Komi [Archaeology of the Komi Republic]. Moscow:DiK, 1997. Part 3, Chapter 2. P. 91-145.
16. *Volokitin A.V.* Some Peculiarities of Colonization of the European North-East in Mesolithic. In Helena Knutson (editor) Pioneer settlments and colonization processes in Barents region. Vuollerim Paper on Hunter-gatherer Archaeology. 2003. Vol. 1. Pp.11-18.
17. *Volokitin A.V.* Mezoliticheskij pamjatnik Lek-Lesa na r. Izhma [Mesolithic site of Lek-Lesa on the Izhma river]// Kamennyj vek lesnoj zony Vostochnoj Evropy i Zaural'ja [The Stone Age of the forest zone of the Eastern Europe and Transurals]. Moscow: ACADEMIA, 2005. P. 198-205.
18. *Edovin E.G.* Novaja gruppa mezoliticheskih pamjatnikov Arhangel'skogo Severa. Stojanki Priozer'ja [New group of Mesolithic sites of the Arkhangelsk North. Sites of Priozerye]// Tverskoj arheologicheskij sbornik [Tver archaeological collection]. Issue 7. Tver': OOO "Triada Publ.", 2009. P. 98-107.
19. *Vereshhagina I.V.* Pamjatniki s mikroliticheskim inventarem Bol'shezemel'skoj tundry [Sites with microlithic implements of Bolshezemelskaya tundra]//Arheologicheskie issledovanija v bassejne Pechory [Archaeological researches in the Pechora basin]. Syktyvkar, 1973. (MAESV. Issue 5). P. 3-21.
20. *Vereshhagina I.V.* Mezolit i neolit krajnego Evropejskogo Severo-Vostoka [The Mesolithic and Neolithic of the extreme European Northeast]. St.Petersburg: Peterburgskoe Vostokovedenie [Peterburg oriental studies]. 2010. 232 p. (Archaeologia Petropolitana).
21. *Chernov G.A.* Sledy pervyh poselencev za poljarnym krugom [Traces of the first settlers behind the Polar Circle]// Rodniki parmy [Springs of Parma]. Syktyvkar. Komi Book Publ. House, 1993. P. 8- 12.
22. *Volokitin A.V.* On the Peopling of Bolshezemelskaya Tundra in Mesolithic Age // in J.Pusztay, E.Saveljeva (ed.) The Arctic Papers of International Conference. Savariae, 1992.
23. *Kanivec V.I.* Mezoliticheskie stojanki na Srednej Pechore i Use [Mesolithic sites on the Middle Pechora and Usa] // Poselenija kamennogo i medno-bronzovogo veka na Pechore i Use [Settlements of the Lithic and Copper-Bronze Age on the Pechora and Usa]. Syktyvkar, 1973. P. 3-23. (MAESV; Issue IV).
24. *Luzgin V.E.* Neoliticheskie stojanki Central' nogo Timana [Neolithic sites of the Central Timan]// Poselenija kamennogo i medno-bronzovogo veka na Pechore i Use [Settlements of the Lithic and Copper-Bronze Age on the Pechora and Usa:Materials on archaeology of the European Northeast]/ Materialy po arheologii Evropejskogo Severo-Vostoka. Issue IV. Syktyvkar, 1973. P. 24-46. (MAESV; Issue IV).
25. *Gordon Bryan.* The Enigma of the Far Northeast European Mesolithic: Reindeer Herd Followers or Semi-Sedentary Hunters? In: Lars Larsson, Hans Kindgren, Kjel Knutssom, David Leffler and Agneta Akerlund (eds).
26. *Luzgin V.E.* Drevnie kul'tury Izhmy [Ancient cultures of Izhma]. Moscow: Nauka, 1972. 128 p.
27. *Karmanov V.N.* Kamennaja industrija ranneneoliticheskih pamjatnikov chernoborskogo ti-pa na evropejskom Severo-Vostoke [The stone industry of the Early Neolithic sites of Chernobor type in the European northeast] // Svoeobrazie i osobennosti adaptacii kul'tur lesnoj zony Severnoj Evrazii v final'nom plejstocene - rannem golocene [Originality and features of adaptation of cultures of the forest zone of Northeast Eurasia in the Final Pleistocene – Early Holocene]. Moscow, 2007. P. 290-311.
28. *Karmanov V.N.* Neolit evropejskogo Severo-Vostoka [The Neolithic of the European northeast]. Syktyvkar: Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2008. 226 p.
29. *Luzgin V.E.* Poselenie Ruzhnikova na Kosminskih ozerah i voprosy neolita Evropejskogo Severo-Vostoka [Ruzhnikov settlement on Kosminsky lakes and problems of the Neolithic of the European northeast]// Arheologicheskie issledovanija v bassejne Pechory [Archaeological researches in the Pechora basin]. – Syktyvkar, 1973. P. 22-34 (MAESV; Issue 5).
30. *Sidorov V.V.* Ocenka chislennosti naselenija lesnoj zony v neolite [Estimation of population number of the forest zone in the Neolithic]// Teorija i metodika issledovanij arheolo-gicheskih pamjatnikov lesostepnoj zony [The theory and a technique of researches of archaeological sites of the forest-steppe zone]. Tez. dokl. nauchn. Konf [Abstr. of reports of Sci. Conf.] Lipetsk, 1992. P. 73-76.
31. *Stokolos V.S.* Raboty Pechoro-Mezenskogo otrjada v 1986-1988 godah [Works of the Pechora-Mezen group in 1986-1988]// Arheologicheskie otkrytija Urala i Povolzh'ja [Archaeological discoveries of the Urals and the Volga region]. Syktyvkar, 1989. P. 35-36 (Komi Sci. Centre, Ural Branch, USSR Ac. Sci.).

УДК 811.511.132'366.54

КОНКУРЕНЦИЯ ИЛЛАТИВА И ПОСЛЕЛОГОВ В КОМИ-ПЕРМЯЦКОМ ЯЗЫКЕ

Г.А.НЕКРАСОВА

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
komilang@gmail.com

В работе рассматривается конкуренция средств выражения грамматических отношений. Выявлены послелоги, конкурирующие с иллативом, уточнены контексты, допускающие конкуренцию падежа и послелогов. Отмечены факторы, влияющие на выбор конкурирующих средств при описании одной и той же денотативной ситуации, определены частотные характеристики падежа и послелога в определенных типах контекстов.

Ключевые слова: **коми-пермяцкий язык, падеж, иллатив, послелог, пространственные отношения, конкуренция грамматических единиц**

G.A. NEKRASOVA. INTERCHAHGE OF THE ILLATIVE AND POSTPOSITIONS IN THE KOMI-PERMIAN LANGUAGE

The Komi-Permian language referring to the Permian branch of the Finno-Ugric languages, has the developed case system, the quantity of cases in dialects varies from 18 to 28. The basic part of the paradigm of declination is made of local cases. The illative is spread in all Permian languages, its indicator (кз. кп.-*ö*, удм.-*е*) was formed on the basis of the final vowel stem after loss of lative suffix *-*k*. The spatial use of the illative is connected with expression of orientation of movement to the internal zone of the orientator which includes the orientator itself and, if the orientator is volumetric, the space inside the orientator. In the internal zone the surface and the internal part of the orientator differ. At expression of spatial relations several spatial postpositions can compete with the illative.

1) Interchange of the illative and the postposition *pyckö* 'in, inside' (localization IN) is marked at expression of orientation of movement to the internal part of the orientator.

2) Interchange of the illative and the postposition *vylö* 'on'/superlative (localization SUPER) is observed at expression of movement, moving of object to the orientator surface.

3) Interchange of the illative and postpositions *vylö* 'on', *jylö* 'on' (localization APEX) is possible in the contexts describing movement, directed from below upwards.

4) Interchange of the illative and the postposition *berdö* 'to' (localization CONT) is possible at expression of contact of the object with the orientator.

5) Interchange of indicator of the illative and the postposition *ordö* 'to' (localization DOMUS) is marked at expression of orientation to the place of residing of the person.

Thus, in the Komi-Permian language the illative can interchange with the spatial postposition at expression of orientation of movement both to the internal part, and to the surface of the orientator. Such situation testifies that in case of use of an indicator of the illative physical properties of the orientator are not relevant, it does not matter whether the orientator possesses an internal cavity. In each of the contexts it shows that the object is directed to the internal zone of the orientator. Unlike the illative, the use of postpositions correlates with physical characteristics of the orientator, each of the interchanging postpositions is used in certain type of the context. The illative and a postposition in the same types of contexts can act as doublet means, at the same time the choice of the grammatical form can be connected with the prospect choice, with various comprehension of the spatial situation. Interchanging units differ by frequency characteristics in types of the contexts. At expression of the orientation of movement to the internal part of the orientator the primary use of the illative is observed, at expression of orientation to the orientator surface the use of post-

positions is preferable. Expansion of ability of the use of postpositions in noun phrases, the tendency of replacement of the illative to periphery can be explained by semantic specialization of postpositions, and also by influence of the Russian language on the Komi-Permian one.

Keywords: **the Komi-Permian language, a case, illative, a postposition, spatial relations, interchange of grammatical units**

Коми-пермяцкий относится к агглютинативным языкам, особенностью которых является богатая морфология, изменение слов с помощью добавления суффиксов. Количество падежей в коми-пермяцких диалектах варьируется от 18 до 28 [1, с. 100; 2, с. 5]. Наибольшее количество единиц отмечается в южных диалектах, где активно протекает процесс грамматикализации послелогов в падежные суффиксы [3, с. 78–79, 84; 4, с. 70–71; 5, с. 66]. Основную часть парадигмы склонения составляют местные падежи. Иллатив – один из падежей, который распространен во всех пермских языках, его показатель (кз. кп. *-ö*, удм. *-э*) сформировался на основе конечной гласной основы после отпадения лативного суффикса **-k* [6, с. 147]. При выражении грамматических отношений конкуренцию падежам составляют послелоги, формирование которых началось в период прапермского языка [7, с. 201–213]. Послелог наделен таким же грамматическим значением, что и падеж. Поэтому с образованием послелогов необходимо связать развитие конкуренции грамматических единиц, что изначально было вызвано стремлением точнее дифференцировать значения падежей и послелогов.

В статье описываются типичные контексты, которые допускают конкуренцию иллатива и послелогов при выражении пространственных отношений. При установлении особенностей контекста были использованы корпусы текстов коми-пермяцкого языка, размещенные в Интернете [8 –10], а также тексты коми-пермяцких писателей [11–13]. Для каждого из конкурирующих единиц создавались выборки контекстов, характеризующихся определенной семантической общностью, что позволило определить факторы, влияющие на выбор конкурирующих средств при оформлении одной и той же лексемы, а также проследить встречаемость показателя иллатива и послелога в определенных контекстах.

В современном коми-пермяцком языке иллатив функционирует как многозначный падеж [2, с. 47–50]. Его пространственные употребления связаны с выражением направленности движения во внутреннюю зону ориентира, которая «включает сам ориентир и, если ориентир объемный, пространство внутри ориентира». «Во внутренней зоне различаются поверхность (контактные локализации) и внутренняя часть ориентира» [14, с. 67]. При выражении пространственных отношений с иллативом могут конкурировать несколько пространственных послелогов, а именно *пытшкö* ‘в’, *вылö* ‘на’, *йылö* ‘на’, *бердö* ‘к’, *ордö* ‘к’.

1. Конкуренция иллатива и послелога *пытшкö* ‘в, внутрь’.

Конкуренция иллатива и послелога *пытшкö* ‘в, внутрь’, источником которого явилась иллативная форма реляционного имени *пытшк* ‘внутренность, внутренняя часть’, отмечается при выражении направленности движения во внутреннюю часть ориентира. В качестве ориентира могут выступать трехмерные, замкнутые пространства, которые имеют ограничивающую поверхность (или по крайней мере видимые границы) и, соответственно, внутреннюю и внешнюю область – вместилища (закрытые и открытые), а также вещества и участки пространств. Описывая денотативно идентичные ситуации, конкурирующие конструкции в большинстве случаев отражают различное осмысление ситуации говорящим.

При использовании иллатива в сочетании с существительными, обозначающими вместилища, ограниченную часть поверхности земли, а также нерасчлененную совокупность объектов, внимание акцентируется на направленность движения в пределы ориентира (1)-(3). Послелог *пытшкö* реализует значение направленности далеко внутрь, на большое расстояние от начальной границы ориентира (4)-(6). В целях подчеркивания удаленности от начальной границы ориентира перед послеложной конструкцией может употребляться наречие *ылö* ‘далеко’ (6).

(1) *Куимнанныс пырисö учöтик* ***керкуокö*** [8]. ‘Все трое зашли в маленький домик’.

(2) *Пырисö ыджыт* ***вöрö*** [8]. ‘Зашли [они] в большой лес’.

(3) *Кайла эшö Веж* ***нюрас*** [8]. ‘Еще раз схожу на болото Веж’.

(4) *Ыджыт* ***вöр пытшкö*** *пырö векнитик туёк.* [8] ‘Вглубь большого леса ведет узкая тропинка’.

(5) *Öвдя дыр видзöтіс ю сайö, кытчöдз Максимка, Тима да Кузьма эзö саясьö* ***нюр пытшкö*** [8]. ‘Овдя долго смотрела на другой берег реки, пока Максимка, Тима и Кузьма не скрылись вглубь болота’.

(6) *Сылöн горыс паськаліс ылö* ***вöр пытшкö*** [8]. ‘Ее [буровой] гул распространялся далеко вглубь леса’.

Предпочтительным является употребление иллатива с названиями веществ, особенно при описании ситуации погружения объекта в пределы такого ориентира сверху вниз. Конкуренцию иллативу послелог составляет при описании ситуации покрытия объекта ориентиром, неполного погружения объекта в пределы ориентира, когда сам объект (луг, деревья и т.п.) неподвижен (8)-(9).

(8) *Вöрись лажмыт местаэсö* ***ваö*** *вöтьöма.* [8] ‘В лесу низменные места погрузились в воду’.

(9) *Уна лажмыт видззез вöйисö гудыра* ***ва пытшкö*** [8]. ‘Многие низменные луга ушли под мутную воду’.

В контекстах, описывающих ситуацию движения, когда объект перемещается внутрь ориентира и плотно фиксируется в таком положении, используется только *иллатив* (10).

(10) *Порог дынісь* ***стенаö*** *хозяин вартöма пуись чукыля тув* [11, с. 15]. ‘В стену около порога хозяин забил кривой деревянный гвоздь’.

2. Конкуренция иллатива и послелога *вылö* ‘на’/ суперлатива.

Послелог *вылö*, представляющий собой грамматикализованную форму реляционного имени *выв* ‘поверхность’, выражает движение, перемещение объекта на поверхность ориентира. В диалектах наблюдается его грамматикализация в падежный показатель суперлатива. В южных диалектах процесс перехода послелога в падежный суффикс почти полностью завершен, тогда как в северных диалектах он находится в стадии развития [1, с. 91–98; 2, с. 66–68; 84]. Конкуренция между иллативом и послелогом *вылö* охватывает несколько типов контекстов.

В контексте с именами, обозначающими плоские, визуально необъемные предметы или предметы, функциональная часть которых плоская, в коми-пермяцком языке предпочтительно употребление послелога (11). В выборке примеров иллативное оформление последовательно принимает слово *джодж* ‘пол’ (12).

(11) *Санко видзöтіс вичкулісь паськыт да вылын пытшксö*: *гöгöр* ***стенаэз вылö да потолок вылö*** *лякöмöсь быдкодь еннэз* [8]. ‘Санко осмотрел широкую и высокую внутреннюю часть церкви: везде на стенах и на потолке изображения всяких святых’.

(12) *Сія* [Фиса] *жагöна чеччис, лэччис* ***джоджö*** [8]. ‘Она [Фиса] быстро встала, спустилась на пол’.

С названиями ориентиров, которые могут быть использованы для сидения и лежания, также предпочтительно употребление послелога. Конкуренция иллатива и послелога *вылö* ‘на’ отмечается в контексте со словом *лабич* ‘лавка, скамья’ (13)-(14), из 42 случаев употребления в 30 именная группа оформлена послелогом, в 12 – иллативом. Последовательное использование показателя иллатива наблюдается со словом *пöлать* /*полать* ‘полати’ (15).

(13) *Нія ордчöн пуксисö* ***лабич вылö.*** [8] ‘Они сели рядом на лавку’.

(14) *Пуксяс* ***лабичö*** [Иван Саревич], *юрсö öшöтас и тöждісьö* [10]. ‘Сядет [Иван Царевич] на лавку, голову повесит и печалится’.

(15) *Мизя каяс* ***пöлатьö****, водас узьны.* [10] ‘Мизя поднимется на полати, ляжет спать’.

Выступающие в качестве ориентира названия "кронштейнов"* (*тув* ‘гвоздь’, *сёр* ‘перекладина для одежды’, *вуг* ‘ручка (двери)’ и т.п.) предпочитают послеложное оформление. В контексте со словом *тув* ‘гвоздь’ послелог конкурирует с иллативом, который является менее частотным и более периферийным: в восьми случаях именная группа оформлена послелогом, в двух – иллативом (16)-(17).

(16) *Сійö* [тулупсö] *эд коліс чуланö пыртны да* ***тувйö*** *öшöтны* [10]. ‘Его [тулуп] ведь надо было в чулан занести и повесить на гвоздь’.

(17) *Лузансö Тима öшöтіс посодз стена бердö,* ***пуöвöй тув вылö*** [8]. ‘Тима повесил лузан** на прибитый к стене деревянный гвоздь в коридоре’.

В современном языке иллатив является менее частотным по отношению к послелогу с существительными, обозначающими события. На фоне преимущественного использования послелога *вылö* засвидетельствованы единичные употребления иллатива (18)-(19). В таких контекстах иллатив и послелог выступают как дублетные формы, на частотные характеристики конкурирующих средств сказалось влияние русского языка.

(18) *Председательным* ***собраннё вылö*** *муніс* [8]. ‘Наш председатель пошел на собрание’.

(19) ***Собраннёö*** *мунö* [13, с. 62]. ‘На собрание идет’.

Нетривиальной кажется конкуренция иллатива и послелога *вылö* со словом *карта* ‘хлев’ (20)-(23), так как обозначаемый им ориентир относится к типу трехмерных. В данном случае употребление послелога *вылö* носит конвенциональный характер. В коми-пермяцком языке, по крайней мере до начала XX в., параллельно функционировали лексемы *карта* и *картавыл (картавыв*) в значении ‘двор, огороженный участок земли при доме, на котором расположены хозяйственные постройки; хозяйство в широком смысле’, о чем свидетельствуют примеры (24)-(25). В словарях коми-пермяцкого языка была зафиксирована только лексема *карта* [18, с. 67; 19, с. 166]. В современном коми-пермяцком языке эта лексема обозначает специальный сарай, пристройку для домашнего скота [19, с. 166]. Прежнее значение слова сохраняется в идиоматическом выражении *картаö пырны* ‘войти в дом невесты’. Представляется, что после сужения значения из дублетных лексем *карта* и *картавыл* последнее утрачивается из языка, сохраняются лишь отдельные падежные формы, которые в современном языке интерпретируются как послеложные конструкции (20)-(21).

(20) *Ачыс* [Андрей] ***карта вылö*** *йöртіс вöвсö* [13, с. 167]. ‘Сам [Андрей] загнал лошадь в конюшню’.

(21) *Мамыс босьтас пöдойнича и* ***карта вылö*** [13, с.158]. ‘Мать возьмет ведро-подойник и в хлев’.

(22) *Вöвсö* ***картаö*** *йöртас* [10]. ‘Лошадь в конюшню загонит’.

* Семантический ярлык для подобных ориентиров предложен в работе [15,с. 51].

** Лузан – род короткой безрукавой рубахи из войлока, сукна, холста, надеваемой лесниками сверх всей одежи, для защиты от холода, мокроты (у зырян, род бурки, войлочный плащ [16, с. 271]).

(23) *Петісö нія* ***картаö*** [10]. ‘Вышли они в хлев’.

(24) *Міян* ***картавыл*** *неыжыт.* ***Картавылын****, веськыт лапöлын, сулалö пуöвöй керку.* ‘Наш двор небольшой. Во дворе, с правой стороны, стоит деревянный дом’ [17, с. 21].

(25) ***Картаын*** *чјупöтöны öтык і кык гід Во дворгъ строятъ одинъ и два хлгъва* [18, с. 233].

3. Конкуренция иллатива и послелогов *вылö* ‘на’, *йылö* ‘на’.

В контекстах, описывающих движение, направленное снизу вверх, употребление иллатива и послелогов *вылö* ‘на’ и *йылö* ‘на’ связано с различной концептуализацией ситуации. В таких случаях ориентиром выступает объект, который находится выше по отношению к земной поверхности: ‘дерево’, ‘гора’, ‘возвышенность’. В контекстах с иллативом описывается ситуация, где в пространственные отношения вовлечен весь ориентир (26). При использовании послелога *йылö* ситуация осмысляется как направленность на верхнюю часть ориентира (на крону дерева, на вершину горы и т.п.) (27)-(28). Такая интерпретация ситуации возможна и при употреблении послелога *вылö* в контексте с существительными ‘гора’, ‘возвышенность’ (29), тогда как в сочетании с существительными, обозначающими вертикальные предметы типа ‘дерево’, ‘столб’, описываемая ситуация связана с вовлечением в пространственную конфигурацию не верхней части ориентира, а ориентира в целом (30).

(26) *Пондан керöс увтö лэдзчыны, висьтав «тпру», а* ***керöсö*** *кайны – «ны»* [10]. ‘Будешь спускаться под гору, скажи «тпру», а когда будешь подниматься в гору – «ны»’.

(27) *Ачыс* [мужык] *иньдöтчис* ***керöс йылас*** [10]. ‘Сам [мужик] направился на гору’.

(28) *Ме кая* ***кöз йылас****, а тэ кольччы улö* [10]. ‘Я поднимусь на ель, а ты оставайся внизу’.

(29) *Верзьöм вöввезнас кайисö* ***керöс вылö*** [8]. ‘Верхом на конях поднялись на гору’.

(30) *Тöдчö, что кузь бöжа урок лэдзчылöма улö да бöр кайöма* ***пу вылö*** [8]. ‘Видно, что длиннохвостая белочка спускалась вниз и обратно поднялась на дерево’.

4. Конкуренция иллатива и послелога *бердö* ‘к’.

Послелог *бердö*, восходящий к иллативной форме реляционного имени *берд* ‘место около’, используется для выражения контакта объекта с ориентиром. Типичным контекстом, в которых описывается плотный контакт объекта и ориентира, являются глаголы ‘приклеить’, ‘пришить’, ‘прибить’, которые вводят ситуацию жесткой фиксации объекта на ориентире при помощи дополнительного предмета. В таких контекстах предпочтительно употребление послелога (31)-(32). Между тем, глаголы плотного контакта допускают оформление актанта также иллативом и послелогом *вылö*. При использовании послелога *бердö* в фокусе внимания находится сам процесс присоединения одного предмета к другому (32); при использовании иллатива выражается процесс направленности объекта в пределы ориентира (33); при использовании послелога *вылö* предполагается, что ориентир представляет собой основу, на которую присоединяется объект (34).

(31) *Тэ вурин сы* ***шапка бердö*** *гöрд лентаок* [8]. ‘Ты пришила к его шапке красную ленточку’.

(32) *Ыбöс вевдöрас* ***косяк бердö*** *дорöм виль подков* [8]. ‘К косяку над дверью прибита новая подкова’.

(33) ***Стенаэзас*** *дорöмась пуöвöй туввез* [8]. ‘В стены прибиты деревянные втулки’.

(34) *Посвöдзись* ***стена вылö*** *дорöмась плакаттэз* [11, с. 56]. ‘На стену коридора прибиты плакаты’.

Использование иллатива и послелога *бердö* одинаково возможно при описании пространственной ситуации, когда объект и ориентир соединены при помощи дополнительного предмета без непосредственного контакта их поверхностей (35)-(36). Типичным контекстом описания такой ситуации являются глаголы присоединения *йитны* ‘соединять’, *кöтравны* ‘привязать’.

(35) *Егоршаыс нельки доддявлö понсö* ***дадёк бердö*** *да ысласьлö* [8]. ‘Егорша даже собаку привязывает к саням и катается’.

(36) *Егорша да Архипка* ***дадёкö*** *доддялісö Шарикöс, мунісö посад пытшкöт туй кузя* [8]. ‘Егорша и Архипка привязали Шарика к саням, поехали по дороге через село’.

Параллельное употребление иллатива и послелога наблюдается также при описании ситуации кратковременного, непроизвольного контакта объекта с ориентиром (37)-(38).

(37) *Таратайкаыс кышасис* ***уввезас*** *да сэтчö и кольччас* [10]. ‘Таратайка зацепилась за ветки да там и осталась’.

(38) *Кокыс кышасис* ***ув бердö*** [8]. ‘Ноги зацеплялись за ветки’.

5. Конкуренция показателя иллатива и послелога *ордö* ‘к’.

Послелог *ордö* выражает значение направленности к месту проживания лица, он употребляется только в контексте с одушевленными существительными и местоимениями лица (40)-(41). Именные группы в форме единственного числа предпочитают послелог, личные местоимения единственного числа допускают только послелог. Конкуренция послелога и иллатива наблюдается в контексте с одушевленными существительными и личными местоимениями множественного числа, причем в таких контекстах употребление иллатива является предпочтительным (42)-(43), ср. из 41 случая использования местоимения 1 л. мн.ч. в качестве вершины в 39 именная группа оформлена иллативом, в двух – послелогом.

(40) ***Соседдэз*** *ордö петіс* [8]. ‘Вышел к соседям’.

(41) *Мыйла, мам, Авдейыс* ***миян ордö*** *вовіс?* [8]. ‘Мама, зачем Авдей к нам приходил?’.

(42) ***Андрейезö*** *пырисö жö салдаттэз.* [13, с. 20] ‘В дом к Андрею [букв. ‘к Андреям’] тоже зашли солдаты’.

(43) *Мам, Авдей* ***миянö*** *локтö* [8]. ‘Мама, Авдей к нам идет’.

Таким образом, в коми-пермяцком языке иллатив может конкурировать с пространственным послелогом при выражении направленности движения как во внутреннюю часть, так и на поверхность ориентира. Такая ситуация свидетельствует о том, что в случае использования показателя иллатива физические свойства ориентира не релевантны, не имеет значения, обладает ли ориентир внутренней полостью. В каждом из контекстов он указывает на то, что объект направлен во внутреннюю зону ориентира. В отличие от иллатива, употребление послелогов коррелирует с физическими характеристиками ориентира, каждый из конкурирующих послелогов употребляется в определенном типе контекста. Иллатив и послелог в одних и тех же типах контекстов могут выступать как дублетные формы, в то же время выбор грамматической формы может быть связан с выбором перспективы, с различным осмыслением пространственной ситуации. Конкурирующие единицы различаются частотными характеристиками в типах контекстов. При выражении направленности движения во внутреннюю часть ориентира наблюдается преимущественное употребление иллатива, при выражении направленности на поверхность ориентира предпочтительно использование послелогов. Расширение способности употребления послелогов в именных группах, тенденция вытеснения иллатива на периферию могут быть объяснены семантической специализированностью послелогов, а также влиянием на коми-пермяцкий русского языка.

Литература

1. *Баталова Р.М.* Ареальные исследования по восточным финно-угорским языкам (коми языки). М.: Наука, 1982. 167 с.
2. *Некрасова Г.А.* Вежлӧг перым кывъясын: пертас, вежӧртас, артманног. Сыктывкар, 2004. 118 с.
3. *Баталова Р.М.* Оньковский диалект коми-пермяцкого языка. Унифицированное описание диалектов уральских языков. М., 1990. 205 с.
4. *Баталова Р.М.* Нижнеиньвенский диалект коми-пермяцкого языка. М.-Гамбург, 1995. 197 с.
5. *Баталова Р.М.* Кудымкарско-иньвенский диалект коми-пермяцкого языка. М.-Гамбург, 2002. 168 с.
6. *Основы финно-угорского языкознания. Марийский, пермские и угорские языки* /Ред. кол.: В.И. Лыткин, К.Е. Майтинская, К. Редеи, Я. Гуя, А.П. Феоктистов, Г.И. Ермушкин. М., 1976. 464 с.
7. *Rédei K.* Die Postpositionen im Syrjänischen unter Berücksichtigung des Wotjakischen. Budapest, 1962. 224 S.
8. *Баталов В.* Öктӧм проза [Электронный ресурс]. URL: www . Fulib.ru
9. *Можаев С.* Комиӧн гижӧм [Электронный ресурс]. URL: www . Fulib.ru
10. *Перем* коми отирлӧн висьтасьӧм [Электронный ресурс]. URL: www . Fulib.ru
11. *Минин И.* Чӧвпан мыс дын. Кудымкар: Коми-Пермяцкое кн. изд-во, 1962. 140 с.
12. *Фадеев Т.* Ыбшар. Кудымкар: Коми-Пермяцкое кн. изд-во, 1989. 352 с.
13. *Федосеев С.* Сьӧд цветтез. Кудымкар: Коми-Пермяцкое кн. изд-во, 1994. 328 с.
14. *Плунгян В.А.* Общая морфология. Введение в проблематику. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 383 с.
15. *Рахилина Е.В.* Когнитивный анализ предметных имен: семантика и сочетаемость. М.: Русские словари, 2000. 416 с.
16. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка. Т. 2. И-О. М.: Русский язык, 1981. 780 с.
17. *Щапов П.В.* Вторая книга для чтения и практических упражнений на пермяцком языке. Казань, 1909. 78 с.
18. *Рогов Н.А.* Пермяцко-русский и русско-пермяцкий словарь. СПб., 1869. 415 с.
19. *Баталова Р.М., Кривощекова-Гантман А.С.* Коми-пермяцко-русский словарь. М.: Русский язык, 1985. 624 с.

References

1. *Batalova R.M.* Areal'nye issledovaniya po vostochnym finno-ugorskim yazykam (komi yazyki) [Areal researches on the east Finno-Ugric languages (the Komi languages)]. Moscow: Nauka, 1982. 167 p.
2. *Nekrasova G.A.* Vezhlog perym kyvjasyn: pertas, vezhqrtas, artmannog (Padezh v permskikh yazykakh: forma, semantika, proiskhozhdenie) [A case in the Permian languages: form, semantics, origin]. Syktyvkar: SyktSU, 2004. 118 p.
3. *Batalova R.M.* On'kovskii dialekt komi-permyatskogo yazyka. Unifitsirovannoe opisanie dialektov ural'skikh yazykov [Oni dialect of the Komi-Permian language. Unified description of dialects of the Uralic languages]. Moscow, 1990. 205 p.
4. *Batalova R.M.* Nizhnein'venskii dialekt komi-permyatskogo yazyka. [Low-In'va dialect of the Komi-Permian language]. Moscow - Hamburg, 1995. 197 p.
5. *Batalova R.M.* Kudymkarsko-in'venskii dialekt komi-permyatskogo yazyka [Kudymkar-In'va dialect of the Komi-Permian language]. Moscow - Hamburg, 2002. 168 p.
6. *Osnovy finno-ugorskogo* yazykoznaniya. Mariiskii, permskie i ugorskie yazyki [Bases of Finno-Ugric linguistics. The Mari, Permian and Ugrian languages]/ Eds: V.I. Lytkin, K.E. Majtinskaja, K. Redei, J. Guja, A.P. Feoktistov, G.I. Ermushkin. Moscow: Nauka, 1976. 464 p.
7. *Rédei K.* Die Postpositionen im Syrjänischen unter Berücksichtigung des Wotjakischen. Budapest: Akadémiai kiady, 1962. 224 S.
8. *Batalov V.* Öktöm proza (Izbrannaya proza): Elektronnyi resurs. [Selected prose: Electronic resource]. URL: www. Fulib.ru
9. *Mozhaev S.* Komiön gizhöm (Proza na komi yazyke): Elektronnyi resurs. [Proze in the

Komi language: Electronic resource]. URL: www. Fulib.ru
10. *Perem komi* otirlön vistasöm (Komi-permyatskie skazaniya): Elektronnyi resurs. [Komi-Permian legends: Electronic resource]. URL: www. Fulib.ru
11. *Minin I.* Chövpan mys dyn (U Chelpan gory) [At Chelpan mountain]. Kudymkar: Komi-Permyatskoe kn. izd-vo, 1962. 140 p.
12. *Fadeev T.* Ybshar (Zhavoronok) [Sky-lark]. Kudymkar: Komi-Permyatskoe kn. izd-vo, 1989. 352 p.
13. *Fedoseyev S.* Chernye tsvety. [Black flowers]. Kudymkar Komi-Permyatskoe kn. izd-vo, 1994. 328 p.
14. *Plungyan V. A.* Obshchaya morfologiya. Vvedenie v problematiku [General morphology. Introduction in problematics]. Moscow: Editorial URSS, 2000. 383 p.
15. *Rakhilina E.V.* Kognitivnyi analiz predmetnykh imen: semantika i sochetaemost'. M.: Russkie slovari [Cognitive analysis of subject names: semantics and compatibility]. Moscow: Russian dictionaries, 2000. 416 p.
16. *Dal' V.* Tolkovyi slovar' zhivogo velikorusskogo yazyka [Glossary of live Great Russian language]. Vol. 2, I-O. Moscow: Russian language, 1981. 780 p.
17. *Shchapov P.V.* Vtoraya kniga dlya chteniya i prakticheskikh uprazhnenii na permyatskom yazyke [Second book for reading and practical exercises in the Permian language]. Kazan, 1909. 78 p.
18. *Rogov N.A.* Permyatsko-russkii i russko-permyatskii slovar' [The Permian-Russian and Russian-Permian dictionary]. St.Petersburg, 1869. 414 p.
19. *Batalova R.M., Krivoshchekova-Gantman A.C.* Komi-permyatsko-russkii slovar' [The Komi-Permian-Russian dictionary]. Moscow: Russian language, 1985. 624 p.

Статья поступила в редакцию 26.05.2014.

УДК 398(=511.132):001.814.2(470.13)

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОБРАНИЯ РУКОПИСНЫХ ФОЛЬКЛОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОТДЕЛЕ ФОНДОВ НАЦИОНАЛЬНОГО МУЗЕЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.Н. РАССЫХАЕВ

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

Проанализирована одна из первых крупных фольклорных коллекций, хранящаяся в Национальном музее Республики Коми. Установлено, что начало формированию фольклорного собрания рукописных материалов было положено в 1910–1920-е гг. учащимися школ, «селькорами» журнала «Ордым» (Тропа) и членами Общества изучения Коми края. Продолжено в 1930-е гг. студентами и преподавателями Коми педагогического института под руководством Г.А. Старцева и «фольклорной бригадой» Коми отделения Союза писателей СССР под руководством П.Г. Доронина. Раскрыта судьба некоторых собирателей фольклора коми.

Ключевые слова: **фольклор коми, источники, рукописи, собиратели фольклора, Национальный музей Республики Коми**

A.N. RASSYKHAEV. STAGES OF FORMATION OF COLLECTION OF HAND-WRITTEN FOLKLORE MATERIALS IN THE FUNDS DEPARTMENT OF THE NATIONAL MUSEUM OF THE KOMI REPUBLIC

The hand-written folklore materials collected in the 1918-1936-th are kept in the Funds Department of the National Museum of the Komi Republic. At the moment the hand-written fund totals 21 volumes: each having its title, table of contents, sheets are numbered. Basing on dating of the collected texts, notes of collectors, 3 stages of formation of folklore collection of hand-written materials were established.
The first group of sources consists of 12 volumes and chronologically covers texts of 1918-1931. Records belong both to pupils of schools, rural correspondents of the literary and art monthly Ordym (Track) in the Komi language, and to activists and correspondents of the Society on studying the Komi land (formed in 1922).
The second group consists of five volumes which include materials of students of the Komi Teachers Training Institute. Records were made in 1934-1936 during folklore practice. G. A. Startsev, ethnographer, Head of Chair of History, directed the work on collecting the material.
The third group of sources consists of four volumes prepared by "folklore group" guided by P.G.Doronin, writer. Four volumes (including the second copy) are made on the basis of earlier published texts and materials of correspondents of the Society on studying the Komi land (chronological frames: middle of XIX century – the 1930-s). The prepared folklore collection was not published.
The hand-written fund is the very first large collection of folklore materials in the Komi language. The materials reflect formation of methodology of collecting of folklore and ethnographic texts, expansion of the collected genres. Hand-written volumes give a chance to analyze the condition of folklore tradition in the first third of XX century.

Keywords: **Komi folklore, sources, manuscripts, collectors of folklore, National Museum of the Komi Republic**

Выявление и анализ новых или малоизученных источников является одним из важных направлений в гуманитарных исследованиях. Фольклористическая наука в Республике Коми долгие годы активно опиралась на ресурсы, аккумулированные в Фольклорном фонде Института языка, литературы и истории Коми НЦ и Научном архиве Коми НЦ УрО РАН. С образованием в 1972 г. нового высшего учебного заведения материалы по устному народному творчеству начали формироваться в Фольклорном архиве Сыктывкарского государственного университета. Это крупные специализированные

архивы, постоянно пополняющиеся фольклорными данными по мере обработки полевых экспедиционных записей. Между тем внимание фольклористов Республики Коми на протяжении последнего столетия приковано, прежде всего, к рукописному фольклорному собранию отдела фондов Национального музея РК (далее – НМРК). Указанное неопубликованное наследие использовалось исследователями, однако из их работ невозможно доподлинно установить широту обхвата материалов, так как ученые практически всегда ограничиваются только указанием на место хранения рукописей, не обременяя себя конкретикой – в какой тетради, на каком листе, когда и от кого записан тот или иной текст. В фольклористике такая практика к исследуемому материалу прослеживается в работах 1950–1980-х гг., а при издании сборников фольклорных текстов в литературно-художественной или научно-популярной обработке об этом и вовсе не упоминается. Возможно, причиной неразглашения имен собирателей является то, что среди них фигурируют фамилии репрессированных людей (В.И.Лыткин, А.С.Сидоров, С.А.Попов, Г.А.Старцев и др.), о которых исследователи предпочитали умалчивать. В отличие от работ советского периода в публикациях начала XXI в. практически всегда указывается полный шифр материала, использованного из НМРК. Кроме того, группой фольклористов предпринята попытка охарактеризовать рукописное наследие, сделать обзор содержащихся в них произведений [1–6]. Однако до сих пор остается много неизвестного в истории формирования фольклорного собрания, чудом сохранившегося в НМРК. Пока нет ответа на вопрос, почему собранные в разное время и разными людьми материалы попали в фонды Музея, занимающегося хранением артефактов культуры, а не Архивного учреждения. В какой-то степени этот пробел можно восполнить, обратившись к фамилиям собирателей, ничего не говорящим даже ученым-гуманитариям.

Хранящиеся в музее рукописные материалы были собраны в 1918–1936-е гг. и прошли первичную систематизацию. Рукописный фонд насчитывает 21 том, первый из которого долгое время значился под «инвентаризационным номером» 176 (в нынешней нумерации – КП-12496), последний – под номером 200 (КП-12481). Таким образом, в сквозной нумерации отсутствуют номера 177, 178, 182 и 184. В 2012 г. в НМРК «инвентаризационным делам» была присвоена новая нумерация, которая не придерживается ранее установленного порядка расположения томов. Судя по указанным на обложках крайним датировкам, в 12 томах представлены зафиксированные до 1931 г. произведения. Пять томов включают материалы преимущественно сер. 1930-х гг., зафиксированные студентами Коми педагогического института во время фольклорной практики. Четыре тома содержат ранее записанные тексты (сер. XIX в. – 1910–1930-е гг.), на основе которых во второй пол. 1930-х гг. были составлены фольклорные сборники.

Первая группа источников, хронологически охватывающая материалы 1918–1931-х гг., представляет собой подборки фольклорных текстов, осуществленных по тематическому принципу, который не всегда соблюдается, или сшитых в произвольном порядке тетрадей разных собирателей. Записи принадлежат как ученикам школ, «селькорам» литературно-художественного ежемесячного журнала на коми языке «Ордым» (Тропа), так и активистам и корреспондентам образовавшегося в 1922 г. Общества изучения Коми края (далее – ОИКК). В 1918–1919 гг. фольклорные произведения были отправлены учениками советской школы I-й ступени С. Пешкиным из с. Вотча Усть-Сысольского уезда (ныне – Сысольского р-на), И. Братенковым, С. Рочевым, а также анонимными учащимися из с. Корткерос. Статус или фамилии нескольких собирателей этого периода не указаны, но предполагаем, что П.П. Пешкин из с. Вотча, Стрельник из с. Межадор Сысольского р-на, Е. Попов (записи от жителей с. Руч Усть-Куломского р-на, с. Палауз Сысольского р-на, с. Грива Койгородского р-на) и неизвестный собиратель из с. Скородум Усть-Куломского р-на тоже могли быть учениками. Учащиеся высылают тексты и в начале 1920-х гг. К сожалению, на листах со сказками и песнями мало надписей, которые помогли бы выяснить, кому ученики отправляют свои записи. Вполне вероятно, что они адресованы организованной в ноябре 1918 г. «Комиссии по собиранию и созданию зырянской литературы для школ и народа» («Коми комиссии»), издавшей в начале 1920-х гг. несколько книг для чтения, в которых были фольклорные произведения (сказки, песни): к примеру, «Лыддысьны велӧдчан» (Букварь, 1920), «Шонді югӧр» (Луч солнца, 1921). В пользу этого свидетельствуют оставленные на одном из рукописных листов ремарка и подпись классика коми литературы В.Т. Чисталева (НМРК: КП-12490. 103 об.), участвовавшего в создании первых учебников. В музее же хранятся песни, случайно зафиксированные 13 июня 1921 г. неизвестным собирателем на «Засодимском» пароходе от женщины из с. Аныб Усть-Куломского р-на.

Новые источники с фольклорными текстами появляются с образованием Общества изучения Коми края, члены которой внесли неоценимый вклад в изучение и развитие национальной культуры, а также в становление академической науки региона [7]. Два из активнейших члена Общества – В.И.Лыткин (1895–1981) и А.С.Сидоров (1892–1953) – впоследствии стали известными учёными финно-угроведами и заложили прочные основы научного изучения языка, фольклора и литературы народа коми. Если их разыскания и научные взгляды, в том числе и работы по фольклору, были в центре внимания многих последующих исследователей, и об этом написана довольно солидная литература [8–10], то о скромном вкладе остальных участников краеведческого движения мало что известно. О развернувшейся в 1920-х гг. активной деятельности краеведов позволяют судить не только их публикации в местных изданиях (журналы «Коми му» («Земля Коми») и «Парма ёль» («Ручей пармы»), «Записки» ОИКК, Сборник комиссии по собиранию словаря и изучению диалектов коми языка), но и

сохранившиеся в Национальном музее рукописи фольклорных текстов.

С первых дней образования ОИКК деятельность краеведов была тесно связана с открывшимся в 1911 г. Усть-Сысольским музеем, который благодаря усилиям членов Общества в 1924 г. получил статус областного. В разное время директорами музея были члены организации: сначала исследователь коми языка и фольклора А.А. Цембер (1874–1959), который в 1922 г. возглавил образовавшийся Коми областной государственный архив; с 1925 г. – борец за широкую автономию коми-зырян Д.А. Батиев (1896–1941), с 1928 г. – А.А. Молодцова, сестра В.А. Молодцова, составителя т.н. «молодцовского шрифта», с 1931 г. – С.А. Попов (1905–1986), с 1933 г. – этнограф Г.А. Старцев (1902–1943). Во многих населённых пунктах Коми края были открыты ячейки ОИКК, а записанный на местах корреспондентами материал поступает в адрес располагавшегося в музее Общества, где сразу же и обрабатывается. На это указывает, в частности, тот факт, что на листах зафиксированы нумерация и год поступления материала. Возможно, некоторые краеведы опираются на изданную Обществом «Программу по изучению Коми края» (1924) [11].

В комментариях «селькоров» сохраняются надписи, свидетельствующие, что высылаемые материалы адресуются редакции литературно-художественного журнала «Ордым» (Тропа), в котором был опубликован призыв к сбору фольклорных сведений. В адрес редакции отправляют свои записи А. Кузьбожева (1925 г., с. Вотча), П.А. Мороков (1927 г., дер. Ула [исчезнувшая деревня находилась в Верхолузском с/с Прилузского р-на]), В.И.Муравьев (1927 г., с. Ыб Сыктывдинского р-на), А.М. Нестеров (1927 г., с. Мордино Корткеросского р-на), А.И. Сердитов (1927 г., дер. Керос Объячевского с/с Прилузского р-на), А.А. Худяев (1927 г., с. Позтыкерос Корткеросского р-на) и др. Некоторые из них просят, чтобы их тексты издали под псевдонимом, к примеру, М.Г. Подоров из с. Палауз Сысольского р-на приводит свой псевдоним «Войвыв пи» (Сын Севера). В материалах селькоров представлены преимущественно сказки и песенные жанры. В это же время продолжают отправлять материалы ученики советских школ из с. Вотча, с. Корткерос, дер. Олгу Верхолузского с/с. Вместе с этим, они не раз заявляют о крайне скудном материальном обеспечении. К примеру, ученица Советской школы I-й ступени Е.С. Кисилева из с.Пезмог Усть-Сысольского уезда (ныне – Корткеросского р-на) просит: «Посылайте бумагу, карандаша. Я еще пишу зырянские песни. У меня еще есть очень много. Посылайте карандаша. У нас совсем нету – последнюю карандаша писала» (НМРК: КП-12491 Л.103 об.) (стиль сохранен).

Кроме поступлений от местных корреспондентов, просящих присылать им вопросы по фольклору и бумагу для записи текстов, в рукописях имеются материалы членов Общества, специально выезжавших в экспедиции. Наибольший интерес представляют фольклорные записи С.А. Попова. Будучи учащимися Центрального педтехникума повышенного типа (до 1923 г. – Коми институт народного образования), в 1924 г. по поручению ОИКК он отправляется на пароходе вместе с А.С.Сидоровым в командировку по рекам Печора, Ижма и Ухта. Во время недолгой стоянки в с.Уса в устье одноименной реки по р.Печора С.А. Попов по совету жителей посещает «сказителя», имя которого он «по неопытности» и за отсутствием времени не успевает записать. Не пожилой еще мужчина соглашается за серебряный двугривенник спеть ему былину на коми языке. В предисловии к тексту собиратель с сожалением отмечает, что «… записать за его пением мне не удалось, а пришлось записать в виде рассказа, но, я думаю, больших различий этим обстоятельством не создал. К сожалению, не успел я закончить запись, пришел пароход, приходилось невольно бросить работу и поспешить, не опоздать к отходу парохода» (НМРК. КП-12495. Л. 38). «Доработанный» в результате такой записи текст С.А. Попов пытается сравнить с былинами, записанными и опубликованными А.В. Марковым (1877–1917), П.Н. Рыбниковым (1831–1885), А.Ф. Гильфердингом (1831–1872) и Н.Е. Ончуковым (1872–1942). При этом он не указывает, каким пользуется источником. Выделив четыре сюжета в записанном им произведении (исцеление Ильи, ссора с Владимиром, Идолище, смерть Святогора), С.А. Попов проводит текстологический анализ и находит своеобразную переработку известных русских былинных текстов, а также индивидуальные сюжетные ходы сказителя (Илья Муромец кроваво расправляется с князем Владимиром и его женой; избавляет родного отца и мать от мучений Идолища; калика приходится ему братом; Илья возносится на небеса вслед за Святогором и т.д.). После таких сопоставлений он приходит к выводу, что это есть «новый былинный вариант, еще не записанный и сохранившийся в переводной форме» (НМРК. КП-12495. Л. 59). Несмотря на такой вывод, текст имеет большую научную ценность, так как является одной из двух записей былины на коми языке.

Собирательская работа С.А. Попова со временем набирает обороты. В 1927 г. он публикует в журнале «Коми му» известное предание о Шыпиче, популярную народную песню «Шондібан» (Солнцеликая) [12]. Исследовательскую работу он продолжает, обучаясь на историко-этнографическом факультете I-го Московского государственного университета. Вместе с однокурсниками из Коми Г.А.Нечаевым и Е.А. Чеусовой в 1929 г. он записывает сказку от студента Коммунистического университета трудящихся Востока Ануфриева и публикует в лингвистическом сборнике [13]. Во время каникул С.А. Попов также активно занимается собиранием фольклора, в результате чего готовит рукопись «Фольклор коми Летского района. 1928–1929 гг.» (НМРК. КП-12485).

В рукописном собрании НМРК имеются также записи Т.С. Подорова (1905–1976). Его имя практически ничего не говорило ни литераторам, ни исследователям фольклора. Т.С. Подорова можно назвать одним из многих начинающих писателей того времени, которому не удалось реализовать

свой литературный талант. В 1920-х гг. он начинает писать адресованные детям произведения на коми языке. В архивных материалах обнаружены 23 авторских текста (11 стихотворений и 12 рассказов), а в журнале «Ордым» («Тропа») были изданы еще три его рассказа. В рассматриваемом фольклорном собрании обнаружено более 60 единиц фольклорных произведений, находящихся в трёх разных тетрадях, различно датированных, что позволяет говорить о том, что Т.С. Подоров записывает их в течение долгого времени. В первом томе, состоящем из тетрадей разных собирателей, представлены как фольклорные тексты (величальная, частушки, загадки и считалки), так и его авторские произведения (НМРК. КП-12490). Второй том целиком состоит из его собственных небольших рассказов и стихотворений для детей, а также текста волшебной сказки, состоящего из контаминации нескольких сюжетов: СУС 465А (Бегство от ведьмы с помощью бросания чудесных предметов) + 313Н* (Красавица-жена помогает выполнять трудные поручения, данные царём ее мужу) + 313Е* («Сестра просела» (эпизод – вместо убежавшей красавицы отвечают слюнки) (НМРК. КП-12489). В третьей тетради находятся семь свадебных причитаний, записанных на его родине (дер. Тыла нынешнего Княжпогостского р-на) и снабженных комментарием (правописание сохранено): «*Коми сикт»–нима газетын унанин эськö сьылан-бöрдан кывъяс-йывсьыд гижлісны-да, ме чайта, оз сорав газетö нöшта-на тайö чукöртöмъяссö лэдзны. Тайö дзик емва-сёрниöн сьылöм-бöрдöмыс мунö*» (НМРК. КП-12493. Л. 61). (В газете «Коми сикт» (Коми село) много уже писали о коми песнях и причитаниях. Я думаю, что не помешает дать в газету еще и эти записи. Эти причитания на вымском диалекте). Несмотря на это, записанных им фольклорных текстов не так уж и много, а о литературном творчестве коми литературоведам ничего не известно. В данном случае интерес представляет фигура самого собирателя. В населенных пунктах по нижней Вычегде, входящих в группу деревень под общим названием «Коквицкая гора», Т.С. Подоров известен как «*йöй Тикöн*» (Тихон-дурак), а вокруг его образа сформировался целый пласт современной устной прозы [14–16]. О нем рассказывают как об образованном человеке, ставшим нищим странником и ведущем юродивый образ жизни. По рассказам жителей, он притворялся сумасшедшим и вынужден был долгое время находиться в этой ипостаси, чтобы не стать жертвой репрессий за поддержку православных традиций в селе и открытую критику коммунистического строя и товарища Сталина.

Среди фольклорных материалов ОИКК за 1920-е гг. сохранились также тексты, записанные такими небезызвестными людьми, как писатель и ученый А.А. Маегов (1893–1942), лингвист А.С. Сидоров, этнограф Г.А. Старцев, волостной писарь Н.П. Чеусов и др. В отдельной папке находится текст предания «Гулень», изложенный на русском языке 17-летним начинающим писателем И.В. Изъюровым (1910–1995), который в то время учился, судя по надписи под преданием, в 5 классе школы второй ступени. Двухстраничный текст, набранный на печатной машинке в двух экземплярах, имеет подзаголовок «из народных преданий» и датирован 6 мая 1927 г. Несколько коми народных песен записано в 1934 г. в с. Ыб Сыктывдинского р-на еще одним литератором, поэтом-сатириком Е.В. Колеговым (1895–1935), работавшим в то время редактором Коми книжного издательства.

В Фольклорном собрании НМРК между тетрадями со студенческими записями обнаружены большие листы, подписанные коми писателем В.Т.Чисталевым (1890–1939) (НМРК. КП-12484. Л. 273-275). В его материалах 65 примет, известных в его родном с. Помоздино Усть-Куломского р-на, но записанных в Сыктывкаре в июне 1935 г. Он указывает, что записывает только научно обоснованные приметы, оставив в стороне «явно суеверные». Собиратель делает попытку классифицировать приметы и делит их на несколько групп: к дождю и снегу (22 примет), к ясной погоде (8), к ненастной погоде и ветру (8), к потеплению или похолоданию (10), иные метеорологические приметы (17).

Довольно большое количество фольклорных текстов, представляющих собой записи диалектологических поездок из верхней и средней Сысолы, нижней и верхней Вычегды, Выми, Лузы и Присыктывкарья, принадлежит известному ученому финно-угроведу В.И. Лыткину. В его материалах находятся пять текстов сказок, три свадебных причитания, загадки, песня-сказка, отдельные выражения и т.д. Записанный во время лингвистической экспедиции материал В.И. Лыткин в 1930 г. отправляет из Москвы в Сыктывкар и предваряет их словами: «*Обществу изучения Коми края. Посылаю «Тексты из разных говоров» на предмет помещения в Ваших «Записках». В.И. Лыткин. 5/XII.30*» (НМРК. КП-12493. Л. 27). Некоторые из этих текстов, в числе которых сказки, загадки, причитания, эпическая песня, позже были опубликованы им в фольклорной части «Сборника комиссии по собиранию словаря и изучению диалектов коми языка» [17]. В целом нужно отметить, что в записях краеведов превалирует самый востребованный на тот момент фольклорный жанр – сказка, которая после литературных обработок попадает на страницы первых учебников и хрестоматий по коми языку.

Изменения в общественно-политической жизни страны в начале 1930-х гг., обусловленные усилением командно-административного стиля управления, отрицательно сказались и на краеведческом движении, которое было объявлено ненужным, вредным для советского общества. В борьбе «против идеализации старины» практически все видные активисты Общества изучения Коми края были репрессированы. В условиях невозможности дальше вести деятельность 21 мая 1931 г. члены ОИКК приняли решение о самоликвидации организации [18]. Вместе с тем, были попытки реанимировать движение: 17 декабря 1931 г. организован кружок этнографии и краеведения при музее, а председателем выбран заведующий областным архивом А.А. Цембер [19]. В январе-марте 1932 г. он совершает поездку по Вычегде, Печоре, Ижме и Выми с

целью организации местных ячеек краеведческого движения и сбора материала, в основном документов периода Гражданской войны для пополнения архивных фондов.

Несмотря на ликвидацию Общества изучения Коми края, сбор фольклорного материала продолжался, о чем свидетельствует вторая группа рукописей НМРК. Ощутимую по объёму и самую интересную часть рукописных материалов составляют записи студентов литературного и дошкольного отделений Коми пединститута, открытого в 1932 г. на базе Педагогического техникума повышенного типа. Учащиеся записывают фольклорные тексты в тетради, общее количество которых составляет более 110 (позже они были сброшюрованы в пять отдельных томов). Точное количество тетрадей подсчитать трудно, так как при брошюровании между ними оказываются отдельные листы других собирателей-краеведов и студентов. Организацией широкомасштабной работы студентов по собиранию полевого материала занимается заведующий кафедрой истории Коми педагогического института Г.А. Старцев (1902–1943), издавший программу собирания фольклора «Коми фольклор: Его изучение и значение, жанры, детский фольклор, что и как изучать» [20]. Обзор студенческих тетрадей показывает, что подготовленный Г.А. Старцевым опросник использовался практикантами при собирании фольклорного материала. Большинство текстов они фиксируют в 1934–1936 гг. от информантов-односельчан. Практически каждый учащийся рассматривает себя как носителя традиционной фольклорной культуры и записывает известные ему с детства тексты; во многих случаях они указывают паспортные данные информанта, место записи. Основное внимание студенты уделяли таким темам, как сказочная проза, заговорно-заклинательная поэзия, малые фольклорные формы (загадки, пословицы и поговорки, приметы, поверья), свадебные и похоронные причитания, народные песни, частушки, детский фольклор (считалки, дразнилки, скороговорки, потешки, прибаутки, колыбельные песни), детские игры и т.д.

Особо необходимо отметить рукописи студентов литературного отделения Коми пединститута В.В. Юхнина (псевдоним Луздор Вась, 1907–1960 гг.) и Я.М. Рочева (псевдоним Митрук Як, 1909–1977 гг.), ставших впоследствии известными коми писателями. Судя по датировкам, и тот и другой фиксируют фольклорные тексты в течение трёх месяцев, с февраля по апрель 1935 г. Если В.В.Юхнин абсолютно под всеми текстами отмечает, что произведения бытуют в его родном с. Занулье Прилузского р-на (НМРК. КП-12481. Л.235-270), то география бытования фольклорных текстов, записанных Я.М. Рочевым, уже тогда подписывающимся литературным псевдонимом, намного обширна (НМРК. КП-12481. Л.555-609; НМРК. КП-12484. Л.248-250 об.). Он указывает, что записанные тексты распространены в таких населенных пунктах, как Ухта, Кедва, Кулим, Щельяюр, Ижма и Абезь, т.е. в местах проживания ижемских коми. Их записи отличаются разносторонностью тематики, подробностью изложения и наличием комментариев, которых очень мало в других студенческих материалах. К примеру, к сказке «Матрос» В.В. Юхнин отмечал, что записывает ее по памяти, а рассказал ему в детстве дядя П.А. Юхнин; эту же сказку он слышал также от другого рассказчика, заядлого охотника, однако повествование отличалось дополнительными ходами. Критически относясь к их записям, необходимо отметить, что при письменном пересказе лично знакомых им прозаических текстов, например, сказок, быличек, начинающие прозаики задействовали свои писательские способности и для логичности поступков действующих лиц приукрашивали повествование. По сравнению с записями В.В. Юхнина и Я.М. Рочева, намного скромнее выглядят материалы еще одного начинающего коми писателя С.С. Раевского (1918–1996), записавшего фольклорные тексты в дер. Утога Межадорского с/с Сысольского р-на будучи студентом (НМРК. КП-12481. Л.632-633, 636-637). Четыре странички вмещают 10 загадок, более 30 фразеологических оборотов и идиом, пословицы и поговорки, приметы, топонимические дразнилки, обрядовые приговорки и запреты, фрагменты народных песен, которые собиратель обещает восстановить в другое время.

Отметим, что в тома со студенческими тетрадями по неизвестным обстоятельствам попадают материалы, принадлежащие «селькорам» А. Соколову, В. Тюрнину, С. Маркову и другим, отправившим свои записи в 1920–1930-х гг. Обществу изучения Коми края.

В целом, география студенческих записей охватывает практически все места проживания коми и русского населения (с. Серегово Княжпогостского р-на, с. Лойма Прилузского р-на, с. Усть-Вымь Усть-Вымского р-на) на территории Коми автономной области. Кроме того, в рукописном фонде представлен коми-пермяцкий фольклор текстами из Косинского, Кочевского и Юсьвинского районов Коми-Пермяцкого округа. Некоторые тексты сопровождаются комментариями о том, что они записаны в Архангельской области. Зафиксированный студентами Коми пединститута материал позволяет охарактеризовать коми фольклорную традицию 1930-х гг. и является богатой источниковедческой базой для исследований как по фольклористике, так и литературоведению и лингвистике.

Причину того, что тетради студентов Пединститута оказываются в музейном учреждении, нужно искать в биографии Г.А. Старцева. Дело в том, что преподавательскую деятельность «первый коми профессиональный этнограф» с 1933 г. совмещает с должностью директора областного краеведческого музея, и видимо, он решил, что объединение краеведческих и студенческих рукописей в одну коллекцию будет эффективнее для дальнейших исследовательских работ. Известно, что на основе этих материалов он совместно со студентом А.Н. Булышевым готовит фольклорный сборник, включающий более 1 тыс. произведений устного народного творчества на коми языке без перевода на русский [21]. Содержание и дальнейшая судьба сборника неизвестна, однако можно предположить, что материалы после увольнения ученого сначала

из Пединститута в 1935 г., а потом с должности директора музея, отъезда в Ленинград в 1936 г. и последующего ареста в 1937 г., если не были изъяты и уничтожены, то использованы другой группой исследователей.

Третья группа источников в фондах НМРК – четыре рукописных тома, составленные в середине 1930-х гг. «фольклорной бригадой», организованной при Коми отделении Союза писателей СССР. Работа начинается в 1934 г. после первого Всесоюзного съезда советских писателей, на котором от Коми автономной области присутствуют В.Т. Чисталев и П.Г.Доронин (1904–1967). После возвращения П.Г.Доронину было поручено возглавить творческий коллектив, принявшийся за подготовку сборника фольклорных материалов [22]. Узнав из газеты «Правда Севера» от 28 мая 1936 г. о составлении сборника «Коми фольклор», редакционная коллегия серии «Творчество народов СССР» в письме от 19 августа 1936 г. обращается в Краеведческий музей Коми области с просьбой отправить им рукопись сборника для издания в очередном томе, выпускаемом главной редакцией «Пятой пятилетки» к 20-летию Октябрьской революции. Как указано в письме, «том “Творчество народов СССР” охватит все важнейшие виды народного творчества после Октября: песни, частушки, пословицы, загадки, сказы и сказки. Материалы можно присылать как рукописные, так и опубликованные в печати, причем необходимо иметь подлинники и подстрочные переводы на русском языке. Отобранные нами произведения будут напечатаны и оплачены (перевод оплачивается отдельно). Кроме того, нас интересуют образцы изделий художественных промыслов Вашей области. Если у Вас есть фото орнаментов, тканей, кружев и т.п. изделий, просим прислать. Материал будет использован для иллюстрации нашего сборника. Особенно нас интересуют изделия, использовавшие советскую тематику» (НМРК. КП-12498. Л. 1).

Дела «фольклорной бригады» под руководством П.Г. Доронина, видимо, продвигались не так удачно, так как главная редакция обращается за помощью к Представителю Коми области при Президиуме ВЦИК И.Оплеснину, пожаловавшись на то, что от музея нет даже ответа на их письма. Для того, чтобы ускорить предоставление материала, тот в свою очередь пишет секретарю Коми обкома ВКП (б) тов. А.А. Семичеву (1893–1941) (НМРК. КП-12498. Л. 2). Такие шаги сыграли положительную роль в подготовке сборника текстов. Ученый секретарь Коми научно-исследовательского института Г.А.Нечаев (1905–1986) уже 10 сентября 1936 г. получает рукопись, состоящую из 273 единиц текстов в переводе на русский язык (НМРК. КП-12498. Л. 12).

В рукописный сборник «фольклорной бригады» вошли как ранее изданные произведения, так и собранные корреспондентами и активистами Общества изучения Коми края тексты. При подготовке рукописи составители обращаются, прежде всего, к опубликованным источникам: сборникам А.А. Цембера «Коми мойдан кывъяс» (Коми сказки, 1913) и «Коми мойдан и сьылан кывъяс» (Коми сказки и песни, 1914), работам отечественных языковедов – П.И. Савваитова «Грамматика зырянского языка» (1850), Н.А. Рогова «Опыт грамматики пермяцкого языка» (1860), Г.С. Лыткина «Зырянский край при епископах пермских и зырянский язык. Пособие при изучении зырянами русского языка» (1859); трудам зарубежных лингвистов Ю. Вихмана, Д.Р. Фокош-Фукса. В рукописном сборнике представлены также неопубликованные тексты таких собирателей, как А.Н. Грен (первый Председатель ОИКК) (1862–1932), Е. Изъюрова, А. Кузиванов, В.И. Лыткин, Т.С.Подоров, С.А. Попов, С. Рочев, А.С. Сидоров, Г.А. Старцев, В. Тюрнин, Н.П. Чеусов и др. Ко всем произведениям дан перевод на русский язык. В жанровом отношении преобладают сказки, предания, свадебные причитания, лирические и эпические песни, загадки, пословицы и поговорки, тексты детского фольклора (кумулятивные сказки, прибаутки). Вперемешку с фольклорными текстами в сборник были включены также художественные произведения русского бытописателя Ф.А. Арсеньева (1832–1889), «Кӧрт айка» (Железный свекор) коми писателя М.Н. Лебедева (1877–1951), «Ир кап» В.А. Савина (1888–1943) и поэма «Биармия» К.Ф. Жакова (1866–1926). Издать книгу в задуманных объемах не удается, однако подготовленные тексты легли в основу других сборников, в частности, книг «Фольклор народа коми» (Архангельск, 1938) и «Фольклорнӧй сборник. Важ коми мойдъяс да сьыланкывъяс» (Фольклорный сборник. Старинные коми сказки и песни) (Сыктывкар, 1938).

Фольклорной бригадой была подготовлена, в том числе, подборка текстов под названием «Русский фольклор (1911–1936)» (НМРК. КП-12498). Название тома в исследовательской среде может вызвать, по меньшей мере, недоумение и негодование, так как на самом деле в рукописи представлены переведенные на русский язык образцы коми фольклора, в том числе и тексты детского фольклора.

Цель фольклорной бригады под руководством П.Г. Доронина перекликается с нынешней задачей фольклористов – введением этих текстов в широкий научный оборот. Удалось подсчитать, что в указанной коллекции на коми и русском языках содержится 192 текста сказок, 348 единиц считалок, более 1 тыс. загадок. Между тем, в отличие от популяризации коми фольклора в первой трети XX в., в современной практике ставится задача по научной публикации памятников коми фольклора, в том числе архивных рукописей Фольклорного собрания НМРК. Однако уже сейчас есть опасение, что отсутствие полной паспортизации текстов создаст в будущем трудности при работе с этими произведениями. Прежде всего, неатрибутированные тексты невозможно будет привлекать при выявлении локальной и микролокальной специфики фольклорной традиции.

Таким образом, рукописные фольклорные материалы отдела фондов НМРК представляют собой собрание разновременных записей. В их формировании участвовали сначала ученики школ и «селькоры», корреспонденты и члены Общества изучения Коми края, потом студенты и преподава-

тели Коми пединститута под руководством Г.А. Старцева, а затем «фольклорная бригада» Коми отделения Союза писателей СССР под руководством писателя и ученого П.Г. Доронина.

Записанные за первые два десятилетия советской власти материалы уникальны с той точки зрения, что отражают становление методологии собирания фольклорно-этнографических текстов, расширения круга собираемых жанров. Рукописные тома являются первым крупным собранием текстов на коми языке и дают возможность проанализировать состояние фольклорной традиции в первой трети XX в.

Работа выполнена в рамках проекта РГНФ – Республика Коми, рег. № 17-14-11002а(р).

Литература

1. *Крашенинникова Ю.А.* Фольклорные материалы в фондах Национального музея Республики Коми (проблемы описания коллекции) // Духовная культура финно-угорских народов России: Материалы Всероссийской научной конференции к 80-летию А.К. Микушева (1-3 ноября 2006 г., г. Сыктывкар). Сыктывкар, 2007. С. 66–69.
2. *Рассыхаев А.Н.* Коллекция детского фольклора в собрании Национального музея Республики Коми // Музеи и краеведение / Тр. Национального музея Республики Коми. Сыктывкар, 2007. Вып. 6. С. 299–305. (Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Музеи в культуре региона: история, проблемы, перспективы», посвященной 95-летию НМРК. Сыктывкар, 17–20 октября 2006 г.).
3. *Рассыхаев А.Н.* Забытые собиратели фольклора коми (по материалам рукописей отдела фондов Национального музея Республики Коми) // Рябининские чтения-2007: Материалы V научной конференции по изучению народной культуры Русского Севера. Петрозаводск, 2007. С. 379–381.
4. *Рассыхаев А.Н.* Жанры детского фольклора коми: проблемы атрибутизации и публикации (по материалам Фольклорного собрания отдела фондов НМРК) // Роль личности в становлении и развитии национальных культур: сборник статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции (Сыктывкар, 19–20 ноября 2008 г.). Сыктывкар, 2013. С. 145–151.
5. *Лобанова Л.С.* Фольклорно-этнографические материалы о традиционном скотоводстве в записях студентов Пединститута 1930-х годов // Известия Общества изучения Коми края. Научно-популярный краеведческий журнал. 2008. № 2 (11). С. 110–117.
6. *Низовцева С.Г., Крашенинникова Ю.А.* Локально-групповые прозвища жителей Коми края (на материалах 1930-х гг. из фольклорного собрания Национального музея Республики Коми) // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. 2013. № 2. С. 113–119.
7. *Жеребцов И.Л., Рожкин Е.Н.* Стоявшие у истоков. (Очерки истории становления гуманитарной науки в Коми). Сыктывкар, 2005. С. 53–60; 61–102.
8. *В.И. Лыткин и финно-угорский мир:* Материалы Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения выдающегося коми поэта, философа и ученого В.И. Лыткина. Сыктывкар, 1999.
9. *Бурлыкина М.И.* Ученый-энциклопедист А.С. Сидоров: Жизнь и творчество. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2007. 498 с.
10. *Бурлыкина М.И.* Финно-угровед Василий Лыткин (Илля Вась). Жизнь и творчество. Сыктывкар: Издательство Сыктывкарского ун-та, 2013. 432 с.
11. *Программы по изучению* Коми края. Усть-Сысольск: Коми книжное изд-во, 1924. 76 с.
12. *Коми му.* 1927. № 1–2; 3.
13. *Сборник комиссии* по собиранию словаря и изучению диалектов коми языка / Под ред. В.И. Лыткина. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1930. Вып. 1. С. 66–68.
14. *Баженова О.Н.* Тихон Степанович: фольклорный образ и историческое лицо // Известия Общества изучения Коми края: Научно-популярный краеведческий журнал. Сыктывкар, 2007. № 1(10). С. 106–111.
15. *Рассыхаев А.Н.* Т.С. Подоров как собиратель фольклора и начинающий литератор // Известия Общества изучения Коми края: Научно-популярный краеведческий журнал. Сыктывкар, 2007. № 1(10). С. 98–105;
16. *Рассыхаев А.Н.* Устные рассказы о Тихоне Подорове // Материалы докладов I Всероссийской молодёжной научной конференции «Молодёжь и наука на Севере»: В 3-х т. Т. II. (Сыктывкар, Республика Коми, 14–18 апреля 2008 г.). Сыктывкар, 2008. С. 130–131.
17. Сборник комиссии по собиранию словаря и изучению диалектов коми языка / Под ред. В.И. Лыткина. М.: Центриздат, 1931. Вып. 2. 73 с. (Кроме фольклорных записей В.И. Лыткина здесь же опубликованы материалы А.С.Сидорова и Г.А.Нечаева (свадебные причитания, сказки, загадки, фразеологические обороты)).
18. *Жеребцов И.Л., Рожкин Е.Н.* Стоявшие у истоков. С. 59.
19. *Цембер А.А.* Дневник / Подготовка текста, вступ. статья и комментарий Л.П. Рощевской. Сыктывкар, 1997. С. 115.
20. *Старцев Г.А.* Коми фольклор: Его изучение и значение, жанры, детский фольклор, что и как изучать. Сыктывкар, 1933. 29 с.
21. *Плосков И.А.* О научной деятельности Г. Старцева (коми этнографа и фольклориста) // Финно-угроведение. 1997. № 1. С. 107–110.
22. *Кудряшова В.М.* Павел Григорьевич Доронин// Мойд небöг. Книга сказок, собранных Павлом Дорониным / Сост. О.И. Уляшев, В.М. Кудряшова, И.А. Плосков. Сыктывкар, 2004. С. 14–16.

References

1. *Krasheninnikova Yu.A.* Fol'klornye materialy v fondah Nacional'nogo muzeja Respubliki Komi (problemy opisanija kollekcii) [Folklore materials in funds of the National Museum of the Komi Republic (problems of description of the collection)] // Duhovnaja kul'tura finno-ugorskih narodov Rossii: Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii k 80-letiju A.K. Mikusheva (1-3 nojabrja 2006 g., g. Syktyvkar) [Spiritual culture of the Finno-Ugric people of Russia: Materials of the All-Russian scientific conference devoted to A.K. Mikushev's 80 anniversary (November 1-3, 2006, Syktyvkar)]. Syktyvkar, 2007. P. 66–69.
2. *Rassykhaev A.N.* Kollekcija detskogo fol'klora v sobranii Nacional'nogo muzeja Respubliki Komi [Collection of children's folklore in the collection of the National Museum of the Komi Republic] // Muzei i kraevedenie / Tr. Nacional'nogo muzeja Respubliki Komi [The Museums and studies of local lore / Transactions of the National Museum of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2007. Issue 6. P. 299–305. (Mat-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. «Muzei v kul'ture regiona: istorija, problemy, perspektivy», posvjashhennoj 95-letiju NMRK [Materials of All-Russia Sci. Pract. Conf. "Museums in culture of the region: history, problems, prospects"] (Syktyvkar, October 17–20, 2006).
3. *Rassykhaev A.N.* Zabytye sobirateli fol'klora komi (po materialam rukopisej otdela fondov Nacional'nogo muzeja Respubliki Komi) [The forgotten collectors of Komi folklore (on materials of manuscripts of the Funds Department of the National Museum of the Komi Republic)] // Rjabininskie chtenija-2007: Materialy V nauchnoj konferencii po izucheniju narodnoj kul'tury Russkogo Severa [Ryabininsky readings-2007: Materials of V sci. conf. on studying of national culture of the Russian North]. Petrozavodsk, 2007. P. 379–381.
4. *Rassykhaev A.N.* Zhanry detskogo fol'klora komi: problemy atributizacii i publikacii (po materialam Fol'klornogo sobranija otdela fondov NMRK) [Genres of the Komi children's folklore: problems of atributization and publication (on materials of Folklore meeting of the Funds Department of NMRK)] // Rol' lichnosti v stanovlenii i razvitii nacional'nyh kul'tur: sbornik statej po itogam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. [The Role of the personality in formation and development of national cultures: the collection of articles on the results of the All-Russian scientific and practical conference (Syktyvkar, November 19-20, 2008)]. Syktyvkar, 2013. P. 145–151.
5. *Lobanova L.S.* Fol'klorno-jetnograficheskie materialy o tradicionnom skotovodstve v zapisjah studentov Pedinstituta 1930-h godov [Folklore and ethnographic materials about traditional cattle breeding in records of students of Teachers Training College of the 1930-s] // Izvestija Obshhestva izuchenija Komi kraja. Nauchno-populjarnyj kraevedcheskij zhurnal [News of Society on studying the Komi land. Popular scientific local history magazine]. Syktyvkar, 2008. № 2 (11). P. 110–117.
6. *Nizovtseva S.G., Krashenninikova Yu.A.* Lokal'no-gruppovye prozvishha zhitelej Komi kraja (na materialah 1930-h gg. iz fol'klornogo sobranija Nacional'nogo muzeja Respubliki Komi) [Local and group nicknames of inhabitants of the Komi land (on materials of the 1930-s from the folklore collection of the National Museum of the Komi Republic)] // Vestnik Vjatskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta [Bulletin of Vyatka State Humanities University]. 2013. № 2. P. 113–119.
7. *O dejatel'nosti kraevedcheskoj* organizacii podrobnee sm.: *Zherebtsov I.L., Rozhkin E.N.* Stojavshie u istokov. (Ocherki istorii stanovlenija gumanitarnoj nauki v Komi) [Being at sources. (Sketches on the history of formation of the humanities in Komi)]. Syktyvkar, 2005. P. 53–60.
8. *Tam zhe [The same].* P. 61–102; V.I. Lytkin i finno-ugorskij mir: Mat-ly Mezhdunar. nauch. konf., posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija vydajushhegosja komi pojeta, filosofa i uchenogo V.I. Lytkina [V. I. Lytkin and the Finno-Ugric world: Materials of the International sci. conf. devoted to V.I.Lytkin, outstanding Komi poet, philosopher and scientist, 100 birth anniversary]. Syktyvkar, 1999.
9. *Burlykina M.I.* Uchenyj-jenciklopedist A.S. Sidorov: Zhizn' i tvorchestvo [Scientist-Encyclopaedist A.S.Sidorov: Life and creativity]. Syktyvkar: Syktyvkar State Univ. Publ., 2007. 498 p.
10. *Burlykina M.I.* Finno-ugroved Vasilij Lytkin (Illja Vas'). Zhizn' i tvorchestvo [Specialist in-Finnougistics Vasily Lytkin (Illya Vas). Life and creativity]. Syktyvkar: Syktyvkar State Univ. Publ., 2013. 432 p.
11. *Programmy po izucheniju* Komi kraja [Programs for studying the Komi land]. Ust'-Sysol'sk: Komi Publishers, 1924. 76 p.
12. *Komi mu* [Komi land]. 1927. №№ 1–2; 3.
13. *Sbornik komissii* po sobiraniju slovarja i izucheniju dialektov komi jazyka / Pod red. V.I. Lytkina [Collected materials of the commission on collecting the dictionary and studying dialects of the Komi language / Ed. V. I. Lytkin]. Syktyvkar: Komi Publishers, 1930. Issue 1. P. 66–68.
14. *Bazhenova O.N.* Tihon Stepanovich: fol'klornyj obraz i istoricheskoe lico [Tikhon Stepanovich: folklore image and historical person] // Izvestija Obshhestva izuchenija Komi kraja. Nauchno-populjarnyj kraevedcheskij zhurnal [Transactions of Society on studying the Komi land. Popular scientific local history magazine]. Syktyvkar, 2007. № 1(10). P. 106–111.
15. *Rassykhaev A.N.* T.S. Podorov kak sobiratel' fol'klora i nachinajushhij literator [T.S. Podorov as the collector of folklore and the beginning writer] // Izvestija Obshhestva izuchenija Komi kraja. Nauchno-populjarnyj kraevedcheskij zhurnal [Transactions of Society on studying the Komi land. Popular scientific local history magazine]. Syktyvkar, 2007. № 1(10). P. 98–105.

16. *Rassykhaev A.N.* Ustnye rasskazy o Tihone Podorove [Oral stories about Tikhon Podorov] // Materialy dokladov I Vserossijskoj molodjozhnoj nauchnoj konferencii «Molodjozh' i nauka na Severe»: V 3-h t. T. II. (Syktyvkar, Respublika Komi, 14-18 aprelja 2008 g.) [Materials of reports of the I All-Russian youth scientific conference «Youth and Science in the North»: In 3 volumes. Vol. II. (Syktyvkar, Komi Republic, April 14-18, 2008)]. Syktyvkar, 2008. P. 130–131.
17. *Sbornik komissii po sobiraniju* slovarja i izucheniju dialektov komi jazyka / Pod red. V.I. Lytkina [Collected materials of the commission on collecting the dictionary and studying dialects of the Komi language / Ed. V. I. Lytkin]. Moscow: Centrizdat, 1931. Issue 2. 73 p. Krome fol'klornyh zapisej V.I. Lytkina zdes' zhe opublikovany materialy A.S. Sidorova i G.A. Nechaeva (svadebnye prichitanija, skazka, zagadki, frazeologicheskie oboroty) [Besides V.I.Lytkin's folklore records A.S.Sidorov and G.A.Nechaev's materials (wedding lamentations, fairy tales, riddles, set phrases) are also published here].
18. *Zherebtsov I.L., Rozhkin E.N.* Stojavshie u istokov [Being at sources]. P. 59.
19. *Tsember A.A.* Dnevnik / Podgotovka teksta, vstup. stat'ja i kommentarij L.P. Roshhevskoj [Diary / The text, introductory article and comment prepared by L.P.Roshchevskaya]. Syktyvkar, 1997. P. 115.
20. *Startsev G.A.* Komi fol'klor: Ego izuchenie i znachenie, zhanry, detskij fol'klor, chto i kak izuchat' [Komi folklore: studying and value, genres, children's folklore, what and how to study]. Syktyvkar, 1933. 29 p.
21. *Ploskov I.A.* O nauchnoj dejatel'nosti G. Starceva (komi jetnografa i fol'klorista) [About scientific activity of G. Startsev (Komi ethnographer and specialist in folklore)] // Finno-ugrovedenie [Finno-Ugristics]. 1997. № 1. P. 107–110.
22. *Kudryashova V.M.* Pavel Grigor'evich Doronin [Pavel Grigoryevich Doronin] // Mojd nebцg. Kniga skazok, sobrannyh Pavlom Doroninym / Sost. O.I. Uljashev, V.M. Kudrjashova, I.A. Ploskov [Moyd nebög. The book of fairy tales collected by Pavel Doronin / Collectors O.I. Ulyashev, V.M. Kudryashova, I.A. Ploskov]. Syktyvkar, 2004. P. 14–16.

Статья поступила в редакцию 06.10.2014.

УДК 821. 511. 132 – 13:82. 091:140. 8

ПОЭМА «БИАРМИЯ» КАК ИТОГ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАЛЛИСТРАТА ЖАКОВА ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ДРЕВНЕГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ КОМИ-ЗЫРЯН

П.Ф. ЛИМЕРОВ

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

Анализируется поэма К.Ф. Жакова «Биармия», являющаяся, по его замыслу, частью работы по реконструкции древнего Северного эпоса. Устанавливаются связи поэмы с научными исследованиями Жакова в области архаического мировоззрения коми-зырян и других финно-угорских народов.

Ключевые слова: **коми фольклор, эпос, языческое мировоззрение, мифология коми**

P.F. LIMEROV. THE POEM "BIARMIA" AS A RESULT OF KALLISTRAT ZHAKOV'S RESEARCH ACTIVITIES ON THE RECONSTRUCTION OF THE ANCIENT KOMI-ZYRIAN WORLD OUTLOOK

The poem "Biarmia" by K.F. Zhakov was written in 1916, however, due to the beginning of the revolutionary events, it was not published in St. Petersburg, as other works of the writer. The poem "Biarmia" is the reconstruction of the ancient Northern epic, or rather, one of the northern epics, the epic of the people of Perm, related by language and culture to all nations living on the vast territory of the European North from the Urals to Finland with its central region in the Northern Dvina basin, which is indicated in the poem as Biarmia. The reconstruction of the epic was based on the methods of anthropological theory used to identify the "remnants" of the epic mythology and folklore of Komi, to reconstruct the mythological picture of the world with a pantheon of pagan gods, to outline the range of mythological stories related to the reconstruction of cosmological ideas, feats of heroes of antiquity, explicated diachronic aspect of the myths history, and then to create a single epic storyline focusing on the "Kalevala" by Lцnnrot, Scandinavian sagas and Russian epics. The research started with the Zhakov's first expedition trip to the Komi region in 1899, which resulted in the publication of the article entitled "Pagan worldview of the Zyryans" in 1901. This work was the first reconstruction of the pagan mythology of Komi, including the pantheon of major authentic deities. The author repeatedly used this scheme of pagan mythology in his later literary works, supplementing it and making changes to the overall structure. According to the author's plan the poem "Biarmia" is an attempt to recreate the ancient mythology of Komi in the living environment of authentic existence. The plot of the poem is constructed as an epic narrative of the national heroes of the Komi people living in remote historical period when there was still a strong connection between humans and nature, humans and gods, reality and myth. Accordingly, the plot involves not only the characters, but also the various deities, as well as natural objects. These features of the plot do not translate the story into the realm of fantasy, but, on the contrary, give it a special setting on the authenticity, which is typical for the mythological texts.

Keywords: **Komi folklore, epic pagan worldview, Komi mythology**

Среди произведений Каллистрата Фалалеевича Жакова эпической поэме «Биармия» принадлежит особое место. Поэма была написана в 1916 г., однако в связи с начавшимися революционными событиями она не была издана в Петербурге, как и другие произведения писателя. И только в 1924 г. вышла в переводе Яна Райниса на латышский язык в Риге [1]. Впервые на русском языке с параллельным переводом на коми поэма была опубликована только в 1993 г. в Сыктывкаре. Инициатором издания выступил А.К. Микушев, написавший в качестве предисловия к изданию статью «Коми Калевала» [2], в которой рассмотрел художественные особенности поэмы в контексте литературного творчества К.Ф. Жакова. Между тем, специфика поэмы такова, что её смысл почти невозможно понять без обра-

щения к другим контекстам деятельности Жакова, а именно – к его деятельности как фольклориста и этнолога.

Революция 1917 г. застала Жакова в Латвии. Вернуться в Россию он уже не смог и умер в Риге 18 января 1926 г. Художественных произведений, написанных Жаковым в эмиграции, на сегодняшний день не выявлено. Поэтому поэма фактически стала произведением, завершающим литературное творчество писателя. Поэмой «Биармия» завершились и фольклористические разыскания Жакова. В дальнейшей своей научной биографии он обращался к исследованиям в области философии, религиоведения, методологии наук и т.п., но, в достаточно объемной библиографии его опубликованных и неизданных работ [3. С. 213–224], нет исследований в области традиционной культуры.

Как этнолог К. Жаков всецело придерживался положений антропологической школы, полагая фольклорные материалы «пережитками», на основе которых можно восстановить «общую картину культуры древнего Севера», эксплицированную в Северном эпосе, отголоски которого слышны в северорусских былинах, скандинавских сагах, финской «Калевале» и других произведениях народного творчества [4].

Поэма «Биармия» по замыслу является реконструкцией древнего Северного эпоса или, точнее, одного из северных эпосов, эпоса народа Перми, родственного по языку и культуре всем народам обширной территории европейского Севера от Урала до Финляндии, с центральной областью – бассейном Северной Двины, обозначенной в поэме как Биармия.

Показателен диалог по поводу поэмы, произошедший между Жаковым и Максимом Горьким в 1916 г. Горький, с которым Жаков поддерживал дружеские отношения с 1912 г., и в целом высоко оценивавший литературное творчество зырянского писателя [5], воспринял поэму неоднозначно. Жаков вспоминает, что после чтения рукописи «Биармия» Горький поинтересовался: «Народное это произведение или единоличное?». На что Жаков ответил вопросом же: «”Слово о полку Игореве” народное или не народное произведение?» Горький не знал что сказать [3. С.39].

Очевидно, что оба писателя по-разному подходят к определению «народности». Для Горького «народность» – это принадлежность произведения к устному творчеству конкретного народа, и Жаков, как этнолог, конечно же, это понимал. Но с точки зрения Жакова, в истории случалось, что авторские произведения, в полной мере отражавшие мировоззрение народа, становились народными, при этом теряя авторство, – как это и произошло с древнерусской поэмой «Слово о полку Игореве». Для исследователя, на протяжении многих лет собиравшего и изучавшего фольклорные памятники и строившего на их основе реконструкции дохристианского мировоззрения, лёгшие в основу поэмы, сама она не могла не быть произведением «народным», сохраняя при этом его авторство. По глубокому убеждению автора, поэма «Биармия» и есть эпос коми народа, восстановленный им самим по крупицам фольклорных материалов, не только собранных им самим во время полевых экспедиционных практик в Коми крае, но и принятых из фольклора родственных народов. Для Жакова понятие принадлежности к фольклору Севера, как он говорил, к Северному эпосу, означало естественность, изначальную *со-природность*, присущую северным народам. В мифопоэтике Жакова северным народам отводилась мессианская роль спасителей цивилизации, при условии, что «дряхлеющая Европа» сумеет их «услышать». При этом себя самого он считал первым голосом «первобытных» северных народов, призванным сообщить о них Европе.

Показательно, что Каллистрат Жаков относил к таким народам и скандинавов, поэтому первым откликнулся на перевод пьесы Кнута Гамсуна «У врат царства», вышедший в Петербурге отдельной книгой [6]. В предисловии к ней он пишет: «Есть признаки, дающие думать, что он (Кнут Гамсун – ПЛ) одна из первых ласточек грядущей великой поэзии (еще не иссякшего в своей энергии) Севера, ибо, по-видимому, приходит пора, когда на арену истории выступают новые народы и новые расы; они засияют своим оригинальным светом к тому времени, когда одряхлевшая Европа с наклоненной головой встретит свой закат, примирившись с судьбою» [7].

Основной проблемой, которую следовало преодолеть писателю при написании поэмы, было полное отсутствие сведений о дохристианской истории народа коми. Неизвестны были Жакову и коми эпические песни. Путь восстановления эпоса был таков: пользуясь методами антропологической теории, выделить «пережитки» эпоса и мифологии в фольклоре коми, реконструировать мифологическую картину мира с пантеоном языческих богов, очертить круг мифологических сюжетов, связанных с реконструкциями космологических представлений, подвигами героев древности, эксплицирующих диахронический аспект мифоистории, а затем, ориентируясь на «Калевалу» Лённрота, скандинавские саги и русские былины, составить единый эпический сюжет.

Начало этой работе было положено первой экспедиционной поездкой исследователя в Коми край в 1899 г. и вышедшей в 1901 г. публикацией статьи «Языческое миросозерцание зырян» [8] как первого обобщения собранных в ходе экспедиции фольклорных материалов. Как видно из заглавия, предметом изучения в статье является «языческое миросозерцание», т.е. он рассматривает дохристианскую (= национальную) религиозную картину мира зырян. В отличие от исследователей, обращавшихся к этой теме до него [9], К.Жаков описывает язычество не как некоторое количество народных заблуждений, а как особую систему мировидения, и это было на то время принципиально иным, новым подходом к проблеме. Автор всецело опирается на материалы современной ему фольклорной традиции, считая их, с точки зрения антропологической школы, «пережитками», из которых можно восстановить основные параметры языческой религии

коми: «Сказки, отрывки из старых поэм, уже забытых в целом, суеверия, гадания, приметы, взгляды на колдунов, на порчу людей, отношения человека к явлениям природы и к животному миру – все вводит вас в мировоззрение, которое не что иное, как язычество, несколько измененное, смягченное христианством, но не уничтоженное им. Каждый, вникающий в это, невольно увлечется мыслью, надеждой, что можно воспроизвести язычество на основании многочисленных пережитков его» [8. С. 64]. В начале своей статьи писатель отмечает, что сущность языческих верований зырян заключается в «политеизме», который он понимает как веру в «олицетворение великих явлений природы» [8. С. 63]. Такими персонификациями природных явлений стали лес и хозяин леса, вода и бог воды. Охота и рыбная ловля являются главными хозяйственными занятиями зырян. Поэтому Жаков рассматривает лешего и водяного как богов – покровителей этих занятий. Третьим занятием зырян называет земледелие, однако он не находит ему соответствующего бога. Он заключает, что земледелие зависело от других богов – «солнца, бога грома и молнии, ветров», о которых, также как и о высшем небесном боге, Ене, сведений не осталось или их заслонили христианские представления. В состав языческих богов исследователь включает Войпеля и Йому-Йомалу, сведения о которых берёт из книжных источников и сказок. Для уточнения деталей реконструкции пантеона и расширения его состава обращается к материалу сказки «Лиса и мерин», содержание которой он считает аутентичным. В результате анализа сказки выявляет доминантную мифологему, позволяющую ему выстроить вертикаль языческой модели мира. Этой мифологемой является образ «брусяной горы», на вершине которой сидит Ен, высший бог мифологического пантеона – «спокойный, как лик неба» [8. С.74]. Результатом анализа сказки является и астрономический миф, утверждающий ход и функции небесных объектов: «Луна ходит по ночам по небу, как бы дозором, может быть пасет скот свой. Сын Солнца иногда выгоняет с облачных полей быка Луны (радугу) на водопой, к прозрачным струям северных рек. Сын Солнца ходит по земле, питаясь молоком зайца и, быть может, прочих зверей, он всем им равно дает и свет, и жизнь» [8. С.75]. Далее Жаков упоминает о боге огня, богине-пряхе, в настоящее время отождествленной с Владычицей Богородицей, но главными мифологическими символами мира людей он называет медведя и ящерицу, определяя отношение к этим животным как «культ». При этом ящерица (по-зырянски пежгаг – поганое насекомое, поганая гадина, дзодзув – злое, всеведущее, коварное существо), по Жакову, относится к «темной» стороне мифологического мира и соотносится с образом злой богини. Тогда как к медведю зыряне питают большую любовь, его считают близким к человеку. Точно также, как к «братьям и сестрам», относятся зыряне и к другим диким животным и птицам. Для исследователя языческое миросозерцание зырян ассоциируется с образом дохристианского прошлого – временем, когда это миросозерцание находилось в наиболее сильной позиции. Это Золотой век зырянского народа, гармоническая эпоха, в которой бытие природы и людей находилось в изначальном естественном равновесии, обусловленном божественным присутствием, а связь человека с природой была исполнена религиозного смысла.

Таким образом, в основе реконструкции языческого миросозерцания зырян лежит универсальная трехчастная схема мифологической модели мира с центральной осью в виде мировой («брусяной») горы, на которой находится резиденция небесного бога Ена. Объективно этот поэтический по мироощущению космос полностью составлен исследователем из разрозненных фольклорных фактов. Но в этом и заключается точка зрения К. Жакова на фольклор как на источник ныне забытых сакральных знаний. С этой точки зрения, сам исследователь фольклора невольно становится и знатоком древних учений – сродни тем языческим волхвам, сведения о которых он ищет. И в этом смысле он мифотворец, в своей реконструкции создающий новый миф на темы, заданные фольклорными сюжетами. Надо подчеркнуть, что реконструкция была осуществлена Жаковым при минимуме фактических фольклорных материалов. Сам он называл ее «бледной схемой», описывающей только «силуэты богов», полагая, что при наличии достаточного количества фольклорных текстов и сравнительных материалов можно было бы нарисовать и более «четкую схему» мифологии. В дальнейшем он приложил немало усилий, чтобы превратить «бледную схему» в полноцветную картину языческого мира, но сделал это уже средствами художественной литературы.

Впервые писатель обращается к теме дохристианской истории коми народа в книге «На север, в поисках за Памом Бурмортом» [10], написанной по впечатлениям той же этнографической поездки, материалы которой и рассматривались в статье. По сюжету книги, главный герой-этнолог, в образе которого угадывается сам Жаков, путешествуя по Коми краю, ищет и находит тайное языческое знание. От старца-язычника он узнаёт историю Пама Бурморта, сына легендарного противника Стефана Пермского Пама сотника и становится преемником его учения. Поскольку герой книги автобиографичен, то отныне сам автор репрезентирует себя как знатока языческих знаний коми-зырян. Поэтому значительная часть произведений, написанных им до 1916 г., посвящена раскрытию языческой темы.

Для Жакова традиционное мировоззрение зырян представляет собой синкретизм христианства и язычества, хотя языческого в нем все-таки больше, нежели христианского. Но несмотря на это зыряне остаются православным народом, соблюдают православные обряды, строят церкви, и при этом, по мнению исследователя, на Зырянской земле есть отдаленные места, где язычество будто бы сохранилось в первозданном виде. В художественном мире автора язычники и христиане живут где-то рядом, в каких-то параллельных пространствах, имеющих свои особенности, но соприкасающихся и взаимопроникаемых. Герои-язычники имеют свои

имена, отличные от христианских, имена значимые, переводимые с коми языка: Зарниныл – Золотая дочь, Мичаморт – Красивый человек, Вöрморт – Лесной человек, Майбыр – Счастливый и Ёльныл – Дочь лесной речки и др. и обитают не в деревнях, а в глубине леса. Языческое сообщество более органично, чем христианское, оно не противостоит Природе, а включено в нее, живет по ее ритмам. Соответственно, язычники, «лесные люди», видят в Природе больше, чем дано видеть христианам. Они свободно общаются с растениями, животными, природными стихиями, объектами природы, и, наконец, с богами – персонификациями космических и природных сил, они способны проникать на все уровни мироздания. К примеру, герой рассказа «Джак и Качаморт» охотник Бурмат доходит до края земли и спит 100 дней в объятиях девы-солнца [11]; Гулень, свободно поднимается на небо, чтобы посмотреть, чем занимаются небесные жители и верховный бог Ен [11. С. 383–385]; Майбыр, герой одноименного рассказа, игрой на дудке и бандуре-кантеле завораживает лесных богов, белых медведей, облака, понимает речь животных и растений [11. С. 393–404]. В ряде произведений К. Жаков рассказывает о взаимоотношениях коми христиан и язычников: в рассказе «Парма Степан» герой-христианин Степан женится на девушке-язычнице Зарниныл (Золотая дочь) «по староверскому обряду» [11. С. 80–87], в рассказе «Дарук Паш» герой-христианин Паш (Павел) находится под опекой языческого бога Войпеля [11. С. 169–174], на свадьбу героев-язычников Майбыра (Счастливый) и Ёльныл (Дочь лесной речки) собираются «знаменитые люди» из разных зырянских поселений – Пильвань (Иван Филиппович) из Ипатьдора, Фалалей из Усть-Сысольска, Панюков из Ыджыдвидза, мифологические персонажи: великан Ягморт с Ижмы, колдун-разбойник Тунныръяк из Деревянска, Тювэ с Вишеры, король тундры Тури (цапля), король белых медведей, а также с берегов Оби приходят и ученики Пама Бурморта [11. С. 393–404]. К. Жаков будто бы намеренно создает впечатление о том, что и язычники, и христиане коми по-прежнему составляют единый народ при известной автономии первых.

Имидж посредника между современностью и язычеством – это не что иное как культурологическая игра, позволяющая ему репрезентировать некоторые свои произведения как мифологические тексты, извлеченные из глубин языческой памяти народа. Эти тексты могут быть параллельными аутентичным фольклорным произведениям, как, к примеру, новеллы «Ен и Омöль», «Шыпича», «Тунныръяк» и др., но Жаков не ставит своей целью воспроизведение фольклорного сюжета. Он претендует на то, что его текст-реконструкция «древнее», он и есть – настоящий языческий миф. Исследователь и не стремится воспроизводить известные ему фольклорные сюжеты, он создает другую мифологию – со своей космогонией («Ен и Омöль») и эсхатологией («Бегство северных богов», «Неве Хеге»), с мифологическими героями (Пам Бурморт, Шыпича, Джак и Качаморт, Бурмат, Мили-Кили, Дарук Паш, Майбыр и др.), а также воссоздает этногенетический миф, раскрывающий тайну происхождения народа коми-зырян («Царь Кор. Чердынское предание»), а впоследствии – героический эпос «Биармия». Эти сюжеты и образы представляют собой вариации сложного и многообразного мифопоэтического мира, созданного творческим гением Жакова. Создается впечатление, что вся, достаточно большая часть его литературных произведений, посвященных теме дохристианского прошлого коми народа, была только подготовительным этапом в создании литературного эпоса «Биармия».

Таким образом, обращение к жанру эпической поэмы стало закономерным этапом в творческом освоении Жаковым языческой темы. Исследователь высоко оценивал свою первую научную статью, но, по его же оценке, реконструкция языческого мировоззрения зырян оказалась лишь «бледной схемой» древнего миропонимания. Жакову не хватало того, что современный исследователь называет «одушевлением, соучастием в материале» [12]. Путь был один: представить среду, в которой языческое мировоззрение было бы живым, и К. Жаков создает эту среду литературными средствами. По сути, мифопоэтика художественного мира его зырян-язычников – это реконструкция мировоззрения в гипотетических условиях бытования ее в среде носителей аутентичной языческой религии. В этом смысле поэма «Биармия» помимо литературно-художественного имеет и сугубо научное значение как реконструированный мифологический эпос, в котором реализованы: 1) научно-теоретические взгляды Жакова; 2) материалы его полевых исследований фольклора; 3) материалы сравнительно-мифологических исследований. Конечно, при написании поэмы он ориентировался на «Калевалу» – об этом достаточно убедительно свидетельствует работа О.В.Ведерниковой [13]. Менее заметно влияние скандинавской мифологии, но, как показывает исследование Е.К. Созиной [14], и оно есть, тем более, если учесть, что сама тема путешествия пермян в Биармию, не что иное, как поэтическая инверсия темы путешествий в Биармию викингов в скандинавских сагах. Однако все это только средства для решения одной задачи: показать древний, дохристианский мир коми народа с его бытом, языческими обрядами, мифологией, с выраженной религией природы и соответствующим общенародным пантеоном богов. Наиболее адекватным способом решения этой задачи стало обращение к эпосу, как к наиболее архаичной форме героического повествования о событиях древности. Но цель К.Ф. Жакова – не просто написать поэму о прошлом, а попытаться восстановить утраченный коми-зырянский эпос как часть Северного эпоса.

Тем не менее, по замыслу автора, «Биармия» не только эпос о героях и их героических деяниях, прежде всего это эпическое сказание о древнем Знании, позволяющем людям жить в сообществе с Природой и Богами. Поэтому реальными действующими героями поэмы являются люди, обладающие этим знанием, – это тун-волхв Вэрморт (Лесной человек) и его ученик, сын князя Яура

Югыдморт (Светлый человек). Их причастность высшему знанию позволяет жителям Перми одерживать победы (бескровные победы) над врагами, обращать их в союзников и друзей. При этом «вдохновенный музыкант» Вэрморт является одним из основателей Вычегодской Перми. В новелле «Царь Кор», для сюжета «Биармии», имеющей значение этногенетического мифа, он один из приближённых царя Кора, после гибели крепости Искор перенесённых птицей Рык из Великой Перми в верховья Вычегды, на холм Джеджим Парма. Он единственный из героев, имеющий право претендовать на известную древность лет, соответственно, в мифопоэтическом контексте его знания должны наиболее соответствовать сакральным знаниям Древней Перми, прародины жителей Джеджим Пармы. В свою очередь, источником всех знаний мира является Золотая книга неба, которую читает небесный Бог Енмар. Кроме того, в Золотой книге записаны судьбы всех живых существ на земле, а также историческая судьба мира от его сотворения до эсхатологического завершения в будущем, причем, написанное в тексте книги неба имеет статус закона и не подлежит исправлению. Следит за исполнением законов Золотой книги волшебная птица Рык, пророчески объявляющая людям начало важных событий. Небесная книга Енмара имеет земной аналог [14. С. 137], её автор – *Комиморт* «Коми человек», обобщенный образ коми народа в персонифицированном воплощении. Жаков изображает его как старец (Ср. Енмар – старец), который, сидя за столом в «серой» избушке, пишет свою книгу. Можно догадаться, что содержанием книги являются священные сказания древности, в том числе и история Перми – Коми земли, исполненная Комиморгом лирическому герою-автору.

Таким образом, сюжет поэмы строится как эпическое повествование о национальных героях коми народа, живших в отдалённую историческую эпоху, когда была жива связь между людьми и природой, людьми и богами, реальностью и мифом. Соответственно, в сюжетных коллизиях принимают участие не только сами герои, но и различные божества, а также природные объекты. Эти особенности сюжета не только не переводят повествование в область фантастики, но, напротив, сообщают ему особую установку на достоверность, характерную для мифологических текстов. Соответственно, особой значимостью для сюжета поэмы обладает «языческое мировоззрение», реконструкцию которой Жаков предпринял в своей первой статье и апробировал в ряде новелл. В мифопоэтике «Биармии» это мировоззрение имеет вид священного знания, известного посвященным. По сюжету один из главных героев тун (шаман) и песнопевец Вэрморт излагает сыну князя Перми Югыд-морту мифическую историю происхождения богов и коми народа как священное знание Перми. В связи с этим исследователь включает в концепцию священного знания дуалистический космогонический миф, объясняющий героям поэмы современное мироустройство. Обращает внимание изменение имен главных персонажей мифа: братьями-сотворцами здесь являются боги *Енмар и Оксоль*, а не *Ен и Омöль*, как в аутентичном мифе. Жаков таким образом восстанавливает древнюю форму имен, ср.: *Енмар* – удм. *Инмар* – финн. *Ilmarinen*. Теоним *Оксоль*, по-видимому, является производным от коми *öксы* «князь». Если в аутентичном тексте божества-сотворцы первоначально выступают в облике водоплавающих птиц (утки и гагары и т.п.), то К. Жаков создает новый оригинальный мифологический сюжет, в котором боги-сотворцы изначально имеют антропоморфный облик. При этом Оксоль достает землю со дна первозданного тумана, а не океана. Мир создается совместными усилиями обоих братьев: отрицательно маркированные объекты создает Оксоль, он же сеет злобу между людьми и между зверями. Люди и звери начинают истреблять друг друга, поэтому Енмар, «оскорбившись», уходит на небо. Уход Енмара на небо равен его созданию, это и есть создание верхнего уровня мироздания, причем без участия брата-антагониста. Небо имеет вид «железной» крыши мира, Енмар катит по крыше «свинцовый шар», отчего образуется гром, и бросает вниз «стрелы молнии». Испугавшись, Оксоль уходит под землю, сотворив таким образом, подземный мир. Далее Енмар обустраивает небесный мир, создав дворец, зажигает во дворце лучины – звезды, создает быка-радугу, который начинает пить излишки воды на земле и под ней. Для небесных птиц Енмар дает «Путь молочный» между звезд, затем «открывает» книгу неба, из которой читает мировые законы, и следить за их исполнением ставит на Уральских горах птицу Рык. Боги пармы и Воршуд, «хранитель дома», также народились по воле бога Ена [15]. Воршуд, бог домашнего очага, назван Жаковым и богом счастья. Как верно отмечает Ю.Г. Рочев, представление об этом боге К. Жаков заимствовал у удмуртов [16]. Мифологема «громовых стрел» Ена раскрывается в VII главе поэмы в мотиве противостояния Бога и Ящера: Ен бросает на землю «стрелы молний» и «низшие боги» скрываются от них в своих избушках. Не убегает только Ящер: «Темный Ящер тут смеялся /Бога неба презирая, /Холодно глядел на небо» [15. С. 41]. Ен не может поразить Ящера, так как должен это сделать только в конце времен: «Не конец еще всей жизни / Потерплю хотя б немного» [15. С.41]. Если в своей первой статье (см. выше) Жаков отмечал наличие в пантеоне образа «волшебницы-ящерицы», то в данном случае, в образе Ящера угадывается антагонист Енмара – Куль-Оксоль, который не в силах досадить Ену, скрывается в яме-преисподней. Угаданные Жаковым мифологические коннотации образа ящерицы впоследствии использовались исследователями в реконструкциях семантики Пермского звериного стиля [17],[1] хотя авторы, в силу политических причин, не упоминали К. Жакова в ссылках.

В данной версии пантеона большое внимание уделяется Войпелю, не только как божеству северного ветра, но и как покровителю лесов. Его

[1] Статья А.С. Сидорова была написана в 1920-е гг., но опубликована только в 1972 г.

резиденция – на горе Тэлпозиз, «каменном гнезде ветров», он чутко следит за нарушениями шумовых запретов, карая снежной бурей тех, кто издает любые звуки: поет, свистит, стучит и проч., проходя мимо святой горы. В мифопоэтике Жакова Войпель занимает место традиционного Вöрса «лесного» или лешего, и, если в других произведениях Жакова это был одиночный образ, то в поэме появляются дети Войпеля – Боги леса, лешие – они живут в пармах, семьями, в серых избушках, вихрем носятся по дремучим лесам, хохоча и хлопая в ладоши. Точкой сближения образов Войпеля и лешего, для Жакова, очевидно, стала способность фольклорных лешего и лесных духов к передвижениям в виде вихря. В пантеоне «Бегства» «семьями» обладали водяной Васа и темный бог Куль, семью Войпеля автор строит по такой же схеме: патриарх Войпель один на горе Тэлпозиз, а его дети, лесные боги, населяют все лесное пространство (Ср.: Васа – один в хрустальном дворце в море, дети его населяют все остальные воды; Куль – один в подземном мире, его дети – хозяева кладбищ и «старых городов» на земле). С лесными богами связана старуха Йома, первоначально Жаков возводил ее к образу Йомалы, кумир которой якобы стоял в Усть-Выми во времена Стефана Пермского [8. С. 68]. В поэме она названа хозяйкой леса, все деревья в парме – ее внучата, она названа также «бабой» леших, которые бегут к ней напиться пива. С Йомой в поэме связан эпизод похищения маленького Югыдморта, в спасении которого затем участвуют герои. Эпизод выстроен на базе сказочного сюжета о похищении лесной ведьмой детей. В целом же Йома – образ для мифопоэтики исследователя периферийный, она не участвует в числе основных персонажей в жаковских произведениях. Далее, он описывает жизнь водяных и упоминает о жертвоприношениях им, «чтоб людей не обижали, смертью тайной не грозили», вскользь говорит о Каленик-птице, персонификации северного сияния. В качестве отдельных богов называет шеву, с образом которой в коми мифологии связано представление о порче, а также орта – двойника человека.

Священные знания записаны в Золотой книге неба у Енмара, здесь же и история Перми. Как и любая история, она тоже имеет начало и конец: начало положено космогоническим мифом, развитие – историей жизни и подвигов героев, эсхатологическое завершение истории Перми-Пармы записано в небесной книге Енмара: «Через век страна погибнет / У реки Двины прозрачной / Биармия та исчезнет. / Парма Эжвы жить же будет /Долго, долго и прекрасно». Однако через три поколения, при жизни праправнука Югыдморта – Пансотника древней жизни придет конец: «При Пансотнике свершится / Перемена в жизни пармы» [15. С. 127]. «Перемена», «изменение» – это калькированный перевод коми выражения *му вежöм* – букв. «перемена, изменение земли» в значении конца света. Конечно, эту «перемену» можно трактовать и как завершение мифологической истории, Золотого века или века героев, и начало новой, исторической эпохи. Но К.Ф. Жаков символически завершает поэму похоронами главной героини – Райды, и ничего не говорит об исторической перспективе. Как мы знаем из новеллы «Бегство северных богов», история после Пансотника представлялась автору как долгая эсхатологическая агония.

Литература

1. *Жаков К.Ф.* Poema «Biarmia» / Tulk. J. Rainis// Lachplesis Limitists/ 1924. №1. S. 69–80.
2. *Микушев А.К.* Коми «Калевала» // Жаков К.Ф. Биармия. Сыктывкар, 1993. С.5–25.
3. *Жаков К.Ф.* Лимитизм. Рига, 1929.
4. *Жаков К.Ф.* О методах изучения северного народного эпоса // Научное обозрение. 1911. №41. С. 1226.
5. *Туркин А.Е.* Каллистрат Фалалеевич Жаков// Жаков К.Ф. Под шум северного ветра. Сыктывкар, 1990. С. 24–25
6. *Гамсун К.* У врат царства. СПб., 1909.
7. *Жаков К.Ф.* Кнут Гамсун и основные мотивы его творчества // Кнут Гамсун. У врат царства. СПб., 1909. С. 18.
8. *Жаков К.Ф.* Языческое миросозерцание зырян // Научное обозрение. 1901. №3. С. 63–84.
9. *Конаков Н.Д.* Литература и письменные источники по мифологии коми // Мифология коми. Энциклопедия уральских мифологий. Т.1. М.-Сыктывкар, 1999. С. 30–41.
10. *Жаков К.Ф.* На север, в поисках за Памом Бурмортом. СПб, 1905. 165 с.
11. *Жаков К.Ф.* Под шум северного ветра. Сыктывкар, 1990. С.406.
12. *Сагалаев А.М.* Урало-алтайская мифология. Новосибирск: «Наука», 1991. С.26.
13. *Ведерникова О.В.* «Калевала» и «Биармия»: сопоставительный аспект ["Kalevala" and "Biarmia": comparative aspect] // Тайö сьылöм – коми олöм / В этой песне коми жизнь: Сборник трудов об основоположниках коми литературы. Сыктывкар, 2008. С.92–99.
14. *Созина Е.К.* Книга К.Ф. Жакова «Биармия» в контексте мифотворчества писателя // Арт. 2009. №4. С.134–141.
15. *Жаков К.Ф.* Биармия. Сыктывкар, 1993. С. 127.
16. *Рочев Ю.Г.* К.Ф.Жаков и фольклор // К.Ф. Жаков. Проблемы творчества (Труды ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН. Вып. 55). Сыктывкар, 1993. С. 54.
17. *Сидоров А.С.* Идеология древнего населения Коми края // Этнография и фольклор коми (Тр. ИЯЛИ КФАН СССР. Вып. 13.). Сыктывкар, 1972. С. 10–24.

References

1. *Zhakov K.F.* Poema «Biarmia»/ Tulk. J. Rainis// Lachplesis Limitists [Journal title]. 1924. 1. P. 69–80.
2. *Mikushev A.K.* Komi «Kalevala» [Komi «Kalevala»] // Zhakov K.F. Biarmiya. Syktyvkar, 1993. P.5–25.
3. *Zhakov K.F.* Limitism. Riga, 1929.

4. *Zhakov K.F.* O metodah izucheniya severnogo narodnogo eposa [On the methods of studying the northern folk epic]// Nauchnoe obozrenie. [Scientific Review]. 09.11. 1911. №41. P. 1226.
5. *Turkin A.E.* Kallistrat Falaleevich Zhakov // Zhakov K.F. Pod shum severnogo vetra [Under the sound of the North Wind]. Syktyvkar, 1990. P. 24–25.
6. *Gamsun K.* U vrat carstva [At the gates of the kingdom]. St.Petersburg, 1909. 130 p.
7. *Zhakov K.F.* Knut Gamsun i osnovnye motivy ego tvorchestva [Knut Hamsun and the main motives of his work] // Knut Gamsun. U vrat carstva. SPb. [At the gates of the kingdom], 1909. P. 18.
8. *Zhakov K.F.* Yazycheskoe mirosozercanie zyryan [Pagan worldview of the Zyryans]// Nauchnoe obozrenie. [Scientific Review] 1901. №3. P. 63–84.
9. *Konakov N.D.* Literatura i pis'mennye istochniki po mifologii komi [Literature and written sources on the mythology of Komi] // Mifologiya komi. Enciklopediya ural'skih mifologii [Mythology of Komi. Encyclopedia of Ural Mythologies]. Vol.1. Moscow-Syktyvkar, 1999. P. 30–41.
10. *Zhakov K.F.* Na sever, v poiskah za Pamom Burmortom. SPb [To the north, in search of Pamom Burmortom], 1905. 165 p.
11. *Zhakov K.F.* Pod shum severnogo vetra [Under the sound of the North Wind]. Syktyvkar, 1990. P.406.
12. *Sagalaev A.M.* Uralo-altaiskaya mifologiya [Ural-Altaic mythology]. Novosibirsk: «Nauka», 1991. P.26.
13. *Vedernikova O.V.* «Kalevala» i «Biarmiya»: sopostavitel'nyi aspekt [“Kalevala” and Biarmiya: comparative aspect] // Taiö s'y-löm - komi olöm / V etoi pesne komi zhizn'. Sbornik trudov ob osnovopolozhnikah komi literatury [In this song - the Komi life. Collection of works about the founders of Komi literature]. Syktyvkar, 2008. P.92-99.
14. *Sozina E.K.* Kniga K.F. Zhakova «Biarmiya» v kontekste mifotvorchestva pisatelya [K.F. Zhakov`s book "Biarmia" in the context of mythmaking of the writer] // Art, 2009. №4. P.134–141.
15. *Zhakov K.F.* Biarmiya. Syktyvkar, 1993. P. 127.
16. *Rochev Yu.G.* K.F.Zhakov i fol'klor [K.F.Zhakov and folklore] // K.F. Zhakov. Problemy tvorchestva (Trudy IYaLI KNC UrO RAN. Vyp. 55). [K.F. Zhakov. Problems of creativity (Proceedings of the Institute of Language, Literature and History, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, Issue 55)]. Syktyvkar, 1993. P. 54.
17. *Sidorov A.S.* Ideologiya drevnego naseleniya Komi Kraya. [The ideology of the ancient population of the Komi region] // Etnografiya i fol'klor komi (Tr. IYaLI KFAN SSSR, vyp. 13.) [Ethnography and folklore of Komi (Proceedings of the Institute of Language, Literature and History, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, Issue 13)]. Syktyvkar, 1972. P. 10–24.

Статья поступила в редакцию 28.05.2014.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 1(21). Сыктывкар, 2015.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 342. 24: 33(470.13)

АКТУАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ КОНСТИТУЦИОННЫХ ПОЛОЖЕНИЙ В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В.Н. ЛАЖЕНЦЕВ

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
vnlazhentsev@iespn.komisc.ru

Вопросы территориального развития рассмотрены в связи с 20-летием принятия Конституции Российской Федерации (12 декабря 1993 г.) и конституций национальных республик (они были приняты в первой половине 1994 г.). Автор данной статьи обращает внимание на те конституционные положения, которые связаны с проблемами территориального развития, а именно о местном самоуправлении и экономическом федерализме.

Ключевые слова: **конституция, экономический федерализм, самоуправление, капитал, власть**

V.N.LAZHENTSEV. ACTUALIZATION OF SOME CONSTITUTIONAL POSITIONS IN CONNECTION WITH TERRITORIAL DEVELOPMENT

For social and economic geography and regional economy of particular interest are two constitutional problems: on self-administration and economic federalism. Self-administration is built from the lower part (a neighbourly community) to the very top (the All-Russian congress of municipal formations). If for a sustainable development of neighbourly communities the dosed proportion of individual and public is necessary, then municipalities exist more or less normally at a certain parity of public and state. Now the moment of truth of territorial development consists in that economic resources of the country in greater degree to displace towards local economy.
National republics, administrative territories and regions of Russia are a key link in the system of economic federalism. They are the steadiest unit of territorial organization of a society. But, as well as in the Soviet years, now the regional governments act in a role of the asking; their initiative, even without going out of frames of the constitutional field, is more often punishable from the part of the federal centre. Therefore the power structures of Russia should pay special attention to economic incentives of territorial management of subjects of the Federation and municipalities, and also to economic support of local social communities. Contractual relations of the regional governments and municipalities with corporate industrial and financial-banking organizations should not be caused by political obligations regarding formation of structures of the government and local self-administration.

Keywords: **constitution, economic federalism, self-government, capital, power**

Политическая активность в 2014 г. в значительной мере была обусловлена юбилейными датами принятия Конституции Российской Федерации, конституций и уставов субъектов РФ. В научной литературе и средствах массовой информации подробно изложен сам процесс разработки проектов конституций соответствующими комиссиями в центре и на местах, показано высокое значение конституционного строительства как базы современной политической, социальной и экономической деятельности.

В Республике Коми прошли мероприятия, посвященные 20-летней дате. Напомним, что Комиссия по разработке проекта Конституции Республики Коми, в состав которой входил и автор данной статьи, начала работать под председательством Юрия Алексеевича Спиридонова с августа 1993 г., когда ещё не была принята Конституция Российской Федерации. Поэтому наша исходная позиция заключалась в том, что как бы Центр не формулировал административно-территориальное устройство нашей страны, мы будем исходить из двух основопо-

лагающих установок: 1) для национальных республик необходима именно Конституция, а не Устав или ещё какой-либо документ; 2) Конституция по своей сути лучше (основательнее), чем ранее наспех принятая Декларация о суверенитете и потом подписанный Договор о разграничении прав и полномочий между Федерацией и Республикой. В декабре 1993 г. Конституция РФ была принята и до февраля 1994 г. наша Комиссия могла уже формулировать статьи Конституции Республики Коми так, чтобы не противоречить главному документу России.

Особый интерес для социально-экономической географии и региональной экономики представляли и до сих пор представляют два конституционных вопроса: о местном самоуправлении и о федерализме, в том числе о положении национальных республик как «государств в государстве».

Местное самоуправление

По первому вопросу в то время ясности не было и даже Конституция РФ её не внесла. Только в Федеральном законе № 131 2003 г. «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» согласованно изложены некоторые рамочные положения. Поэтому в конце 1993 г. нам пришлось ограничить изложение этого вопроса лишь толкованием самоуправления как такового. Автору представлялось, что ***суть вопроса заключается в определении понятия «самоуправление» и его организации – от низов до самого верха.***

Что касается «низов»…Уже в то время было видно, что в формировании территориальных общностей людей исключительно важную роль должна играть соседская община на основе связей по поводу совместного природопользования и ряда этических функций, в том числе содержания в порядке места жительства, воспитания детей, творчества, народных обычаев и др. Исторические корни имеет и стремление местных социумов к относительной хозяйственной самостоятельности, поддерживаемое коллективизмом как имманентным свойством людей. Всё это ныне находит подтверждение в активизации создания ТОСов (территориальных обществ самоуправления).

Заметим: если для устойчивого развития ТОСов, как соседских общин, необходима дозированная пропорция *индивидуального и общественного*, то муниципалитеты существуют более-менее нормально при определённом соотношении *общественного и государственного*. Муниципальные образования верхнего уровня (округа и районы) являются одновременно институтом административно-территориального устройства государственной и местной власти и действуют в рамках норм, устанавливаемых сначала государством, а затем (в дополнение) муниципалитетами. ***Определённое совмещение государственности и самоуправляемости в рамках районных и окружных муниципалитетов необходимо и является их внутренней характерной чертой.*** Полное отсечение районного и окружного управления от вертикали государственной власти неправомерно, да и фактически невозможно. Но де-юре такое отсечение зафиксировано и в указанном Федеральном за-коне, и Законе Республики Коми от 5 марта 2005 г. № 11-РЗ «О территориальной организации местного самоуправления в Республике Коми». Если же городские округа и районы вновь введут в систему территориального устройства государственной влас-ти страны, то ничего плохого из этого не вытекает; их статус будет более правильным, чем в настоящее время.

Конституционный ориентир на демократизацию общества (укрепление власти народа) заключается не только в передаче локальных общественных систем в «собственные руки», но он предполагает, что наряду с подотчётной народу вертикалью государственного управления должна выстраиваться снизу вверх вертикаль управления самого народа. Как государственная власть выстраивается с верху до низу (от президента до участкового полицейского), так и самоуправление должно пронизывать всю иерархию территориальной организации общества (от соседской общины до России в целом). Именно в этом направлении и развёртывается в настоящее время схема самоуправления (координационные советы ТОС, содружество территориальных общин и объединений, региональные ассоциации «Совет муниципальных образований», Общероссийский конгресс муниципальных образований, Всероссийский совет местного самоуправления).

Противоречивость положения муниципалитетов в системе административно-территориального устройства власти и субъектно-экономических отношений по поводу производства и предоставления населению общественных благ подробно изложил А.Н. Швецов [1, с.528–615]. В части тематики территориального развития нам представляется существенным его вывод о том, что при установлении географических границ муниципалитетов необходимо исходить из их финансово-экономической дееспособности, природно-ресурсных и социально-экономических потенциалов её роста, не ограничиваясь законодательными нормами по численности населения и «пешеходной доступности» социальных учреждений.

Ключевым остается вопрос: как укрепить экономическую базу муниципалитетов? Нам представляется, что это можно сделать прежде всего через увеличение объема муниципальной собственности и ее рациональное использование. Значительные резервы роста собственности муниципалитетов заключены в оптимальном распределении земель с учётом их функциональной принадлежности. В настоящее время более 90% земельного фонда РФ находится в государственной и муниципальной собственности и менее 10% – в собственности граждан и юридических лиц. Лишь 23% общего земельного фонда считаются разграниченными с прикреплением к конкретным собственникам. В составе разграниченного земельного фонда государственной и муниципальной собственности 97% приходится на федеральную собственность, 2,0 – на собственность субъектов Федерации и менее 1% –

на муниципальную. «Вековой» вопрос о земле и земельных отношениях и после принятия «революционных» конституций 20-летней давности фактически решен не более конструктивно, чем в советский период нашей истории.

Муниципальные образования могли бы пополнить свой земельный фонд за счет обобществления тех частных площадей и земельных паёв, которые длительное время не вовлекаются в хозяйственный оборот. Это, прежде всего, относится к сельскохозяйственным угодьям, купленным когда-то за бесценок крупными корпорациями, чаще всего не имеющими отношения к сельскому хозяйству, а также несостоявшихся крестьянских (фермерских) хозяйств, индивидуальных предпринимателей и других юридических лиц. Не менее проблемными оказались городские и сельские леса. Ими надо управлять, но чтобы вступить в права собственника (согласно Лесному кодексу), муниципалитеты должны провести межевание лесов, регистрацию права собственности, лесоустроительные работы, разработать лесохозяйственные регламенты и положения о порядке распоряжения лесами, утвердить ставки платы, исполнять обязанности по лесному контролю и осуществлять меры пожарной безопасности. Реализация этого порядка стоит немалых денег, например, разработка лесохозяйственного регламента – от 600 тыс. до миллиона рублей; межевание городских лесов – до 4 тыс. руб. за гектар. Однако в местных бюджетах на такого рода территориальное хозяйствование средства не предусмотрены.

Конституционные положения о местном самоуправлении в части самостоятельного решения ряда задач жизнеобеспечения населения и 20 лет спустя все еще не имеют конструктивной формы своей реализации. Нельзя признать существующую ныне бедность местных бюджетов и их постоянный и повсеместный (за малым исключением) дефицит нормальным; такое состояние противоречит принципам и нормам экономического федерализма; оно может трактоваться не как вынужденное, а как искусственно создаваемое ради непомерного возвышения роли федеральной власти.

Экономической наукой доказана возможность расширения источников налогообложения, закреплённых за органами местного самоуправления, более справедливого распределения регулируемых налогов, пополнения источников формирования региональных фондов поддержки поселений, совершенствования смет доходов и расходов отдельных населённых пунктов. Эти вопросы регулярно рассматриваются и с практической точки зрения, например, в журнале «Муниципалитет». Опыт их изучения в Республике Коми представлен в работах Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН [2] с идеей трансформации природного капитала в финансовый и социальный и Сыктывкарского государственного университета [3] с выводом о необходимости реформирования налогообложения недвижимости и некоторых других объектов в пользу местных бюджетов. Укреплению бюджетов поселений в связи со всем спектром проблем развития локальных систем посвящены исследования Института социально-экономического развития территорий РАН (Вологда) [4].

Экономический федерализм

Сначала отметим следующее: ***национальные республики, края и области России с экономической точки зрения одинаково являются районами областного ранга. Это самая устойчивая единица территориальной организации общества.*** Какие бы перестройки в системе районирования страны не происходили, областной район (область, край, республика) должен быть сохранён. Именно в его границах решается значительная и строго определённая часть общей проблемы социально-экономического развития – преодоление препятствий к формированию и устойчивому развитию территориальных общностей людей на основе системного устройства их жизнедеятельности. Существенно и то, что у людей сложилось самоопределение по принадлежности их к конкретной земле (коми, вятской, ярославской, рязанской, забайкальской и т.д.). Есть много других факторов, определяющих устойчивость областного территориального образования. Не случайно движение в сторону укрупнения областей, которое время от времени искусственно активизируется с послевоенных лет, не имеет заметного положительного результата.

С политической точки зрения национальные республики в составе районов областного ранга имеют нечто особенное. Оно заключается в автономности, т.е. в некоторой исключительности в общем ряду административно-территориальных единиц. ***С вопросом об автономности как дополнительном благе национальных республик, утрата которого в соответствии с Конституцией РФ-1993 не имела впоследствии адекватного восполнения, политикам и правоведам следовало бы основательно разобраться***. Возрождение автономии как формы государственности – дело проблематичное. Прежде всего, его не следует подменять повышением статуса национально-культурной автономии. Последняя, действительно, вновь должна стать одним из основных институтов гражданского общества. Но её целесообразно вывести из проблематики федеративного устройства страны и ограничить рамками национальной политики. Автономия же республик является проблематичной именно как единица Федерации.

После принятия конституций появились и другие вопросы политического характера, что достаточно полно освещено в монографии, написанной под руководством С.Д. Валентея [5]. В этом аспекте уместно вспомнить: в период, когда разрабатывались федеральная и региональные (республиканские) конституции, бывшие автономные республики делали попытку найти для себя преимущество в суверенитете. В смутные времена это направление политики инициировала центральная власть, привлекая на сторону Президента РФ региональные элиты. Однако пагубность такой суве-

ренизации в конце-концов была осознана, что и побудило Центр взять курс на укрепление вертикали власти и установление политического равенства всех субъектов Федерации. Вместе с тем, проблематика формирования и развития государственности национальных республик остается весьма актуальной. Теоретически это обусловлено некоторой неопределенностью «государства в государстве», а практически – необходимостью увязки социальных, культурных, этнических, экономических и других аспектов общественного развития с общегосударственной региональной и национальной политикой.

Большое значение имеет правильное понимание руководством национальных республик собственного положения в иерархической структуре народного хозяйства страны. Это понимание, несомненно, будет способствовать мобилизации дополнительных ресурсов в таких источниках, как географическое разделение труда, специализация и межрегиональная кооперация. Но при этом надо осознавать, что не крупные экономические районы и не федеральные округа, а именно республики, края и области являются «оптимальными» структурно-организационными субъектами Российской Федерации.

Областные, краевые и республиканские правительства ныне имеют такие конституционные полномочия, которые по определению должны были бы иметь достаточное ресурсное подкрепление для проведения активной социально-экономической политики. Региональные правительства действуют по многим направлениям, но наиболее проблематичными являются следующие:

- регулирование цен и тарифов через реализацию антимонопольного законодательства, включение унитарных (казённых) предприятий в конкуренцию и при необходимости через поддержку их дотациями ради удержания цен на товары первой необходимости;
- формирование и распределение налогооблагаемой базы, в том числе посредством рационального использования субфедеральной (региональной) собственности и оптимизации соотношения прямых и косвенных налогов, закреплённых за территориальными бюджетами;
- выстраивание межбюджетных отношений с максимально возможным наполнением территориальных бюджетов за счёт «собственных» налогов и неналоговых поступлений с минимальными перетоками финансовых ресурсов внутри бюджетной системы;
- формирование норм и правил коммерческого использования свободных ресурсов социальных фондов, прежде всего пенсионного, с направлением дополнительно получаемых доходов на рост пенсий и других выплат населению;
- регионализация рынка кредитных ресурсов, что предполагает участие региональных правительств в формировании и использовании ссудного фонда, в том числе для кредитования государственных мероприятий;
- создание и социально справедливое распределение внебюджетных фондов поддержки малочисленных народов и их традиционного хозяйства;
- разработка и реализация совместно с федеральным (центральным) правительством и его министерствами целевых программ, нацеленных на решение конкретных проблем той или иной территории;

Все перечисленное так или иначе регулируется нормами совместного ведения Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, а потому в определенной мере зависит от экономического поведения центральной власти. Как и в советские годы, в настоящее время региональные правительства выступают в роли просящего; их инициатива, даже без выхода за рамки конституционного поля, чаще всего наказуема. Однако заметим, что в разнообразных идеях совершенствования экономического федерализма заложены не только позитивные, но и негативные моменты. Особо опасен курс на полную налогово-бюджетную самостоятельность субъектов Федерации с использованием так называемого, котлового метода сбора и распределения всех налогов и других финансовых ресурсов. Как показал опыт СССР, именно такой метод, при котором налогоплательщиками в бюджет страны стали непосредственно союзные республики, более всего способствовал её распаду. Незыблемым должен оставаться принцип закрепления первичных источников налогообложения за определенным уровнем власти в полном объёме или с последующим расщеплением в определённых пропорциях. Близко к котловому стоит метод нормативного распределения налогов между бюджетами по заранее установленному соотношению, например, 50:50. Это ещё более усилило бы территориальное социальное неравенство.

Экономическое стимулирование территориального развития

В условиях сложившейся по объективным и субъективным причинам жесткой централизации финансов, их децентрализацию целесообразно начать с экономического стимулирования регионов и муниципалитетов. Тематика экономического стимулирования регионов и в советские времена была актуальной. Но особенно – в годы реформирования и кризисов. Об этом, в частности, вспомнил академик Е.М. Примаков: *«… на заседаниях правительства, которое я возглавлял* (после дефолта августа 1998 г.-В.Л.), *предлагалось, чтобы до дотационных субъектов Федерации доводилось, скажем, на период между выборами властей фиксированная ставка на пополнение федерального бюджета. Размеры ставки предусматривались в виде разницы между трансфертами из центра и налоговыми отчислениями регионов в федеральный бюджет. Разница определялась как средняя за предшествовавший межвыборный срок. Все заработанные и собранные сверх этого средства предполагалось оставлять в распоряжение регионов. Эту схему, которая могла бы ограничить*

и субъективизм центра, и лоббирование субъектов Федерации, поддержал в беседах со мной целый ряд губернаторов. Из их высказываний следовало, что внедрение такой схемы создаст серьезный стимул для увеличения сборов налогов и в конечном счете стимулирования социально-экономического развития регионов» [6]. Данная рекомендация приемлема не только для дотационных регионов, но может быть распространена, как нам представляется, с некоторыми модификациями на всю систему бюджетного федерализма [7].

Приведем еще один пример стимулирования применительно к муниципалитетам. В Коми была сделана попытка заранее закреплять дотации окружным и районным муниципалитетам (по базе прошлого года) как составной части их бюджетов на планируемый год. Это давало возможность оптимизировать местные расходы, не дожидаясь утряски бюджетных отношений в текущем году (дотации при существующей схеме этих отношений приходят с опозданием на шесть и более месяцев). Казалось бы, такой почин надо поддержать, но московские ревизоры определили, что он отклоняется от бюджетного кодекса РФ и запретили дальнейшее его осуществление. Всё когда-то бывает первый раз. Поэтому надо решиться на изменение некоторых положений бюджетного планирования с постепенным смещением экономических ресурсов в сторону муниципалитетов и регионов. Еще раз подчеркнем: низовые структуры общества несут в себе национальное и этнокультурное начала и являются главной силой социальной интеграции. ***В настоящее время момент истины заключается в том, чтобы экономические ресурсы страны в большей мере сместить в сторону местного хозяйства.***

Власть и капитал

Из конституционного поля России выпали отношения между властью и бизнесом. Они регулируются «на глазок» и не всегда в правильном направлении. Например, крупные корпорации, понимая значение природных и других территориальных ресурсов и желая облегчить для себя условия конкуренции за них, стремятся «приватизировать» не только ресурсы, но и региональные правительства, а также органы местного самоуправления. Создаётся ситуация, когда ***«организационные пространства фирм являются «резервуарами», в которые вброшены территориальные единицы»*** [8, с.54]. Для населения же выгодно иметь не только достаточное количество рабочих мест и источников доходов, но и дифференцированную организационную структуру управления обществом и хозяйством без диктата отдельных корпораций. Правительства должны действовать в интересах большинства людей. Однако они не могут пока обеспечить безусловное соблюдение его интересов, поскольку сформированы не столько народом, сколько капиталом. В этом и заключается проблема обеспечения социального статуса государства – одного из основных постулатов Конституции.

Связь капитала и власти – это не прихоть конкретных лиц, а характерная черта буржуазно-демократического устройства общества. Такова сама природа «системы денежной власти» [9]. При ней победить на выборах и сформировать органы представительной и исполнительной власти без опоры на финансовые ресурсы крупных промышленно-банковских корпораций практически невозможно. Но данный факт не зафиксирован и не может быть зафиксирован в конституциях ни одной страны, в том числе Российской Федерации и её национальных республик. По умолчанию предполагается, что в разрешении данного противоречия заключается диалектика общественного развития и искусство государственного управления.

Выводы:

- потенциал общественно-экономического развития, заложенный в Конституции РФ и конституциях национальных республик, используется не полностью;
- для реализации принципа комплексного развития территорий ради повышения качества и уровня жизни населения необходима специально ориентированная работа по конструктивному исполнению конституций в части местного самоуправления и экономического федерализма;
- в настоящее время властным структурам России особое внимание следует обратить на экономическую поддержку локальных социальных общностей и на экономическое стимулирование территориального хозяйствования субъектов Федерации и муниципалитетов;
- договорные отношения региональных правительств и муниципалитетов с корпоративными производственными и финасово - банковскими организациями не должны быть обусловлены политическими обязательствами в части формирования структур государственной власти и местного самоуправления.

Литература

1. *Лексин В.Н., Швецов А.Н.* Реформы и регионы: Системный анализ процессов реформирования региональной экономики, становления федерализма и местного самоуправления. М.: ЛЕНАНД, 2012. 1024 с.
2. *Потенциал* развития муниципальных образований: содержание, оценка, управление (на материалах Республики Коми) / Коллектив авторов. Сыктывкар, 2008. 344 с.
3. *Чужмарова С.И.* Методология согласования федеральной и региональной налоговой политики // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 15 (108). С.34–43.
4. *Экономика сельского района*: состояние и перспективы / Коллектив авторов под рук. проф. В.А. Ильина и А.В. Гордеева. Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2007. 279 с.
5. *Российский* федерализм. Экономико-правовые проблемы / Институт экономики РАН; Центр экономики федеративных отношений;

отв. ред. С.Д.Валентей. СПб.: Алетейя, 2008. 320 с.
6. *Примаков Е.* О России сегодня. Интернетресурс,15.01.2015. https://www.google.ru/?gfe_rd=cr&ei=N5H-VPeKCtPGYJTtgJAE&gws_rd=ssl#
7. *Лаженцев В.Н.* Планирование регионального развития в условиях рыночной экономики (общие положения и северная специфика) // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2001. №3 (9). С. 39 – 47.
8. *Доманьски Р.* Экономическая география: динамический аспект: пер. с пол. / Ришард Доманьски. М.: Новый хронограф, 2010. 376 с. (Серия «Социальное пространство»).
9. *Мартыненко В.В.* Кальдера государственной власти. М.: Изд. ИСПИ РАН. Изд. Дом «Академия», 2005. 752 с.

References

1. *Leksin V.N., Shvetsov A.N.* Reformy i regiony: Sistemnyi analiz protsessov reformirovaniya regional'noi ekonomiki, stanovleniya federalizma i mestnogo samoupravleniya [Reforms and regions: the system analysis of processes of reforming of regional economy, federalism and local government formation]. Moscow: LENAND, 2012. 1024 p.
2. *Potentsial* razvitiya menitsipal'nykh obrazovanii: soderzhanie, otsenka, upravlenie (na materialakh Respubliki Komi) [Development potential of municipal formations: content, estimation, management (on materials of the Republic of Komi)] / / Kollektiv avtorov [Collective of authors]. Syktyvkar, 2008. 344 p.
3. *Chuzhmarova S.I.* Metodologiya soglasovaniya federal'noi i regional'noi nalogovoi politiki [Methodology of coordination of federal and regional tax policy] / Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika [Regional economy: the theory and practice]. 2009. No. 15 (108). P. 34-43.
4. *Ekonomika sel'skogo raiona*: sostoyanie i perspektivy [Economy of rural area: condition and prospects] / Kollektiv avtorov [Eds. V.A.Ilyin, A.V.Gordeev]. Vologda: VNKTs TsEMI RAN, 2007. 279 p.
5. *Rossiiskii* federalizm. Ekonomiko-pravovye problemy [The Russian federalism. Economic-legal problems] / Institut ekonomiki RAN; Tsentr ekonomiki federativnykh otnoshenii [Institute of Economy of the Russian Academy of Sciences; Center of economy of federal relations]. Ed. S.D.Valentei. St.Petersburg: Aleteya, 2008. 320 p.
6. *Primakov E.* O Rossii segodnya. Internetresurs [About Russia today. Internet resource], 15.01.2015. https://www.google.ru/?gfe_rd=cr&ei=N5H-VPeKCtPGYJTtgJAE&gws_rd=ssl#
7. *Lazhentsev V.N.* Planirovanie regional'nogo razvitiya v usloviyakh rynochnoi ekonomiki (obshchie polozheniya i severnaya spetsifika) [Planning of regional development in conditions of market economy (general provisions and northern specificity)// Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya [Northwest economy: problems and development prospects]. 2001. No. 3 (9). P. 39-47.
8. *Doman'ski R.* Ekonomicheskaya geografiya: dinamicheskii aspekt: per. s pol. [Economic geography: dynamic aspect: translated from Polish] / Rishard Doman'ski. Moscow: Novyi khronograf, 2010. 376 p. (Seriya "Sotsial'noe prostranstvo" [Series "Social space"]
9. *Martynenko V.V.* Kal'dera gosudarstvennoi vlasti [Caldera of state power]. Moscow: ISPI RAN Publ. "Akademiya" Publ., 2005. 752 p.

Статья поступила в редакцию 10.03.2015.

ВАЛЕНТИНА МИХАЙЛОВНА ШВЕЦОВА

8 января 2015 г. исполнилось 80 лет ветерану Коми научного центра УрО РАН, кандидату биологических наук, заслуженному деятелю науки Коми АССР, замечательному, талантливому и исключительно трудолюбивому учёному, фанатично преданному исследованиям в области физиологии растений и агроэкологии **Валентине Михайловне Швецовой.**

Валентина Михайловна, выпускница Пермского государственного университета, в 1957 г. переступила порог Коми филиала АН СССР и была принята старшим лаборантом в группу физиологов растений, которой руководил Пётр Петрович Вавилов. Она начала исследования по фотосинтезу и продуктивности растений. В 1962 г. при создании Института биологии Коми филиала АН СССР Валентина Михайловна была назначена заведующей вновь организованной лаборатории физиологии растений. В 1967 г. она поступила в аспирантуру Ботанического института АН СССР им. В.Л. Комарова в Ленинграде. Её работа под руководством д.б.н. О.В. Заленского, одного из главных основателей исследований по экологии фотосинтеза, выполнялась в рамках Международной биологической программы и была посвящена изучению фотосинтеза у дикорастущих растений субарктической тундры. В 1971 г. Валентина Михайловна успешно защитила кандидатскую диссертацию. Полученные ею данные использовались для расчётов величины первичной продуктивности тундровых агроценозов и выявления роли ассимилированного углерода в приспособлении растений к условиям Крайнего Севера.

Вернувшись в Институт биологии, Валентина Михайловна вновь возглавила лабораторию физиологии растений. В лаборатории был расширен комплекс работ по изучению продукционного процесса растений. Она продолжила изучение фотосинтеза и первичной продуктивности, что позволяло оценить потенциальную продуктивность полевых культур на Севере и послужило основой для многих агротехнических рекомендаций. На примере сеяных трав в тундре она показала, что часть ассимилятов, образовавшихся при низкой положительной температуре, не расходуется и накапливается в надземных частях. При потеплении резерв направляется на рост зелёной массы, что в экстремальных условиях Севера обеспечивает защитные реакции растений и определяет своеобразие характера ростовых процессов. В.М. Швецова – одна из опытнейших научных сотрудников Института биологии. Результаты её исследований представлены более чем в 160 публикациях, в том числе в семи монографиях (шесть в соавторстве).

Значительное место в достижениях юбиляра занимают прикладные исследования. В 1980 г. В.М.Швецова и к.с.-х.н. И.Н.Хмелинин организовали изучение действия и последействия продуктов трансформации удобрений из крупнотоннажных отходов на растения и почву. Позднее она принимала активное участие в новом научном направлении комплексных исследований по изучению закономерностей включения веществ в почвообразование, которое организовал д.с.-х.н. И.Н.Хмелинин. Круг исследуемых объектов Валентины Михайловны расширился. Результаты изучения удобрений на основе гидролизного лигнина отражены в технических условиях на изготовление и использование помётно-лигнинового компоста в сельском хозяйстве России. Совместно с ним и сотрудниками отдела почвоведения Валентина Михайловна приняла самое активное участие в эколого-почвенных исследованиях по использованию местных агроруд на удобрения. Были разработаны рекомендации на использование анальцим-содержащей породы, доломитизированных известняков, фосфоритов, залегающих в бассейне р. Весляны и на прилегающих территориях Княжпогостского района. За эти разработки Институт биологии Коми НЦ УрО РАН получил бронзовую медаль на одной из международных инвестиционных выставок в Москве (2005г.).

Валентина Михайловна активна в общественной жизни. Так, в 1988 г., в разгар противостояния населения Республики Коми строительству промышленного гиганта по производству кормового микробного белка, она от имени и по поручению собрания научных сотрудников Коми НЦ АН СССР вместе с группой ведущих сотрудников выступила с альтернативой предлагаемому производству. Было составлено письмо в адрес 19-й конференции КПСС. В нём приводились результаты исследований ученых Института биологии, показывающие, что планируемый объём микробного белка можно с избытком заменить более ценным растительным белком за счёт использования потенциальных возможностей местного растениеводства. Официального ответа на это письмо не было. Однако позднее А.П. Братцев и В.М. Швецова были вызваны в Москву к первому председателю Госкомприроды СССР Ф.Т. Моргуну, который сообщил, что письмо из Коми было отмечено Н.И. Рыжковым и использовано при подготовке за его подписью постанов-

ления Совета Министров СССР о прекращении строительства заводов по производству БВК в нашей стране.

Валентина Михайловна – интеллигентный, очень выдержанный и бесконечно добрый и отзывчивый человек. К ней всегда можно обратиться за советом, у неё всегда можно найти поддержку. Потрясает её собранность, организованность и ясность ума. Валентина Михайловна обладает высокой культурой и незаурядными качествами: широтой взглядов, умением глубоко проникнуть в сущность самых сложных проблем. Всё это достойно глубокого уважения. Она является человеком огромного личного обаяния, душевной доброты, бескорыстия, неиссякаемой энергии и жизнерадостности. Валентина Михайловна не только бесконечно предана своему делу, в обычной жизни она любящая мама и бабушка.

Дорогая Валентина Михайловна! В день юбилея от всей души желаем Вам, прекрасному человеку, крепкого здоровья, благополучия, долгих лет творческой жизни и всего самого наилучшего!

Искренне любящие Вас сотрудники
Института биологии Коми НЦ УрО РАН

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 1,5 печ.л.), оригинальные статьи (до 0,8 печ.л) и краткие сообщения (до 0,3 печ.л.) теоретического и экспериментального характера по проблемам естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, в том числе региональной направленности. Статьи должны отражать результаты законченных и методически правильно выполненных работ. К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни.

Направляя статью в наш журнал, Вы соглашаетесь с нашим **Положением о публикационной этике журнала** (на сайте журнала). Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, учитывая новизну, научную значимость и актуальность представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не рассматриваются.

Общие требования к оформлению рукописей

Статьи должны сопровождаться направлением научного учреждения, где была выполнена работа. В необходимых случаях должно быть приложено экспертное заключение. Организация, направляющая статью, как и автор(ы), несет ответственность за её научное содержание, достоверность и оригинальность приводимых данных. Изложение материала статьи должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть подписана всеми авторами (автором) с указанием (полностью) фамилии, имени, отчества, домашнего адреса, места работы, служебного и сотового телефонов и e-mail.

В редакцию подается рукопись статьи в двух экземплярах – на бумаге и на диске в редакторе WinWord под Windows. Математические статьи могут подаваться в редакторе TEX. Электронная и бумажная версии статьи должны быть идентичны. Электронный вариант рукописи может быть прислан по электронной почте на адрес редакционной коллегии: **journal@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 стать независимым источником информации (пересказом статьи). В тех случаях, когда текст статьи поделен на разделы, автор может подобным образом разделить и текст аннотации. Редколлегия проверяет качество английского текста и в одностороннем порядке вносит необходимые правки. Во избежание разночтений автор в отдельном файле представляет русский текст, по которому был произведен перевод расширенной аннотации.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение». Отдельно прилагаются подрисуночные подписи.

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 pix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль 9–10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

Математические символы, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

В тексте цитированную литературу необходимо приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии с примером (см. ниже). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

После Списка литературы размещается References – Пристатейный список литературы в транслите (на латинице) и в квадратных скобках перевод названия статьи и журнала на английский язык. References повторяет в полном объеме, с той же нумерацией Список литературы на русском языке, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются как в Списке литературы, так и в References.

Список литературы и References оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

Список литературы:

1. *Иванов И.И.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т.41. № 4. С. 18–26.
2. *Петров П.П.* Название книги. М.: Наука, 2007. 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. Общее число страниц в книге (например, 180 s.) или конкретная страница (например, 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 коллегию не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 5–7 дней должен вернуть ее в редакционную коллегию или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и диски не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдение следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте;** нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;
- в числовых значениях **десятичные разряды отделяются запятой;**
- вставка символов **Symbol**.

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw. Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:
Ответственному секретарю редакционной коллегии
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»
Надежде Валериановне Ладановой
167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,
Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 209
Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212) 24-17-46
E-mail: journal@presidium.komisc.ru.

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ
Коми научного центра
Уральского отделения РАН

Вып. 1(21)

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 25.03.2015.
Формат бумаги 60x84 1/8. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 16. Уч.-изд.л. 16. Тираж 300. Заказ №8.

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.